SOL II/1972

INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE
BUREAU DES RENSEIGNEMENTS AGRICOLES

ACTES
DE LA
IVème CONFÉRENCE INTERNATIONALE DE PÉDOLOGIE

ROME, 12-19 MAI 1924

VOL. II.

I^ère ET II^ème COMMISSIONS

ÉTUDE MÉCANIQUE, PHYSIQUE ET CHIMIQUE DU SOL

(MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS)

ROME
IMPRIMERIE DE L'INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE
—
1926

ACTES
DE LA
IVème CONFÉRENCE
INTERNATIONALE
DE
PÉDOLOGIE
Rome, 12-19 Mai 1924

VOL. II.

SECTION I
Ière et IIe COMMISSIONS
Etude mécanique
physique et chimique
du sol.

PRIX DE L'OUVRAGE COMPLET EN 3 VOLUMES :
200 lires italiennes

Biblioteca "Leonardo Angeloni"
del CRA di Scafati
Sala
Fondo FS
Tipologia
N° di catena 2
Collocazione 351/2

302.

C-I.
II/10/2.

MÉMOIRES ET COMPTES RENDUS

PUBLIÉS PAR

M. le Prof. R. PEROTTI

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE LA CONFÉRENCE

SOUS LES AUSPICES DU

COMITÉ ORGANISATEUR ITALIEN

INVENTARIO n° 502

CLASS. DEWEY n°

COLLOCAZIONE n°

INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE
BUREAU DES RENSEIGNEMENTS AGRICOLES

ACTES

DE LA

IV^ÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE DE PÉDOLOGIE

ROME, 12-19 MAI 1924

VOL. II.

I^ÈRE ET II^ÈME COMMISSIONS

ÉTUDE MÉCANIQUE, PHYSIQUE ET CHIMIQUE DU SOL

(MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS)

INVENTARIO n°
CLASE DEWEY n°

ROME
IMPRIMERIE DE L'INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE
—
1926

INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE
BUREAU DES RENSEIGNEMENTS AGRICOLES

ACTES DE LA IV^ÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE DE PÉDOLOGIE

SECTION I.

ÉTUDE MÉCANIQUE PHYSIQUE ET CHIMIQUE DU SOL

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

ROME
IMPRIMERIE DE L'INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE
—
1926

TOUS DROITS RÉSERVÉS

TABLE DES MATIÈRES

Ière COMMISSION.

SECT. A.

Page

1. GANSSEN R., HISSINK D. J., NOVÁK V., RAMANN E., ROBINSON G. W., von 'SIGMOND A. A. J. Vorbereitung der Bodenproben zur mechanischen Analyse. 11
2. von 'SIGMOND A. A. J. Neuere Erfahrungen über einige physikalische Bodenbestimmungsmethoden 38
3. ODÉN S. Methods to determine the Size Distribution of Soil Particles . . . 52
4. KEEN B. A. An improved Self-recording automatic Balance (the Odén-Keen Balance) 84
5. WIEGNER G. Ueber den Einfluss verschiedener Vorbehandlungs-Methoden auf den mit Hilfe des Schlämm-Apparates von Wiegner-Gessner ermittelten Dispersitätsgrad von Bodensuspensionen 87
6. MIECZYNSKI T. Ueber eine Methode der mechanischen Bodenanalyse und der Bodendispersion 102
7. TRNKA R. Notes sur l'analyse mécanique du sol 116
8. KRAUSS G. Beitrag zur mechanischen Bodenanalyse. 122
9. GRÉGOIRE M. ACH. Sur la détermination de l'argile colloïdale 126
10. NOVÁK V. et SMOLÍK L. Sur la quantité et la composition chimique de l'argile colloïdale des sols 128
11. CAUDA A. Influenza degli agenti chimici sulla velocità di precipitazione dell'argilla in sospensione 142
12. BURGER H. Die physikalische Bodenuntersuchung, insbesondere die Methoden zur Bestimmung der Luftkapazität 150
13. LUNDEGARDH H. Une nouvelle méthode pour déterminer l'aération des sols . 164
14. GÖRZ G. Ueber die Messung des Wassergehaltes der Böden vermittels eines neuen elektrometrischen Feldmess-Instruments 166
15. SPIRHANZL J. Neuer Apparat zur Bestimmung der Wasser-Durchlässigkeit des Bodens 170
16. CLERICI E. Liquidi per analisi isopicnometrica 173
17. SOKOLOWSKI A. N. Ueber eine neue Methode der chemisch-mechanischen Bodenanalyse 177
18. ROBINSON G. W. On certain Regularities in the mechanical Composition of Soils and other granular Substances 180

Page

19. Biéler-Chatelan Th., Constitution volumétrique des sols en place. 187
20. Smolík L. Contribution à la discolloïdité du sol 209
21. Johansson S. Viscosität und Elastizität der Tone 223
22. Zunker F. Die Bedeutung und Bestimmung der spezifischen Oberfläche des Bodens 238
23. de Angelis d'Ossat G. Temperatura dell'aria e del suolo a Perugia . . . 249
24. Keller R. Die Dielektrizitätskonstante des Bodens 266
25. Otosky P. Influence de la température, de la pression barométrique et des précipitations sur le régime des eaux phréatiques 267
26. Tamm Olof. Der Einfluss des Wassers auf die Bodensilikate. . . . . »

Sect. B.

1. Janotá R. Die Arbeiten des Pedologen bei Bodenmeliorationen 271
2. Ganssen R. Neue Vorschläge der Bodenmelioration 283
3. Zavadil I. Beitrag zur Dräntheorie 288
4. Zavadil I. Einfluss der Meliorationen auf die Entwicklung der Bodentypen 294
5. Giovannoni E. Sul modo per ovviare alla siccità nel Tavoliere di Puglia . . . 301
6. Del Pelo Pardi G. Influenza dell'eccesso di umidità del sottosuolo sul terreno agrario e nella produzione della malaria e la bonifica idraulica degli antichissimi abitatori del Lazio. 308
7. Bijl I. G. Soil and Water in the Haarlemmermeerpolder 323

II^ème COMMISSION.

1. Waguet P. Origine et formation des terres arables 341
2. Ramann E. Adsorption und Basenaustausch Uebersicht 383
3. Wiegner G. Dispersität und Basenaustausch. 390
4. Hissink D. J. Zur Frage des Basenaustausches und der Adsorption 425
5. Ganssen R. Austauschvorgänge und Zusammensetzung unserer Marschböden 428
6. von 'Sigmond A. A. J. Beziehungen der sogenannten künstlichen Zeolithe mit dem Basenaustausch und den physikalischen Eigenschaften der Alkaliböden . . 434
7. Herke A. Der Einfluss der Absorption des Eisens und des Aluminiums auf die künstlichen Zeolithe und auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens 445
8. Scherf E. Reiseapparat zur Bestimmung des Hydrogenexponenten pH in kleinen Flüssigkeitsmengen und besonders in Bodenauszügen nach der kolorimetrischen Methode von Bjerrum 447
9. Trénel M. La détermination de la concentration des ions-hydrogène dans le sol, au moyen d'un nouvel appareil transportable en plein champ 451
10. Barnette R. M., Hissink D. J., van der Spek J. Some Remarks on the Method of the Determination of the pH of the Soil 453

Page

11. Bhlmann E. On the Determination of Hydrogen-ion Concentrations in Soils and Soil Extracts. 459
12. Bradfield R. The Importance of Hydrogen-Ion Concentration Control in Physico-Chemical Studies of Heavy Soils 460
13. Hissink D. J. Quelques rémarques sur l'éstimation de l'acidité du sol, suivant le principe de Comber 462
14. Helbig u. Knickman. Methoden der Aziditätsbestimmung, verglichen an Waldböden 464
15. Emerson P. An Improved Laboratory and Field Test for Soil Acidity. . . . 470
16. Ganssen R. Ueber Bodenreaktion 476
17. Aso K. Sur la définition de l'acidité du sol . . . . . »
18. Krauss G. Kurze Bemerkungen zur Bodenazidität der Waldböden 477
19. Aarnio B. Ueber Bodenreaktion 481
20. Saidel T. Sur la réaction du sol et sur ses rélations avec le problème du sol 484
21. Meurice R. Sur la réaction des sols et leur pouvoir tampon. 489
22. Edelmann. Ricerche sulla reazione del terreno nella foresta dell'Appennino Toscano 502
23. Arrhenius O. The potential and actual Acidity of Soils . . . . . »
24. Christensen H. R. The Acidity of Soils 509
25. Wityn J. Soil Acidity and Fertility in Latvia 516
26. Trnka R. Notes sur l'analyse chimique du sol. 518
27. Brown P. E. The Interpretation of the Results of Soil Experiments 522
28. Saidel T. et Protopopescu-Pake E. J. Sur les résultats de quelques expériences de végétation 530
29. von 'Sigmond A. A. J. Zusammenfassender Bericht und Vorschlag für eine einfache konventionelle Methode zur Bereitung des konzentrierten Salzäure-Auszuges 543
30. Vesterberg A. Ueber eine Methode die Zusammensetzung des natürlichen Bodenwassers zu ermitteln 552
31. Saidel T. Contribution à la connaissance des solutions aqueuses du sol . . . 559
32. Vernadsky W. Sur l'analyse des sols au point de vue géochimique 570
33. von 'Sigmond A. A. J. Ueber die praktische Bedeutung der durch verdünnte Säuren zersetzbaren Bodenphophorsaure 578
34. Hissink D. J. Die Methode der Phosphorsäurebestimmung in Boden. . . . 589
35. Grégoire A. Contribution à l'étude de la solubilisation de l'acide phosphorique du sol 591
36. Smolík L. Étude sur la composition chimique de l'humus et le climat . . . 617
37. Hesselmann H. Ueber die Humusdecke des Nadelwaldes 625
38. Stremme H. Chemische Bodenanalyse, Bodenprofil, Bodenkolloide. 635
39. Joffe J. S. and mc Lean H. C. Alkali Soil Studies . . . . . »
40. Ganguler N. The Alkali Soils of India 643
41. Joseph A. F. Recent Studies in heavy alkaline Soils. 656

Page

42. LANG R. Ueber die Bildung von Roterde und Laterit 661
43. Mc. HARGUE J. The Relation of Manganese to Agriculture 672
44. ASO K. On the Presence of Picolenecarboxylic Acid in an infertile Soil of Japan »
45. EGER J. L'origine de l'alcool dans la terre arable 677
46. BOUYOUCOS G. J. The different Forms of Water in Soil and their Significance 678
47. DICENTY D. Richesse du sol, force productive et fertilité 679
48. MITSCHERLICH E. A. Naehrstoffvorrat und Dungebedürfniss des Bodens. . 682
49. AVATTANEO R. La tecnica della preparazione dei concimi chimici indicata dalla pedologia 689
50 KIDA I. Recherches sur le rôle fertilisant du pyrophosphate et du metaphosphate 693
51. MESSERSCHMITT A. Die Nutzbarmachung der Kalihaltigen Gesteine 697
52. GARNER W. W. and Mc. MURTREY J. E. Magnesia as a Factor in Soil Productiveness. 706
53. MESSERSCHMITT A. Le phosphate « Rhenania » 707
54. POWERS W. L. Progress of Sulfur Investigations in the North-Western . . . 710
55. THORNE C. E. Long continued fertiliser Experiments in Ohio and their Interpretation 727

Ière COMMISSION

SECT. A.

ÉTUDE MÉCANIQUE ET PHYSIQUE DU SOL

Prof. Dr. R. GANSSEN (*Berlin, Deutschland*);
Dr. D. J. HISSINK (*Groningen, Holland*); Dr. V. NOVÁK (*Brno, Tschekoslowakei*);
Prof. Dr. E. RAMANN (*München, Deutschland*);
Prof. Dr. G. W. ROBINSON (*Bangor, Gross-Britannien*);
Prof. Dr. A. A. J. VON 'SIGMOND (*Budapest, Ungarn*);

Hauptreferent: Dr. V. NOVÁK (*Brno*).

VORBEREITUNG DER BODENPROBEN ZUR MECHANISCHEN ANALYSE

EINLEITUNG.

Auf Anregung des Herrn Dr. D. J. HISSINK wurden von 6 Instituten vergleichende mechanische Bodenanalysen vorgenommen, die den Zweck hatten, den Einfluss verschiedener Vorbereitungsarten für die Analyse zu studieren.

Die Aufgabe haben diese Herren übernommen: GANSSEN (Berlin), HISSINK (Groningen), NOVÁK (Brno), RAMANN (München), ROBINSON (Bangor) und 'SIGMOND (Budapest).

Dr. HISSINK hat zu diesem Zwecke 2 holländische Bodenarten gewählt, deren durchschnittliche Proben den genannten Mitgliedern der Kommission übergeben wurden. Die Böden entstammen einer und derselben Formation. Es sind marine Tonböden aus der Provinz Groningen. *Die Probe* B 1458 ist alter Kulturboden, Untergrund; sie ist *karbonatlos und humuslos*. *Probe* B 1459 *ist etwas kalkhaltig* (ungefähr 8 % $CaCO_3$) *und etwas humushaltig*, wurde vor ungefähr 104 Jahren eingedeicht, es ist also junger Polderboden, obere Krume (die ausführlicheren Angaben siehe im Bericht des Dr. HISSINK).

Nach dem Vorschlage Dr. HISSINK's sollten die Bodenproben zur Analyse verschiedenerweise vorbereitet werden, was nach subjektiver Erwägung geschehen sollte. Die Analyse sollte mittels des Apparates, der in dem betreffenden Laboratorium am meisten benützt wird, durchgeführt werden. Es handelte sich also nur um die Konstantierung, wie die Ergebnisse der Analysen derselben Bodenproben unter dem Einfluss abweichender Vorbereitung variieren werden.

Der massgebende Faktor ist die Bestimmung des Rohtons ($< 2\ \mu$), für den als Absatzzeit die Zeit von 8 Stunden für 10 cm Fallhöhe gewählt wurde. Sonst wurde die Gliederung der Kornkategorien nach ihren Dimensionen nicht vorgeschrieben.

Sämtliche Institute, das RAMANN'sche und ROBINSON'sche ausgenommen, arbeiteten mit wiederholter Sedimentation, HISSINK, GANSSEN und 'SIGMOND benützten die Skala von ATTERBERG und den Apparat nach ATTERBERG zur Analyse.

NOVÁK benützte die Skala nach SCHÖNE und arbeitete mit einem modifizierten Schlämmzylinder. Das RAMANN'sche Institut bestimmte die feineren Kategorien mittels Pippettmethode nach KRAUSS, die Anteile gröber als 20 μ wurden durch Spülapparat bestimmt. ROBINSON arbeitete nach eigener Pippettmethode.

GANSSEN versuchte 3, HISSINK 7, NOVÁK 5, RAMANN 2, ROBINSON 7 und 'SIGMOND 3 Vorbereitungsarten.

Es sollen zuerst die Berichte einzelner Berichterstatter folgen, bevor wir zum generellen Resumé übergehen.

HISSINK, ROBINSON und NOVÁK haben ausführlichere Nachrichten über die Analysen vorgelegt, die anderen Referenten haben bloss die Resultate der Analysen mitgeteilt.

EINZELNE BERICHTE.

I. *Berichterstatter:* Dr. D. J. HISSINK (Groningen, Holland).
II. » Dr. ROBINSON (Bangor, England).
III. » Dr. V. NOVÁK (Brno, Tschekoslovakei).
IV. » Dr. R. GANSSEN (Berlin, Deutschland).
V. » Dr. E. RAMANN (München, Deutschland).
VI. » Dr. J. 'SIGMOND (Budapest, Ungarn).

I. *Berichterstatter:* Dr. D. J. HISSINK, *Groningen, Holland.*

a) Die Vorbehandlung der Bodenprobe (10 g lufttrockener Boden) fand in sieben verschiedenen Weisen statt (siehe Tabelle I). Immer wurde in den Atterberg'schen Schlämmzylindern abgeschlämmt und zwar Fraktion I nach 8, resp. 16 Stunden (10, resp. 20 cm Höhe) mit NH_4OH oder destilliertem Wasser (siehe Tabelle 1), Fraktion II nach 7 ½ Minuten (10 cm Höhe) mit Leitungswasser und Fraktion III nach 15 Sekunden (30 cm Höhe) mit Leitungswasser. Die Zahlen sind das Mittel von drei gut übereinstimmenden Bestimmungen.

b) Bei der Behandlung mit kalter HCl (Methode 1 und 2) geht nicht aller $CaCO_3$ in Lösung. In den Fraktionen II und III ist $CaCO_3$ bestimmt und abgezogen. Dasselbe fand bei den Methoden 5 (Schütteln) und 6 (Kochen mit H_2O_2 und H_2O) statt. Der $CaCO_3$-Gehalt der Fraktion IV hat keinen Einfluss. Beim Kochen, sowohl mit 0.2 N als mit 1 N HCl, ging aller $CaCO_3$ in Lösung.

c) Die Fraktionen II, III und IV sind bei 105° C getrocknet und *nicht* geglüht. Beim Glühen der Fraktionen II und III entweicht nur chemisch gebundenes Wasser (in % auf Fraktion: von ungefähr 4.5 % bis 7.5 % beim Glühen von Fraktion II und von ungefähr 1 % bis 4 % beim Glühen von Fraktion III) und kein Humus, weil B 1458 humusfrei ist und die geringe Humusmenge von B 1459 bei allen Methoden entfernt wird (Lösung in NH_4OH oder Oxydation mit H_2O_2)

d) Der Gehalt an Frakion I ist aus der Differenz von 100 berechnet. Bei der Probe B 1459 muss 9.26 % $CaCO_3$ und 0.65 % Humus abgezogen werden.

e) Bei der Methode 7 (B 1458) muss ein Fehler gemacht worden sein (Vergleiche Methode 7 mit 6). Bei der Methode 5 wurde bei der Probe B 1459 in den Fraktionen II und III gefunden 8.82 % $CaCO_3$ und 2.30 % $CaCO_3$, in % auf Trockensubstanz der ganzen Probe, also zusammen 11.12 % $CaCO_3$, was unmöglich ist, da

die Probe nur 9.26 % $CaCO_3$ enthält. Da Zeit für Nachprüfung vorläufig völlig fehlt, sind die Resultate zwischen Klammern mitgeteilt, bleiben aber ausser Betracht.

SCHLUSSFOLGERUNGEN.

I) Bei der Behandlung mit kalter HCl (1 und 2) geht nicht aller $CaCO_3$ in Lösung. Kochen mit 0.2 N HCl löst schon allen $CaCO_3$, zerkleinert die Teilchen aber nicht mehr (Vergleiche 2 und 3) [1]; Kochen mit Normal-HCl zerkleinert die Teilchen weiter (Vergleiche Methode 3 und 4).

Von den Methoden 1, 2, 3 und 4 ist die Methode 3 vorzuziehen (10 Minuten kochen von 10 g. Boden (lufttrocken) mit soviel Salzsäure, dass der kohlensaure Kalk eben gelöst wird + 100 ccm 0.2 N HCl).

II) Die Schüttelmethode (5) gibt bei der $CaCO_3$-freien Probe (B 1458) Resultate, die mit 1, 2 und 3 ziemlich gut übereinstimmen. Bei der $CaCO_3$-haltenden Probe (B 1459) muss die Schüttelmethode näher geprüft werden.

III) Die Methode ROBINSON (Kochen mit H_2O_2, nachfolgendes Kochen mit H_2O (Methode 6) oder mit HCl (Methode 7), Abschlämmen mit H_2O) ist—zumal bei der $CaCO_3$-haltenden Probe B 1459 — nicht imstande, die Tonsubstanz genügend zu peptisieren.

Es muss noch untersucht werden, ob eine Ergänzung dieser Vorbehandlung durch Abschlämmen mit NH_4OH Resultate gibt, die besser mit den Resultaten nach der Methode 1, 2 und 3 übereinstimmen.

Als *Endresultat* besitzen die Bodenproben folgende Zusammensetzung;

	in % auf Trockensubstanz		in % auf Humus und $CaCO_3$-freie Substanz
	B. 1458	*B. 1459*	*B. 1459*
Humus	0	0.65	0
$CaCO_3$	0	9.26	0
I.	54.96	49.32	54.75
II.	28.03	25.25	28.03
III.	16.84	15.36	17.05
IV.	0.17	0.16	0.17
	100.00	100.00	100.00
Quotient $\frac{II}{I}$ =	0.51	0.51	

Nach der Berechnung auf Humus- und $CaCO_3$-freie Substanz stellt sich heraus, dass die beiden Proben fast genau die gleiche mechanische Zusammensetzung besitzen. Beide Proben entstammen einer selben Formation (mariner Tonboden, Provinz Groningen, Holland); B 1458 ist sehr alt, Untergrund; B 1459 ist vor ungefähr 104 Jahren eingedeicht, also junger Polderboden, obere Krume.

[1] In einer früheren Arbeit (*Int. M. f. Bodenkunde*, XI, Seite 7) wurde betont, dass die Behandlung mit kalter 0,2 N. HCl nahezu keine lösende Wirkung auf die Tonpartikel ausübt. Jetzt zeigt sich, dass auch ohne Gefahr mit 0.2 N HCl während 10 Minuten (Methode 3) gekocht werden kann.

Bei der Untersuchung habe ich den Eindruck bekommen, dass Fraktion I bei B 1458 mehr kleinere Teilchen enthält als bei B 1459.

Die Gehalte an austauschbarem Kalk auf Trockensubstanz sind resp. 0,274 % und 0,813 %. Die Gehalte an sogenanntem Ton (Fraktion I + II) sind resp. 54, 96 + 28,03 = 82,99 % und 49,32 + 25,25 = 74, 57 %, sodass die Gehalte an CaO in Prozenten auf Fraktion I + II resp. 0,33 % und 1,09 % sind.

In jungen und nicht zu alten Tonböden haben wir Werte von 1 % bis 0,8 % gefunden ; in sehr alten Tonböden (Knick) sinkt der Wert (CaO in % auf Fraktion I + II) bis auf 0,5 %-0,4 %, hier sogar bis auf 0,33 %.

Von den untersuchten Böden ist B 1458 völlig humusfrei, während B 1459 nur ungefähr 0,65 % Humus enthält. Diese geringe Menge löst sich nach der Vorbehandlung mit HCl (Methode 1, 2, 3 und 4) völlig beim weiteren Abschlämmen mit NH_4OH. Andere Untersuchungen haben herausgestellt, dass dies bei humusreicheren Tonböden nicht der Fall ist. Die Vorbehandlung mit H_2O_2 nach ROBINSON zerstört den Humus auch in Böden mit hohem Humusgehalt. Ich schlage deshalb vor, folgende Methode der Vorbehandlung zu prüfen :

Kochen mit H_2O_2 nach ROBINSON, nachfolgendes Kochen mit 100 cc 0.2 N HCl (jedenfalls etwas mehr HCl als zur Lösung des $CaCO_3$ nötig ist), Abschlämmen mit destilliertem Wasser bis die Elektrolyte entfernt sind, weiteres Abschlämmen von Fraktion I mit NH_4OH (N 0.1).

BEMERKUNGEN.

Wenn ein kugelförmiges Teilchen in stehendem Wasser sinkt, besteht nach STOKES folgender Zusammenhang zwischen der Schlämmgeschwindigkeit v (Weg in cm in einer Sekunde) und r (Radius in cm) :

$$v = \text{Konstante} \times r^2.$$

Nach ATTERBERG legen die Bodenteilchen vom Radius 1 (r = 0.0001 cm) in 8 Stunden einen Weg von 10 cm ab ($v = 10 : 8 \times 3600$) ; also :

$$10 : 8 \times 3600 = K \times 10^{-8}$$

$$K = \frac{10^8 \times 10}{8 \times 3600} = \frac{10^7}{288} = 34722.$$

Zur Entfernung von Fraktion II wird nach ATTERBERG eine Wasserhöhe von 10 cm nach 7.5 Minuten = 450 Sekunden (Schlämmgeschwindigkeit 10 : 450) abgehebert, was folgende Gleichung gibt :

$$10 : 450 = 34722\ r^2,$$
$$r = 0.0008 \text{ cm}$$
$$2r = 16\ \mu$$

Weiter wird zur Entfernung von Fraktion III eine Wasserhöhe von 30 cm nach 15 Sekunden Ruhezeit abgehebert, was folgende Gleichung gibt :

$$30 : 15 = 34722\ r^2$$
$$r = 0.0076 \text{ cm}$$
$$2r = 152\ \mu$$

TABELLE I. — *Mechanische Zusammensetzung. Gehalte in Prozenten auf Trockensubstanz.*
HISSINK

Methode	Beschreibung der Vorbereitung der Bodenproben. A. Anzahl der nötigen Tage zum Abschlämmen von Fraktion I	Bodenprobe B. 1458 A	Bodenprobe B. 1458 $CaCO_3$ und Humus	Bodenprobe B. 1458 I. 10 cm, 8 st.	Bodenprobe B. 1458 II. 10 cm, 7½ M.	Bodenprobe B. 1458 III. 30 cm, 15 sek.	Bodenprobe B. 1458 IV. Rest.	Bodenprobe B. 1459 A	Bodenprobe B. 1459 $CaCO_3$	Bodenprobe B. 1459 Humus	Bodenprobe B. 1459 I. 10 cm, 8 st.	Bodenprobe B. 1459 II. 10 cm, 7½ M.	Bodenprobe B. 1459 III. 30 cm, 15 sek.	Bodenprobe B. 1459 IV. Rest.
1	Vorbehandlung mit kalter HCl (0,2 N), Abschlämmen erst mit dest. H_2O, dann mit NH_4OH (0,1 N). Siehe *Int. M. f. Bodenk.*, XI, 9.	7	—	54.01	28.66	16,89	0,44	7	0,26	0,46	47,49	25,86	10,65	0,39
2	Wie sub 1, doch statt 1 Tag, 3 Tage mit kalter HCl (0,2 N) stehen gelassen und statt 2 Tage, 4 Tage rotiert mit HCl (0,2 N).	10	—	54,65	28,18	16,72	0,45	10	0,26	0,65	49,31	24,93	15,52	0,33
3	Kochen (10 Minuten) mit HCl (0,2 N) und zwar B 1458 : 100 ccm H_2O + 100 ccm HCl ; B 1459 : 13 ccm H_2O + 187 ccm HCl ; Abschlämmen mit NH_4OH (0,1 N).	9	—	54,96	28,03	16,84	0,17	9	0,26	0,65	49,32	25,25	15,36	0,16
4	Kochen mit HCl (N = 1) und zwar B 1458 mit 70 ccm während 3 Minuten und B 1459 mit 100 ccm während 10 Minuten ; Abschl. mit NH_4OH. . .	13	—	50,89	29,32	16,44	0,15	12	0,26	0,65	53,56	21,49	14,50	0,34
5	Schütteln mit 0,1 N NH_4OH, Abschlämmen mit 0,1 N NH_4OH ; siehe *Int. Mitt. für Bodenkunde*, XI ; auch Band IV, Seite 10.	10	—	53,70	28,15	17,88	0,21	14	(0,26)	(0,65)	(49,48)	(26,64)	(19,29)	(0,48)
6	Kochen mit H_2O_2 und nachher mit 100 ccm H_2O, Abschlämmen mit H_2O ; nach ROBINSON *Journal of Agr. Science*, Vol XII, Page 288.	14	—	50,70	31,28	17,62	0,40	12	0,26	0,65	51,14	37,12	21,47	0,36
7	Wie sub. 6 Kochen mit H_2O_2, aber nachher mit 100 ccm HCl (0,2 N), Abschlämmen mit H_2O. . .	9	—	(27,51)	(37,93)	(34,34)	(0,19)	11	0,26	0,65	34,89	33,28	21,47	0,34

Die Fraktionen nach ATTERBERG würden also zwischen folgenden Grenzen liegen:

Fraktion						
I	< 2	μ	—		< 2	μ
II	2	— 16	μ statt	2	— 20	μ
III	16	— 152	μ statt	20	— 200	μ
IV	152	— 2000	μ statt	200	— 2000	μ

Teilchen von 10 μ Radius haben eine Schlämmgeschwindigkeit = 34722 $\times 10^{-5}$ = 0.0347 cm pro Sekunde ; legen also 10 cm Höhe in 288 Sekunden ab.

Teilchen von 100 μ Radius haben eine Schlämmgeschwindigkeit = 34722 $\times 10^{-4}$ = 3.47 cm pro Sekunde ; legen also 30 cm Höhe in 8.64 Sekunden ab.

SIKORSKY schlämmt nach 1000 Sekunden in einer Wasserhöhe von 20 cm ab.

$$20 : 1000 = 34722\ r^2$$

$$2\ r = 15.2\ \mu.$$

Nach SIKORSKY werden also Teilchen von 15.2 μ Diameter entfernt.

Nach SIKORSKY (Kochen mit Normal-HCl, Abschlämmen mit 0,1 N NH_4OH) wurden gefunden au Prozenten «*Sand*» auf Trockensubstanz resp: 14,9% und 13,6%, also nahezu, was nach der Methode 3 für Fraktion III + IV gefunden worden ist (bei B 1458: 17,01 %, bei B 1459: 15,52 %).

II. *Berichterstatter:* Prof. Dr. G. W. ROBINSON, *University College of North Wales, Bangor.*

The mechanical analyses of the two soils sent to me by Dr. D. J. HISSINK were carried out by the following methods:

I. Treatment with dil. HCl followed by sedimentation as in the method of HISSINK (*Int. Mitt. Bodenk.*, 1921, XI, 9).

II. HCl treatment as in I. using 20 grams of soil. The excess of HCl is removed by filtration and washing, using a hardened filter paper. The soil is then washed into a 1000 c.c. Stohmann shaking bottle and shaken for 24 hours in an end over end shaker with 500 c.c. of water and sufficient ammonia to give 0.1 N after making the suspension up to one litre. After shaking, the suspension is made up to 1 litre and the mechanical analysis performed by the method of G. W. ROBINSON (*J. Agric. Sci.*, 1922, XII, 306-321. See appendix).

III. As in II. but using sodium carbonate instead of ammonia as dispersing reagent to give a final concentration of 0.05 ‰.

IV. Hydrogen peroxide treatment according to the method of G. W. ROBINSON (*J. Agric. Sci.*, 1922, XII, 287-291. See appendix).

This is followed by HCl treatment as in HISSINK's Method and dispersion with sodium carbonate as above. Mech. anal. ROBINSON.

V. As in IV. using ammonia instead of a sodium carbonate.

VI. Direct dispersion by sodium carbonate (JOSEPH and MARTIN), *J. Agric. Sci.*, XI, 293-303 1921). Mech. anal. by ROBINSON method.

VII. As in IV. but sedimentation method using ammonia as dispersing reagent.

The Atterberg scale was used, but the 15 sec.-30 cm. separation was not attempted. Separation with a 0.2 mm. sieve was used instead. No appreciable amount of material greater than 0.2 mm. diameter was found in either of the soils.

Each of the fractions was determined after drying at 100°. As the material used for analysis contained hygroscopic moisture, this was determined and the weights calculated to the water-free basis.

In the estimation of the clay fraction by the ROBINSON method it is necessary to add the loss by solution in the HCl treatments. This loss was determined in duplicate experiments for each treatment.

The following example shows the method of calculating results by ROBINSON pipette method.

Treatment III. Sample B 1458.

Moisture 5.2 %.

Weight of material dried at 100° after preliminary acid treatment determined in a duplicate experiment on 10 grams = 9.3 grams = 93 %.

Therefore material dissolved by HCl = 100 - (5.2 + 93.0)

1.8 %.

Fractions I. & II.

20 cc. sample withdrawn after 7.5 minutes at depth 10 cms. Weight of dried material = 0.313 gram.

Therefore concentration = 0·313 × 5 = 1.565 %.

Original concentration = 2.0 %.

$$\text{Therefore fractions I. \& II.} = \frac{1.565 \times 100}{2.0} = 78.25\ \%$$

To thus must be added material dissolved by HCl (1·8 %).

Thus fractions I. & III. = 80.05 %.

Similarly by sampling at 10 cms after 8 hours.

Fraction I. = 57.0 % - to which must be added 1.8 % as before, so that fraction I. = 58.8 %.

Therefore fraction II. = 80.05 — 58.8 = 21.25 %.

Fraction IV. absent, so fraction III. = (100 — 5.2) — 80.25

= 14.75 %

TABLE 2. — *Results of analyses on air dry samples.*

Treatment	Fractions I.	II.	III.	IV.	Moisture	$CaCO_3$
B. 1458						
I.	57.2	21.8	15.8	—	5.2	—
II.	57.3	23,2	14.3	—	5.2	—
III.	58.8	21.2	14.8	—	5.2	—
	59.0	21.5	14.3	—	5.2	—
IV.	59.5	21.4	13.9	—	5.2	—
V.	56.9	23.7	14.2	—	5.2	—
VI.	56.3	23.2	15.3	—	5.2	—
VII.	56.6	22.3	15.9	—	5.2	—
B. 1459						
I.	49.7	22.9	13.9	—	5.3	8.2
II.	46.9	25.0	14.6	—	5.3	8.2
III.	47.1	25.0	14.4	—	5.3	8.2
	46.6	25.3	14.6	—	5.3	8.2
IV.	50.2	22.0	14.3	—	5.3	8.2
	51.7	20.0	14.8	—	5.3	8.2
V.	52.4	20.3	13.8	—	5.3	8.2
VI.			omitted			
VII.	52.5	20.2	13.8	—	5.3	8.2

TABLE 3. — *Results of analyses calculated on material dried at 100°*

Treatment	Fractions I.	II.	III.	IV.	$CaCO_3$
B. 1458					
I.	60.4	23.0	16.6	—	—
II.	60.4	24.6	15.0	—	—
III.	61.9	22.4	15.7	—	—
	62.1	22.7	15.2	—	—
IV.	62.6	22.5	14.9	—	—
V.	60.0	25.1	14.9	—	—
VI.	59.3	24.6	16.1	—	—
VII.	59.7	23.6	16.7	—	—
B. 1459					
I.	52.3	24.2	14.9	—	8.6
II.	49.5	26.4	15.5	—	8.6
III.	50.2	26.4	14.8	—	8.6
	49.2	26.7	15.5	—	8.6
IV.	53.1	23.3	15.0	—	8.6
	54.6	21.2	15.6	—	8.6
V.	55.4	21.4	14.6	—	8.6
VI.			omitted		
VII.	55.5	21.3	14.6	—	8.6

Remarks on the results of analyses by different methods.

(to see tables 2 and 3)

In the case of the clay which contains the smaller proportion of humus there does not appear to be any definite increase in the amount of clay obtained by the hydrogen peroxide treatment. In the case of the humus clay, however, there does appear to be an appreciable increase. This is not large, but in other experiments with soils containing larger quantities of humus the increase obtained by hydrogen peroxide treatment is often notable.

The analyses by the pipette method show a good agreement with the analyses by the beaker sedimentation methods and a great saving of time and labour can be effected. The analyses were carried out by the ordinary routine methods. Time did not allow for duplicates to be performed in all cases but where they were performed, the agreement was satisfactory. Dispersion by the sodium carbonate method of JOSEPH and MARTIN may be recommended where the soil does not contain calcium carbonate. Where calcium carbonate is present, this is of course distributed among the different fractions.

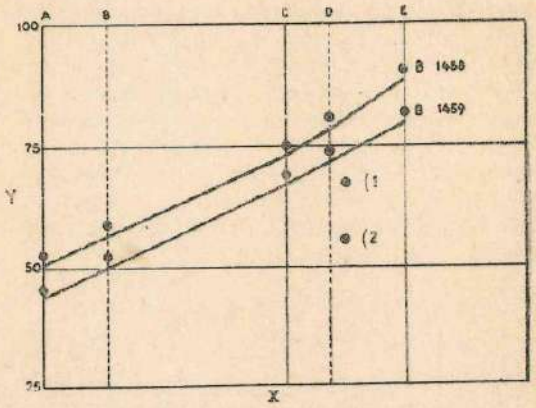

FIG. 1. — Diagram of the analytical results on the Atterberg and the English scale.

It is worthy of notice that if the results of analyses made according to the English scale of fractions are shown graphically as summation percentage, it is possible to obtain the percentages on the ATTERBERG scale with fair accuracy by interpolation. The accompanying diagram will illustrate this (Fig. 1). It will be seen that the experimental points on the ATTERBERG scale lie practically on the curve obtained from the results on the English scale.

APPENDIX.

Robinson method for mechanical analysis.

The soil after appropriate preliminary treatment is dispersed and made up to a suspension of known concentration. Throughout these experiments 2 % suspensions were used. After thorough shaking, the suspension is allowed to settle in a cylinder, about 45 cm. high by 6 cm. diameter for 7.5 minutes. At the end of this time a 20 c.c. pipette is carefully lowered into the suspension so that the end of it is exactly 10 cm. below the surface of the suspension. This is done by fixing the pipette through a wide cork so that when the cork rests on the top of the cylinder

the opening of the pipette is at the appropriate depth. 20 c.c. of the suspension are then carefully withdrawn, avoiding any eddying (Wirbelung) and delivered into a weighed dish. This is then dried at 100° and weighed. The weight, W, of material in 20 c.c. of suspension is thus obtained. Then $5 \times W$ = concentration at 10 cm. below the surface after 7.5 minutes settling and $5W \times \frac{100}{2} = \%$ of material having falling velocity less than 10 cm. + 7.5 minutes, in other words the % of fractions I and II. In the same way the % of fraction I. is found by sampling the suspension at 10 cm. after shaking up and allowing to settle for 8 hours. Where treatment with HCl has preceded analysis the loss by solution is added on to fraction I. Fraction II. is obtained by difference.

Hydrogen peroxide treatment.

Twenty grams of soil are placed in a 1000 c.c. beaker on a water bath and 100 c.c. of 20 vol. (6 %) hydrogen peroxide are added. After the frothing has subsided, a further 100 c.c. of hydrogen peroxide is added and the treatment continued until there is no further oxidation of organic matter. In soils containing much humus the oxidation is shown by the colour becoming paler. In the humus-containing clay used in these experiments the amount of organic matter is so small that the colour change is small and there is comparatively little oxidation after the first 100 c.c. has been used. Where a sedimentation method is used for mechanical analysis the material is then sedimented directly, adding ammonia after the fourth or fifth pouring off. Where the ROBINSON method is used the products or reaction after the oxydation and acid treatment (where carbonates are present) are removed by filtration and washing.

III. — *Berichterstatter* Dr. V. NOVÁK, *Brno, Tschekoslovakei.*

Die von Dr. D. J. HISSINK zu den Vergleichanalysen übergebenen Bodenarten von Groningen in Holland und zwar B. 1458 (ohne Kalk und Humus) und B 1459 mit Kalk und Humus) wurden in der pedologischen Anstalt in Brünn nach diesen Methoden vorbereitet:

1) Ohne irgendwelche Präparation mit Chemikalien wurde die *Schüttelmethode nach* HISSINK *benützt* (*Intern. Mitteil. f. Bdkde.* IV, 10). Die Probe wurde zuerst 24 Stunden im destil. Wasser (auf 10 g 200 cm_3 H_2O) geweicht, danach 6 Stunden lang (240 Umdrehungen in 1 Minute) geschüttelt.

Sedimentation geschah im destil. Wasser.

2) Ohne Präparation mit Chemikalien, *nur gekocht und gerieben.* Die Probe wurde zuerst 24 Stunden in 100 cm_3 Wasser geweicht, dann 2 Stunden lang in einer Porzellanschale (mit Uhrglas bedeckt) unter zeitweiser Nachgiessung des verdampften Wassers gekocht. Nach dem Auskühlen wurde die überschüssige Flüssigkeit samt den schwebenden feinen Bodenteilchen in den Schlämmzylinder abgegossen und die breiige Substanz tüchtig 5 Minuten gerieben. Es wurde im destillierten Wasser geschlämmt.

3) Ohne Präparieren mit Chemikalien, nur im Wasser *gerieben.* Die Probe wurde 24 Stunden geweicht, die breiige Masse 5 Min. gerieben, dann in den Schlämmzylinder gespült, und im destil. Wasser analysiert.

4) ROBINSON*'sche Methode:* Vorbereitung mit H_2O_2 (*Inter. Mitt. f. Bdkde.* XIII, 62). Die Probe wurde im Becherglas mit 50 cm_3 H_2O_2 (20 vol.) 30 Minuten lang erwärmt, dann 25 cm_3 H_2O_2 hinzugefügt und wieder 20 Minuten auf dem Wasserbade erwärmt, dann 15 ccm Wasser zugegeben und 15 Minuten gekocht. Bei der Probe 1459 (Karbonathaltig) wurde vor der Oxydation mit H_2O_2 soviel an verdünnter Salssäure hinzugefügt, als zur Auflösung der Karbonate notwendig war. Es wurde im destil. Wasser geschlämmt.

5) H Cl - NH_4OH - Methode (Modifikation der englischen Methode - *Mitteil. f. Bdkde.* XI, 9). Die Probe wurde in ein Litergefäss (100 ccm) gebracht, mit 100 ccm Wasser begossen, über Nacht ruhen gelassen (bei der kalkhaltigen Probe B 1459 100 ccm Wasser hinzugefügt, welches bloss soviel HCl enthielt, als zur Auflösung der Karbonate notwendig war); am zweiten Tage wurden 100 ccm 0.2 n HCl hinzugefügt und 2 Stunden auf der Schüttelmaschine geschüttelt wie bei der Methode 1). Am dritten Tage wurde sie noch 1 Stunde geschüttelt und im destillierten Wasser geschlämmt bis zum Verschwinden der sauren Reaktion; dann wurde im 0.1 n NH_4OH bis zur Beendigung der Analyse geschlämmt.

Allgemeine Regeln bei den Analysen.

Jede Methode wurde wiederholt (2 parallele Analysen). Zur Analyse wurden 10 g lufttrockenen Bodens genommen.

Die Analysen wurden in einem besonders modifizierten Schlämmzylinder ausgeführt und die Böden in 4 Kategorien nach der SCHÖNEschen Skala unter Benützung der unten angeführten Sedimentierzeiten sortiert:

I.	< 2 μ (0.002 mm)	Absatzeit von	8 Stunden
II.	0.002 - 0.01 mm	» »	8'20''
III.	0.01 - 0.05 mm	» »	50''
IV.	0.05 - 2.0 mm	» »	

Ausserdem wurde auch eine Analyse mittels des Apparates nach KOPECKÝ doppelt ausgeführt.

Der physikalische Ton (Rohton = I. Kategorie < 2 μ) wurde teils direkt, teils aus der Differenz ermittelt. Die direkte Bestimmung wurde bei der kalk-und humusfreien Probe (B 1458) nach Hinzufügung von 10 cm^3 HCl (1 :3) und mehrtägigem Stehenlassen durch Filtration ausgeführt; bei der kalkhaltigen Probe (B 1459) wurde der Rohton durch direktes Abdampfen des Wassers in allen Fällen ermittelt. Aus den parallelen Analysen wurde das arithmetische Mittel berechnet. Die Ergebnisse wurden auf Trockensubstanz (bei 100° C) umgerechnet.

Die Ergebnisse der betreffenden Analysen sind in den beigefügten Tabellen 4 u. 5 zusammengestellt, wo gleichzeitig auch die Anzahl der Abheberungen, die zur vollständigen Absonderung der betreffenden Korngruppe vom gleichen hydraulischen Werte notwendig sind, angegeben ist.

TABELLE 4 — *Mechanische Analyse.* (NOVÁK)

	Vorbereitungsart	Probe B 1458 (ohne Kalk u. Humus)					Probe B 1459 (mit Kalk u. Humus)						
		H_2O	I < 2 μ	II 2 μ – 0·01 mm	III 0·01 – 0·05	IV 0·05 – 2·0 mm	H_2O	$CaCO_3$	Humus	I < 2 μ	II 2 μ – 0·01 mm	III 0·01 – 0·05	IV 0·05 – 2·0 mm	Rest
I.	24 St. im destill. Wasser geweicht, 6 St. geschüttelt, im dest. Wasser geschlämmt	5.658	56.69	25.78	14.17	3.36	5.432	8.83	2.44	42.46[1]	35.29	17.41	4.84	—
II.	24 St. im Wasser geweicht, 2 St. gekocht, mit Finger zerrieben, im dest. Wasser geschlämmt	5.658	54.04	28.17	15.05	2.74	5.432	8.83	2.44	43.33[1]	35.29	17.97	3.21	—
III.	24 St. geweicht, 5 Minuten gerieben, dann im Wasser geschlämmt (nicht gekocht)	5.658	52.35	29.57	14.99	3.09	5.432	8.83	2.44	39.94[1]	36.99	18.91	4.16	—
IV.	H_2O_2-Methode n. Robinson. Bei Probe 1459 zuerst $CaCO_3$ mittels HCl gelöst	5.658	56.40	25.90	15.00	2.70	5.432	8.83	2.44	44.01[2]	26.18	16.94	3.78	0.09
V.	Modifizierte englische Methode. Im Wasser geweicht, 2 St. geschüttelt mit 0.2 n HCl, dann noch 1 St. geschüttelt, geschlämmt zuerst im Wasser, dann in 0.1 n NH_4OH.	5.658	58.40	23.02	15.74	2.84	5.432	8.83	2.44	52.73[2]	21.11	14.56	2.33	0.27

[1] Aus Differenz.
[2] Direkt bestimmt.

TABELLE 5. — (*Anzahl der Abheberungen*).

Methode	Probe B 1458 I 8 St. für 10 cm	II 8'20'' - 10 cm	III 50'' - 10 cm	Zusammen	Probe B 1459 I 8 St. - 10 cm	II 8'20'' - 10 cm	III 50'' - 10 cm	Zusammen
I	28	21	25	74	22	57	60	139
II	39	25	26	90	22	63	64	149
III	39	28	26	93	22	60	79	161
IV	30	24	26	80	56	43	84	183
V	29	19	29	77	50	27	61	138

SPEZIELLE BEMERKUNGEN.

Probe B 1458 (*ohne Kalk und Humus*).

Für die Vergleichung aller benützten Methoden ist die I. Kategorie (Rohton $< 2\ \mu$) der ausschlaggebende Masstab. Betrachten wir aus der Differenz von Hundert ermittelten Werte.

Die grösste Menge an physikalischem Ton ergab die Methode V (die von HISSINK verbesserte englische Methode), nämlich 58.40 %. Darauf folgt die Schüttelmethode (ohne Präparation mit Säuren) mit einem Ergebnis von 56.69 %. Von dieser unterscheidet sich praktisch nicht die Methode nach ROBINSON (mit H_2O_2). Daraus kann man schliessen, dass die peptisierende Wirkung der Präparation mit Wasserstoffsuperoxyd wenig wirksam ist, ja es ist sogar nicht ausgeschlossen, dass H_2O_2 eine koagulierende Wirkung ausübt.

Das geringste Ergebnis an Rohton lieferte die Methode III (bloss im destillierten Wasser verrieben). Wenn wir als Grundlage die höchste Angabe an Rohton, welche mit der Methode V erzielt wurde, nehmen, bekommen wir diese absolute resp. relative Differenz:

Methode	Absolute Differenz	Relative Differenz
I.	1.71 %	2.93 %
II.	4.36 %	7.46 %
III.	6.05 %	10.36 %
IV.	1.91 %	3.27 %
V.	0	0

Die Methoden I und IV ergeben Resultate, die von der Methode V in den Grenzen der analytischen Fehler abweichen; man kann sie hier als gleichwertig betrachten. Die Schüttelmethode liefert hier ein sehr günstiges Resultat; ihr gleichwertig ist die Methode IV (ROBINSON).

Das Verhältnis der einzelnen Korngruppen unterscheidet sich bei den einzelnen Methoden nicht wesentlich, was man anschaulich durch die Summe der Kategorien I und II demonstrieren kann (siehe die Tabelle) :

Methode	Summe I + II.
I.	82.47 %
II.	82.21 %
III.	81.92 %
IV.	82.30 %
V.	81.42 %

Diese Summe ist für die Methode I so auch II günstiger als für die Methode V. Auch bei der Methode IV ist diese Summe günstiger als bei der Methode V.

Die Schüttelmethode (I) zeigt weiter ein günstigeres Resultat bezüglich der Anzahl der Manipulationen, die für das Abziehen des Rohtons (28 Abheberungen für eine Absatzhöhe von 10 cm) erforderlich sind, so auch in der Gesamtzahl der Abheberungen für alle Korngruppen (I + II + III + IV = 74 Abheberungen).

Wenn wir die Methode ohne chemisches Präparieren vergleichen, so ersehen wir, wenn wir den Rohton (kleiner als 2μ) in Betracht ziehen, dass am meisten durch das Schütteln freigemacht wurde, am wenigsten jedoch durch blosses Verreiben.

Das Kochen der Probe (III. Methode) scheint überhaupt keinen Einfluss auf das Ergebnis an tonigen Substanzen (kleiner 0.01 mm) zu haben. Davon legt auch das Schlämmen mittels des Apparates nach KOPECKÝ Zeugnis ab, zu welchem die Probe gleichfalls durch Kochen vorbereitet wird und den gleichen summarischen Erfolg an der Summe der Kategorien I + II gibt wie die Methode IV und V. Den Einfluss des Kochens auf die Koagulation des Rohtons $< 2\mu$ kann man nicht abstreiten, obzwar auch hier dieser Einfluss in den Resultaten der quantitativen Bestimmung nicht besonders markant sich äussert. Von jenem Einfluss zeugt jedoch der Umstand, dass in den ersten Tagen der Analyse bei der Methode II auf dem Zylinderboden rasch ein Sediment entstand, während bei der ersten Methode die Dichte der Suspension eine sehr gleichmässige war. Erst nach einigen Tagen trat bei der Methode II eine Ausgleichung der Verhältnisse ein.

Die Proben, welche mit Chemikalien präpariert waren (IV. u. V. Methode), zeigten natürlicherweise in den ersten Tagen eine starke Koagulation.

Die Analyse mit dem Schlämmapparate nach KOPECKÝ liefert im Vergleich mit der Sedimentiermethode übereinstimmende Resultate, auf welchen Umstand der Referent schon früher hingewiesen hat. Daraus ist auch zu schliessen, dass, wenn bei der Sedimentier- und Schlämmethode die hydraulischen Werte gleichgestellt werden und für die Errechnung der Sedimentierzeiten bei der Sedimentiermethode das gleichmässige Fallen vorausgesetz wird, die Resultate der Analysen praktisch übereinstimmend sind, obzwar es theoretisch strittig sein kann, ob die Absatzgeschwindigkeit (der Fall in der Flüssigkeit) und die Abschlämmgeschwindigkeit (der aufsteigende Wasserstrom) einander gleichgestellt werden können. Die

Uebereinstimmung der Resultate bestätigt der Vergleich der Analyse mit dem Schlämmapparate nach KOPECKÝ mit der Sedimentiermethode II, bei welcher die gleiche Vorbereitung zur Analyse benützt wurde (Kochen und Verreiben) :

	I + II	III	IV
II. Methode	82.21 %	15.05	2.74 %
Apparat nach KOPECKÝ	81.75 %	15.49	2.76 %

(*Probe B* 1459 *mit Kalk und Humus*).

Der Gehalt an $CaCO_3$ wurde durch Abwägen des CO_2 nach der Zersetzung mit warmer 10 % H_3PO_4 im Geissler' schen Kaliapparat und in U-Röhren mit Natron-Kalk ermittelt. Die Bestimmung schwankte relativ bedeutend, das Mittel betrug 8.83 %. Wahrscheinlich ist das Karbonat in der Erdart ungleichmässig verteilt. Der Humus der Probe wurde nach der Knopp'schen Methode (durch Oxydation mit Chromsäure) ermittelt, er betrug 2,44 % (aus CO_2 umgerechnet). Es sind das jedoch grösstenteils grobe organische Uebereste.

Die Resultate der mechanischen Analyse sind hier diese : Der Gehalt an Rohton (2 μ) ist am grössten bei der Methode V, trotzdem die Karbonate in das Resultat nicht einbezogen sind. Daraus kann man schliessen, dass durch Auflösung der Karbonate die verkitteten Körner zerstört wurden, welche früher als mechanisch einheitlich wirkende Körperchen in Erscheinung traten ; ferner, dass durch Salzsäure und Ammoniak die Peptisation der Tonsubstanzen erhöht wurde (in der Natur kommt es jedoch bei den Karbonaterden niemals zu diesem Vorgang). Einen bedeutenden Einfluss hat bei dieser Methode sicherlich auch das wiederholte Schütteln der Probe, wie es durch die Methode vorgeschrieben ist.

Bei der zweiten chemischen Methode (IV, ROBINSON) ist das Ergebnis wesentlich niedriger und übertrifft nicht markant das Ergebnis an Rohton (kleiner als 2 μ) bei der Schüttelmethode im destil. Wasser, obzwar das Verhältnis der Korngruppen stark verändert ist.

Von den Methoden, bei welchen zur Präparierung keine Chemikalien verwendet wurden, (I, II, III) ergab das höchste Ergebnis an Rohton die Methode II (Kochen). Wenn wir von der Methode III absehen, die als ungenügend zur Absonderung der Tonsubstanzen angesehen werden muss, so hat bei dieser kalkhaltigen Probe das beste Ergebnis die Methode II (Kochen und Verreiben der Probe), welche jedoch vielleicht eine starke Zertrümmerung der gröbsten Substanzen, besonders auch der groben organischen Beimengungen zur Folge hat ; Die Anzahl der für die Abtrennung des Rohtons kleiner 2 μ notwendigen Abheberungen ist dieselbe ; bei den übrigen Kategorien ist diese Anzahl bedeutend ungünstiger für die Methoden II und III als für die Methode I.

Es ist merkwürdig, dass auch die Methoden mit Chemikalien (IV und V) die Eisensubstanzen nicht vollständig aus den gröberen Korngruppen auslaugten. Die Kategorie IV hat in allen Fällen einen rötlichen Ton.

Die Korngrösse I klebt bei allen Methoden stark an den Wänden der Schale, bloss bei der IV. Methode klebt sie nur schwach, wahrscheinlich infolge einer vollständigeren Auflösung der Humussubstanzen.

Relativ kann man bei der Probe B 1459 die einzelnen Methoden nicht miteinander vergleichen; denn die Präparation mit Chemikalien verändert (insbesondere bei der Methode V) vollständig den ursprünglichen Charakter der Erdart und es hat keinen Zweck das zersetzte Karbonat resp. den Humus bei der mechanischen Zusammensetzung in Betracht zu ziehen. Das Verhältnis der einzelnen Kategorien bei den Methoden ohne Präparierung mit den Chemikalien blieb wesentlich dasselbe und stellt eine gröbere Textur als die Methode V dar.

Aus der Analyse der Probe B 1459 geht auch hervor, dass die Absonderung des Rohtons durch die Sedimentation bei den Methoden ohne Chemikalien viel kürzere Zeit dauert als bei den Methoden mit Chemikalien.

Auch bei dieser Probe wurde eine Analyse mit Hilfe des Apparates nach KOPECKÝ ausgeführt; wenn wir die Methode II, welche in ihrer Vorbereitung mit der Methode nach KOPECKÝ übereinstimmt, vergleichen, so ersehen wir, dass auch hier Ergebnisse sehr genäherte sind:

	I + II	III	IV
II. Methode	78.82	17.97	3.21
Apparat nach KOPECKÝ	80.75	16.17	3.08

SCHLUSSFOLGERUNG.

Bei der Probe B 1458 (ohne Kalk und Humus) zeigt es sich, dass die Vorbereitung mit Chemikalien (nach der englischen Methode mit HCl-NH_4 OH und nach der ROBINSON schen Methode mit H_2O_2 keinen auffälligen Einfluss auf das Ergebnis an Rohton (kleiner als 2 μ) gegenüber der Schüttelmethode (6 Stunden bei 240 Umdrehungen in der Stunde nach Weichen der Probe bloss in destilliertem Wasser) ausgeübt hat. Da auch die zur Abheberung des Rohtons erforderliche Zeit gleich, ja eher kürzer ist, zeigt es sich vorteilhafter, die Vorbereitung bloss im destillierten Wasser bei 6-stündigem Schütteln auszuführen, weil wir dann die Gewähr haben, dass wir nicht das eigentliche Gefüge des Bodens zerstören, was bei der Präparation mit Chemikalien nicht immer vorausgesetzt werden kann.

Bei der Probe 1459 (mit Kalk und Humus) wurde das höchste Ergebnis an Rohton (kleiner als 2 μ) durch die englische Methode HCl-NH_4 OH erzielt, das niedrigste durch die III. Methode mit blossem Verreiben (im destilliertem Wasser).

Die Methoden ohne Präparieren mit Chemikalien lieferten ein ganz abweichendes Verhältnis in der mechanischen Zusammensetzung.

Das Kochen der Probe mit nachfolgendem Verreiben ergab etwas mehr an Rohton als die blosse Reibmethode. Die Absonderung des Rohtons erfordert bei den Methoden ohne Präparieren mit Chemikalien eine kürzere Zeit bei der kalkhaltigen Probe als bei der kalkfreien Probe. Die blosse Reibmethode ohne Kochen und Schütteln erwies sich im Allgemeinen als ungenügend zur Absonderung der tonigen Substanzen bei beiden Proben.

Es ist die persönliche Ueberzeugung des Referenten, dass es weder empfehlenswert noch richtig ist, die Bodenarten mit Säuren zum Zwecke der Beseitigung der Karbonate zu präparieren, weil dadurch die mechanische Zusammensetzung vollkommen verändert wird.

Karbonat und eventuell auch Humus sind ursprünglich in allen Korngrössengruppen vertreten und wirken im mechanischen Sinne analog wie die Mineralkörner. Da wir nun nach der mechanischen Zusammensetzung gewöhnlich auch die hauptsächlichsten physikalischen Eigenschaften beurteilen, liefert die mechanische Analyse nach Beseitigung der Karbonate ein falsches Bild von diesen physikalischen Eigenschaften. Wenn es sich um eine gleiche Grundlage zur Vergleichung der Böden untereinander handelt, ist es zweckmässig, die Präparation mit Chemikalien nicht in Erwägung zu ziehen.

IV. *Berichterstatter Prof. Dr.* R. GANSSEN *erhielt mit 3 Vorbereitungsmethoden diese Ergebnisse der mechanischen Analysen:*

TABELLE 6. — METHODE I.

(« *Internationale Mitteilungen* » 1921, Bd. II. S. 9).

Erst mit HCl geschüttelt, dann mit 0,1 *n Ammoniak abgeschlämmt* (10 *g Einwage*).

Nr.	Bezeichnung	8 Stunden Fraktion I über 0,02 mm.	7½ Minuten Fraktion II 0,002–0,02	50 Sekunden Fraktion III 0,02–0,2	Rest Fraktion IV 0,2–20,
1458	Schwerer Ton ohne Humus und $CaCO_3$ . .	57 % (*)	25 %	16 %	2 %
1459	Schwerer Ton mit etwas Humus und $CaCO_3$	50 % (*)	23 %	15 %	3 %

(*) Aus der Differenz bestimmt.

TABELLE 7. — METHODE II.

(« *Internationale Mitteilungen* », Bd 4, S. 10).

Der Boden wurde mit dest. H_2O 6 *Stunden lang geschüttelt, dann geschlämmt* (10 *g Einwage*).

Nr.	Bezeichnung	8 Stunden Fraktion I über 0,02 mm.	7½ Minuten Fraktion II 0,002–0,02	50 Sekunden Fraktion III 0,02–0,2	Rest Fraktion IV 0,2–3,0
1458	Schwerer Ton ohne Humus und $CaCO_3$ . .	61,5 % (*)	23,5 %	12 %	3 %
1450	Schwerer Ton mit etwas Humus und $CaCO_3$	47,0 % (*)	28 %	14 %	11 %

(*) Aus der Differenz bestimmt.

TABELLE 8. — CHEMISCHE ANALYSE.

I. *Analyse des durch sechstündiges Erhitzen mit verd. Schwefelsäure (1:5) bei 220° im Schiessofen zersetzten Bodenanteils.*

Nr.	$CaCO_3$ nach Scheibler %	In H_2SO_4 unlöslicher Rückstand %	Kolloidtongehalt: Aus der Differenz berechnet [100—[$CaCO_3$+in H_2SO_4 unl. Rückstand)] %	davon entfallen auf: (lösl.) SiO_2 %	Al_2O_3	Fe_2O_3	Hygrosk H_2O	Glühverlust excl. CO_2
1458	—	34,58	65,42	30,93	12,48	5,42	4,79	5,51
1459	7,6	30,05	62,35	25,25	11,19	6,28	4,84	7,75

V. *Berichterstatter: Prof. Dr.* E. RAMANN (*München, Bayern*).

Nach der Mitteilung von Dr. G. KRAUSS wurden zwei Methoden der Vorbereitung der Bodenproben geprüft:

1. Die gewöhnliche Vorbereitungsart: Die Probe wurde mit Finger im Wasser zerrieben und geschüttelt (ca. 2 Stunden), *nicht* gekocht.

2. Die Methode mit H_2O_2 nach ROBINSON.

Für die Absonderung der Körnerkategorien wurden diese Fallzeiten benützt:

20 μ entsprechend 7 ½ Min., 2 μ: 10 Stunden.

0,2 μ entsprechend 30 Tage für 30 cm Fallhöhe.

Die Kategorien gröber als 0.02 mm wurden mittels Spülapparat bestimmt und wurden lufttrocken gewogen. Die feineren Kategorien unter 0.02 mm wurden mittels Pipettmethode nach KRAUSS bestimmt und absolut trocken gewogen.

Die Analyse der Probe B 1459 (kalkhaltig und humushaltig) wurde nicht vollendet, da nach der H_2O_2 - Vorbehandlung flockte deutlich aus.

Auch bei Probe 1458 sind die Autoren nach den Resultaten mit H_2O_2 Vorbehandlung im Zweifel, ob nicht gegen Ende der Sedimentation partielle Flockung begonnen hat, die allerdings nicht sichtbar wurde.

	Probe B 1458		Probe B 1459	
Methode	1.	2.	1.	2.
Körnerdurchmesser . . .	%	%	%	%
2 — 0,2 mm.	—	—	0.2	Nach H_2O_2 Vorbehandlung deutlich ausflockend, zuerst nur schwach, allmählich stärker.
0.02 — 0,02 mm. . . .	15.6	15.6	18.2	
0.2 — 0,002	24.1	25.6	31.2	
0,002 — 0,0002	21.5	24.2	25.5	
unter 0,0002 mm. . . .	38.3	33.3	21.9	

VI. *Berichterstatter: Prof. Dr.* A. A. J. v. 'SIGMOND (*Budapest, Ungarn*).

Es wurden 3 Methoden nachgeprüft (Siehe Tabelle 9 und 10).

I. Schüttelmethode (*Int. Mitt. f. Bdkde*, Bd. 4, S. 10).

II. H Cl - NH_4OH - Methode (*Int. Mitt. f. Bdkde.*, Bd. 11, S.9).

III. Methode ROBINSON (*Journ. of Agr. Science* XII, 287-291).

Es wurde nach der Methode ATTERBERG geschlämmt. Die Bestimmung des Rohtones wurde stets durch Abdampfen und direktes Wiegen ausgeführt. Von jed er Methode wurden 3 parallele Analysen durchgeführt; Wassergehalt der Probe B 1458 ist 4.75 %, B 1459 4.58 %.

TABELLE 9.

Die mechanische Zusammensetzung (lufttrocken). ('SIGMOND)

Kleiner als	I. (B. 1458) 1	2	3	Durchschnitt	II. (B. 1459) 1	2	3	Durchschnitt
A.) *Schüttelmethode:*								
0,002 mm.	53.29 %	54.27 %	53.39 %	53.65	35.60 %	35.28 %	35.50 %	35.46
0.02 »	24.40 %	24.85 %	24.53 %	24.59	33.19 %	33.67 %	34.50 %	33.78
0.2 »	16.73 %	16.70 %	16.50 %	16.64	25.95 %	—	25.25 %	25.60
Grösser als 0.2 mm.	1.50 %	3.50 %	2.29 %	2.43	6.60 %	—	6.10 %	6.35
Summe	95.92 %	99.32 %	96.71 %	97.31	101.34 %	—	101.35 %	101.19
B.) *HCl-NH_4OH-methode*								
0.002 mm. HCl . .	26.12 %	26.44 %	27.18 %	—	8.51 %	10.37 %	10.75 %	—
0.002 » NH_4OH .	25.64 %	25.40 %	24.18 %	—	36.92 %	35.50 %	35.31 %	—
0.002 »	51.76 %	51.84 %	51.36 %	51.64	45.43 %	45.87 %	46.02 %	45.77
0.02 »	23.17 %	20.48 %	22.24 %	21.96	20.99 %	21.50 %	20.97 %	21.15
0.2 »	15.07 %	16.57 %	15.90 %	15.83	13.77 %	14.15 %	14.37 %	14.76
Grösser als 0.2 mm. .	0.10 %	0.22 %	0.10 %	0.14	0.02 %	0.17 %	0.07 %	0.09
Summe	90.10 %	89.08 %	89.60 %	89.57	80.21 %	81.69 %	81.47 %	81.77
C.) *Methode Robinson:*								
0.002 mm.	34.62	34.96	34.42	34.67	13.71	12.60	14.65	13.65
0.02 »	33.79	35.99	34.43	34.74	22.67	23.73	22.76	23.05
0,2 »	22,68	20,67	22,68	22,01	54.48	55'92	53.85	54.75
Grösser als 0.2 mm. .	0.42	0.39	0.49	0.43	3.12	0.76	2.37	2.08
Summe	91.51 %	92.01 %	92.02 %	91.85	93.98 %	93.01 %	93.63 %	93.53

TABELLE 10.

Durchschnittswerte auf Trockensubstanz.

Kleiner als	B. 1458	B. 1459
A.) *Schüttelmethode*		
0.002 mm.	56.32 %	37.16
0.02 »	25.82 %	35.40
0.2 »	17.47 %	26.82
> 0,2 »	2.55 %	6.65
Summe	102.16	106.03
B.) *HCl-NH_4OH-methode.*		
0.002	54.21	47.96
0.02	23.05	22.16
0.2	16.62	15.46
Grösser als 0.2	0.15	0.09
Summe	94.03	85,67
C.) *Methode Robinson.*		
0.002 mm.	36.40	14.30
0.02 »	30.47	24.16
0.2 »	23.11	57.38
> 0.2 »	0.42	2.18
Summe	96.43	98.02

ZUSAMMENFASSUNG DER RESULTATE DER VERGLEICHENDEN ANALYSEN *von allen 6 Laboratorien.*

Für die Zusammenfassung der Ergebnisse ist der massgebende Faktor der Rohton (unter 2 μ) die anderen Kornkategorien kann man nicht so leicht vergleichen; denn es wurden für ihre Bestimmung nicht dieselben hydraulischen Werte verwendet. In der beigefügten Tabelle 11 sind die Bestimmungen an Rohton zusammengestellt, nach der man diesen Ueberblick gewinnt:

Es ist zu konstatieren, dass im Ganzen 16 verschiedene Vorbereitungsarten für die mechanische Analyse geprüft wurden. Fast von allen an der Sache teilnehmenden Anstalten wurden diese 3 Methoden geprüft: *a*) die Schüttelmethode (Bezeichnung in der Tabelle als III), *b*) die modifizierte englische Methode (HCl-NH_4 OH als V), *c*) die ROBINSON'sche (H_2O_2-Methode VI).

Weiter ist zu konstatieren, dass die in verschiedenen Laboratorien mit einer und derselben Methode erzielten Ergebnisse differieren bei der Probe B 1459 (mit Kalk und Humus) *viel mehr* als bei B 1458 (ohne Kalk und Humus). Ausserordentliche Differenzen zeigen sich bei der ROBINSON'schen H_2O_2 Methode (VI. Methode) und zwar bei beiden Proben (die Differenz macht relativ bis 35 % und mehr aus gegenüber dem höchsten Ergebnis).

Bei *der kalklosen Probe* (B 1458) ist das Ergebnis der *Schüttelmethode* (III) *im Allgemeinen gleichgünstig oder sogar günstiger* als bei der englischen (V) und ROBINSON'sche Methode (VI); es ist daraus zu sehen, dass die Peptisation der Tonsubstanzen durch die letztgenannten Methoden nicht erhöht wird.

Bei der kalkhaltigen Probe (B 1459) gewährte die englische Methode (V) ein absolut höheres Ergebnis als die reine Schüttelmethode (III). (In der Tabelle sind die Ergebnisse der III. Methode einschliesslich des Karbonats angegeben, während in den Ergebnissen der V. Methode die Karbonate nicht eingerechnet sind, wodurch diese bedeutend höher erscheinen).

Es wurde auch konstatiert, dass bei der Probe B 1459 weder die englische noch die ROBINSON'sche Methode nicht imstande sind, sämtliche organ. Substanzen zu zersetzen.

HISSINK und ROBINSON haben mehrere Peptisationsmethoden miteinander verglichen. HISSINK erzielte das höchste Ergebnis an Rohton gegenüber allen übrigen angewendeten Methoden durch die Methode IX (Kochen mit n/s HCl, Schlämmen mit NH_4 OH) bei beiden Proben. ROBINSON erhöhte die peptisierende Wirkung des H_2O_2 durch nachträgliche Präparierung mit 0.2 n HCl und durch Dispergierung mit Soda.

Die durch verschiedene Peptisierungsmethoden erzielten Differenzen kann man nicht für besonders gross ansehen und es wird sich empfehlen, *die Nachprüfungen bloss auf die typischsten Methoden zu beschränken, eventuell die Nachprüfung auf weitere Bodenproben zu erstrecken.*

Es ist nicht ausgeschlossen, dass das verwendete Material (beide Erdarten sind im Grunde gleichen Ursprungs) nicht gestattete, dass die Differenzen zwischen den einzelnen Methoden deutlicher zum Ausdruck kommen. Die Probe B 1459 scheint auch wenig gleichmässig zu sein; denn die Karbonatbestimmung in 4 Laboratorien schwankte zwischen 7.6 (GANSSEN), 8.83 (NOVÁ'K) bis 9.20 % $CaCO_3$ (HISSINK) oder es sind die zur Bestimmung des Karbonates benützten Methoden nicht einwandfrei; denn für ein solches einfache analytische Verfahren sind die Differenzen enorm! Auch die Humusbestimmung schwankt ausserordentlich: HISSINK gibt nur 0.65 %, NOVÁK jedoch 2.44 %! (es wurde im letzten Falle durch Chromsäure zerlegt und als CO_2 gewogen und umgerechnet. Daraus sieht man, wie es ausserordentlich wichtig ist, international einheitliche Methoden für die Bestimmung der gewöhnlichen Bodenbestandteilen zu haben!

Es empfiehlt sich die bisherigen Vergleichsanalysen als vorläufige zu betrachten und weitere Vergleichsanalysen mit drei neuen Bodenproben durchzuführen. Die Versuchsböden müssten aus abweichenden klimatischen Verhältnissen stammen. Die Anstalten, in welchen diese Böden analysiert werden, sollten ausserdem mehrere andere für ihr Gebiet typische Bodenarten mittels der vorgeschriebenen Vorbereitungsarten behufs Vergleichung der Methoden analysieren.

Für diese Vergleichsanalysen sollen schon nur bestimmte Methoden der Vorbereitung gewählt werden — das müsste das Plenum der Kommission bestimmen — und zwar solche Methoden, deren prinzipielle Manipulationen auffällig abweichend sind; diese Methoden müssen eingehend beschrieben werden (am besten von den Autoren selbst). *Es soll jedenfalls auch die Vorbereitung ohne chemische Reagenzien in Erwägung gezogen werden.*

TABELLE II. — VORBEREITUNG DER BODENPROBEN ZUR MECHAN. ANALYSE.

Tabelle der Ergebnisse an Rohton (< 2 μ).

	Vorbereitungsart der Probe	B 1458 (ohne Kalk und Humus)						B 1459 (mit Kalk und Humus)						Bemerkung
		Ganssen	Hissink	Novák	Ramann	Robinson	Sigmond	Ganssen	Hissink	Novák	Ramann	Robinson	Sigmond	
I	Die Probe 24 Stunden im dest. Wasser geweicht, 5 Minuten gerieben und dann im H_2O sedimentiert	—	—	52.35	—	—	—	—	—	30.04 [1]	—	—	—	1) $CaCO_3$ nicht zerstört.
II	24 Stunden geweicht, 2 Stunden gekocht, dann gerieben und im Wasser sedimentiert	—	—	54.04	—	—	—	—	—	43.53 [1]	—	—	—	1) $CaCO_3$ nicht zerstört.
III	Die Probe 6 Stunden geschüttelt mit Schüttelmaschine, sedimentiert im H_2O	61.5	—	56.69 [2]	59.82 [2]	—	56.32	47.0	—	42.45 [1]	47.4	—	37.16	1) 24 Stunden im Wasser geweicht, dann geschüttelt. 2) Gerieben, dann 2 Stunden geschüttelt, sedimentiert 10 St. für 10 cm.
IV	Mit 0.1 n NH_4OH geschüttelt, sedimentiert mit NH_4OH	—	53.76	—	—	—	—	—	(40.68)	—	—	—	—	1) Nach Abziehen von $CaCO_3$ (50.0—7.6 = 51.4 %.
V	Mit kalter HCl (0.2 n) vorbehandelt (1 Tag), 2 mal geschüttelt, sedimentiert zuerst im Wasser, dann im NH_4OH (0.1 n)	57.0	54.01	58.40	—	57.2	54.21	(51.4 [1])	47.19	52.73	—	49.7	47.96	
VI	Vorbehandlung mit H_2O_2 (Robinson), gekocht und im Wasser sedimentiert	—	50.70	56.40	57.52 [2]	—	36.40	—	31.14	44.01	—	—	14.30	
VII	In kalter HCl (0.2 n) 3 Tagen geweicht und 4 mal rotiert	—	54.65	—	—	—	—	—	49.31	—	—	—	—	
VIII	10 Minuten gekocht mit 0.2 n HCl und im NH_4OH geschlämmt	—	54.96	—	—	—	—	—	49.32	—	—	—	—	
IX	Mit n/1 HCl gekocht, im NH_4OH geschlämmt	—	56.89	—	—	—	—	—	53.96	—	—	—	—	
X	In 0.2 n HCl 1 Tag geweicht, die Salzsäure durch Filtration abgezogen, dann mit NH_4OH geschüttelt	—	—	—	—	57.3	—	—	—	—	—	46.9	—	
XI	Wie sub. X, anstatt NH_3 mit Na_2CO_3 dispergiert	—	—	—	—	58.8	—	—	—	—	—	47.1	—	
XII	Mit H_2O_2 gekocht (Robinson), dann mit 0.2 n HCl präpariert wie sub. V und in Na_2CO_3 dispergiert	—	—	—	—	59.5	—	—	—	—	—	50.2	—	
XIII	Wie XII, aber mit NH_3 anstatt Na_2CO_3 dispergiert	—	—	—	—	56.9	—	—	—	—	—	52.4	—	
XIV	Direkte Dispergierung mit Na_2CO_3 nach Joseph und Martin	—	—	—	—	56.3	—	—	—	—	—	—	—	
XV	Wie sub XII, aber ohne Präparieren mit HCl und mit NH_3 dispergiert	—	—	—	—	56.6	—	—	—	—	—	52.5	—	
XVI	Präparation mit H_2O_2, dann mit 100 cc 0.2 n HCl gekocht, im Wasser geschlämmt	—	(27.54)	—	—	—	—	—	34.80	—	—	—	—	

Für die Vergleichsanalysen sollen grundsätzlich auch die Korngrössenkategorien (nach Absetzzeitdauer oder nach Geschwindigkeit) wegen Vergleichung vorgeschrieben werden ; es könnte auch zwecks Verkürzung der Analysen bloss die Bestimmung des Rohtons (< 2 μ), der für die Vergleichung das wichtigste ist, gefordert werden.

Es sollte auch die Methode ROBINSON in der von HISSINK modifizierten Form in Erwägung genommen werden.

Da die Frage der Vorbereitung des Bodens zur Analyse in den Kreis der anderen wichtigen Fragen gehört, erlaubt sich der Referent, auf die Verhandlungen der III. Konferenz in Prag die Aufmerksamkeit zu richten, wo in dem Eröffnungsreferat über die mechanische Analyse einige Fragen zusammengestellt sind, nach welchen man stufenweise die wichtigsten Sachen einheitlich lösen möchte. Er bittet zu entscheiden, ob dort angegebene Fragen aufs weitere als Grundlage für die Arbeiten der Kommission in der Sache der mechanischen Analysen angewendet werden sollen.

Rapporteurs: Prof. Dr. GANSSEN (*Berlin*), Dr. D. HISSINK (*Groningen*), Dr. NOVÁK (*Brno*), Prof. Dr. RAMANN (*München*), Prof. Dr. ROBINSON (*Bangor*), Prof. Dr. SIGMOND (*Budapest*). — **La préparation des échantillons de terre pour l'analyse mécanique.**

RÉSUMÉ

Dr. V. NOVÁK, *Brno*.

A l'instigation du Dr. HISSINK, six membres de la commission analysèrent deux échantillons de terre pour rechercher l'influence des diverses méthodes de préparation de la terre pour l'analyse mécanique. Le Dr. HISSINK expédia deux échantillons de terre de la Hollande : *B* 1458 (sans carbonates et sans humus) et *B* 1459 (avec carbonates et avec humus).

Les ayant préparés pour l'analyse mécanique en quelque manière que ce soit, on a employé l'appareil usuel au laboratoire. Il s'agissait de constater la diversité des résultats au moyen de la différente préparation des échantillons et principalement pour l'argile (< 2 μ = 0.002 mm) dont le temps de repos est de 8 heures pour une hauteur des liquides de 10 cm. D'ailleurs, le choix des lots des divers diamètres fut laissé à MM. les membres de la commission. Tous les instituts, excepté ceux de RAMANN et de ROBINSON, pratiquèrent l'analyse mécanique par sédimentation répétée. L'institut de RAMANN détermina les lots les plus fins par l'emploi de la méthode de KRAUSS, les lots les plus grossiers (< 0.02 mm) par déplacement. ROBINSON travailla d'après sa propre méthode-pipette.

On ne prit en considération que l'argile grossière (< 2 μ), car on n'utilisa pas des mêmes valeurs hydrauliques pour la détermination des autres lots.

Dr. V. Novák (Brno).

TABELLE I2.

	Modes de préparation des échantillons de terre	B 1458, sans carbonates et sans humus							B 1459, avec carbonate et humus							Notes
		Ganssen	Hissink	Novák	Ramann	Robinson	Sigmond		Ganssen	Hissink	Novák	Ramann	Robinson	Sigmond		
I	Terre mouillée pendant 24 heures dans l'eau, puis broyée 5 minutes et tout de suite sédimentée dans l'eau	—	—	52·35	—	—	—		—	—	39·94 [1]	—	—	—		1) $CaCO_3$ pas éliminé 2) $CaCO_3$ pas éliminé. 3) avant l'agitation, mouiller pendant 24 heures dans l'eau. 4) Agiter pendant 2 heures, broyer et sédimenter au bout de 10 h pour 10 cm. 5) Après soustraction de $CaCO_3$ (39·0 % = 5·14 %). 6) Voir note 2) ci-dessus.
II	Terre mouillée dans l'eau pendant 24 h, soumise à l'ébullition pendant 2 heures, broyée et sédimentée dans l'eau	—	—	54·04	—	—	—		—	—	43·53 [2]	—	—	—		
III	Agiter avec l'eau pendant 6 heures et sédimenter dans l'eau	61·5	—	56·69 [3]	59·8 [4]	—	56·32		47·0	—	42·46 [3]	47·4	—	37·16		
IV	Agiter avec 0.1 n NH_4OH et sédimenter dans NH_4OH	—	53·76	—	—	—	—		—	40·68	—	—	—	—		
V	Mouiller pendant 24 heures dans HCl (0.2 n), agiter deux fois sédimenter d'abord dans l'eau, puis dans NH_4OH (0·1 n)	57·0	54·01	58·40	—	57·2	54·21		51·4 [5]	47·19	52·73	—	49·7	47·96		
VI	Préparation de la terre avec l'eau oxygénée (ROBINSON) et sédimenter dans l'eau	—	56·70	56·40	57·5 [6]	—	56·40		—	37·14	44·01	—	—	14·30		
VII	Modification de la Vème méthode. Mouiller dans HCl froid (0.2 n) pendant 3 jours et agiter quatre fois	—	54·65	—	—	—	—		—	49·31	—	—	—	—		
VIII	Échantillon mis à bouillir avec HCl (0.2 n) pendant 10 minutes et sédimenté dans NH_4OH	—	54·96	—	—	—	—		—	49·32	—	—	—	—		
IX	Mettre à bouillir avec HCl (n/1), sédimenter dans NH_4OH.	—	56·80	—	—	—	—		—	53·96	—	—	—	—		
X	Mouiller pendant 24h avec HCl (0.2 n), éliminer HCl et agiter avec NH_4OH (0.1n)	—	—	—	—	57·3	—		—	—	—	—	46·9	—		
XI	Analoguement à X, mais au lieu de NH_3, disperser au moyen de Na_2CO_3	—	—	—	—	58·8	—		—	—	—	—	47·1	—		
XII	Préparation avec l'eau oxygénée (ROBINSON), traiter avec HCl (0.2 n) comme V et disperser au moyen de Na_2CO_3.	—	—	—	—	59·5	—		—	—	—	—	50·2	—		
XIII	Analoguement à XII, mais au lieu de Na_2CO_3 disperser avec NH_3	—	—	—	—	56·9	—		—	—	—	—	52·4	—		
XIV	Disperser directement avec Na_2CO_3 d'après JOSEPH et MAKEIN	—	—	—	—	56·3	—		—	—	—	—	—	—		
XV	Analoguement avec XII, sans préparation avec HCl et à l'aide de NH_4OH	—	—	—	—	56·6	—		—	—	—	—	52·5	—		
XVI	Préparation avec l'eau oxygénée (H_2O_2), ensuite mettre à bouillir dans 100 cc HCl (0.2 n) et sédimenter dans l'eau.	—	(27·54)	—	—	—	—		—	34·80	—	—	—	—		

De ce qui précède, on résume ce qui suit : (*voir tableau* 12).

On employa entièrement les seize méthodes de préparation de la terre. La plupart des instituts se servit de

a) la méthode d'agitation dans l'eau (III) ;

b) la méthode de HCl-NH_4OH (méthode anglaise modifiée par HISSINK (V).

c) la méthode de ROBINSON avec l'eau oxygénée (VI).

Les divergences entre les chiffres obtenus par la meme méthode aux laboratoires divers sont plus considérables avec l'échantillon *B* 1459 qu'avec *B* 1458. Elles sont les plus considérables d'après la méthode de ROBINSON à l'aide de l'eau oxygénée (VI) pour tous les deux échantillons (relativement à 35 p. 100 et encore plus).

Pour l'échantillon sans carbonates (*B* 1458), le résultat de la méthode d'agitation (III) est, en résumé, également bon et même meilleur en comparaison de celle anglaise (V) et de ROBINSON (VI). D'ailleurs, toutes les deux méthodes n'élèvent pas la péptisation des particules argileuses. Pour la terre calcaire (*B* 1459 la méthode anglaise offrit des résultats absolument plus hauts que celle à l'aide de l'agitation (III). (Dans le tableau, les résultats de la III^ème méthode comprennent les carbonates, au contraire selon la IV^ème ils ne les comprennent pas ; *alors ils sont plus hauts*). On constata que ni la méthode anglaise (V), ni celle de ROBINSON (VI) ne suffirent pas pour décomposer des matières organiques dans l'échantillon *B* 1459.

HISSINK et ROBINSON recherchèrent plusieurs procédés de peptisation. HISSINK atteignit, au moyen de la méthode IX (terre soumise à l'ébullition avec n/1 HCl et à la sédimentation, puis traitée avec NH_4OH) le résultat le plus haut pour l'argile en comparaison des autres méthodes. ROBINSON augmenta encore l'action de péptisation de l'eau oxygénée au moyen de la préparation par 0·2 n HCl et par le carbonate de soude.

On ne peut pas considérer les différences des diverses méthodes de péptisation comme notables et il faudra faire les recherches seulement avec les méthodes les plus importantes et éventuellement prendre en considération d'autres terres. Peut-être les terres données (il semble qu'elles ont une même origine) n'ont elles donné lieu à des divergences plus considérables. Il semble que l'échantillon *B* 1459 soit un peu hétérogène, car la détermination de carbonates (aux quatre laboratoires) oscille entre 7.6-9.3 p. 100.

Il faudra prendre ces méthodes comparées (ci-dessus décrites) comme préliminaires et on propose la recherche de diverses méthodes nouveau à l'egard de trois nouveaux échantillons de terre de climat divers. Chaque laboratoire devrait analyser aussi un nombre plus grand des terres typiques pour son territoire. On ne devrait employer partout que des méthodes identiques. Dans chaque cas, il faudra prendre en considération aussi une méthode *sans préparation au moyen de procédés chimiques*.

Il sera nécessaire de prescrire les dimensions des échantillons (soit par le diamètre de grains, soit par la vitesse de chute) et le procédé par sédimentation ou par déplacement, ou, pour abreger l'analyse, de demander seulement la détermination de l'argile (< 2 μ) qui est, pour la comparaison, le but le plus important.

Reporters : Prof. Dr. GANSSEN (*Berlin*), Dr. D. HISSINK (*Groningen*), Dr. NOVÁK (*Brno*), Prof. Dr. RAMANN (*Munich*), Prof. Dr. ROBINSON (*Bangor*), Prof. Dr. de SIGMOND (*Budapest*). — **Mechanical Analysis of Soil Samples.**

ABSTRACT

Dr. V. NOVÁK, *Brno*.

On the recommendation of Dr. HISSINK, six members of a commission undertook the analyses of two soil samples in order to ascertain the effect of different methods of preparation of soil samples for the mechanical analyses. Dr. HISSINK has sent these two soil samples from Holland : B 1458/ without carbonate and humus, and B. 1459/ containing both these elements.

For whatever method employed, the usual laboratory equipment is required. The question lies with the diversity of results obtained by the various treatments especially in the case of clay < 2 μ = 0.002 mm. which must be left standing for 8 hours to obtain 10 cm. of deposit. Apart from this, the measurements have been left to the judgement of the different investigators concerned. At all the Experiment Stations, with the exception of München (RAMANN) and Bangor (ROBINSON) the mechanical analyses was performed by repeated sedimentation. RAMANN employed the KRAUSS method for the fine material, and the displacement method for the coarser material <0.02 mm. ROBINSON used his own pipette method.

Only the coarse clay < 2 μ has been considered, as the same hydraulic value is not applicable to the other material.

TABLE 12 (*See French text*).

Sixteen different methods employed. Several Stations used the following :—

a) stirring in water (III).

b) English method HCl — NH_4OH, modified by HISSINK (V).

c) ROBINSON method with oxygenated water (VI).

The variations in figures obtained by the same method in the different laboratories are more numerous with sample B 1459 than with B 1458. This refers especially to the ROBINSON method with oxygenated water (VI).

With reference to the sample lacking in carbonate (B. 1458), the results obtained by the stirring method (III) may be considered equally satisfactory and even more so than the English (V) and ROBINSON methods (VI). It should be noted however, that both the methods do not succeed to peptinise the clay particles. It appears that with the limy soil (B 1459/) the English method gave superior results to the stirring method (III). According to the Table, the results of the IIIrd method include the carbonates, but these are omitted in the IVth method. It may be concluded that neither the English method (V) nor the ROBINSON method (VI) is adapted to the decomposition of organic material (B 1459).

HISSINK and ROBINSON have experimented to a large extent with peptinisation methods. HISSINK succeeded by using method IX (soil placed in boiling n/1HCl followed by sedimentation with NH_4OH) in obtaining superior results with the clay compared with the other methods employed with the two soil samples. ROBINSON still further suceeded with the peptinisation of oxygenated water by means of 0.2/n HCl and sodium carbonate.

No great importance need be attached to the existing differences between the methods of peptinisation, but research should be concentrated on the principal methods and subsequently other soils should be taken into consideration. Per-

haps the samples actually tested (apparently of the same origin) have not permitted any really outstanding differences. It appears that the sample B. 1459 is inclined to lack uniformity, shown by the variation in carbonate content 7.6-9.3 % (4 laboratories).

These comparative analyses should be considered as preliminary and it is proposed to repeat investigations with three new soil samples of different climates. Each laboratory should undertake the analyses of as many samples of typical soils in the surrounding region as possible. Identical methods of analyses should be agreed upon. In every case due consideration should be given to the use of a method without previous treatment with chemical reagents.

Measurements should be stated both for size of the particles, rapidity of precipitation and whether sedimentation or deplacement methods are to be employed or with regard to the analysis abbreviation to ask only the determination of the coarse clay (<2 μ) which for comparative purposes is the most important part of the procedings.

Prof. Dr. A. A. J. von 'SIGMOND.

Kir. József-Müegyetem Mezögazd. Chem. Technologiai Laboratoriuma, Budapest.

NEUERE ERFAHRUNGEN ÜBER EINIGE PHYSIKALISCHE BODENBESTIMMUNGSMETHODEN.

Nach meiner Auffassung kann man die physikalischen Bodeneigenschaften in zwei Gruppen einteilen:

1) *Absolute*, oder unter gegebenen Bedingungen beständige Bodeneigenschaften;

2) *Relative*, oder in der Natur vorkommende und stets sich verändernde Bodeneigenschaften.

Die Festigkeitszahl, Plastizitätszahl, Fliessgrenze, Ausrollgrenze, Haftgrenze, Klebegrenze von ATTERBERG können in die erste Gruppe eingeteilt werden, denn sie geben nach den Vorschriften von ATTERBERG ausgeführt konstante Werte. Für die physikalische Bodeneinteilung und Charakterisierung der Bodenarten bilden diese physikalischen Eigenschaften einen grossen Wert, wie das u. a. die wertvollen Arbeiten von ATTERBERG zur Genüge bewiesen haben. Und wenn auch die von ATTERBERG vorgeschlagene Klassifikationsmethode noch nicht genügend geprüft worden ist, muss anerkannt werden, dass der Grundgedanke von ATTERBERG richtig ist. Die mechanische Bodenanalyse genügt nicht für die Charakterisierung der physikalischen Bodenbeschaffenheit.[1] Der Landwirt beurteilt den Boden nach der zur Bearbeitung notwendigen Arbeitskraft in schwere, leichte und lockere Böden und benennt sie als Ton-, Lehm- und Sandböden und deren

[1] Näheres darüber siehe: Ueber die Methoden d. mech. und phys. Bodenanalyse von Dr. ALEX A. J. VON 'SIGMOND. Publikationen d. *Kgl. ung. geologischen Reichsanstalt*, 1916.

verschiedene Abstufungen. Bis jetzt fehlt es an einer wissenschaftlichen, also objektiven Grundlage, auf Grund welcher man zahlengemäss feststellen könnte, wo die eigentlichen Grenzen dieser physikalischen Bodenklassen vorliegen. In der 5. Mitteilung für die Mitglieder der I.- ten internationalen Kommission unterbreitete ATTERBERG einen Vorschlag für eine solche Klassifikation. Die Grundlage dieser Klassifikation bildet die Festigkeitszahl, Plastizitätszahl und die Korngrösse. Die Korngrösse wird durch die mechanische Bodenanalyse bestimmt, die Festigkeitszahl, sowie Plastizitätszahl kann nach ATTERBERG's Methoden zahlengemäss bestimmt werden.[1] Die Methoden selbst können hier als bekannt vorausgesetzt werden, ich möchte nur einige Versuchsergebnisse mitteilen, welche den Zweck hatten die Genauigkeit des Verfahrens zu prüfen.

In Tabelle Nr. 1. habe ich einige Bestimmungswerte, welche in dem unter meiner Leitung stehenden agrikulturchemisch- technologischen Laboratorium der kgl. ungarischen Technischen Hochschule zu Budapest ausgeführt worden sind.

TABELLE NO. I.

	Wassergehalt	Breite des Prismas	Bestimmung 1	2	3	4	5	6	7	Mittelwert.	Festigkeitszahl
	%	mm.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.
Békéscsaba 1. . .	1.1	18.6	10700	9810	10310	10070	9620	8550	9200	9750	52.7
Békéscsaba 1. . .	1.1	18.5	10870	10490	10720	10770	10100	9740	9720	10340	58.6
Békéscsaba 1. . .	3.2	18.4	7100	7060	7170	6610	6860	6790	6520	6870	37.3
Békéscsaba 1. . .	3.4	18.5	6920	7540	6520	7170	7520	7010	7850	7076	38.2
Békéscsaba 2. . .	1.7	17.7	17300	15850	17250	15300	15650	14250	15100	15814	89.3
Békéscsaba 3. . .	2.1	17.5	15900	17350	19000	15000	16350	17000	16750	16764	95.8
Békéscsaba 3. . .	6.5	17.6	10420	9020	11250	9820	10090	11000	10110	10244	58.2
Békéscsaba 4. . .	1.1	18.1	14480	16230	15160	15240	15760	15570	14220	15340	84.8
Békéscsaba 4. . .	1.0	18.2	15920	16270	16540	13530	14440	14470	13620	14970	82.2
Békéscsaba 4. . .	5.5	18.2	8630	9190	9290	8550	7980	8060	8070	8540	46.9
Békéscsaba 4. . .	11.1	18.7	3450	3500	4220	3450	3600	4110	5300	3975	21.2
Békéscsaba 5. . .	3.8	18.8	6250	6680	6350	6330	6020	6210	5600	6206	33.0
Sikló 2	4.3	18.0	8280	8520	8950	7960	7360	7610	8360	8020	44.5
Sikló 2	5.2	18.3	6480	7730	7320	6620	6780	7570	7300	7100	38.8
Sikló 2	8.6	18.0	6790	6840	6490	6190	6050	6650	7290	6610	36.7
Sikló 2	11.5	18.0	5170	6140	5830	5100	5270	5930	6200	5660	31.5
Sikló 4	4.8	18.0	8750	8660	8520	9280	7560	8440	8070	8470	47.0
Hatvan	—	19.0	6160	5250	4610	5170	5030	4940	4820	5140	27.0

Wie aus dem Vergleich der Einzelbestimmungen hervorgeht, ist der Wahrscheinlichkeitsfehler der Mittelwerte ziemlich gross, demnach die Mittelwerte ungenau. Auch ist die Austrocknung der Prismen mit viel Zufälligkeiten und Übelständen

[1] Näheres darüber siehe ATTERBERG, Die Konsistenz und die Bindigkeit der Böden. *Intern. Mitteilungen für Bodenkunde*. II. (1912).

belastet. Denn besonders bei strengen Tonböden, welche bei dem Trocknen stark schwinden, kommt es oft vor, dass die Prismen Spaltungen erhalten, und dann muss man wieder von Anfang beginnen. Auch ist die vollständige Austrocknung der Prismen sehr langwierig. Dennoch ist noch die ATTERBERG'sche Methode u. a. die einfachste und am schnellsten durchführbare, und der Apparat selbst ist leicht zu behandeln und recht dauerhaft. In meinem Laboratorium wird damit seit etwa 8-9 Jahre gearbeitet und verlangte er noch keine Reparatur. Allerdings ist es Schade, dass nicht mit demselben Apparat auch die Zähigkeit, nämlich jene Festigkeit bestimmt werden kann, welche bei höherem Wassergehalt u. zw. bei Tonen zwischen den Plastizitätsgrenzen vorkommt und für die Bestimmung der Veränderungen dieser Werte mit dem Wassergehalt nicht geeignet ist.

Bezüglich der Prüfung der Bestimmungsmethode für die Obere (Fliess-) und untere (Ausroll-) Grenze der Plastizität nach ATTERBERG wurden auch zahlreiche Versuche in meinem Laboratorium ausgeführt, aus welchen ich hier nur einige in Tabelle Nr. 2. zusammengefasst habe:

TABELLE NO. 2.

Fortlaufende No.	Fliessgrenzen			Ausrollgrenzen			Plastizitäts-zahl
	a	b	Mittelwert.	a	b	Mittelwert.	
1.	23.0	23.3	23.2	13.7	14.2	14.9	9.2
2.	33.7	35.0	34.3	18.2	18.4	18.3	16.1
3.	34.6	35.4	35.0	17.7	17.9	17.8	17.2
4.	38.2	38.7	38.4	19.3	20.1	19.2	18.8
5.	38.3	38.9	38.6	18.8	19.6	19.2	19.3
6.	40.5	41.0	40.7	19.2	19.5	19.3	21.3
7.	43.5	43.9	43.7	21.0	21.0	31.2	22.5

Wenn auch die Genauigkeit besonders bei der Fliessgrenze nicht ausgezeichnet ist und demnach auch die Plastizitätszahlen nicht sehr genau betrachtet werden können, ist doch die Methode sehr einfach und mit einiger Übung leicht und schnell ausführbar.

Wir haben auch einige Versuche zur Bestimmung der *Haftgrenze*, wie auch der *Klebegrenze* nach ATTERBERG's Vorschrift ausgeführt. Ich habe zum Vergleich einige Werte, welche wir für die ungarischen Alkaliböden festgestellt hatten in Tabelle Nr. 3. zusammengefasst.

Zunächst ergibt sich, dass diese Alkaliböden, obzwar alle sehr strenge Tonböden sind, untereinander ziemlich grosse Abweichungen bei den verschiedenen physikalischen Eigenschaften verraten, was umsomehr auffallend ist, als diese Muster alle von einem Alkaliland von kaum 100 Hektar genommen wurden. Das beweist nur, dass die Alkaliböden nicht nur in chemischer, sondern auch in physikalischer Hinsicht sehr verschiedener Natur sind. Weiter unten werden wir noch andere Differenzierungen beobachten können.

TABELLE NO. 3.

Fortlaufende No.	Festigkeitszahl	Fliessgrenze	Ausrollgrenze	Plastizitätszahl	Klebegrenze	Haftgrenze
1. . . .	58.6	37.2	18.0	9.2	38.2	10.0
2. . . .	80.3	38.5	10.7	18.8	43.5	13.4
3. . . .	95.8	43.7	21.2	22.5	34.0	15.7
4. . . .	84.2	34.4	18.3	16.1	41.1	—
5. . . .	61.1	23.2	13.9	9.3	28.9	9.0
6. . . .	—	35.0	17.8	17.2	41.8	—
7. . . .	—	34.4	17.1	17.3	89.8	—
8. . . .	—	38.6	19.2	19.4	41.3	—
9. . . .	—	40.7	19.4	21.3	40.8	—
10. . . .	55.4	28.8	17.8	11.0	34.6	—
11. . . .	48.6	25.2	15.7	9.5	39.5	—

Im weiteren ergibt sich aus obiger Tabelle, dass die Festigkeitszahl mit der Plastizitätszahl, wenn auch nicht immer, so doch ziemlich gleichmässig verläuft. Bezüglich der Klebegrenze ergibt sich, dass diese Alkaliböden, trotz ihrer hohen Festigkeitszahl, nicht zu den klebeplastischen Tonen ATTERBERG's eingeteilt werden können, denn die Klebegrenze liegt stets oberhalb der Fliessgrenze. Endlich scheint es für diese Alkaliböden charakteristisch zu sein, dass die Haftgrenzen nicht weit von der Ausrollgrenze entfernt ist. Damit ist zu erklären, dass es ziemlich schwer ist die richtige Zeit der Bearbeitung dieser Bodenarten zu treffen.

Für die Tone, wie auch für die Tonböden ist noch das Schwinden eine charakteristische physikalische Eigenschaft. Die Schwindung ist bei ein- und demselben Boden gewöhnlich umso grösser, je grösser der Wassergehalt im Aufangsstadium gewesen ist. Denn je mehr Wasser ursprünglich im Boden enthalten ist, umso grösser ist auch die Wasserhülle, welche die Bodenteilchen umgibt, folglich ist auch die Entfernung zwischen den Bodenteilchen umso grösser. Hierzu kommt noch die Aufquellung der kolloiden Dispersionen, welche eben in den Tonböden eine grosse Rolle spielen. Der Masstab der Schwindung kann also nur unter bestimmten Voraussetzungen charakterisiert werden. Schon ARON hat festgestellt [1] dass die Schwindungsgrenze eine stabile Bazis bilden kann, und ATTERBERG hat für die Bestimmung der Schwindungsgrenze eine Methode ausgearbeitet [2]. In meinem Laboratorium hat mein gewesener Assistent JOSEPH GLÖTZER ein Messinstrument für die genaue Bestimmung der Schwindung konstruirt, welcher aus JOCHUM's Methode [3] ausging. Der Apparat wurde vom Mechaniker der Kgl. ung. Technischen Hochschule zu Budapest, MATHIAS PODSZTRELEN verfertigt und im Labora-

[1] DR. J. ARON: Plastizität, Schwindung und andere Fundamentaleigenschaften des Tones bedingen die Form der Tonteilchen. *Natizblatt* IX. S. 167.
[2] ATTERBERG: Die Plastizität d. Tone. *Intern. Mitteil. f. Bodenkunde*. I. Heft. 1.
[3] BISCHOF: Die feuerfesten Tone. S. 85.

torium mannigfaltig ausprobiert. Der Apparat gestattet eine Ablesung von 1/100-tel mm., und die Differenzen zwischen den kleinsten und grössten Ablesungen waren unter etwa 300 Kontrollbestimmungen nur in 2 Fällen 0.06 mm., variierten meistens zwischen 0.01-0.05 mm. Näheres über den Messapparat und deren Behandlung kann in der Originalabhandlung getroffen werden. (1) Mit diesem Apparat kann man nicht nur die *Schwindungsgrenze* genauer, als mit den bisher bekannten Methoden feststellen, sondern den Verlauf der ganzen Schwindung genau verfolgen. Wenn wir nun die Wertzahlen der Schwindung bei verschiedenem Wassergehalte in Prozenten der Wertzahl bei der Schwindungsgrenze berechnen, dann bekommen wir Verhältniszahlen, welche von dem Wassergehalte des Anfangs- und Endstadiums unabhängig und nur mit der Wassermenge der Ablesung und mit der physikalischen Natur des Bodens zusammenhängen. Bezüglich der mathematischen Ableitung verweise ich auf die oben zitierte Arbeit GLÖTZER's. Hier beschränke ich mich nur auf die Wiedergabe einiger Bestimmungsserien in graphischer Darstellung von zwei schwedischen Tonen, die noch ATTERBERG mir zur Verfügung gestellt hat, und von 5 ungarischen Alkaliböden. Im Koordinaten System, wurden die Schwindungszahlen GLÖTZER's auf die senkrechte Abscissen, die entsprechenden Wassergehalte auf die horizontale Ordinate aufgetragen (Siehe Fig. 2).

Wie aus diesen Diagrammen ersichtlich, gibt es bei jeden Boden eine Periode der starken Schwindung welche sodann gegen beiden Enden flach verläuft. Wenn wir nun die Differenz des Wassergehaltes zwischen der Grenzen dieser starken Zusammenziehung berechnen, finden wir einen Zusammenhang zwischen diesen Werten und der Plastizitätszahl, resp. Festigkeitszahl von ATTERBERG. Das wird mit den Angaben der Tabelle 4. bestätigt.

TABELLE No. 4.

Fortlaufende No.	Wassergehalt in der mittleren Periode der Zusammenziehung			Plastizitäts		Festigkeitzahl
	Untere	Obere	Differenz	Grenzen	Zahl	
1	16.0	24.1	8.1	18.0–27.2	9.2	58.6
2	13.4	22.1	8.1	13.9–23.2	9.3	61.1
3	14.3	27.2	12.9	18.3–34.4	16.1	84.2
4	12.9	27.5	14.6	19.7–38.5	18.8	89.3
5	13.5	32.0	18.5	21.2–43.7	22.5	95.8

Es scheint, als wenn die starke Schwindung der Böden stets zwischen die Plastizitätsgrenzen fallen mag, und mit demselben Faktoren zusammenhängen dürfte, welche auch die Plastizität resp. Festigkeit der Tonböden bedingen würde. Diese Grenzzahlen, wie auch die Differenz in Wassergehalte zwischen der Grenzen sind

[1] J. GLÖTZER: Neuer Messapparat für die Bestimmung der Schwindung von Boden. Publikationen der *Kgl. und. Geologischen Reichsanstalt*. Budapest, 1916.

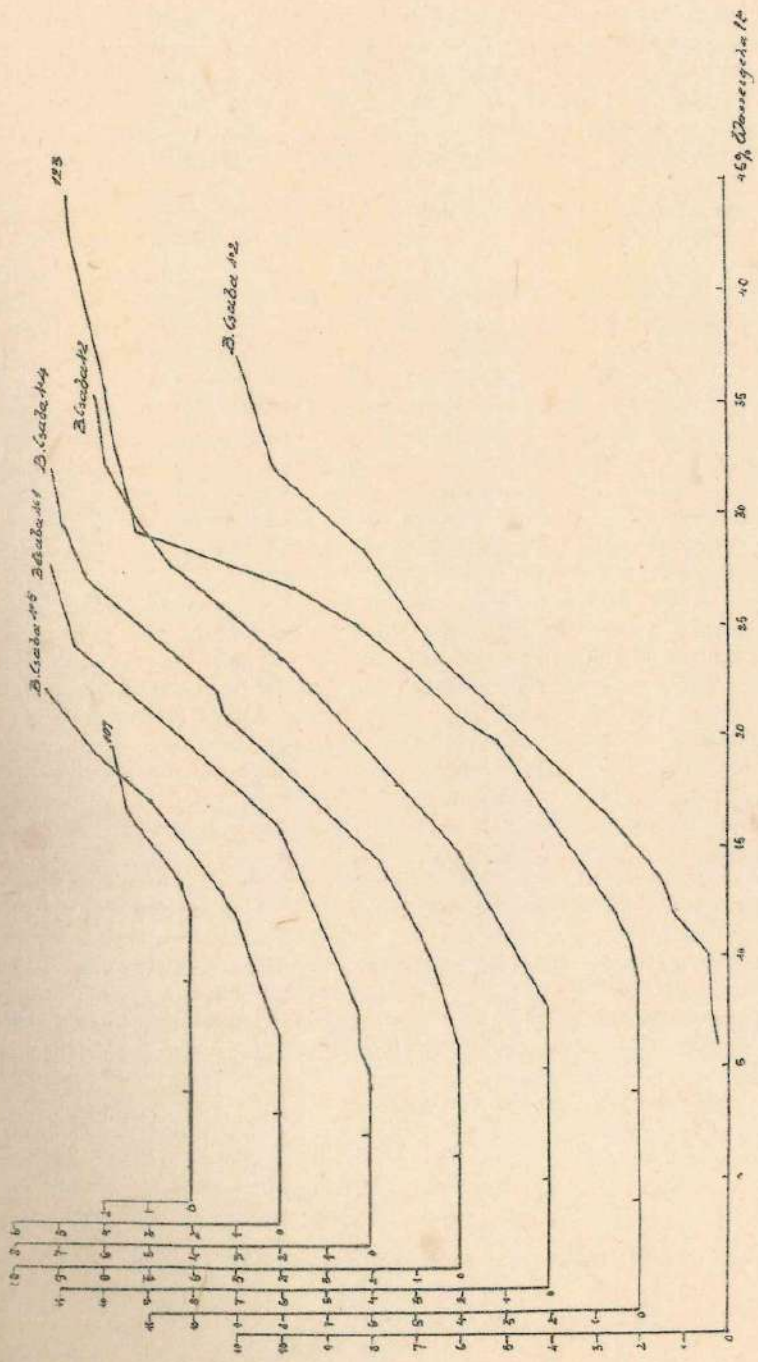

FIG. 2. — Ausdehnungskoeffiziente in %.

wieder absolute und stets für denselben Boden konstante Werte, können demnach zur allgemeinen physikalischen Charakterisierung der Böden angewendet werden.

Nun möchte ich auf einige physikalischen Bodeneigenschaften übergehen, welche zwar stets veränderliche Grössen angeben, also in diesem Sinne nur relative Eigenschaften benannt werden dürfen, dennoch von praktischer Hinsicht wertvolle veränderliche Bodencharaktere und physikalische Bodenzustände wiedergeben.

Zunächst sei die *Wasserdurchlässigkeit* des Bodens besprochen. KOPECKÝ gibt in seiner Abhandlung über die physikalischen Bodeneigenschaften [1] folgende Definition an :

« Unter Durchlässigkeit verstehen wir jene Eigenschaft, welche den Boden fähig macht, in sich nur jene, der absoluten Wasserkapazität entsprechende, Wassermenge zurückzuhalten und den Überschuss an Wasser in einer längeren oder kürzeren Zeit an die tiefer liegenden Schichten abzugeben ».

Er meint auch, dass diese Bodeneigenschaft mit dem mechanischen Bau des Bodens und seiner Struktur, namentlich mit der Porosität und Luftkapazität eng zusammenhängt. Da aber die Porosität und Luftkapazität, wie auch die Wasserkapazität, oder die gesamte Struktur des Bodens nur im freiem Felde, also in ihrem natürlichen Vorkommen richtig zu bestimmen ist, ist auch für die Bestimmung der Durchlässigkeit nur eine Methode angepasst, welche den Boden in ihrer natürlichen Struktur zum Versuchsobjekt heranzieht.

Ich will damit nicht behaupten, dass für gewisse, mehr wissenschaftliche wie praktische Zwecke, auch jene bekannten Laboratoriumsversuche mit gepulverten Boden beschickten Glasröhren recht lehrreich und nützlich sein können. Ich selbst habe solche Laboratoriumsversuche für den Vergleich verschiedener Bodentypen, sogar auch für qualitative Beurteilung einzelner Bodenverhältnisse nützlich angewendet. Allein ich habe eben aus diesen Versuchen gelernt, dass eine richtige, den wahren Naturvorkommnissen entsprechende Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit nur derart erreicht werden kann, wenn ein bestimmtes Bodenprisma von einer bestimmten natürlichen Lage herausgeschnitten, in natürlicher Struktur zum Versuch herangezogen wird. Denn, wenn auch die anderen physikalischen Bodeneigenschaften und die mechanische wie chemische Zusammensetzung des Bodens nicht ungeachtet werden darf, übt doch die Struktur des Bodens den entscheidendsten Einfluss auf die Durchlässigkeit. Deshalb ist es auch nicht möglich mit einer künstlich im Laboratorium hergestellten Einzelkonstruktur eine richtige Bestimmung der Durchlässigkeit zu bestimmen. Diese Grundgedanken führten mich, als ich den in Fig. 3 abgebildeten Apparat konstruieren liess. Aus der Abbildung kann die Einrichtung und deren Funktionierung ohne weiteres verstanden werden. Für die Dimensionierung der verzinnten Stahlröhre mögen folgende Angaben dienen :

Innere Röhrendurchmesser 22 cm., Länge des im Boden getriebenen Teiles 30 cm. Der oberirdische Teil ist ungefähr ebenso lang und mit zwei Verbindungsstutzen aufgekleidet. Der eine dient zur Verbindung mit dem Wasserreservoir, welcher eine einfache DEVILLE-Flasche darstellt und stets nur soviel Wasser in die

[1] J. KOPECKÝ: Die physikalischen Eigenschaften des Bodens. *Verlag f. Fachliteratur G. m. b. H.* S. 39. Berlin, 1914.

Stahlröhre abfliessen lässt, wie viel von dem eingestellten Niveau durch den Boden abfliesst. Das Niveau ist mit der unteren Öffnung der Luftröhre in der DEVILLE-Flasche zu regulieren. Die Wasserstandsröhre an der linken Seite der Stahlröhre dient zum Einstellen der richtigen Wassersäule im Stahlrohre. Der aus Gusseisen geformte Deckel des Stahlrohres dient teils als Ambos bei dem durch einen schweren Hammer ausgeübten Einsenken des Rohres in den Boden, teils aber zur Verhütung der äusseren Niederschläge, welche während der Versuchsperiode vorkommen können. Um dennoch den äusseren Luftdruck gelten zu lassen, dient die schräge Durchbohrung des Deckels.

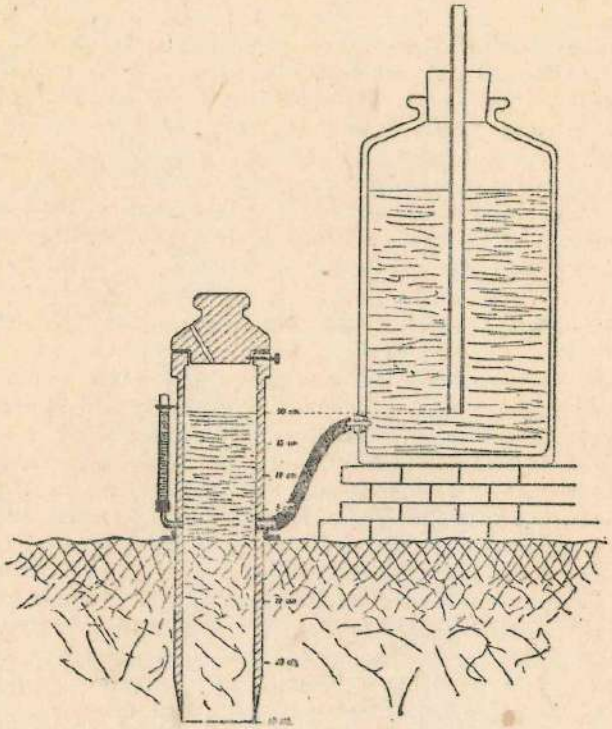

FIG. 3. — Apparat zur Best. d. Wasserdurchlässigkeit im Felde.

In dieser Ausführung kann der Apparat Tage lang im freien Felde aufgestellt und bewacht werden und die verbrauchte Wassermenge an der Kalibrierung der DEVILLE-Flasche von Zeit zu Zeit abgelesen werden. Allein in den meisten Fällen entspricht es mehr der Bequemheit und Genauigkeit, wenn man die Rohre, sammt den darin enthaltenden Bodenprismen vorsichtig herausgräbt und im Laboratorium oder in einem naheliegenden Schuppen aufstellt. Dann fällt nämlich die ständige Bewachung im freien Felde ganz weg, und der Apparat kann nach richtiger Einstellung sich selbst überlassen werden. Auch hat diese Arbeitsweise noch den grossen Vorteil, dass wir nicht nur die Wassermenge bestimmen können, welche der Boden verschlingt, sondern auch die tatsächlich durchsickernde Wassermenge genau abwiegen oder abmessen können. Denn wie bekannt und aus der oben gegebenen Definition hervorgeht, besteht der Wasserverbrauch im Anfang aus zwei Grössen :

1) Die Menge Wasser, welche die Bodenpartikeln selbst aufsaugen und durch die Imbibitions- und Kapillarkräfte zurückhalten ;

2) Die Menge Wasser, welche nicht zurückgehalten wird, sondern in di tieferen Bodenschichten abfliessen kann. Und das ist eben, was die Durchlässigkeit bedingt. Ist nämlich diese abfliessende Menge in einer passend gewählten Zeiteinheit weniger resp. grösser, dann sprechen wir von einer relativ geringeren resp. stärkeren Durchlässigkeit.

Eben deshalb wird im Anfang des Versuches gewöhnlich weniger Wasser durchsickern, wievel aus der DEWILLE-Flasche verbraucht worden ist, und dann nur wird eine beständige Menge in der Zeiteinheit durchfliessen, wenn schon die Bodensäule mit Wasser bis zur sogenannten absoluten Wasserkapazität gesättigt ist. Diese Zeitdauer, wo dieser Gleichgewichtszustand zwischen der verbrauchten, wie der abfliessenden Wassermenge erreicht werden kann, ist kaum im Voraus berechenbar. Deshalb kann ich dem Verfahren KOPECKÝ's nicht beipflichten, wenn er sagt, dass nach zwei Tagen der Boden vermutlich seiner Wasserkapazität entsprechend gesättigt sein dürfte. Denn ich habe Versuche ausgeführt, wo ich fand, dass dieser Zeitraum noch nicht genügte, um den Gleichgewichtszustand herzustellen, trotzdem ich mit diesem Apparat eine beständige Wassersäule über den Boden sichern vermag und nicht zeitlich nachgiessen muss. Bei mehr lockeren Böden fand ich im Gegenteil eine viel kürzere Zeit für genügend, womit also die Abkürzung der Versuchszeit möglich ist, was gerade bei Feldarbeiten nicht vernachlässigt werden darf.

Wir haben aber auch noch einen anderen Vorteil, wenn wir die Durchsickerung des Wassers durch die Bodenteile von Anfang an verfolgen können. Er besteht darin, dass wir auch feststellen können, wieviel Zeit es braucht, bis die gewählte Bodentiefe von einer Bewässerung oder einer Niederschlagmenge durchgefeuchtet wird und die Wasseraufnahme der tieferen Bodenhorizonte anfängt. Auch haben wir den grossen Vorteil, dass die abgeführte Bodenlösung, wenn nötig zur chemischen Analyse verwendet und die Bodenauswaschungsvorgänge beobachtet werden können. In diesem Falle muss selbstverständlich zum Versuch nur reines Regenwasser, oder, wo das fehlt, destilliertes Wasser benützt werden.

Nach Beendigung des Versuches, können die *absolute Wasserkapazität*, das *Porenvolumen* und die *Luftkapazität*, also alle charakterisierenden Merkmale der Bodenstruktur bestimmt werden. Infolge der Schwierigkeiten, welche jetzt bei uns den wissenschaftlichen Arbeiten stets gegenarbeiten, konnte ich noch nicht genügend Versuche mit dem Apparat ausführen um seine Vorteile und Mängel in der Praxis kennen zu lernen. Ich hoffe dennoch, dass mit dieser Versuchsanordnung eine viel sicherere Arbeit ermöglicht ist, als mit allen bis jetzt bekannten ähnlichen Einrichtungen; denn mit dieser Arbeitsweise können wir am besten den natürlichen Bodenverhältnissen nachkommen und gleichzeitig die genauere Laboratoriumsarbeit mit einfachen Mitteln in unmittelbarer Nähe der Wirtschaft ausüben.

Allein die natürlichen Bodenverhältnisse sind derart örtlich verschieden, dass man sehr oft fehlerhafte Beobachtungen machen kann, wenn man nicht genügend Kontrollversuche ausführt. Meine bisherigen Versuche haben mich gelehrt, dass mindest 3-4 Kontrollversuche notwendig sind um sichere Schlüsse ziehen zu können. Denn es ist nicht selten, dass in den Boden grössere oder kleinere Aushöhlungen, oder im anderen Falle verstopfend wirkende Gerölle oder Konkrezionen

vorkommen, welche in den Röhren ganz falsche Versuchsergebnisse hervorbringen. Das wird allerdings bei der sorgfältigen Beobachtung und Entleerung wahrgenommen, allein wenn man nur zwei Proben auf einmal ausführt; sodann ist stets fraglich, ob der andere Versuch, wo man keine augenscheinliche Mängel entsecken konnte, nicht auch fehlerhaft ist. Im Allgemeinen habe ich den Eindruck, dass bei den Feldversuchen stets sehr vorsichtig und mit einer grossen Anzahl von Kontrollversuchen zu arbeiten ist; denn man muss in der Natur mit den örtlichen Verschiedenheiten rechnen.

Endlich möchte ich noch mit der *Wasserbestimmung* im freinen Felde mich beschäftigen. Der Wassergehalt des Bodens ist eine der variabelsten Bodenbestandteile. Doch ist der Wassergehalt und besonders die Veränderungen im Wassergehalt von praktischer Hinsicht sehr wichtig. Die Niederschlagsmenge, welche auf einemmale auf die Bodenoberfläche gelangt, wird niemals in vollen Masse für die Vegetation nützlich gemacht; denn ein Teil fliesst an der Oberfläche weg, ein anderer geht durch Verdunstung verloren und ein dritter Teil wird in die tieferen, den Pflanzenwurzeln unzugänglichen Bodenhorizonte abgeführt. Der Pflanzenwurzel steht also tatsächlich nur diejenige Wassermenge zur Verfügung, welche in gegebener Zeit in jenem Bodenhorizont vorhanden ist, wo die Pflanzenwurzeln ihre Saugwirkung ausüben vermögen. Auch hier muss man unterscheiden zwischen aufnehmbarer und nicht aufnehmbarer Wassermenge. Denn ein Teil des Wassers wird durch die Anziehungskraft der Bodenpartikel, besonders der kolloiden Dispersionen derart zurückgehalten, dass die Wurzelaufsaugungskräfte nicht mehr zur Geltung kommen können. Die amerikanische Fachliteratur nennt diesen Grenzwert der Bodenfeuchtigkeit « *Wilting coefficient* », das bedeutet eben jene Bodenfeuchtigkeit bei, der die Pflanzen endgültig abwelken (1).

Aus Alledem geht hervor, dass es für den rationellen Pflanzenbau und besonders für die Bodenwässerungsanlagen resp. der sogenannten « Dryfarming systems » oft sehr wichtig sein kann, die temporäre Wassermenge im Boden kennen zu lernen. Obzwar die Bestimmung des Wassergehaltes ziemlich einfach im Laboratorium ausgeführt werden kann, hat sie gewisse Mängel, welche bei dieser praktischen Arbeit sehr verzögernd mitwirken.

Zunächst ist die Sicherung gegen Verdunstung bei dem Probeversand zum Laboratorium ziemlich umständlich und kostspielig, und wenn auch der Verschluss vermutlich hermetisch sein mag und die Dose mit Boden fest gefüllt ist, um Verdunstung in der Dose selbst zu verhüten, hat man stets in einzelnen Fällen den Verdacht, dass einzelne der Probedosen nicht luftdicht angekommen sind. Dann muss man, um sicher zu sein, die Probenahme wiederholen und wieder an Ort und Stelle reisen, was bei einer grösseren Entfernung von Laboratoriumssitz die ganze Untersuchung vereiteln und mit unüberwindlichen Schwierigkeiten und Fehlern belasten kann. Um sichere Auskünfte vom Zustand der Bodenfeuchtigkeit zu erhalten, müssen von demselben Felde unzählige Proben gesammelt und verschickt werden. Sodann braucht die Wasserbestimmung im Trockenschrank ziemlich lange Zeit. Herr Prof. KOPECKÝ hat wohl einen zusammenlegbaren Trockenschrank mit einem

(1) LYMAN BRIGGS and H. L. SCHANTZ: The wilting coefficient for different plants and its indirect determination. *U. S. Dep. of Agric., Bull.* N° 230. S. 9; Wash. 1912; ferner: THOM. H. KEARNEY: The wilting coefficient for plants in alkali soils. *Circular* 109. *Bureau of Soils. U. S. Dep. of Agric.*

Spiritusbrenner konstruieren lassen, welchen ich noch in den Jahren von 1913—14 ausprobieren konnte. Allein mit dem Spiritusbrenner kann man die Temperatur sehr schwer fixieren, besonders wenn man im freien Felde in provisorischen Schuppen oder Arbeitszelten arbeiten soll, wo Wind und Luftzüge nicht genügend auszuschalten sind.

Als ich nun bei einer Bewässerungsanlage mich überzeugen wollte, wie viel Wasser tatsächlich in der bewachsenen Bodenschicht zurückgehalten wird, habe ich mir einen ähnlichen Bohrer konstruieren lassen, wie derjenige von Prof. KOPECKÝ, und ein bestimmtes Volumen vom Felde herausgenommen, sodann die ganze Menge in einen HOFFMANN'schen Wasserbestimmungsapparat sofort verarbeitet, oder die einzelnen Bodenprismen in luftdicht verschliessbaren entsprechend dimensionierten Dosen gebracht und in einem anliegenden Schuppen die am Vormittag gesammelten Proben gleich auf Feuchtigkeit untersucht. Wie bekannt, besteht das HOFFMANN'sche Verfahren [1] darin, dass die Feuchtigkeit mit hochsiedenden Ölen plötzlich ausgetrieben, überdestilliert und volumetrisch abgelesen wird. Ich habe das Verfahren für Bodenfeuchtigkeit kontrolliert und sehr einfach und expeditif gefunden. Einige Kontrollversuche kann ich hier folgen lassen:

	In je 50 ccm Boden gefunden: Wasser	
	im Trockenschrank g	im Hoffmann'schen Apparat g
Probe Nr. 1	15.2	15.2
» » 2	19.7	19.3
» » 3	20.9	20.4
» » 4	20.4	20.1
» » 5	16.3	16.4

Wenn auch die Werte, analytisch betrachtet, nicht immer Genüge leisten, darf man nicht vergessen, dass im Boden selbst noch grössere Abweichungen vorkommen können. Zum Beispiel mögen folgende Angaben, welche aus je fünf Probestellen genommen wurden, einen kurzen Einblick in die natürlichen Verhältnisse schaffen. Die Entfernung der einzelnen Probestellen war von der Zentralstelle stets etwa 40 cm. Die Proben wurden von zwei Bodentiefen genommen und folgende Bodenfeuchtigkeitsgehalte in Volumprozente aufgewiesen:

	Bodentiefe: 10—15 cm	30—35 cm
1. Probestelle	37.6 %	43.4
2 »	39.0 %	42.0
3 »	39.1 %	42.4
4 »	41.8 %	41.2
5 »	38.2 %	40.0
Im Mittel	38.5 %	41.7

[1] J. F. HOFFMANN: Das Versuchs- Kornhaus, S. 489.

Wenn wir auch die wahrscheinlich fehlerhafte Bestimmung der 4. Probestelle von 10-15 cm Bodentiefe ausschalten, finden wir dennoch Abweichungen auch über 2 % Wassergehalt, was nach dem Vorausgeschickten entschieden von dem verschiedenen Wassergehalt der verschiedenen Probestellen und nicht von der Ungenauigkeit der Methode herrühren kann.

Zur Begründung der Bedeutung ähnlicher Bestimmungen möchte ich noch kurz einige praktische Erfahrungen hier erwähnen. Aus theoretischen Betrachtungen ist es wohl verständlich, dass die Pflanzen hauptsächlich aus jener Bodentiefe ihren Wasserbedarf beanspruchen, wo ihre Saugwurzeln sich mehr entwickeln. Auch ist es begründet, dass ein beackerter und mit Hackfrucht bewirtschafteter Boden die Bodenfeuchtigkeit besser konserviert wie ein Wiesenland. Diese theoretischen Vermutungen haben meine Feldversuche zahlenmässig bestätigt. In Békés- Csaba habe ich Ende Mai 1911, wo das Alkalifeld ziemlich ausgetrocknet erschien, vor der Bewässerung an drei verschiedenen Stellen Wasserbestimmungen in oben beschriebener Weise ausgeführt und folgende Ergebnisse erhalten:

Bodentiefe in cm	Feuchtigkeitsgehalt in Volumprozenten: Luzernenfeld	*Lotus Corniculatus*-Wiese	Mit Rübe bebaut und gut gepflegt
0 - 15	34.4	26.8	41.4
15 - 30	26.2	28.6	41.2
30 - 45	24.0	33.0	37.6

Diese Zahlen bestätigen die vorausgeschickten theoretischen Betrachtungen.

Auch hat es mich interessiert, wie viel Bodenfeuchtigkeit dem oben erwähnten « Wilting coefficient » in diesen schlechten Alkaliböden entspricht. Nach mehrseitigen praktischen Erfahrungen und Wasserbestimmungen hat sich ergeben, dass für ähnliche Alkaliböden dieser nicht disponible Feuchtigkeitsgehalt in Volumprozenten zwischen 18-25 (in Gew. Prozent ungerechnet 11-15 %) variiert, natürlich nach der Art der Vegetation und der Beschaffenheit des Alkalibodens. Dieser Befund ist auch mit den oben zitierten amerikanischen Erfahrungen in vollem Einklang.

Endlich möchte ich noch als Beispiel der praktischen Anwendung bemerken, dass mir durch diese Methode gelang, eine zahlenmässige Berechnung zu treffen, dass bei der künstlichen Bewässerung der Alkaliwiese auf den verschiedenen Parzellen wieviel Prozent der angewendeten Wassermenge im Boden wiedergefunden war.

Die Ziffern variierten zwischen 14-84 % der durch Berieselung zugeführten Wassermenge. Wenn auch diese Werte nicht mathematisch genau behandelt werden dürfen, sind die Unterschiede so auffallend und lehrreich, dass daraus auf den Wirkungseffekt der Berieselung recht nützliche praktische Folgerungen gezogen werden konnten. Und was noch lehrreicher gewesen ist, es hat sich herausgestellt, dass die schlechte Wasseraufnahme in engem Zusammenhange steht mit

der schlechteren physikalischen und chemischen Beschaffenheit der Alkaliböden.

Wegen Raummangel will ich nicht weiter in die Besprechung dieser und noch ähnlicher Erfahrungen mich einlassen, ich wollte mit diesen Beispielen nur für die hohe praktische bodenkundliche Bedeutung dieser handlichen und einfachen Untersuchungsmethode die Aufmerksamkeit erwecken.

Nach alledem scheint mir nicht überflüssig zu sein, der I. Kommission folgenden Vorschlag zu unterbreiten :

Die I. Kommission beschliesst, dass nebst der Methode der mechanischen Bodenanalyse die wichtigsten Verfahren zur Bestimmung der charakteristischen physikalischen Bodeneigenschaften in das Programm der Verhandlungen der I. Kommission aufgenommen werden.

Prof. ALEXIUS A. J. de 'SIGMOND *Budapest, (Hongrie)*. — **Nouvelles expériences sur quelques méthodes d'étude physique du sol.**

RÉSUMÉ.

On peut partager les propriétés physiques du sol en deux groupes principaux :

1) propriétés absolues ou stables.

2) propriétés relatives ou variables.

Les méthodes de M. ATTERBERG sur la tenacité et plasticité, la détermination de la limite supérieure et inférieure de la plasticité, la limite de l'adhérence du sol à des objets métalliques, comme aussi la limite de l'adhérence des particules du sol entre elles-mêmes, ont été étudiées particulièrement par l'auteur et ont été trouvées assez exactes pour caractériser les sols argileux ou limoneux. En outre dans le laboratoire de l'auteur, M. GLÖTZER a perfectionné la méthode de M. JOCHUM pour déterminer la contraction du sol avec une exactitude au centième de millimètre. On a trouvé aussi des relations distinctes entre ces propriétés physiques qui représentent dans des conditions fixes des propriétés absolues.

Quant aux propriétés relatives ou variables, l'auteur a étudié surtout la perméabilité du sol en plein champ, comme aussi les variations de l'humidité du sol avant et après une irrigation. Ces études ont exigé des appareils spéciaux, dont la description et les détails se trouvent dans le rapport. L'appareil pour la perméabilité laisse facilement déterminer toutes les autres valeurs caractéristiques pour la structure du sol, comme la porosité du sol, pénétration de l'eau de haut en bas, capacité absolue du sol pour l'eau et pour l'air. L'appareil peut aussi servir comme lysimètre.

De toutes ses études physiques, l'auteur conclut qu'outre la méthode d'analyse mécanique du sol, les déterminations des propriétés physiques sont indispensables tant pour la caractérisation physique du sol, que pour la résolution des problèmes pratiques. Conséquemment il propose ce qui suit :

Proposition :

La 1ère Commission décide que, outre la méthode d'analyse mécanique du sol, les méthodes principales d'étude des caractéristiques physiques du sol seront aussi mises à l'étude par la Commission.

Prof. ALEXIUS A. J. DE 'SIGMOND, *Budapest (Hungary)*. — **Some new Experiments on some physical Properties of Soil.**

ABSTRACT.

The physical properties of soil can be devided into two principal groops :

1. Absolute or stable properties.
2. Relative or variable properties.

The author has particularly studied the methods of Mr. ATTERBERG on the tenacity and plasticity, the determination of the highest and lowest limit of plasticity, the limits of soil adherence to metallic objects, and also the adherence limit of soil particules amongst themselves. The author has found these accurate enough to caracterise clays and loams.

Besides, Mr. GLÖTZER has studied in the authors laboratory the method of Mr. JOCHUM to measure the shrinkage of soils with an exactitude of 0.01 of mm.

They also found definite relations between these physical properties, which represent, under fixed conditions, absolute figures.

Amongst the relative or variable properties the author has studied especially the soil permeability on the field, as also the variations in soil moisture before and after irrigation. These studies needed special apparatus, described in detail in the author's report. The apparatus for permeability allows us to determinate easily all other values which are caracteristic for the soil structure, for example penetration of the water from above to below, absolute water- and air-capacity of the soil. The apparatus can also be used as a lysimeter.

From all these physical studies the author concludes, that next to the mechanical analysis of the soil, the determination of the physical properties are necessary for the physical caraterisation of the soil, and to resolve practical problems. The author proposes the following

Proposition :

The 1st Committee decides to study, next to the mechanical analysis of the soil, the principal methods for the physical characterisation of the soil.

Prof. Dr. S. ODÉN.

Tekniska högskolan, Stockholm, Sweden.

METHODS TO DETERMINE THE SIZE-DISTRIBUTION OF SOIL-PARTICLES.

The determination of the size of small particles is based either on the counting of the number of particles in a definite volume of known concentration or on the classical equation for the resistance, w, of a liquid of viscosity η offered to the movement of a sphere of radius r, and velocity, v, put forward in 1849 by Sir G. G. STOKES (1).

$$w = 6 \pi r \eta v \qquad (1)$$

If the moving force is gravity and a constant velocity of fall is attained then

$$6 \pi r \eta v = \frac{4}{3} \pi r^3 (\sigma - \sigma_1) g$$

from which

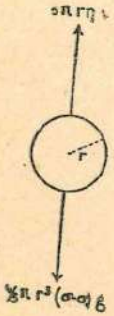

FIG. 4.

$$v = \frac{2}{9} g r^2 \frac{\sigma - \sigma_1}{\eta}$$

$$= \frac{2}{9} \frac{(\sigma - \sigma_1) g}{\eta} r^2 \qquad (2a)$$

$$v = C r^2 \qquad (2b)$$

$$r = \sqrt{\frac{v}{C}} = \sqrt{\frac{1}{C}} \sqrt{v} = K \sqrt{v} \qquad (2c)$$

Here g = gravitational acceleration
σ = density of the particle
σ_1 = density of the liquid, for water approximately = 1.

The above is the ordinary form in which we know this fundamental equation for the problem in question.

The first method mentioned gives us the *average* size of the particles which indeed may vary within wide limits, the latter method may be applied to the movement of a single particle directly and gives the size if the shape approaches to spherical. For soil particles STOKES' equation was first applied by Sir DANIEL HALL (2).

The method of finding out the distribution was at first very rough and consisted in a *separation* of certain size groups.

For soils the *separation*-methods dividing the particles into coarse and fine fractions have been practised since the days of H. DAVY (3) and we have got the various methods of the mechanical analysis which need not be described here (4).

The application of STOKES' equation to systems consisting of particles of various size was done in 1911 by THE SVEDBERG and K. ESTRUP (5) who *counted* the various fall-velocities of a great number of single particles and thus obtained the first distribution-curves of systems such as cocoa-milk and suspensions of mercury. But when I tried in 1914 to get the distribution for soil particles, the methods failed because the limits of size and velocity here are so wide; the latter varying from

1.10^{-6} to over 400 $\frac{\text{cm}}{\text{sek}}$ and I began to speculate over other means to obtain the distribution curves, which finally led to the automatic recording balance of 1924. For soil particles the *maxwellian* conception of the *distribution* according to size was introduced in 1915 (6) though the principle underlying the experimental arrangement to obtain the distribution function $F(r)$ is implicit in a then forgotten paper by TH. SCHLOESING père 1903 (7).

When we have to interpret the signification of "distribution" we have to decide which is the most conveniable variables to express *the size*.

Even if the grouping according to velocity is more free from theoretical assumptions (8) involved in STOKES' equation and the mathematical theory becomes simpler (9), it is easier and more familiar to the human mind to think in terms of size than in terms of velocity. I have therefore in this communication still kept as size-variable the radius if the particles are spheres or the *equivalent radius* as defined by STOKES' equation (2 c) if the particles are of various shape.

STOKES' equation has been extended by C. W. OSEEN (10) to comprise also larger particles, and for non-spherical particles very complicated formulae have been suggested by J. BOSELLI (11), R. GANS (12) K. PRZIBRAM (13) and others. But we may bear in mind that, what we mean by dimensions for those small particles of various shape, is quite arbitrary and better to define as a function of the velocity which we may measure direct or indirectly; and as we in soils have to deal with particles of various kinds and shapes no general formula can be used and I think the conception of an "equivalent-radius" will meet with most demands in this topic.

The "equivalent-radius" is thus the radius of a perfect sphere of the same material that sinks through a fluid at the same average rate as the particle in question. If we thus speak of a size-interval between an equivalent radius of 1 μ to 2μ this will give us a more clear idea of the size than if we speak of velocities from $3{,}69 \cdot 10^{-4}$ to $1{,}48 \cdot 10^{-3}$, and as long as we are not dealing with needles or thin plates the equivalent-radius will give a fairly good idea of the real dimensions of the particles.

It was probably Cl. MAXWELL (14) who first used distribution-curves to characterise physical systems, as, for example, to demonstrate the different velocities of the molecules in a gas. The use of the same procedure for colloid particles in soils or for soil layers presumes that it is possible to express the number of the par-

ticles graphically as a continuous function of the equivalent radii. This is most easily illustrated by means of a few examples.

If we consider a clay composed of particles of the size of 1 μ, 2 μ, 3 μ ... 100 μ, as well as of particles less than 1 μ, we may express the mass of particles < 1 μ, 1 μ to 2 μ, 2 μ to 3 μ, and so forth, in percentage of the whole. Such a set of figures would have the same meaning as the results of an ordinary mechanical soil analysis, with the difference that it would be divided into 100 groups instead of the 3 or 5 of the international soil analysis. But to make the figures more easily comprehensible it is more convenient to set them out graphically. This may be done in several ways.

In fig. 5 are set out as abscissae the equivalent radii, and as ordinates a value q (r) which indicates the percentage of the sample consisting of particles *larger* than this radius. For the effective radius 0, this value is 100, for effective radius 10 μ for example, it is 75, for effective radius 30 μ, it is 50. This indicates that 75 percent of the sample consists of particles larger than 10 μ, 50 percent larger than 30 μ, and so forth.

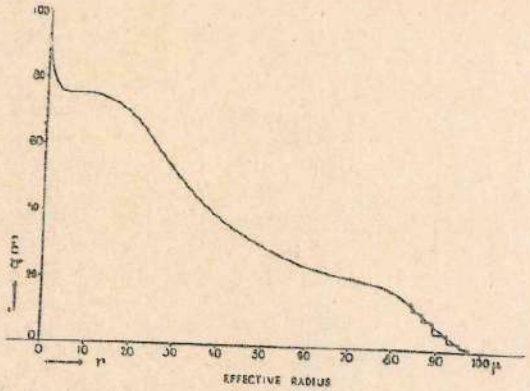

FIG. 5. — Curve of the number of soil particles as a continuous function of the equivalent radii.

Between 0 μ and 10 μ, lie, therefore, 100 — 75 = 25 per cent., and so on. To obtain the percentage between any two abscissae, we substract the ordinates corresponding to the larger effective radius from that corresponding to the smaller, the difference thus corresponding to the percentage of particles. This graphical function therefore declines from 100 for the smallest particles to 0 for the largest in the sample. If the curve is horizontal it shows that there are no particles at all in this interval.

One entirely theoretical remark may be permitted here. When drawing this curve, if one desires to use a scale such that each particle would be represented, the curve would, strictly speaking, not have this continuity, but would have a step-like appearance such as is represented to the right of fig. 5, because the number of particles, despite its large amount, is *limited*, and there must always be size values which have no particles. In reality and practice these intervals of millionths of one percent are negligible, and we may give the curve a continuous outline.

The above method of representing the composition of a soil is almost identical with the cumulative curves of the screen-analysis and is specially convenient for the treatment of certain problems (15). In most cases where we wish to get a clear idea of the bulk of different fractions it is a better and easier way of comprehension to represent the amounts of the particles not as a line but as a surface. This is accomplished by the method shown in fig. 6, where the effective radius is as before set off as abscissae, but where we measure as ordinates, a function F (r) such that this value, multiplied by a part of the *x-axis*, gives us a *surface* which represents the number of particles in the interval of abscissae in question. The bulk of particles is here represented as an integral, and the quantity between any two radius-values is obtained simply from the surface encompassed by the axis fo abscissae, the corresponding ordinates, and the curve. The easiest way to carry out the graphical representation is to arrange that the total surface comprises 100 units on millimetre-paper, when it is only necessary to reckon the squares for each interval to arrive at the percentage.

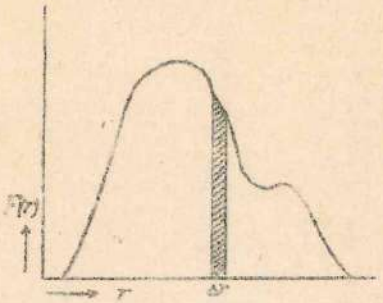

FIG. 6. — Curve of the amount of soil-particles as a surface.

Thus in the following F (r) will denote the ordinates of the distribution function so that F (r) dr means the relative amount of particles in the size interval $dr = r_1 - r_2$.

If we are considering a typical clay soil, the curve will appear as represented in fig. 7. In some cases when the variation in size is very great it is useful when

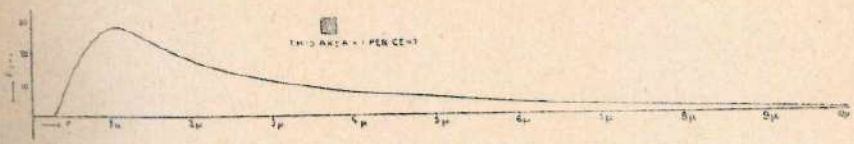

FIG. 7. — Sedimentation curve of a typical clay soil.

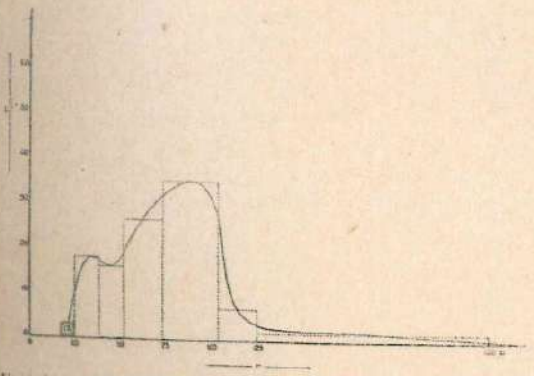

FIG. 8. — Distribution curve of a soil in non-logarithmic scale.

graphical reproductions are desirable to use $\log_e r$ instead of r as abscissae. It is very convenient then to multiply the F (r) values with r and use $Y = r\,F\,(r)$ as ordinates.

Since :

$$d\,(\log_e r)\,.\,r\,.\,F\,(r) =$$

$$= \frac{1}{r}\,.\,dr\,.\,r\,.\,F\,(r) =$$

$$= F\,(r)\,.\,dr$$

the surface-*content* which is proportional to the amount

of particles will not be al- tered from the first graphical way of expression though the *shape* of the distribution curve will vary. This is illustrated by the fig. 8 and 9 representing the distribution curve for the same soil in non-logarithmic and logarithmic scale.

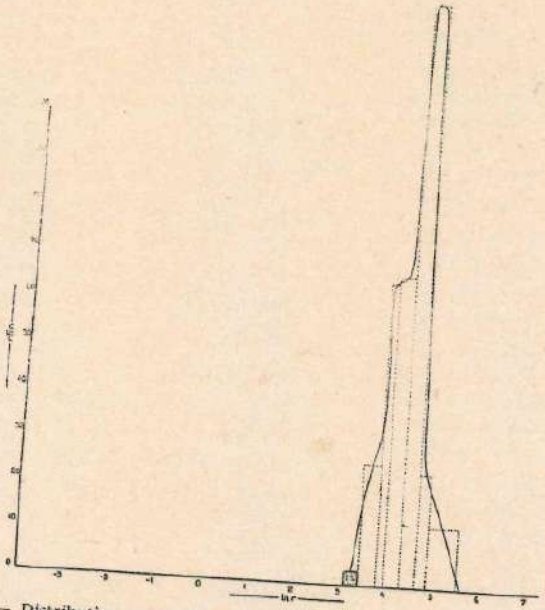

FIG. 9 — Distribution curve of the same soil of fig. 8 in non-logarithmic scale.

TABLE I. — *Showing various figures for the same soil, according to the various units.*

Particle-group		International System	British System	U. S. A. System
Sand	Gravel	1,2	—	1,2
	Fine Sand	—	4,1	2,9
	Coarse Sand	11,7	9,2	2,5
	Medium Sand	—	—	4,1
Mo	Fine Sand	—	14,5	8,7
	Very Fine Sand	20,6	—	6,1
Schluff	Silt	—	12,6	24,7
	Fine Silt	33,3	25,3	—
Clay	Clay	31,9	34,3	49,8
	Colloidal Clay	1,3	—	—
		100,0	100,0	100,0

The way in which the various systems of mechanical soil analysis of different countries intersect a distribution curve thus giving rise to various size groups is illustrated by fig. 10 and table I.

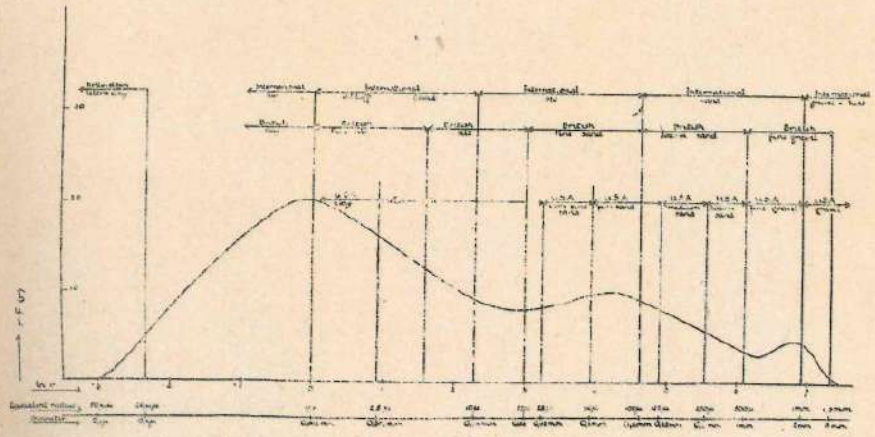

FIG. 10. — Distribution curve according to the various systems of mechanical soil analysis.

* * *

In order to get a general point of view for the various experimental arrangements to obtain the size-distribution it is convenient to study the mathematical theory of the system: dispersed soil particles and dispersion-medium, the latter usually water.

Starting with a uniform distribution of the particles obtained by thoroughly shaking the suspension, and then permitting the particles to sink with velocities depending on their various sizes, their *distribution in the liquid* as well as their accumulation rate at the bottom of the vessel will depend on the size-distribution.

The following mathematical treatise will show the relation between this distribution function $F(r)$ and certain measurable properties of the suspension.

Denoting by:

c_0 = the average concentration *i. e.* = gram solid phase per cubic-centimeter of suspension (constant)
c = the concentration at an arbitrary point (variable)
σ = the density of the solid phase (constant)
σ_1 = » » » liquid (constant)
φ = » » » suspension (variable)
x = the distance from the surface (variable or constant)
t = time (variable or constant)
π = the hydrostatic pressure at a depth of x and at a time t (variable)
A = accumulate at the bottom in arbitrary units.

Thus we have

$$\varphi\,(x,\,t) = \sigma_1 + c_0\,\frac{\sigma-\sigma_1}{\sigma}\int_0^r F\,(r)\,dr \qquad (4)$$

and Stokes equation

$$r = \sqrt{\frac{x}{Ct}} \qquad (5)$$

These are the two fundamental equations from which may be derived,

I. *The variation of the specific gravity and the concentration with the time at a definite distance, x, from the surface.*

Thus t is variable, x constant and:

$$\frac{d\varphi}{dt} = -\frac{1}{2}\sqrt{\frac{x}{C}}\cdot t^{-\frac{3}{2}}\cdot c_0\,\frac{\sigma-\sigma_1}{\sigma}\,F\,(r)$$

but according to (5)

$$\sqrt{\frac{x}{C}} = r\sqrt{t}$$

thus

$$F\,(r) = -\frac{2\sigma}{\sigma-\sigma_1}\cdot\frac{1}{c_0}\cdot\frac{t}{r}\cdot\frac{d\varphi}{dt}$$

For $t = 0$ we have (4)

$$\varphi_0 = \sigma_1 + c_0\,\frac{\sigma-\sigma_1}{\sigma}$$

$$\therefore F\,(r) = -\frac{2}{\varphi_0-\sigma_1}\cdot\frac{t}{r}\cdot\frac{d\varphi}{dt}$$

or if

$$\frac{\varphi\,(t)-\sigma_1}{\varphi_0-\sigma_1} = \Phi$$

$$F\,(r) = -\frac{2t}{r}\cdot\frac{d\,\Phi}{dt} \qquad (6)$$

According to (4)

$$\varphi\,(t) = \sigma_1 + c\,\frac{\sigma-\sigma_1}{\sigma}$$

$$\varphi_0 = \sigma_1 + c_0\,\frac{\sigma-\sigma_1}{\sigma}$$

thus we also have

$$\Phi = \frac{c}{c_0}$$

The variation of specific gravity may evidently be measured by taking out samples of definite volume and determining the dry matter thereof, M, then dM is evidently equal to dx and equation (6) and (5) may be used to calculate the distribution. G. W. ROBINSON's new method of 1922 is of this kind (16) and simply consists of taking out 20 ccm. with a pipette at different times and determining the dry matter (Fig. 11). ROBINSON has not tried to get the distribution-function but determined the ordinates of what the calls "the summation curve" as functions of log v, that

is something very similar to the q-function in the present paper. ROBINSON's method seems to be a distinct advance compared with the old mechanical analysis both with regard to simplicity and accuracy. Its chief drawback seems to me to be the inevitable errors in taking the samples which from ROBINSON's figures seem to amount to several percent in the single m-value, and therefore capable of causing large errors if the material possesses somewhat irregular distribution (ROBINSON, p. 318). It is possible that these errors could be reduced by using the technique recommended by D. S. JENNINGS, M. D. THOMAS and W. GARDNER (17) the essential point of which is a "multiple-mouthed pipette" (Fig. 12) through which small volumes (2 ccm.) could be sampled off with great accuracy. Like ROBINSON, they recommend nephelometric methods for the estimation of the quantity of particles, but since the intensity of the scattered light will vary not only with concentration but also with size and nature of the particles it seems doubtful if this would be of much value. In the essential features similar but adapted for serial operation is G. KRAUSS' methods demonstrated at the III international Soil Congress at Prague 1922 but not published until recently (18).

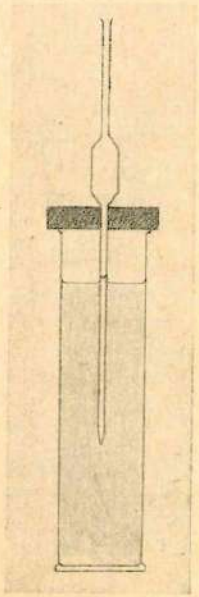

FIG. 11. — Apparatus for ROBINSON's new method.

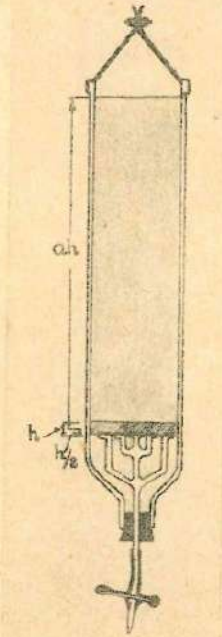

FIG. 12. — "Multiple-mouthed pipette" (JENNINGS, THOMAS and GARDNER).

II. *The variation of the specific gravity and the concentration with the distance from the surface at a definite time,* t.

Thus x is variable, t constant and :

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{C\,t\,x}} \cdot c_0 \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma} \cdot F(r)$$

but (5): $$\sqrt{\frac{1}{C\,t}} = \frac{r}{\sqrt{x}}$$

and (4) $$\varphi_0 = \sigma_1 + c_0 \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma}$$

thus $$F(r) = \frac{2}{\varphi_0 - \sigma_1} \cdot \frac{x}{r} \cdot \frac{d\varphi}{dx}$$

or if $$\frac{\varphi(x) - \sigma_1}{\varphi_0 - \sigma_1} = \Phi$$

$$F(r) = \frac{2x}{r} \cdot \frac{d\Phi}{dx} \qquad (7)$$

And I) also $$\Phi = \frac{c}{c_0}$$

Evidently, determinations of the amount of solid matter at increasing depth makes equation (7) applicable. Series of such measurements have been carried out on soils by A. N. PURI at the Rothamsted Laboratory under B. A. KEEN'S supervision and also tested in my laboratory with promising results.

For colloids the variations in concentration necessarily become very small but in the clever hands of THE SVEDBERG the principle seems nevertheless to have given some positive results and THE SVEDBERG and H. RINDE (19) determined the variation in amount of colloidal gold with depth after 1040 minutes centrifugation by means of optical methods and were able to draw the distribution curve for the gold suspension by a graphical method. These centrifugal experiments have since been continued by SVEDBERG and J. B. NICHOLS (20).

III. *The variation of the hydrostatic pressure* (π) *with the time at a definite distance from the surface.*

$$\pi = \int_0^x \varphi\, dx \qquad (8)$$

$$\pi = \int_0^x \left(\sigma_1 + c_0 \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma} \int_0^r F(r)\, dr\right) dx$$

$$\frac{d\pi}{dt} = c_0 \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma} \int_0^x F(r) \cdot \frac{dr}{dt}\, dx$$

$$\frac{d^2\pi}{dt^2} = c_0 \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma} \int_0^x \left(F(r) \cdot \frac{d^2 r}{dt^2} + F'(r)\left(\frac{dr}{dt}\right)^2\right) dx$$

but according to (5) $\frac{dr}{dt} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{r}{t}$; $\frac{d^2 r}{dt^2} = \frac{3}{4} \cdot \frac{r}{t^2}$ and $dx = 2\,C\,t\,r\,dr$ (t constant!)

Thus : $$\frac{d^2\pi}{dt^2} = c_0 \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma} \int_0^x C \frac{F(r) \cdot 3r^2 + F'(r) \cdot r^3}{2t}\, dr =$$

$$= c_0 \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma} \cdot \frac{C}{2t} \cdot \int_0^x d\left[r^3 F(r)\right] = c_0 \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma} \cdot \frac{C}{2t} \cdot r^3 F(r)$$

but (5) : $C r^2 t = x$

$$\therefore F(r) = \frac{2\sigma}{\sigma - \sigma_1} \cdot \frac{1}{c_0} \cdot \frac{t^2}{rx} \cdot \frac{d^2\pi}{dt^2} \qquad (9)$$

for $t = 0$ we have (8) $\pi_0 = \sigma_1 x + c_0 x \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma}$

for $t = \infty$ $\pi_\infty = \sigma_1 x$

$$\therefore F(r) = \frac{2}{\pi_0 - \pi_\infty} \cdot \frac{t^2}{r} \cdot \frac{d^2\pi}{dt^2}$$

or if $$\frac{\pi(t) - \pi_\infty}{\pi_0 - \pi_\infty} = \Pi$$

$$F(r) = \frac{2t^2}{r} \cdot \frac{d^2\Pi}{dt^2} \qquad (10)$$

By means of this equation the very simple experimental method of G. WIEGNER (21) and his followers may be interpreted.

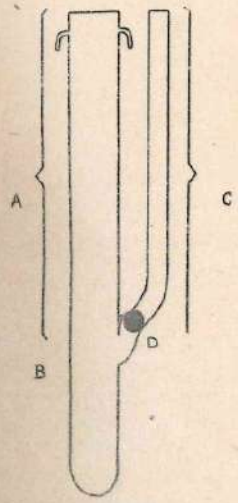

FIG. 13. — WIEGNER'S apparatus.

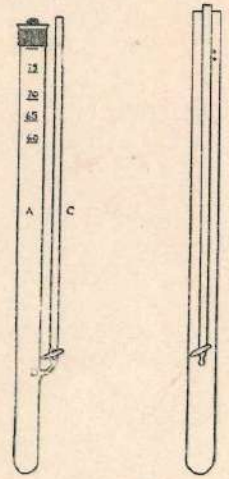

FIG. 14. — WIEGNER'S and GESSNER'S apparatus.

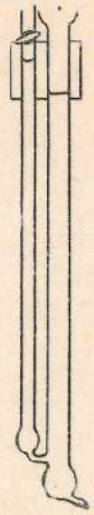

FIG. 15. — WIEGNER'S apparatus modified by W. OSTWALD.

WIEGNER'S arrangement is very simple and illustrated in fig. 13. In the big "Sedimentation tube", A, the soil suspension is poured while the stopper D is closed and the "measuring tube", C, filled with pure water. After thorough

shaking the instrument is suspended on the spurs and the glass stopper is opened. As the specific gravity of the suspension is greater than water, and the meniscus in the measuring tube is higher than that of the suspension, the difference being proportional to the pressure and the bulk of soil particles above the level D.

WIEGNER has not used the formula (10) but calculated the percentage fraction which passes the level D and then made use of the same graphical method to obtain certain " sizegroups " as developed by the present writer (See later below).

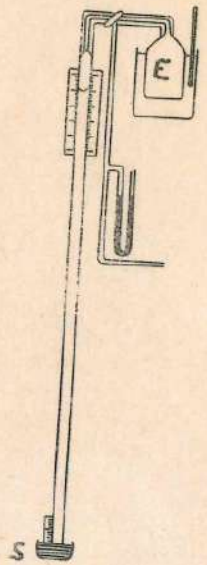

FIG. 16. — WO. OSTWALD'S " Einschenkelflockungsmesser ".

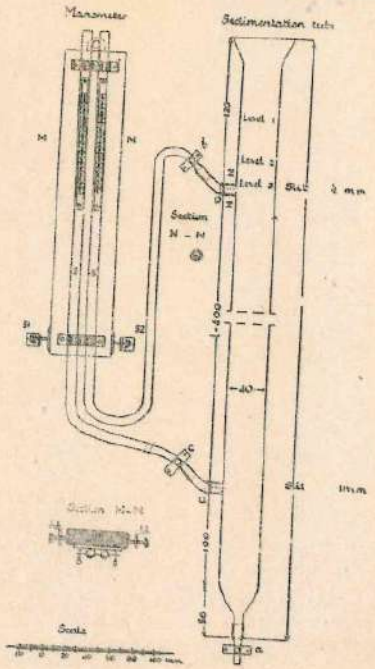

FIG. 17. — ZUNKER'S apparatus.

WIEGNER'S method has been improved in collaboration with H. GESSNER and the difference between the menisci photographed and recorded on a rotating drum (22) (Fig. 14).

The great advantage of WIEGNER'S method is its simplicity and the cheapness of the instrument ; its weak point is that the measured variable is only some few centimeters and consequently the accuracy is not very great. Further small variations in temperature *e. g.* the radiation from the body of the experimentor may raise the temperature in " the measuring-tube ", thereby decreasing the specific gravity and causing considerable errors. A small variation was introduced by WO. OSTWALD, (23) who placed the stopper at the top instead at the bottom of the " measuring tube " (now called " Vergleichsohr ,,), (Fig. 15).

WO. OSTWALD has also invented another instrument called " Einschenkelflockungsmesser " and shown in fig. 16. The suspension is poured in the bowl, S,

and the bulb, E, evacuated to a certain pressure, P, the value of which is ascertained in a previous " test-experiment ". If by means of the " treeway-stopper " the bulb is put into communication with the tube dipping down into the bowl with the suspension, the latter is pressed up a certain height X by the atmospheric pressure B. If now some particles are settling below the surface of the liquid outside the tube, and $(B - p)$ is maintained constant, the height of the suspension in the tube will increase as the particles disappear from the suspension in the tube. The principle for measuring the distribution may be most simply interpreted as follows :

If A_1 is the amount of particles which at a given time have passed below the surface, and X_1 is the height of the column at this time then $\frac{A_1}{A\infty}$ will be the fraction which has passed and $\left(1 - \frac{A_1}{A\infty}\right)$ the fraction which remains in the tube, or $(A\infty - A_1)$ the amount remaining in the tube. If A_2 is the same amount at a later time t_2 and X_2 the corresponding value for the height difference between the surfaces we have at t_1 :

$$B_1 - p = X_1 + (A\infty - A_1)$$

and at t_2: $$B_2 - p = X_2 + (A\infty - A_2)$$

and assuming the athomospheric pressure constant $B_1 = B_2$ we have

$$X_2 - X_1 = A_2 - A_1 ; \qquad dx = dA$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dA}{dt} \qquad ; \qquad \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{d^2A}{dt^2}$$

and we may use equation (10) to calculate $F(r)$

No attempt to obtain the distribution has yet been made by WO. OSTWALD but graphical results of the settling velocity were obtained by empirical and graphical methods. The main errors seem to arise from inevitable variations in the atmospheric pressure if the experiments are extended over any longer period and variations in temperature effecting the pressure in E.

A further development, of the WIEGNER-method was recently made by F. ZUNKER (24) who obtained more accuracy in the measurement of the height-difference by connecting the top and bottom-layer to manometers kept apart from the instrument thus avoiding frequently occurring errors owing to formation of foam at the top of suspensions which have been shaken violently (Fig. 17). ZUNKER also developed several new methods for calculation of the relative (specific) and absolute surface of the soil particles and has shown that the interpretation of this conception (specific surface) was very useful for practical irrigation problems (25).

Another modification by W. J. KELLY (34) has appeared during the printing of this paper.

The chief difficulties with WIEGNER'S apparatus are according to my experiences the *small* variation in height between the suspension and the measuring-tube and the sensibility of the latter to variations in temperature and thereby caused expansions and contractions, thus introducing uncontrolled errors in the measurements. In order to increase the difference in height I have introduced pentane or some other

liquid of low specific gravity in the measuring-tube and in order to avoid temperature-differences between suspension and measuring liquid I have immersed the measuring-tube (" manometer ") in the suspension and made special arrangements for filling and stirring of the suspension before the actual sedimentation-measurement takes place.

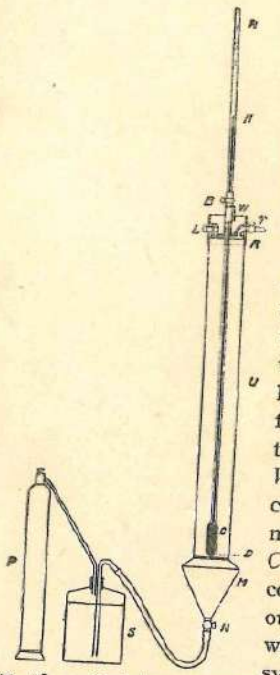

FIG. 18. — ODÉN'S apparatus.

This kind of instrument is demonstrated in fig. 18 and photographs of some of these sedimentation-instruments are given in plate I (Fig. 19).

The wide glass-tube *U* is fitted with its lower end into the funnel-shaped metal case, *M*, which is big enough to take up all the sedimenting particles and at the bottom provided with a tap *N* for inlet and outlet of the suspension which may be effectuated from the stock-bottle, *S*, by means of compressed air, *P*.

The upper part of the glass-tube is closed by the lid, *R*, provided with a large edge rising several centimeters and through which is inverted the manometer *AC* with ts stopcork *B*. The lid is also furnished with an outlet-tube *T*, with stopcock, thus letting out the overflow of liquid when the system is filled with the suspension and finally a narrow channel closed by a tap, *L*, and connecting the receptacle with the sedimentation tube and a pointer, *W*, indicating the height of the water. The manometer consists of a not too narrow glass-tube *A*, etched with a millimeter scale and widened to a bulb at the lower part, *C*. This bulb is provided with a small hole, *D*, thus giving communication between the two liquids: the suspension outside and the manometerfluid inside the bulb. The whole thing resulting in a kind of " communicating tube system ". Now as the particles of the suspension sink below the level, *D*, the pressure decreases and the meniscus of the manometer sinks. This causes some water to leave the bulb at the bottom, but this quantity is very insignificant since the whole displacement of fluid in the manometer-tube is only about 0,2 ccm. The reason for having a narrow manometer tube and a bulb at the end of it is to allow a great vertical displacement of the meniscus at *H* as the pressure above *D* decreases without any considerable displacement of the surface of separation of the two liquids at *D*.

The sedimentation-analysis is now carried out as follows. The lid with its manometer is removed and filled by sucking at *A* first with the special manometer-fluid (pentane) and then with a few drops of the water at the bottom. Any airbubbles are cleared away while the bulb is still immersed in water and the stopcock *B* is closed. Meanwhile so much water is poured into the funnel that the lower part of the bulb is just immersed into the water and no airbubbles are allowed to enter the manometers-system *AECD*, and then the lid is adjusted and fastened on the top of the sedimentation tube.

Now the instrument is ready for use. The supply-bottle is shaken violently

PLANCHE I.
PLATE I.
TAFEL I.
TAVOLA I.

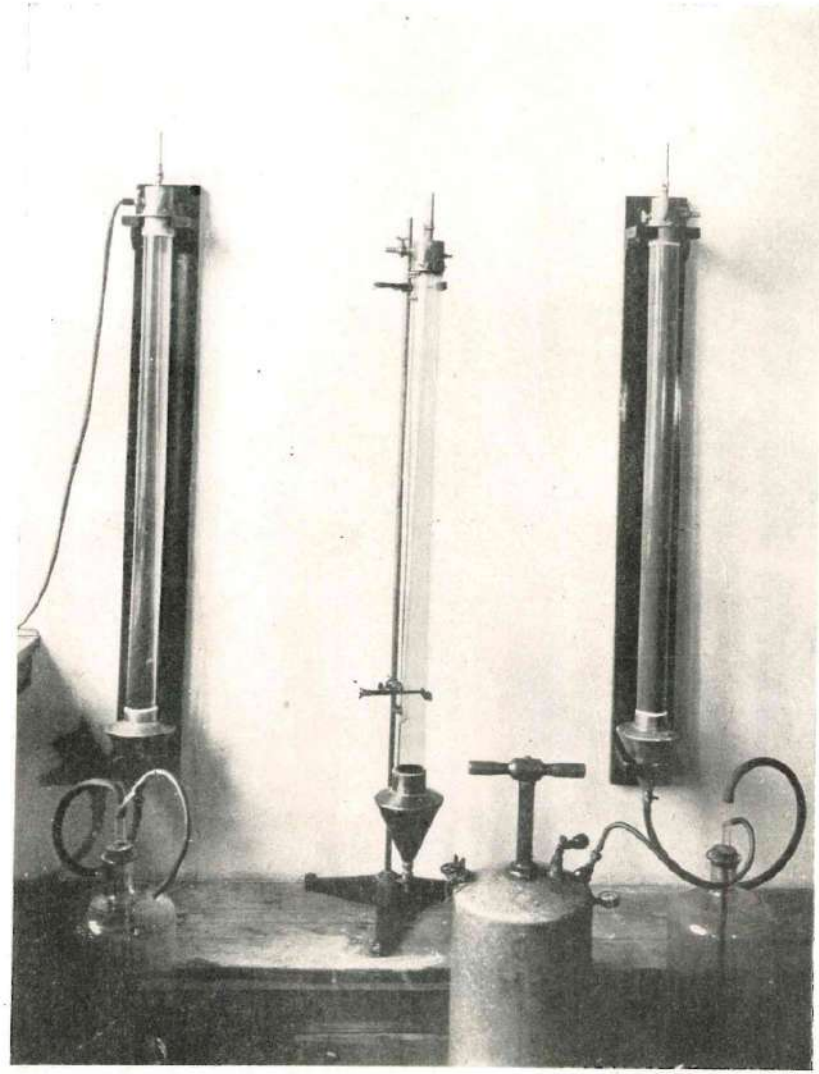

FIG. 19. — ODÉN'S apparatus.

and an extra pressure of 1 atmosphere put on while L is closed. The tap, N, is at first opened and immediately after T which allows the suspension to enter the tube rapidly pushing the air through T. As soon as the suspension has filled the sedimentation-tube fluid goes out at T and the tap, N, is closed, the supply-bottle disconnected. After the tap, T, has been closed and not before now the tap L and manometer-tap at B are cautiously opened whereby the meniscus sinks at H. During the first minute there is generally some jumping up and down of the meniscus indicating currents and disturbances in the system. Then we have to adjust the water-level at W by pouring in or removing some water so that the relative level of the suspension in all experiments is the same. After the lapse of a minute we generally find a continuous sinking of the meniscus which has to be recorded as a function of the time calculated from the moment the tap, N, is closed, these readings giving a " height-difference curve " or " pressure-curve ", whose mathematical analysis may be easily interpreted graphically as will be shown further on.

IV. *The variation in weight on an immersed body with time.*

Consider a cylinder of cross-sectional area f, whose weight in air is D and which is counterpoised in the suspension at any given time by a weight w, in a way so that the upper part is above or at the same level as the surface of the liquid. As the density of the suspension decreases on account of the removal of the particles by sedimentation w will increase and the distribution curve can be deduced in terms of the second derivative of w with respect to time

$$w = D - f\pi$$

$$\therefore \frac{d^2 w}{dt^2} = -f\frac{d^2\pi}{dt^2}$$

Thus according to (9): $F(r) = -\frac{2\sigma}{\sigma - \sigma_1}\cdot\frac{1}{c_0}\cdot\frac{t^2}{r f x}\cdot\frac{d^2 w}{dt^2}$

but $$c_0 f x\frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma} = w\infty - w_0$$

and if $$W = \frac{w(t) - w_0}{w\infty - w_0}$$

$$F(r) = -\frac{2t^2}{r}\cdot\frac{d^2 W}{dt^2} \qquad (11)$$

by means of which equation the results of U. PRATOLONGO's (1917) and H. G. SCHURECHT's (1921) experimental arrangements may be interpreted.

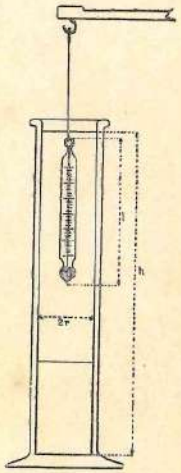

FIG. 20. — WESTPHAL's balance in the method of PRATOLONGO.

PRATOLONGO's arrangements (26) simply consists in determining " the density " by means of a WESTPHAL's balance (Fig. 20) in the top layer of the soil suspensions as a function of time. Curves for the variation of " the density " with time are given and the author states that from the table of the times and densities it seems easy to deduce the curve of distribution of the constituents of the soil of different fineness, and that a simple calculation, which can be considerably shortened by graphical methods leads

directly to the knowledge of the distribution of the constituents of the soil as a function of their different fineness.

According to my experiences the main difficulty with a method like this lies in capillary forces hindering the movements of the plummet if it is rising over the surface or in the accumulation of small deposits of clay at the top of the densimeter if the latter is immersed just below the surface the weights of which have to be substracted from the readings of the specific gravity. If the upper area exposed to such accumulation is known, this of course may be taken into account, and the theory extended to a plummet immersed to a certain depth, x, but it makes the calculations heavy and tedious.

The SCHURECHT-method, (27) differs from PRATOLONGO's method with regard to the form of the immersed plummet. The percentage of clay in suspension above the plummet is recorded as a function of *log time*, and characteristic curves were obtained for various clays, but no distinct attempt to get the distribution-function is made either by SCHURECHT or PRATOLONGO.

V. *The variation of the hydrostatic pressure with the distance from the surface at a definite time.*

Thus x is variable, t constant

Equation (8)

$$\pi = \int_{e}^{x} \varphi \, d\,x$$

$$\therefore \frac{d^2\,\pi}{d\,x^2} = \frac{d\,\varphi}{d\,x}$$

Then according to II:

$$F(r) = \frac{2\,\sigma}{\sigma - \sigma_1} \cdot \frac{1}{c_0} \cdot \frac{x}{r} \cdot \frac{d^2\,\pi}{d\,x^2}$$

but

$$c_0 \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma} = \varphi_0 - \sigma_1$$

$$\therefore F(r) = \frac{2}{\varphi_0 - \sigma_1} \cdot \frac{x}{r} \cdot \frac{d^2\,\pi}{d\,x^2}$$

or if

$$\frac{\pi\,(x)}{\varphi_0 - \sigma_1} = \Pi$$

$$F(r) = \frac{2\,x}{r} \cdot \frac{d^2\,\Pi}{d\,x^2} \qquad (12)$$

An experimental arrangement seeking to make use of equation (12) and determine $\frac{d^2\,\pi}{dx^2}$ at distinct times was tested in the writer's laboratory in the autumn 1922. A big sedimentation tube, 1,8 meter high and 4 cm. wide was connected with capillary tubes filled with pentane acting as manometers (Fig. 21). The suspension was poured into the WOULFF-flask B and pressed into the sedimentation

tube, while the "manometers" were cut off by means of spring clips. After a definite time the clips were opened and the pressure read off on the scale E. From this a curve was drawn and $\frac{d^2\,\pi}{dx^2}$ graphically obtained. The experimental difficulties and errors proved however to be very great mainly on account of variations in temperature between different parts of the necessarily big instrument, heat radiations from the body of the observer causing volume increase in the pentane tubes during reading off, and so on, and the method was abandoned.

VI. *Accumulation* (A) *of the particles at the bottom as a function of time.*

a = accumulate weighed in water

$a\,\infty$ = total accumulate at complete sedimentation

f = area of the bottom

$$a = a\,\infty - f\,(\pi - \sigma_1 x)$$

$$\therefore \frac{d^2\,a}{d\,t^2} = -\,f \frac{d^2\,\pi}{d\,t^2}$$

Then according to III (equation 9)

$$F(r) = -\frac{2\,\sigma}{\sigma - \sigma_1} \cdot \frac{1}{c_0} \cdot \frac{t^2}{r\,f\,x} \cdot \frac{d^2\,a}{d\,t^2}$$

but

$$c_0\,f\,x \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma} = a\,\infty$$

and if

$$\frac{a}{a\,\infty} = A$$

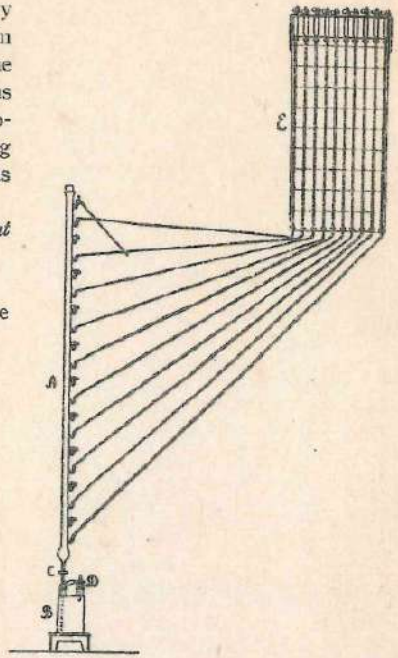

FIG. 21. — ODÉN's arrangement to measure the variation of the hydrostatic pressure.

$$F(r) = -\frac{2\,t^2}{r} \cdot \frac{d^2\,A}{d\,t^2} \qquad (13)$$

This was the first equation developed 1914 by NILS ZEILON and the writer (6) which enabled the construction of the distribution curves, though the principle is intrinsic in a paper by TH. SCHLOESING père (7) (1903). The experimental methods applied to this equation are still the most accurate since the variation in the measured quantity is several hundred times greater than the accuracy of the measurement.

As just mentioned the first attempt to estimate the weight of an unlimited number of fractions of decreasing sinking-velocity is due to TH. SCHLOESING père in a remarkable paper (7) which appeared 20 years ago but which seems to have been nearly unobserved by subsequent investigators.

SCHLOESING's experimental arrangement (Fig. 22) consists in carrying away the deposits which accumulate at the bottom of a seperating funnel, A, by means of a slow current of water. The soil suspension is shaken and poured into the

vessel *A*. The orifice, *d*, is at the same level as the surface at *n*, and each drop which falls from the Mariotte's flask, *F*, causes some fresh water to enter the top of the funnel and some turbid water to leave at *d*, the latter cerrying away the deposit and collecting it in small boxes which are moved by a clock-work.

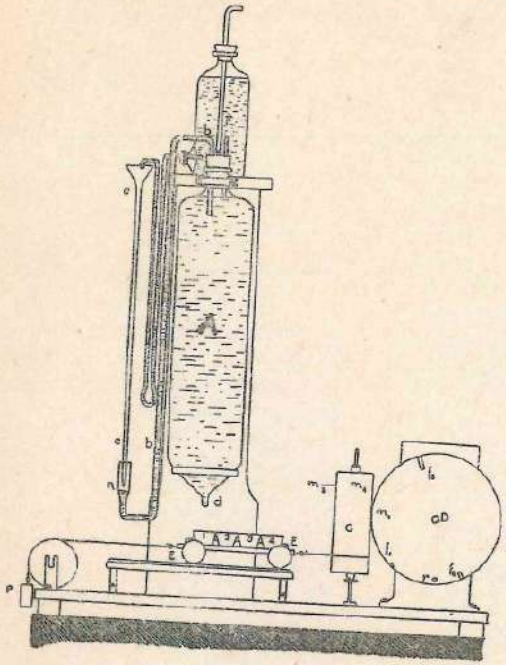

FIG. 22. — SCHLÖSING's experimental arrangement.

It is evident, as SCHLOESING himself stated, that this arrangement contains several errors of importance. Some sediment adheres to the walls of the funnel at the bottom and is not carried way ; further, the liquid which carries the sediment away is not water but suspension and contains a certain amount of smaller particles etc. SCHLOESING's theoretical argument and calculations have been discussed in other connection (9) and while in general correct contain some errors which are functions of the distribution but these seems to have been less than his experimental errors and escaped observation.

SCHLOESING also added evidence to show that the sedimentation-results were independent of the absolute weight and absolute concentration of the soil suspension between certain critical limits. This wascon firmed by the writer (28) and by WIEGNER (22).

My own first experimental arrangements consisted of a sedimentation cylinder, near the bottom of which was suspended a thin plate attached to one arm of a sensitive balance (Fig. 23). When the soil suspension was poured

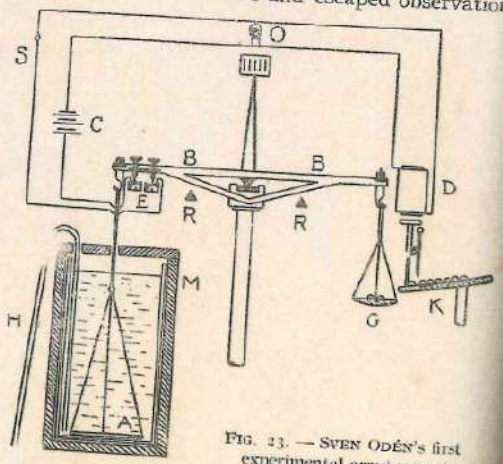

FIG. 23. — SVEN ODÉN's first experimental arrangement.

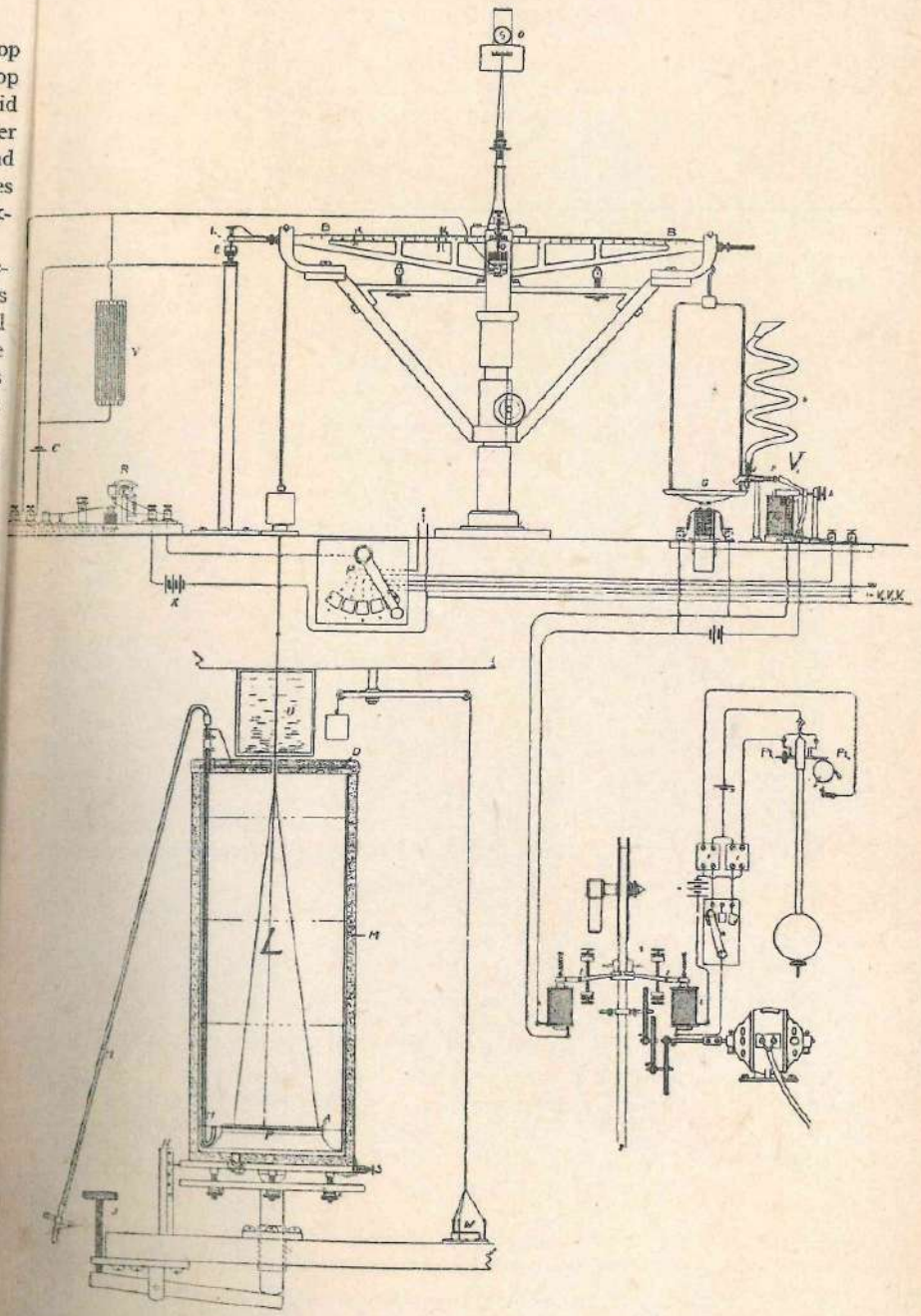

FIG. 24. — Author's instrument improved.

into the cylinder the particles began to settle on the plate and the weight increased, causing the balance to move and close an electric current, by means of which a small ball was loaded on a pan attached to the other arm of the balance. The times for equal small increases in weight were determined and from this " accumulation curve " the second differential was graphically obtained and $F(r)$ calculated according to equation 13 ; or a graphical method was employed by means of which difference in $F(r)$ could be obtained for distinct intervals of r. The successive improvements of this instrument are visible from the figures 23-24 and plate II (fig. 25) and are described in the original papers (28), (29). Similar arrangements were employed by H. GREEN (30) and by K. SUNDBERG(31) and the method proved to be useful for the study of the formation of precipitates and colloids, (29) as well as for geological questions (32).

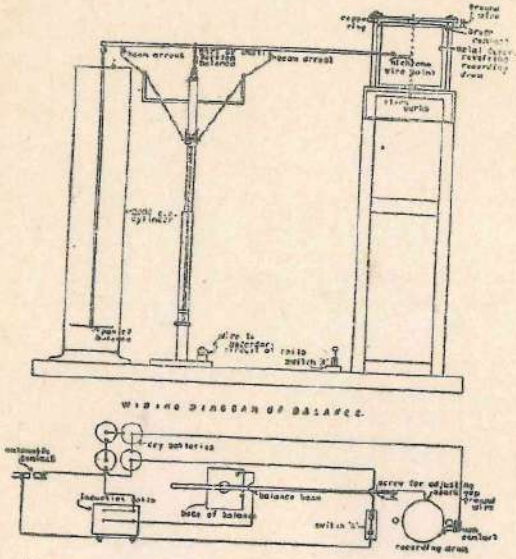

FIG. 26. — H. W. JOHNSON's arrangement to registrate the movement of the balance.

THE SVEDBERG and H. RINDE (19) improved the sensibility of the balance and introduced electrical control of the weighing and HARLAN W. JOHNSON (33) found a way to registrate the movement of the balance by making one arm very long and registrate its way on a rotating drum by means of frequent sparks jumping over from a pointer at the end (Fig. 26). Byt his arrangement, however, the sedimentation pan does not hold its position during the sedimentation and the path of the particles increases as the experiment goes on.

Independently of this the physical Laboratory at Rothamsted under the head of DR. B. A. KEEN started 1921 in collaboration with the CAMBRIDGE AND PAUL (INSTRUMENT CO. and the writer a series of experiments in order to construct a registrating balance for chemical use and especially soil-sedimentation studies. This balance (1) consists (Fig. 27) of a suspended plate U, attached to one arm of a balance, which is kept in equilibrium by an automatic adjustment of the current through a solenoid, S, attracting a permanent magnet M suspended from the second arm of the balance. When the weight of the sediment reaches a given amount *i. e.* when the solenoid-current reaches a given value a small metal sphere is automatically, R_3 placed on the second pan of the balance G, and the solenoid-current returns to a smaller value. The strength of the current is recorded on a moving paper band H, and the operation just described results in a curve present-

(1) First demonstrated at the London physical-instrument exhibition in January 1923.

PLANCHE II.
PLATE II.
TAFEL II.
TAVOLA II.

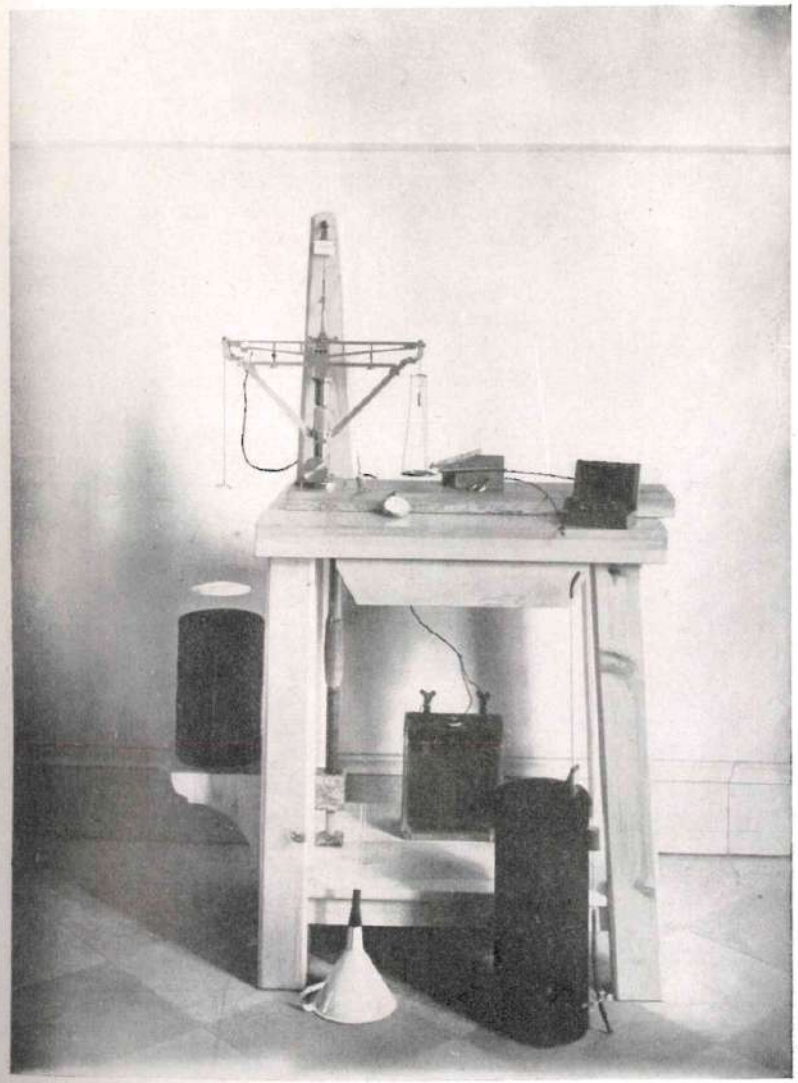

FIG. 25. — Author's instrument.

ing a series of steps. A very open and sensitive scale can therefore be used for the curve, although the actual trace is confined within narrow limits of width. The sensitiveness of the record can be modified or increased by suitable adjustments of the component parts of the instrument. The periodic replacement of the electromagnetic attraction by the metal-balls results in the sensitiveness in any given experiment remaining constant.

Geometrical and Graphical Solutions.

The essential of the mathematical deductions yielding the equations (10, 11 and 13) may be obtained in a very simple manner in the following way which for practical soil work often may be sufficient accurate. (28)

Suppose then, as before, that there is complete desaggregation and uniform distribution of the particles at the starting time t_o of the experiment and that the fall of each particle is independent of the others (Fig. 28). If all particles were of the same size they should sink with the same velocity and the concentration of the particles in a certain layer D would be constant up to a certain time t_n since all disappearing particles are substituted by others coming from the layers above when suddenly it would drop to zero at a time t_n when the particles of a velocity $v = \frac{x}{t}$ which at the start were in the toplayer have passed D.

If on the other hand the particles are of various size and therefore fall with different velocities certain groups disappear by and by completely from a certain layer and the concentration there decreases continuously while the sedimentation proceeds.

Now consider a layer at the distance x from the surface and at the time t from the beginning of the sedimentation.

Of all the particles of various size some groups have *completely* passed below this level and dropped down in the receptacle namely those whose velocity is $> \frac{x}{t}$ (let us call these G) while from the other groups with velocities $< \frac{x}{t}$ there has been a constant flow of particles during the whole time t altogether proportional to the time and concentration (let us call this portion S).

If we in the fig. 29 let the ordinates of the curve OAU represent the percentage amount of the particles $(G + S)$ that have passed this level (and express this quantity in relation to the total sedimented quantity, $A\infty$, or $y = \frac{A \cdot 100}{A\infty}$) as a function of time as abscissae, thus $y = A(t)$, then evidently $100 - A(t)$ or an ordinate drawn downwards from VU will be proportional to the quantity of particles suspended above this level.

Let us now draw a tangent to the curve through the point A corresponding to the time t and through the point A_1 likewise on the curve and infinitesimally little before the time t a line A_1D parallel to the ordinate-axis and likewise AC parallel to the abscis-axis.

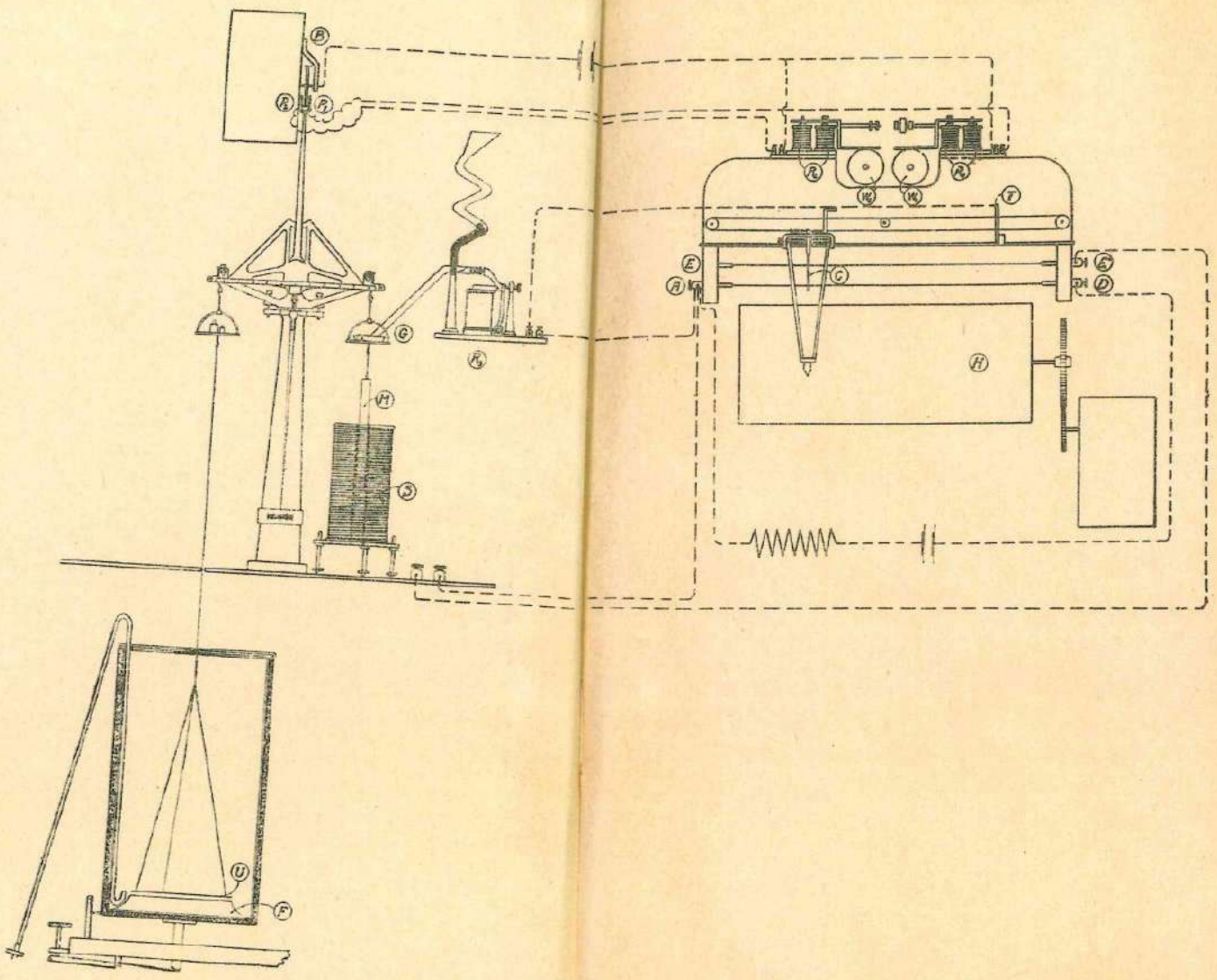

FIG. 27. — A registrating balance for soil-sedimentation studies.

From construction and figure it follows that:

$$\frac{BC}{AC_1} = \frac{A_1 D}{AD} = \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

But AC correspond to the time during which the smaller size-groups have continually passed the level D and $\frac{\Delta A}{\Delta t}$ is the quantity which passes pro unit of time if we neglect the coarser ones already settled.

$BC = AC \cdot \frac{\Delta A}{\Delta t} = t \frac{\Delta A}{\Delta t}$ thus represents just the quantity of the smaller groups which has passed the level C at the time t.

But OC corresponds to the total amount of particles, which have passed the level and

$$OC = BC + OB$$

Thus OB or the distance from the point of intersection with the y-axis of the tangent (drawn through the ordinate corresponding to the abscissae t) represents the sum of those particles greater than a certain equivalent-radius r_t that have completely passed the level, where r_t is defined by the equation

$$r_t = K\sqrt{\frac{x}{t}}$$

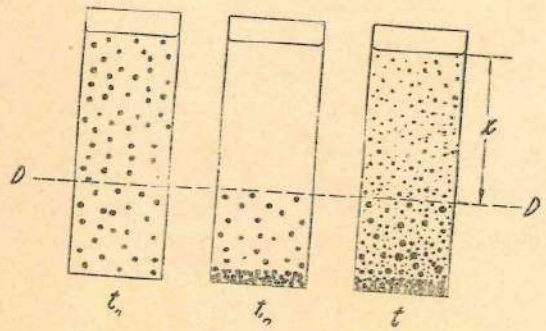

FIG. 28. — Demonstration of the sedimentation of soil-particles.

Repeating this for another t-value we obtain another section proportional to all particles down to another r_{t_1}-value

$$r_{t_1} = K\sqrt{\frac{x}{t_1}}$$

The *difference* between these sections is evidently equal to the amount of particles in the particle-interval r_t to r_{t_1} and by repeating this procedure we obtain

the amount of particles between two equivalent-radii as the distance between the points of intersection of the corresponding tangents on the Y-axis, when each tangent is laid through the points of the curve corresponding to

$$t_1 = \frac{K^2 x}{r_1^2} \qquad \text{respectively } t_2 = \frac{K^2 x}{r_2^2}$$

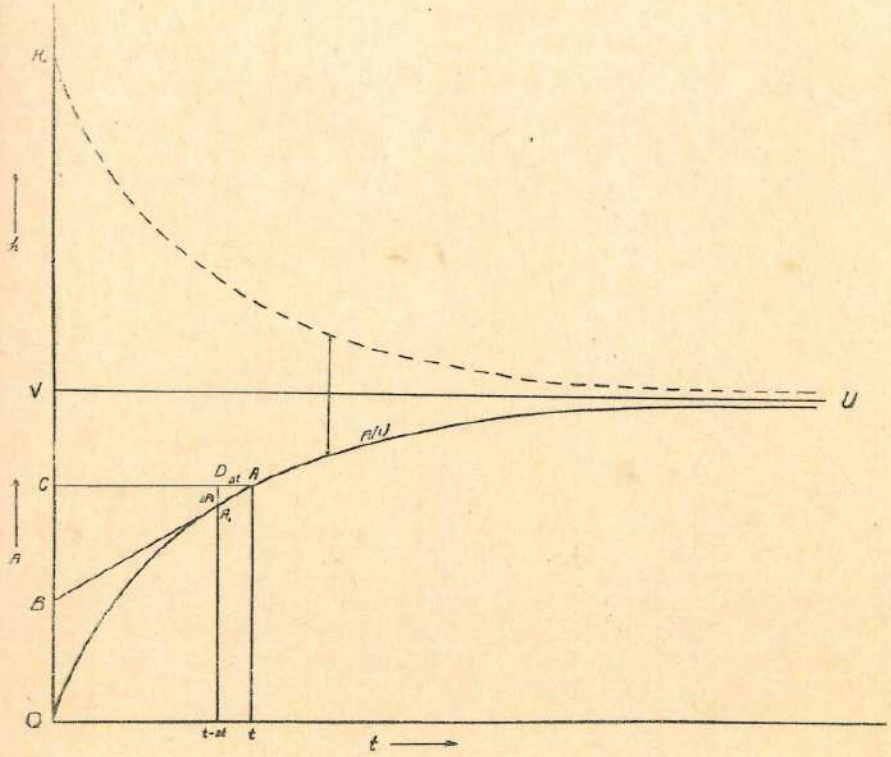

FIG. 29. — Curve of the results of the sedimentation.

It is worth observing that the " accumulation-curve " of equation (13) and the " weight difference-curve " are identical if all A- and h-values are expressed in fractions the former of the ultimate value $A\infty$ the latter of the initial value h_0 and that the former is the image of the latter in an imaginary plane through VU.

It is of course quite easy to calculate at first the value of Stokes' constant C and $K = \sqrt{\frac{1}{C}}$ from density of the particles σ, density of dispersion-medium σ_1 and

viscosity of the latter and then to calculate the r-values corresponding to increasing t-values from the equation

$$r = K \sqrt{\frac{x}{t}}$$

since x is a constant specific to the instrument.

But for practical purpose it is quite useful to, according to ZUNKER'S proposals define a quantity independent of size and dimensions. Thus the " Grundfallzeit ", T_o, means the time of fall in seconds for a particle of 1 mm. diameter (equivalent-radius 500 μ) falling through a distance of 1 meter in water, the temperature and viscosity of which may vary and likewise the specific gravity of the particle.

From this " Grundfallzeit " the " Meterfallzeit " T_r or the time of fall for particle of size r μ or R mm., may be obtained according to STOKES' law through the equation

$$T_r = T_o \frac{10^6}{4 r^2} \qquad (14)$$

or

$$T = T_o \cdot \frac{1}{4 R^2}$$

and the time of fall t for any distance x from the equation

$$t = T_r \cdot \frac{x}{100} = T_o \frac{x}{400 R^2} \qquad (14b)$$

or

$$R = \frac{1}{20} \sqrt{\frac{x \cdot T_o}{t}} \qquad (14c)$$

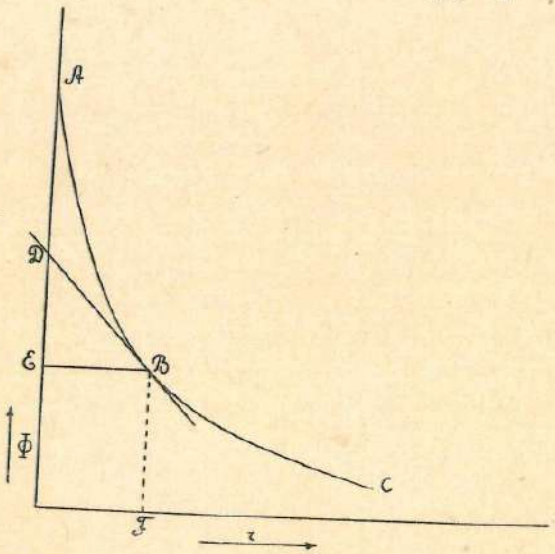

FIG. 30. — Another curve of the results of the sedimentation.

For a certain material we therefore only have to calculate the " Grundfallzeit " T_o at the given temperature of the experiment and then to draw tangent through certain points of the " Pressure-curve " or " Accumulation curve ". The corresponding ordinates will give us the equivalent-radii according to (14c) and the intersections on the Y-axis gives us the amount between these radii.

Similar graphical solutions may be developed on the basis of the other equations and have the advantage of giving good comparison and better possibility to judge with regard to unforeseen experimental errors and disturbances.

If we for example choose equation (6) this may be interpreted as follows.

Draw a curve ABC with time as abscissae and the experimentally obtained Φ-values as ordinates (fig. 30).

If we through a point of this curve B draw a tangent (BD) and a line BE parallel to the abscis-axis the section DE will be equal to $-t \frac{d\Phi}{dt}$ and by multiplying with 2 we obtain the value of $r F(r)$. Putting the logarithmus of the r-values corresponding to the t-values of the tangent points according to

$$r = \sqrt{\frac{x}{C t}} \qquad (15)$$

and $r F(r) = -2t \frac{d\Phi}{dt}$ as ordinates this will give the distribution curve.

With regard to size-intervals which the various instrument may be practically utilized the ODÉN-KEEN instrument is recommended in the interval from 10 μ to 0,1 μ while the WIEGNER instrument or the improved forms thereof are useful from 100 μ to 5 μ and the JENNINGS GARDNER method from 50 μ to 0,5 μ but the limits may be extended by use of fluids with varying viscosity and specific gravity and towards smaller size by introduction of centrifugal force (SVEDBERG) instead of gravity.

BIBLIOGRAPHY.

(1) C. G. STOKES. *Cambr. Phil. Trans.*, VIII, 287 (1849) IX, 8, 1856 *Math. and Physical. Papers*, I, 75.
(2) A. D. HALL. *Journ. Chem. Soc. Trans.* LXXXV, 950-963, 1904.
(3) H. DAVY. Elements of agricultural Chemistry, IV Lecture p. 141. London, 1813.
(4) Summary in WAHNSCHAFFE-SCHUCHT: Wissenschaftliche Bodenuntersuchung, IV. Aufl. p. 20-49. Berlin, 1924.
(5) THE SVEDBERG, and K. ESTRUP, *Koll. Zeitschr.*, IX 259-261.1911.
(6) SVEN ODÉN. *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, V, 257-311. 1915.
(7) TH. SCHLOESING père. *Compt. rend. de l'Acad. des Sciences*, CXXXVI, 1608-1613 1903, CXXXVII 369-374, 398-402 1903.
(8) C. G. KNOTT, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, XXXVI, 237-239 1916.
(9) R. A. FISCHER and SVEN ODÉN. *Proc. Roy. Soc. Edinburgh.* XLIV, 98-115 1924.
(10) C. W. OSEEN. *Arkiv. f. Matematik* etc. utg. av *K. Svenska Vet. Akad.* IX, Nr 16. Stockholm, 1913.
(11) J. BOSELLI, *Compt. rend. de l'Acad. d. Sciences*, CLII, 133-136. 1911.
(12) R. GANS. *Münchener Ber.* s. 191. 1911.
(13) K. PRZIBRAM. *Sitzb. d. Kaiserl. Akad. d. Wissenschaften in Wien Math.-Naturw. Klasse*, Bd. 121, Abt. II a. 1912.
(14) CL. MAXWELL. *Philosoph. Magazin*, (4), XIX, 22 1860, XXXV, 185, 1868. *Cambr. Phil. Trans.*, XIII, 547, 1872.
(15) SVEN ODÉN. Über die Vorbehandlung der Bodenproben zur mechanischen Analyse, *Bull. Geol. Inst.* XVI, 125-134 Upsala. 1919.
(16) G. W. ROBINSON. *Journ. Agric. Science*, XII, 306-321, 1922,
(17) D. S. JENNINGS, and W. GARDNER. *Soil Science*, XIV, 485-499. Nr. 6 December, *Utah Agricultural Exp. Station*, 1922.
(18) G. KRAUSS. *Intern. Mitt. f. Bodenkunde*, XIII, 147-161. 1923.
(19) THE SVEDBERG, and H. RINDE. *Journ. Amer. Chem. Soc.*, XLV, 943-954. 1923.

(20) THE SVEDBERG and J. B. NICHOLS, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, XLV 2910-2917. 1923.
(21) G. WIEGNER *Landw. Versuchsstationen*, XCI, 41-79. 1918.
(22) H. GESSNER. *Mitt. a. d. geb. d. Lebensmitteluntersuchung Bern*, XIII, 238-243. 1922.
(23) Wo. OSTWALD, und FR. V. v. HAHN. *Koll. Zeitschr.*, XXX, 62-70, 1921.
(24) F. ZUNKER. *Landwirtsch. Jahrb.* LVIII 159-203, 1922.
(25) F. ZUNKER. *Der Kulturtechniker*, XXVI 70-73 1923, XXVII, 25-30. 1924.
(26) U. PRATOLONGO. *Stazioni Sper. Agrar. Ital.*, L, 117-166. 1917.
(27) H. G. SCHURECHT. *Journ. Amer. Ceramic Society*, IV, 812-822, No. 10. October 1921.
(28) SVEN ODÉN. *Bull. Geol. Instit.* Upsala, XVI, 15-64. 1918.
(29) SVEN ODÉN. *Proc. Royal Soc. of Edinburgh*, XXXVI, 219-236. 1916. *Koll. Zeitschr.* XVIII, 33-48, 1916, XXVI, 100-121, 1919. *Arkiv. f. Kemi*, etc. Stockholm, VII, No: 26, 1920.
(30) H. GREEN. *Proceedings of the Society of Chemical Industry of Victoria*, XVI, 449-454. 1916.
(31) K. SUNDBERG. *Jernkontorets Annaler*, CV, 211-223. 1921.
(32) SVEN ODÉN. *Trans. Faraday Soc.*, XVII, 327-349. 1921.
(33) H. W. JOHNSON, *Soil Science*, XVI, 363-366, nov. 1923.
(34) W. J. KELLY, *Ind. and. Eng. Chem.* XVI, 928-930, 1924.
(35) J. MIECZYNISKI, *Mém. de l'Institut National Polonais d'économie rurale à Pulawy*, IV, 138-168, 1923.

Prof. SVEN ODÉN, *Stockholm (Suède)*. — **Méthodes de détermination de la répartition des particules du sol d'après leur grosseur.**

RÉSUMÉ.

Le but de ce rapport est de développer les principes de la détermination de la répartition des particules minérales des sols en fonction de leur grandeur et d'interpréter les différentes méthodes opératoires variées, existantes actuellement, à la lumière de ces principes généraux.

Les artifices pratiques spéciaux utilisés au laboratoire de l'auteur seront décrits dans le rapport de KEEN sur la balance ODÉN-KEEN et dans un rapport ultérieur sur la structure de quelques sols suédois. Il y a actuellement environ 10 ans que j'ai essayé d'introduire la conception de la distribution selon MAXWELL dans l'étude de la physique du sol et à côté du développement de mon appareil original de détermination expérimentale, il a été proposé de nombreux instruments plus simples et moins coûteux, sur les avantages et les désavantages desquels on peut discuter.

La détermination de la grandeur des particules repose sur l'équation fondamentale de C. G. STOKES (1849)

$$r = \sqrt{\frac{x}{C\,t}} \qquad (1)$$

dont l'utilité pour l'analyse mécanique du sol fut interprétée d'abord par Sir DANIEL HALL (1904). Ici x est le mode de sédimentation dans un liquide et t le temps correspondant, tandis que C est une constante dépendante de la pesanteur spécifique de la particule et de la fluidité et de la viscosité du liquide. Puisque les particules peuvent changer de forme, « le rayon équivalent » est défini par l'équation sus-indiquée.

On peut de plus interpréter graphiquement la fonction « distribution » comme une fonction de la rapidité $v = \frac{x}{t}$ des particules ou de leur grandeur ou du logarithme de l'une de ces deux quantités, les courbes ainsi obtenues différant l'une de l'autre seulement par certaines constantes ou altérations dans l'échelle de rapport.

En vue d'obtenir la fonction distribution $F(r)$, on peut mesurer de telles propriétés du système particules du sol + eau, qui ont des fonctions définies et distinctes de grandeur et de distribution, eu égard à cette grosseur. Partant alors d'une distribution uniforme des particules, obtenue par agitation complète de la suspension e permettant aux particules de se déposer à des vitesses dépendantes de leur grosseur, la pesanteur spécifique φ à la distance x de la surface et en un temps t du temps de distribution uniforme, peut être exprimée comme suit :

$$\varphi = \sigma_1 + c_0 \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma} \int_0^r F(r)\, dr \qquad (2)$$

où c_0 est la concentration au début et σ la pesanteur spécifique des particules.

Les deux équations fondamentales ci-dessus (1) et (2) fournissent les moyens de calculer.

I. La variation de la pesanteur spécifique avec le temps, à une distance définie x de la surface, comme une fonction de $F(r)$, de laquelle on peut obtenir

$$F(r) = -\frac{2\sigma}{\sigma\sigma_1} \cdot \frac{1}{c_0} \cdot \frac{t}{r} \cdot \frac{d\varphi}{dt} \qquad (3a)$$

ou, si l'on mesure $\varphi - \sigma_1$ en fonction de $\varphi_0 - \sigma_1$ $\Phi = \varphi \dfrac{\varphi(t) - \sigma_1}{\varphi_0 - \sigma_1}$

de façon que

$$F(r) = -\frac{2t}{r} \cdot \frac{d\Phi}{dt} \qquad (3b)$$

Tel est le principe fondamental des méthodes de G. W. ROBINSON (1922), W. GARDNER (1922) et G. KRAUSS (1923).

II. La variation de la pesanteur spécifique d'après la distance de la surface en un temps défini comme une fonction de $F(r)$, dont on peut obtenir

$$F(r) = \frac{2\sigma}{\sigma - \sigma_1} \cdot \frac{1}{c_0} \cdot \frac{x}{r} \cdot \frac{d\varphi}{dx} \qquad (4a)$$

ou avec les mêmes indications que plus haut :

$$F(r) = \frac{2x}{r} \cdot \frac{d\Phi}{dx} \qquad (4b)$$

Cette équation a été vérifiée en ce qui concerne la possibilité de son application expérimentale au laboratoire de l'auteur et à Rothamsted, mais les résultats, promettants, ne sont pas prêts à être publiés.

III. La variation de la pression hydrostatique π, d'après le temps, à une distance définie x de la surface, comme une fontion de $F(r)$, dont on peut obtenir

$$F(r) = \frac{2\sigma}{\sigma - \sigma_1} \cdot \frac{1}{c_0} \cdot \frac{t^2}{r\,x} \cdot \frac{d^2\pi}{dt^2} \qquad (5a)$$

ou, si l'on mesure en fonction de $\pi_0 - \pi\infty$ et que l'on exprime

$$\Pi = \frac{\pi(t) - \pi\infty}{\pi_0 - \pi\infty}$$

$$F(r) = \frac{2t^2}{r} \frac{d^2\Pi}{dt^2} \qquad (5b)$$

La méthode expérimentale vraiment simple de G. WIEGNER (1918) et de ses élèves, de W. OSTWALD (1921) de H. GESSNER (1922) et de *l'auteur* (1923) peut être appliquée à cette équation.

Nous pouvons en outre substituer « la variation de pression hydrostatique d'après le temps » par le changement en poids d'un corps immergé w et obtenir

$$\frac{d^2 w}{d t^2} = - f \frac{d^2 \pi}{d t^2}$$

où f est la section en travers du corps immergé, d'où l'on obtient

$$F(r) = - \frac{2 \sigma}{\sigma - \sigma_1} \cdot \frac{1}{c_0 f} \cdot \frac{t^2}{r x} \cdot \frac{d^2 w}{d t^2} \qquad (6a)$$

ou, si l'on exprime w en fonction de $w_\infty - w_0$ et que l'on indique par

$$W = \frac{w(t) - w_0}{w_\infty - w_0}$$

$$F(r) = - \frac{2 t^2}{r} \cdot \frac{d^2 W}{d t^2} \qquad (6b)$$

Les résultats de U. PRATOLONGO (1917) et les dispositions expérimentales de H. G. SCHURECHT (1921) peuvent être interprétés par cette équation.

IV. La variation de la pression hydrostatique d'après la distance de la surface en un temps donné, comme une fonction de $F(r)$, d'où l'on peut obtenir

$$F(r) = \frac{2 \sigma}{\sigma - \sigma_1} \cdot \frac{1}{c_0} \cdot \frac{x}{r} \cdot \frac{d^2 \pi}{d x^2} \qquad (7a)$$

$$F(r) = \frac{2 x}{r} \cdot \frac{d^2 \Pi}{d x^2} \qquad (7b)$$

Cette equation a été vérifiée pour des suspensions de sol au laboratoire de l'auteur, mais ici l'erreur expérimentale, c'est-à-dire la difficulté de garder constante la température du système, n'a pas encore été surmontée.

V. La variation dans le poids des particules accumulées au fond de la suspension comme une fonction de $F(r)$

$$F(r) = - \frac{2 \sigma}{\sigma - \sigma_1} \cdot \frac{1}{c_0} \cdot \frac{t^2}{r f x} \cdot \frac{d^2 a}{d t^2} \qquad (8a)$$

ou, si l'on exprime a en fractions du dépôt final a_∞

$$A = \frac{a}{a_\infty}$$

$$F(r) = - \frac{2 t^2}{r} \cdot \frac{d^2 A}{d t^2} \qquad (8b)$$

C'était la première équation développée en 1914 par NISSILON et par l'auteur et qui permit la construction des courbes de distribution bien que le principe existe intrinséquement dans le rapport de TH. SCHLOESING *père* (1903). Les méthodes expérimentales appliquées pour cette équation sont néanmoins les plus sûres, puisque la variation dans la quantité mesurée est plusieurs centaines de fois plus grande que

l'exactitude de la mensuration. Les dispositifs opératoires ont été perfectionnées par SVEDBERG et RINDE (1923) et par B. A. KEEN (1923) en collaboration avec L'AUTEUR et « THE CAMBRIDGE ET PAUL INSTRUMENT Co À LONDRES ».

En ce qui concerne la grandeur des intervalles pour laquelle les différents instruments peuvent être pratiquement utilisés, l'instrument de ODÉN-KEEN est recommandé pour des intervalles de 20 μ à 0,1 μ tandis que l'instrument WIEGNER ou sa forme améliorée est pratique pour des intervalles de 100 μ jusque 5 μ et la méthode JENNINGS-GARDNER pour 50 μ jusque 5 μ, mais les limites peuvent être étendues en utilisant des fluides de viscosité et de pesanteur spécifique variable et, avec de plus petites dimensions, en faisant agir la force centrifuge (SVEDBERG) au lieu de la pesanteur.

Prof. SVEN ODÉN, *Stockholm (Sweden)*. — **Methods to determine the Size-distribution of Soil-particles.**

ABSTRACT.

The aim of this paper is to develop the general principle of determining the size-distribution of the mineral particles in soils and to interpret the various instrumental methods now existing in the light of these general principles.

The *special* practical contrivances used in the writer's laboratory will be described in KEEN'S paper on the ODÉN-KEEN balance and in a following paper on the structure of some Swedish soils. It is now nearly ten years ago since I tried to introduce the Maxwellian conception of distribution into the study of soil physics and beside the development of my original instrument to determine the distribution experimentally there has been proposed a variety of simpler and cheaper instruments, the advantages and disadvantages of which will be discussed.

As for the determination of the size itself the fundamental equation of C. G. STOKES (1849) is applied,

$$r = \sqrt{\frac{x}{C t}} \qquad (1)$$

the usefulness of which for mechanical soil analysis was first interpreted by Sir DANIEL HALL (1904). Here x is the way of sedimentation through a liquid and t the corresponding time while C is a constant depending on specific gravity of particle and fluid and viscosity of the latter. Since the particles may vary in shape the " equivalent radius " is defined by the above equation.

We may further interpret the distribution-function graphically either as a function of the velocity $v = \frac{x}{t}$ of the particles or of the size or of the logarithm of either, the curves thus obtained differing from each other only by certain constants or alterations in the scale-ratios.

In order to obtain the distribution function $F(r)$ we may measure such properties of the system : soil particles + water which are definite and distinct functions of size and size-distribution. Starting then with a uniform distribution of the particles obtained by thoroughly shaking the suspension and then permitting the particles to sink with velocities depending on their various sizes, the specific gravity φ at a

distance x from the surface and at the time t from the time of uniform distribution may be expressed as :

$$\varphi = \sigma_1 + c_o \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma} \int_o^r F(r)\, dr \qquad (2)$$

where c_o is the concentration at start and σ the density of the particles.

The above two fundamental equations (1) and (2) afford the means of calculating.

I) The variation of the specific gravity with time at a definite distance x from the surface as a function of $F(r)$, from which may be obtained:

$$F(r) = -\frac{2\sigma}{\sigma - \sigma_1} \cdot \frac{1}{c_o} \cdot \frac{l}{r} \cdot \frac{d\varphi}{dt} \qquad (3a)$$

or if we measure

$\varphi - \sigma_1$ in terms of $(\varphi_o - \sigma_1)$ so that $\Phi = \frac{\varphi(t) - \sigma_1}{\varphi_o - \sigma_1}$

$$F(r) = -\frac{2l}{r} \cdot \frac{d\Phi}{dt} \qquad (3b)$$

This is the principle underlying the methods of G. W. Robinson (1922), W. Gardner (1922) and G. Krauss (1923).

II) The variation of the specific gravity with the distance from the surface at a definite time as a function of $F(r)$, from which may be obtained :

$$F(r) = \frac{2\sigma}{\sigma - \sigma_1} \cdot \frac{1}{c_o} \cdot \frac{x}{r} \cdot \frac{d\varphi}{dx} \qquad (4a)$$

or with the same indications as before

$$F(r) = \frac{2x}{r} \cdot \frac{d\Phi}{dx} \qquad (4b)$$

This equation has been tested with regard to its experimental applicability in the writer's laboratory and at *Rothamsted* and the results are promising but not yet ready for publication.

III) The variation of the hydrostatic pressure, π, with time at a definite distance x from the surface as a function of $F(r)$, from wich may be obtained :

$$F(r) = \frac{2\sigma}{\sigma - \sigma_1} \cdot \frac{1}{c_o} \cdot \frac{t^2}{rx} \cdot \frac{d^2\pi}{dt^2} \qquad (5a)$$

or if we measure π in term of $\pi_o - \pi\infty$ and express :

$$\Pi = \frac{\pi(t) - \pi\infty}{\pi_o - \pi\infty}$$

$$F(r) = \frac{2t^2}{r} \frac{d^2\Pi}{dt^2} \qquad (5b)$$

The very simple experimental method of G. Wiegner (1918) and its scions by Wo. Ostwald (1921), H. Gessner (1922) and the writer (1923) may be applied to this equation.

We may further substitute "the variation of hydrostatic pressure with time" for the change in weight on a immersed body, w and obtain :

$$\frac{d^2w}{dt^2} = -f\frac{d^2\pi}{dt^2}$$

where f is the crossection of the immersed body, whereby

$$F(r) = -\frac{2\sigma}{\sigma - \sigma_1} \cdot \frac{1}{c_o f} \cdot \frac{t^2}{rx} \cdot \frac{d^2w}{dt^2} \qquad (6a)$$

or if we express w in terms of $w\infty - w_o$ and denote by

$$W = \frac{w(t) - w_o}{w\infty - w_o}$$

$$F(r) = -\frac{2t^2}{r} \cdot \frac{d^2W}{dt^2} \qquad (6b)$$

by means of which equation the results of U. Pratolongo (1917) and G. Schurecht (1921) experimental arrangements may be interpreted.

IV) The variation of the hydrostatic pressure with the distance from the surface at a definite time as a function of $F(r)$, from which may be obtained :

$$F(r) = \frac{2\sigma}{\sigma - \sigma_1} \cdot \frac{1}{c_o} \cdot \frac{x}{r} \cdot \frac{d^2\pi}{dx^2} \qquad (7a)$$

or

$$F(r) = \frac{2x}{r} \cdot \frac{d^2\Pi}{dx^2} \qquad (7b)$$

This equation has been tested for soil suspensions in the writer's laboratory but here the experimentally errors, namely the difficulty to keep constant temperature in the system, have not been overcome.

V) The variation in the weight of the particles accumulated at the bottom of the suspension as a function of $F(r)$

$$F(r) = -\frac{2\sigma}{\sigma - \sigma_1} \cdot \frac{1}{c_o} \cdot \frac{t^2}{rfx} \cdot \frac{d^2a}{dt^2} \qquad (8a)$$

or if we express a in fractions of the final deposit $a\infty$

$$A = \frac{a}{a\infty}$$

$$F(r) = -\frac{2t^2}{r} \cdot \frac{d^2A}{dt^2} \qquad (8b)$$

This was the first equation developed 1914 by Nils Zeilon and the writer which enabled the construction of the distribution-curves, though the principle is intrinsic in a paper by Th. Schloesing père (1903). The experimental methods applied to this equation are still the most accurate, since the variation in the measured quantity is several hundred times greater than the accuracy of the measurement. The instrumental arrangements have been improved by Svedberg and Rinde (1923) and B. A. Keen (1923) in collaboration with the writer and The Cambridge & Paul instrumental Co.

With regard to size-intervals within which the various instruments may be practically utilized the ODÉN-KEEN instrument is recommended in the interval from 20μ to 0,1μ while the WIEGNER instrument or the improved forms thereof are useful from 100μ to 5μ and the JENNINGS-GARDNER-method form 50μ to 0,5μ but the limits may be extended by use of fluids with varying viscosity and specific gravity and towards smaller size by introduction of centrifugal force (SVEDBERG) instead of gravity.

Dr. B. A. KEEN.

Rothamsted Experiment Stations, Angleterre.

UNE BALANCE AUTOMATIQUE PERFECTIONNÉE (BALANCE ODÉN-KEEN).

RÉSUMÉ.

La balance décrite dans cette communication a été préparée à Rothamsted par le personnel de la section de Physique et par le professeur ODÉN, d'après le modèle originel de la balance décrite par ODÉN (*Int. Mitt. Bodenk.* Vol. 6, 1915).

Avec ce modèle originel, le contrôle était effectué par la décharge automatique d'une petite boule d'acier d'un poids déterminé sur un des plateaux, au moment même où le poids, augmentant sur l'autre plateau, devenait égal au poids total des boules déjà présentes sur le premier plateau.

Le moment de décharge de chaque boule était automatiquement enregistré, de façon qu'il était possible d'obtenir l'enregistrement du poids en fonction du temps, en reproduisant ces valeurs graphiquement et en les réunissant par une courbe. Dans la forme actuelle de l'appareil, ce contrôle par boules métalliques est maintenu et un contrôle électromagnétique a été ajouté, de sorte que ce contrôle est maintenant bien près d'être continu.

Une description complète sera publiée dans les *Proc. Roy. Soc. London* 1924. L'appareil a été mis en vente par la CAMBRIDGE AND PAUL INSTRUMENT COMPANY 45, Grovesnor Place, London S. W. I.

Le principe de l'appareil peut être décrit à l'aide d'un diagramme simplifié, (Fig. 31) et résumé comme suit :

Le courant dans le solénoïde (S) est réglé de façon à maintenir la balance en équilibre par un mouvement automatique du glisseur (E) glissant sur les deux fils AB et CD. Par une légère augmentation du poids sur le plateau L, déterminant le déplacement du fléau de la balance, la dent de platine isolée P^2, fixée rigidement au fléau de la balance, fait contact avec une roue W en rotation. Celle-ci ferme un courant secondaire en dérivation (pas indiqué dans la figure) réglant un mouvement d'horlogerie qui fait que le contact E se déplace vers la droite. Ainsi le courant passe par S et la force de l'aimant est augmentée, jusqu'à ce que l'équilibre de la balance soit rétabli.

Avec l'augmentation du poids sur L, le glisseur E glisse sur les fils jusqu'à ce qu'il arrive dans la position X. À ce point, E détermine le contact de deux langues

métalliques et ferme ainsi un autre circuit secondaire (pas non plus indiqué dans la figure) dont la fonction est de placer sur le plateau de balance N une boule en bronze phosphoré, tombant d'un mécanisme spécial.

Le déplacement de la balance détermine le contact de la dent P_1 avec la roue W, et un courant secondaire et un mouvement d'horlogerie, pareils à ceux reliés à la dent P_2, fonctionnent de façon à ramener la contact E à sa position initiale Y. A ce point le cycle d'opération recommence.

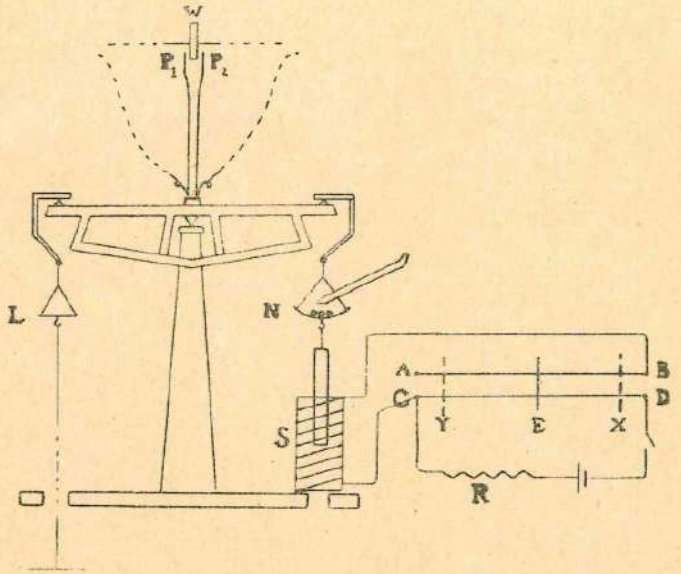

FIG. 31. — Balance automatique Odén-Keen.

La courbe de calibrage montre que le courant du solenoïde et le poids correspondant sont en rapport presque linéaire. Un autre avantage de l'appareil est que l'enregistrement de la force du courant n'est pas nécessaire, puisque la distance du glisseur E à son point zéro est presque directement proportionnelle au courant dans le solénoïde.

La position du contact peut donc être enregistrée par une plume sur un tambour rotatif.

L'enregistrement consiste en une série de courbes en escalier.

La sensibilité de l'appareil peut être modifiée à volonté en variant la résistance R, et en substituant une série appropriée de boules de bronze dans le mécanisme qui doit les faire tomber sur le plateau.

L'appareil a été employé avec succès non seulement pour l'analyse mécanique, mais aussi pour les études de la sédimentation en général, de la floculation, de l'évaporation, etc. etc.

Dr. B. A. KEEN, *Rothamsted (England)*. — **An improved self-recording automatic Balance (the Odén-Keen Balance).**

ABSTRACT

The balance described in this communication has been developed at Rothamsted by the Staff of the Physics Department, and Professor ODEN, from the original form of balance described by ODEN (*Int. Mitt. Bodenk.*, Vol. 6, 1915).

In this original form of self-recording balance control was effected by an automatic discharge of a small steel ball of known weight into a pan, at the instant that the increasing weight in the other pan became equal to the total weight of the balls already in the other pan. The time of discharge of each ball was automatically recorded, hence it was possible to obtain a record of weight as a function of time by plotting these values and drawing a smooth curve through them. In the present form of the apparatus this control by metal spheres is retained and electromagnetic control has been added to cover the period between successive additions of metal spheres with the result that the record is now much more nearly continuous than in the original model.

A full description of the instrument will be found in *Proc. Roy. Soc. London* (1924), and it has been placed on the market by the Cambridge and Paul Instrument Company, 45, Grosvenor Place, London, S. W. 1.

The principle of the instrument may be described with the aid of a simplified diagram, and is briefly as follows :—

The current in the solenoid (S) is adjusted to keep the balance in equilibrium by an automatic movement of the sliding contact E along the two wires A B and C D. When, following a slight increase of weight on the pan L, the balance beam is displaced, the insulated platinum prong P_2, forming part of an inverted pointer fixed rigidly to the balance beam, makes contact with a rotating wheel W. This completes a subsidiary relay circuit (not shown in figure) controlling a clockwork mechanism which moves the contact E to the right. Hence, the current through S, and therefore the force on the magnet, is increased until the balance is restored to the equilibrium position. As the weight on L increases the sliding contact E moves along the slide wire until it reaches a pre-arranged position X. At this point an insulated projection on E presses into contact two flexible metal tongues and thus closes another relay circuit (also not shown in figure) the function of which is to place on the scale pan N a phosphor bronze ball from the ball dropping mechanism. The consequent displacement of the balance results in contact of prong P_1 with the wheel W, and a relay circuit and clockwork similar to that connected with prong P_2 operates to bring the slider E back to its initial position Y, when the cycle of operations recommences.

The calibration curve shows that the solenoid current and the corresponding weight are nearly linearly related. A further advantage in the apparatus is that no recordingammeter is needed, as the distance of the sliding contact E from its zero position is nearly directly proportional to the current in the solenoid. The position of the slider is therefore recorded by a pen on a revolving drum. The record consists of a series of stepped-curves, and a very open scale is obtained.

The sensibility of the instrument can be changed at will by altering the resistance R, and substituting the appropriate set of phosphor bronze balls in the ball dropping mechanism.

The apparatus has been employed with success not only for mechanical analysis, but for studies of sedimentation in general, flocculation, evaporation, etc.

Prof. Dr. G. WIEGNER.

Agrikulturchemisches Laboratorium der Eidg. Techn. Hochschule, Zürich, Schweiz.

UEBER DEN EINFLUSS VERSCHIEDENER VORBEHANDLUNGSMETHODEN AUF DEN MIT HILFE DES SCHLAEMMAPPARATES VON WIEGNER-GESSNER ERMITTELTEN DISPERSITAETSGRAD VON BODENSUSPENSIONEN. [1]

Ein Beitrag zur Frage der Vorbereitung der Proben für die mechanische Analyse des Bodens. Nach Versuchen in Gemeinschaft mit R. GALLAY, Aeg. TSCHUDI *und* ROB. M. BARNETTE.

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG.

Ein trotz zahlreicher und gründlicher Untersuchungen auch heute noch ungelöstes Problem ist nach der Ansicht des Referenten die Frage, nach welcher Methode man Bodenproben für die Schlämmanalyse vorbereiten soll. Zweck der mechanischen oder der Schlämmanalyse ist, den Zerteilungsgrad oder die Dispersität eines Bodens in wässeriger Suspension zu ermitteln. Dieser Zerteilungsgrad ist, wie der Zerteilungsgrad einer jeden Suspension, sehr stark abhängig von der Gegenwart ganz kleiner Elektrolytmengen, die im Boden und im Schlämmwasser enthalten sind. Im Sedimentationsapparat von WIEGNER-GESSNER ist leicht der Nachweis zu erbringen, dass schon $\frac{1}{10000}$ bis $\frac{1}{100000}$ normale Elektrolytlösungen die Dispersion gewisser Bodenteilchen deutlich beeinflussen. (2) Die Beeinflussbarkeit ist verschieden stark, je nach der Grösse der Teilchen und nach ihrer chemischen Natur. Nach den im Agrikulturchemischen Laboratorium der Eidg. Technischen Hochschule ausgeführten Untersuchungen von R. GALLAY (3) sind in einem besondern Falle Fraktionen von 5 bis 25 μ Durchmesser besonders empfindlich. Die Tonteilchen ändern nach der Natur ihres adsorbierten Kations ihre Flockungswerte gegenüber einem bestimmten Elektrolyten. Lithium-, Natrium-, Ammonium-, Kalium-, Rubidium-, Caesiumtone sind in dieser Reihenfolge zunehmend empfindlich gegen Koagulation ; entsprechend steigt die Elektrolytempfindlichkeit in der Reihe der Magnesium-, Calcium-, Strontium-, Bariumtone bei den Tonen mit zweiwertigen Kationen. Die Empfindlichkeit hängt mit der sog. Jonenhydratation,

[1] Die Originalphotogramme und die Verteilungskurven waren zum Teil in der Pedologischen Ausstellung des Kongresses in Rom aufgelegt.

[2] Der Schlämmapparat ist beschrieben. 1. G. WIEGNER. Ueber eine neue Methode der Schlämmanalyse, *Landw. Vers. Stat.* 91, S. 41-70, 1918, 2. H. GESSNER, Der verbesserte Wiegner'sche Schlämmapparat, Mitt. aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene, 13. S. 238-243, 1922. 3. H. GESSNER, Eine Neuerung am Wiegner'schen Schlämmapparat zur automatischen Registrierung der Fallkurven. Comptes rend. de la Conférence extraordinaire Agropédologique à Prague S. 57-63. 4. R. GALLAY, Contributions a l'étude de la Coagulation de l'argile. Thèse de l'Ecole Polytechnique Zürich. Verlag: Librairie Payot et Co., Lausanne, 1924.

[3] R. GALLAY, Contribution a l'étude de la Coagulation de l'argile. Thèse de l'École Polytechnique, Zürich, 1924.

diese mit der Atomstruktur zusammen. (Siehe die Abhandlung des Referenten: Dispersität und Basenaustausch). Der Elektrolytgehalt des Dispersionsmittels neben der Natur der Kationen der äussern Jonenschalen des Tones bestimmt die Grösse des elektrischen Potentials der Doppelschicht des suspendierten Teilchens. Zwei Fälle sind nun zu unterscheiden:

a) Sinkt das Teilchenpotential *unter einen kritischen Wert* von bestimmter Grösse bei einem gewissen Elektrolytgehalt, so adhärieren Tonteilchen beim Zusammenstoss, der durch *Brown*'sche Bewegung bei kleinen, durch Sedimentationsbewegung bei grösseren Teilchen erzeugt wird, und die langsame Koagulation beginnt. Haben die Teilchen ein genügend kleines Potential *unter* der Grösse des kritischen Wertes, meist Null so ist jeder einzelne Teilchenzusammenstoss wirksam, und die Koagulation ist eine sog. rasche und vollständige.

b) Sind die einzelnen Teilchen *über das kritische Potential* aufgeladen, was bei elektrolytarmen Bodensuspensionen der Fall sein kann, dann sind die durch *Brown*'sche Bewegung oder durch Sedimentation erzeugten Zusammenstösse der Teilchen infolge elektrischer Abstossung so elastisch, dass keine gegenseitige Adhaesion und keine Koagulation erfolgt. Die Energie der elektrostatischen Abstossung übertrifft die des mechanischen Zusammenstosses. Die Suspension flockt *nicht* zusammen, die Einzelteilchen bleiben als solche erhalten.

Die bisher vorgeschlagenen Vorbereitungsmethoden ändern einerseits vor allem die Zahl der Zusammenstösse und den Adhaesionszustand der Teilchen durch vermehrte Bewegung (*physikalische* Vorbereitung durch Schütteln, Kochen, Reiben) oder sie ändern anderseits vor allem das Potential. (Zusatz von *Chemikalien* wie Ammoniak).

Die erste Gruppe von *physikalischen Beeinflussungen* muss verschieden wirken, je nachdem die Teilchen im Dispersionsmittel Wasser sich *über* oder *unter* das kritische Potential aufladen. Sind nur wenig Fremdelektrolyte zugegen, so laden sich die Teilchen über das kritische Potential auf, und die Zufuhr von kinetischer Energie, z. B. durch Kochen, wirkt aufteilend auf die Dispersion. Sind anderseits so viel Elektrolyte im Dispersionsmittel, dass die Teilchen ein kleineres Potential als das kritische haben, dann wirkt Vermehrung der Teilchenzusammenstösse durch Kochen etc. zusammenballend oder dispersitätsvermindernd auf die Suspension. Die gleiche Art der mechanischen Vorbereitung kann also infolge verschiedenen Elektrolytgehaltes und verschieden grossen Teilchenpotentiales zum entgegengesetzten Endeffekte führen. Kochen z. B. kann einerseits elektrolytarme Bodensuspensionen mit Teilchen *über* dem kritischen Potential dispergieren, es kann anderseits elektrolytreichere Suspensionen, die sich *unter* das kritische Potential aufladen, zusammenflocken oder koagulieren. Es gibt somit keine absolut wirksame Art der Vorbereitung, jede mechanische Vorbereitung ist im Endeffekt abhängig vom jeweiligen Elektrolytgehalt der Suspension.

2. Die Dispersität einer Bodensuspension, die durch Schütteln, Reiben oder Kochen vorbereitet wurde. (Versuche von Dr. R. Gallay).

Folgende Zahlen von R. Gallay (*Thèse de l'Ecole Polytechnique*, Zürich, 1924, S. 16 ff.) beweisen, dass der Elektrolytgehalt der Bodensuspension Einfluss auf den Effekt des *Schüttelns*, *Reibens* oder *Kochens* als Vorbereitungsmethode hat: Ein

Tonboden wurde jedesmal in der gleichen Probe folgenden Behandlungen unterworfen:

Methode I: 6 Stunden *Schütteln* in der Schüttelmaschine.

Methode II: *Reiben* während einer Stunde nach der Methode *Beam*.

Methode III: *Kochen*, 1 Stunde am Rückflusskühler.

Man benutzte stets die gleiche Bodenprobe, ein Vorteil, den nur die Apparate bieten, die die einzelnen Fraktionen nicht getrennt isolieren lassen, sondern lediglich registrieren. Man kann in diesen Apparaten jeden Versuch an der gleichen Probe beliebig oft wiederholen. Es wurde die totale Dispersität nach der Registriervorrichtung von H. Gessner [1] aufgenommen. Die Tabellen sind Auszüge aus den Dispersitätskurven.

Es wurde zunächst der Boden *ohne vorherige Auswaschung* untersucht. 80 g des Bodens wurden mit destilliertem Wasser nach Methode I geschüttelt, darauf wurden sie 1 Stunde nach Methode III am Rückflusskühler gekocht.

Aus den Dispersitätskurven ergibt sich:

Tabelle I.

(*Auszug aus den Dispersitätskurven*).

Tonboden nicht ausgewaschen, geschüttelt und gekocht.

Teilchendurchmesser	Methode I (6 Stunden geschüttelt)	Methode II (1 Stunde am Rückflusskühler gekocht)
Unter 0,02 mm.	47,0 %	42,1 %
0,05 bis 0,02 mm.	34,1 %	37,8 %
0,1 » 0,05 mm.	13,3 %	13,0 %
0,2 » 0,1 mm.	2,9 %	2,5 %
2 » 0,2 mm.	1,8 %	2,1 %

Das Kochen hat hier vergröbernd auf die feinsten Teile gewirkt. Das Kochen steigert die Lebhaftigkeit der Brown'schen Bewegung, vermehrt die Zahl der Zusammenstösse, die teilweise zur gegenseitigen Agglomeration führen; die Menge der kleinsten Teilchen wird dadurch vermindert, was der Versuch bestätigt: *Kochen koagulierte die Suspension.*

Anders fällt die Wirkung beim Kochen aus, wenn der Boden, so weit als möglich, von Elektrolyten befreit ist. Dann haben die Teilchen ein Potential, das grösser als das kritische ist. Die vermehrte Beweglichkeit durch Kochen führt zur mechanischen Dispergierung, das Potential wird überdies durch Hydrolyse der Tone erhöht. Der Versuch mit einer ausgewaschenen Probe des gleichen Bodens bestätigt auch dieses Resultat.

Eine Probe desselben Bodens, der vorher beim Kochen koagulierte, wurde mehrere Tage durch eine Pukallkerze mit destilliertem Wasser ausgewaschen. Das Auswaschen geschah hier und bei allen übrigen Auswaschprozessen so, dass die Pukallkerze in die Bodensuspension eingetaucht wurde, das Dispersionsmittel wurde durch Druckerniedrigung innerhalb der Kerze von der Aussenseite in die Kerze hineingezogen und abgesaugt. Der hier ausgewaschene Boden wurde zuerst nach Methode I

[1] H. Gessner, Eine Neuerung am Wiegner'schen Schlämmapparat zur automatischen Registrierung der Fallkurven, *Comptes rendus de la Conférence extraordinaire Agropédologique à Prague*, S. 57-63, 1922.

6 Stunden lang in der Schüttelmaschine geschüttelt, dann wurde dieselbe Probe, aus der der grösste Teil des Wassers verdunstet wurde, durch Reiben nach Methode II behandelt, schliesslich wurde die Probe eine Stunde lang am Rückflusskühler nach Methode III gekocht. Nach jeder Behandlung wurde photographisch die Fallkurve aufgenommen. Aus den Dispersitätskurven ergab sich:

TABELLE II.

(*Auszug aus den Dispersitätskurven*).

Tonboden, wie in Tabelle I, ausgewaschen, dann nacheinander in derselben Probe geschüttelt, gerieben und gekocht.

Teilchendurchmesser	Methode I. Geschüttelt	Methode I u. II. Geschüttelt, dann gerieben.	Methode I u. II u. III. Geschüttelt, gerieben, gekocht.
Unter 0,02 mm.	49,0 %	53,7 %	54,9 %
0,05 bis 0,02 mm.	33,6 %	31,1 %	29,3 %
0,1 » 0,05 mm.	11,5 %	8,9 %	8,8 %
0,2 » 0,1 mm.	3,0 %	3,3 %	3,5 %
2 » 0,2 mm.	2,4 %	2,8 %	3,0 %

Der Vergleich der feinsten Fraktion bis 0,02 mm zeigt, dass die gleiche Probe weiter dispergiert wurde, und dass sie die höchste Aufteilung durch Kochen erhielt.

Nach der Tabelle II könnte man vielleicht vermuten, dass das Kochen deshalb die höchste Prozentzahl für die feinen Teilchen aufweist (rechte Vertikalspalte der Tabelle), weil sich einfach die Wirkung der drei Verfahren summiert. Dass diese Vermutung falsch ist, zeigen die beiden nächsten Versuchsreihen.

Eine andere Probe des gleichen *ausgewaschenen* Tonbodens wurde so behandelt, dass sie zuerst eine Stunde am Rückflusskühler nach Methode III gekocht wurde, dann wurde sie nach der Reibmethode II behandelt und zuletzt wurde sie 6 Stunden lang nach Methode I geschüttelt. Die Reihenfolge der Behandlung war also umgekehrt. Nach jeder Behandlung wurde die Fallkurve photographisch aufgenommen. Wenn das *Kochen* am wirksamsten war, musste es jetzt gleich im Anfang die stärkste Wirkung entfalten, die Nachbehandlungen durch Reiben und Schütteln durften die Dispersität nicht mehr stark steigern. Das ist der Fall, wie die Tabelle III zeigt:

TABELLE III.

(*Auszug aus den Dispersitätskurven*).

Tonboden, wie in der Tabelle II, ausgewaschen, dann nacheinander in derselben Probe gerieben, geschüttelt und gekocht.

Teilchendurchmesser	Methode III. Gekocht.	Methode III u. II. Gekocht, dann gerieben	Methode III u. II u. I. Gekocht, gerieben, geschüttelt.
Unter 0,02 mm.	54,1 %	53,8 %	54,3 %
0,05 bis 0,02 mm.	30,4 %	30,4 %	30,8 %
0,1 » 0,05 mm.	8,7 %	9,0 %	8,5 %
0,2 » 0,1 mm.	2,8 %	3,1 %	3,1 %
2 » 0,2 mm.	3,5 %	3,4 %	3,7 %

Das Kochen ergab sofort eine so energische Dispergierung des *ausgewaschenen*, also elektrolytarmen Bodens, dessen Partikel über das kritische Potential hinaus aufgeladen waren, dass die andern Behandlungen nicht weiter aufteilend wirken konnten.

Es wurde endlich eine dritte Probe des *ausgewaschenen*, also elektrolytarmen Bodens zuerst nach *Beam* gerieben (Methode II), dann wurde die gleiche Probe 6 Stunden geschüttelt (Methode I), schliesslich wurde sie 1 Stunde am Rückflusskühler gekocht (Methode III). Jetzt musste erst bei der letzten Behandlung das Maximum der Dispergierung auftreten, was auch beobachtet wurde.

TABELLE IV.

(*Auszug aus den Dispersitätskurven*).

Tonboden, wie in den Tabellen II und III, ausgewaschen, dann nacheinander in derselben Probe gerieben, geschüttelt und gekocht.

Teilchendurchmesser	Methode II. Gerieben	Methode II u. I. Gerieben, dann geschüttelt.	Methode II u. I u. III. Gerieben, geschüttelt gekocht.
Unter 0,02 mm.	53,1 %	53,0 %	56,1 %
0,05 bis 0,02 mm.	31,2 %	32,0 %	29,3 %
0,1 » 0,05 mm.	9,3 %	9,5 %	9,2 %
0,2 » 0,1 mm.	3,5 %	3,1 %	2,9 %
2 » 0,2 mm.	2,2 %	2,4 %	2,7 %

Nach diesen Versuchen war also bei nicht ausgewaschenen, elektrolytreicheren Böden mit Teilchen, deren Potential *unter* dem kritischen war, das Schütteln als Vorbereitung wirksamer als das Kochen (vergl. Tabelle I), bei ausgewaschenen, elektrolytarmen Böden dagegen, deren Teilchenpotential grösser als das kritische war, blieben Reiben und Schütteln, hinter der dispergierenden Wirkung des Kochens zurück (vergl. Tabellen. II, III und IV). *Die Wirkung einer Vorbereitungsmethode ist also stark abhängig vom Elektrolytgehalt des Bodens und der Lösung, der Endeffekt kann bei derselben Methode ein entgegengesetzter sein, je nachdem die Bodenteilchen über oder unter dem kritischen Potential aufgeladen sind.*

3. DIE DISPERSITÄT EINER BODENSUSPENSION, DIE DURCH AUSFRIEREN VORBEREITET WURDE (VERSUCHE VON DR. AEGIDIUS TSCHUDI).

Eine andere physikalische Beeinflussungsmethode, die die Dispersität einer Suspension ändert, ist das *Ausfrieren*. Man wendet sie zwar nicht als Vorbereitungsmethode für die Schlämmanalyse an; das Ausfrieren hat aber praktische Bedeutung für die Beurteilung einer Frostwirkung im Ackerboden, ferner ist die Wirkung des Ausfrierens von theoretischem Interesse. Es war von vorneherein anzunehmen, dass das Ausfrieren wie eine Elektrolytanreicherung, also koagulierend, wirken würde, vorausgesetzt, dass genügend Elektrolyte vorhanden sind. Beim Gefrierem friert das reine Wasser aus, die Mutterlauge reichert sich an Salzen an. Das Aus-

frieren sollte also in elektrolythaltigen Böden flockend wirken. Sind dagegen die Elektrolyte durch Auswaschen sorgfältig entfernt, so sollte das Ausfrieren wirkungslos bleiben, weil keine Ursache für die Koagulation gegeben ist, und weil die Teilchen im elektrolytarmen Dispersionsmittel sich über das kritische Potential aufladen.

Die Versuche, die Dr. Aeg. TSCHUDI im Agrikulturchemischen Laboratorium der Eidg. Techn. Hochschule anstellte, bestätigten diese Voraussage.

Der Versuchsplan war folgender: Eine Bodenprobe (100 g Boden), die *nicht ausgewaschen* war, wurde mit 600 cm Wasser ½ Stunde lang zur Vorbereitung gekocht, sie wurde dann direkt im Schlämmapparat von WIEGNER mit der Regiestriereinrichtung von H. GESSNER untersucht (Methode I). Darauf liess man die *gleiche Probe ausfrieren* und mass die Dispersität wieder. (Methode II). Die gleiche Probe wurde dann 8 Tage durch eine Pukallkerze mit destilliertem Wasser *ausgewaschen*, ½ Stunde gekocht und die Dispersität aufgenommen (Methode III). Schliesslich liess man sie wieder ausfrieren. (Methode IV). Endlich wurde Calciumchlorid bis zur Normalität 1/1000 - normal zum ausgewaschenen Boden zugesetzt und die Dispersitätskurve aufgenommen (Methode V); zuletzt wurde diese salzhaltig gemachte Probe ausfrieren gelassen, und die Dispersität wurde registriert (Methode VI).

Der Vergleich der nach den Methoden I und II erhaltenen Zahlen sollte die Wirkung des Gefrierens auf einen *nicht ausgewaschenen* Boden, der Vergleich der Zahlen nach den Methoden III und IV die Wirkung des Frostes auf den gleichen, aber *ausgewaschenen*, elektrolytarmen Boden, der Vergleich der Zahlen nach den Methoden V und VI endlich die Wirkung des Gefrierens auf den gleichen *Boden von einem bestimmten Salzgehalt* (n/1000 Ca Cl_2) liefern.

TABELLE V.

Einfluss des Gefrierens auf einen nicht ausgewaschenen Boden.

(*Auszug aus den Dispersitätskurven*).

Lösslehm, nicht ausgewaschen, Gönhard bei Aarau, (100 g mit 600 ccm Wasser gekocht). Dispersität direkt und nach dem Gefrieren bestimmt.

Teilchendurchmesser	Methode I. Direkt untersucht.	Methode II. Nach dem Ausfrieren untersucht.
Unter 0,02 mm.	40,0 %	27,5 %
0,05 bis 0,02 mm.	40,0 %	50,0 %
0,1 » 0,05 mm.	13,0 %	15,0 %
0,2 » 0,1 mm.	5,0 %	4,5 %
2 » 0,2 mm.	1,3 %	2,0 %

Der Versuch zeigt, *dass das Gefrieren des nicht ausgewaschenen Bodens vergröbernd auf die feineren Teile wirkte.*

TABELLE VI.

Einfluss des Gefrierens auf einen ausgewaschenen Boden.

(*Auszug aus den Dispersitätskurven*)

Dieselbe Probe Lösslehm, wie in Tabelle V, 8 Tage mit destilliertem Wasser *ausgewaschen*, Dispersität nach ½ Stunde Kochen direkt und nach Ausfrieren bestimmt.

Teilchendurchmesser	Methode III. Nach dem Auswaschen untersucht.	Methode IV. Nach dem Auswaschen und Gefrieren untersucht.
Unter 0,2 mm.	50,0 %	50,0 %
0,05 bis 0,02 mm.	30,4 %	30,4 %
0,1 » 0,05 mm.	13,0 %	13,0 %
0,2 » 0,1 mm.	5,0 %	5,0 %
2 » 0,2 mm.	1,3 %	1,3 %

Die beiden Dispersitätskurven der gleichen Probe decken sich vor und nach dem Gefrieren des ausgewaschenen Bodens vollständig. *Das Gefrieren hatte also auf den ausgewaschenen, elektrolytarmen Boden tatsächlich keinen dispersitätsändernden Einfluss, wie zu erwarten war.*

TABELLE VII.

Einfluss des Gefrierens auf salzhaltigen Boden.

(*Auszug aus den Dispersitätskurven*).

Lösslehm, 8 Tage ausgewaschen, dann gekocht, wurde mit $CaCl_2$ bis zu 1/1000 Normalität versetzt und gemessen, die Dispersität wurde nach dem Gefrieren erneut bestimmt.

Teilchendurchmesser	Methode V. Ausgewaschener Boden, in n/1000 $CaCl_2$	Methode VI. Ausgewaschener Boden, in n/1000 $CaCl_2$, gefroren.
Unter 0,02 mm.	30,5 %	0,0 %
0,05 bis 0,02 mm.	57,3 %	71,0 %
0,1 » 0,05 mm.	10,8 %	22,0 %
0,2 » 0,1 mm.	1,9 %	6,1 %
2 » 0,2 mm.	0,0 %	1,2 %

Durch Zusatz von $CaCl_2$ ist der Boden in der Dispersität vergröbert worden (vergl. die linken Vertikalspalten in den Tabellen VI und VII, also Methode III mit Methode V). Durch $CaCl_2$-Zusatz gehen die feineren Teilchen um ca 20 % zurück. *Das Gefrieren bei Gegenwart von kleinen Mengen von Kalksalzen wirkte so stark dispersitätsvergröbernd, dass Teilchen unter 0,02 mm Durchmesser in der gefrorenen, kalkhaltigen Bodensuspension überhaupt nicht mehr vorhanden waren.* Auch ein ½-stündiges Kochen des ausgefrorenen Bodens stellte die ursprüngliche Dispersität

nicht wieder her, wie besondere Versuche ergaben. In der praktischen Landwirtschaft schreibt man dem Frost eine günstige, dispersitätsvergröbernde Wirkung auf den Boden in fester Lagerung zu. Die Untersuchungen in den Suspensionen zeigen, dass die Gegenwart von Elektrolyten eine der Vorbedingungen für den günstigen Endeffekt ist.

Aus den bisherigen Untersuchungen folgt, dass die mechanischen und physikalischen Vorbereitungsmethoden ganz verschieden auf eine Bodensuspension wirken, je nach dem Elektrolytgehalt der Böden, der mit dem Grade ihrer Auswaschung zusammenhängt. Es wurde bewiesen, dass z. B. das Kochen in ausgewaschenen, elektrolytarmen Böden dispergierend, dagegen in nicht ausgewaschenen, elektrolytreichen Böden koagulierend wirkt, was mit Überschreiten oder Unterschreiten des kritischen Potentials der Teilchen zusammenhängt. Gefrieren, um ein anderes Beispiel herauszugreifen, wirkt koagulierend auf nicht ausgewaschene, elektrolytreichere Suspensionen, es hat dagegen keine nachweisbare Wirkung auf elektrolytarme Bodenzerteilungen.

Es ist schwierig, einen bestimmten Endpunkt für die Auswaschung mit destilliertem Wasser festzulegen. Je weiter man auswäscht, um so weiter hydrolysiert man die feinsten, tonigen Anteile der Suspension. Man tauscht H-Jonen anstelle von Alkali-und Erdalkalikationen in den Ton hinein, womit veränderte Quellung und Imbibition zusammenhängen, die die Teilchengrösse ihrerseits beeinflussen Es gibt allerdings einen Punkt, wo für die Tonteilchen beim Auswaschen das kritische Potential überschritten wird. Man sollte ihn, falls man nicht grobe Sekundäraggregate messen will, überschreiten ; aber auch jenseits dieses Punktes wirkt das Auswaschen fortschreitend dispersitätsändernd. Die hier begonnenen Untersuchungen müssen weiter fortgesetzt werden.

4. Die Dispersität einer karbonat- und humusfreien Bodensuspension. (Boden No. 1458 von Dr. Hissink) und einer karbonat-und humushaltigen Boden suspension (Boden No. 1459 von Dr. Hissink (Versuche von Dr. Rob. M. Barnette).

A. Der Versuchsplan.

Um auch die Wirkung *chemischer Zusätze*, z. B. von Ammoniak, die die Erhöhung des Potentials und weitergehende Dispergierung bezwecken, zu untersuchen, haben wir Disperistätsmessungen an den von Herrn Direktor Dr. Hissink - Groningen zur Verfügung gestellten karbonat - und humusfreien Bodenproben (bezeichnet mit No. 1458) und karbonat- und humushaltigen Proben (bezeichnet mit No. 1459 angestellt. Die karbonathaltige Probe enthielt nach dem Bericht von Dr. V. Nowák, Brünn, 7,6 bis 9,3 % $CaCO_3$ (Bericht der I. Kommission, Rom). Die Untersuchung dieser Proben hat Herr Dr. Robert M. Barnette, U. S. A., im Agrikulturchemischen Laboratorium der Eidg. Techn. Hochschule Zürich ausgeführt. Wie stellten uns den folgenden Untersuchungsplan auf :

Die *karbonatarme und humusfreie Bodenprobe A No.* 1458 sollte in gleicher Probe zuerst so, wie sie war, nach Kochen mit Wasser untersucht werden, dann sollte sie gründlich ausgewaschen und schliesslich zur Dispergierung mit Ammoniak von steigenden Mengen versetzt werden.

Die *karbonatreiche und humushaltige Bodenprobe A No.* 1459 sollte nach Kochen mit Wasser untersucht werden. Dann sollte sie gründlich ausgewaschen werden, um dem Effekt des Herauslösens von $CaCO_3$ durch Wasser zu untersuchen.

Eine *andere Probe B des kalkreichen Bodens No.* 1459 sollte nach Kochen zuerst untersucht und darauf mit steigenden Mengen Ammoniak zur Dispergierung gebracht werden.

Schliesslich sollte eine *dritte Probe C des kalkreichen Bodens No.* 1459 mit einer dem Calciumcarbonat äquivalenten Menge verdünnter Salzsäure in der Kälte versetzt, dann gründlich ausgewaschen und schliesslich mit steigenden Mengen Ammoniak dispergiert werden. Jede Operation sollte durch Aufnahme der Dispersitätskurve kontrolliert werden.

Die Vorbereitung der Proben war also folgende :

Karbonatfreier holländischer Boden No. 1458.

1. *Bodenprobe A des karbonatfreien holländischen Bodens No.* 1458.

a) Bodenprobe A wurde in einer Menge von 100 g mit 200 ccm Wasser ¼ Stunde lang gekocht, nach dem Abkühlen mit Wasser aufgefüllt und direkt im Wiegner'schen Schlämmapparat mit Gessners Registriervorrichtung untersucht. (Methode I).

b) Dieselbe Bodenprobe A wurde 3 Wochen lang durch eine Pukallkerze hindurch mit destilliertem Wasser ausgewaschen (Methode II).

c) Dieselbe Bodenprobe A, die 3 Wochen ausgewaschen war, wurde mit Ammoniak bis zum Gehalt von 0,1 normal versetzt (Methode III).

d) Dieselbe Bodenprobe A, die 2 Wochen ausgewaschen war, wurde mit Ammoniak bis zum Gehalt von 0,5 normal versetzt (Methode IV).

Karbonathaltiger holländischer Boden No. 1459.

1. *Bodenprobe A des karbonathaltigen holländischen Bodens No.* 1459.

a) Bodenprobe A des karbonathaltigen Bodens wurde in einer Menge von 100 g mit 200 ccm Wasser ¼ Stunde lang gekocht, nach dem Abkühlen mit Wasser aufgefüllt und direkt untersucht (Methode I).

b) Dieselbe Bodenprobe A wurde 3 Wochen lang mit destilliertem Wasser durch eine Pukallkerze hindurch ausgewaschen (Methode II). Die Kalkreaktion war noch positiv.

2. *Bodenprobe B des karbonathaltigen holländischen Bodens No.* 1459.

a) Bodenprobe B des karbonathaltigen Bodens wurde in einer Menge von 100 g mit 200 ccm Wasser ¼ Stunde lang gekocht, nach dem Abkühlen mit Wasser aufgefüllt und direkt untersucht (Methode I).

b) Dieselbe Bodenprobe B, nicht ausgewaschen, wurde mit Ammoniak bis zum Endgehalt 0,01 normal versetzt (Methode V).

c) Dieselbe Bodenprobe, nicht ausgewaschen, wurde im Ammoniakgehalt auf 0,1 normal erhöht (Methode VI).

d) Dieselbe Bodenprobe, nicht ausgewaschen, wurde im Ammoniakgehalt auf 0,5 normal erhöht (Methode VII).

3) *Bodenprobe C des karbonathaltigen holländischen Bodens No.* 1459.

a) 100 g der Bodenprobe C des karbonathaltigen Bodens wurden mit verdünnter Salzsäure, die der Calciumcarbonatmenge annähernd äquivalent war, behandelt. Die Probe wurde dann 3 Wochen durch eine Pukallkerze ausgewaschen. Die Kalkreaktion war noch positiv. (Methode VIII).

b) Dieselbe Bodenprobe C wurde mit Ammoniak bis zum Gehalt 0,1 normal versetzt (Methode IX).

c) Dieselbe Bodenprobe C wurde im Ammoniakgehalt auf 0,5 normal erhöht (Methode X).

B) *Die Dispersität einer karbonatfreien Bodensuspension, die durch Auswaschen und durch Ammoniakzusatz zum ausgewaschenen Boden vorbereitet wurde.*

1.) *Bodenprobe A. des karbonatfreien holländischen Bodens No.* 1458.

Die folgende Tabelle gibt einen Auszug aus den Verteilungskurven der gekochten, der ausgewaschenen und der mit Ammoniak versetzten Bodensuspension.

TABELLE VIII.

(*Auszug aus den Dispersitätskurven*).

Einfluss des Auswaschens und des Ammoniakzusatzes auf gekochten karbonatfreien holländischen Boden No. 1458 (*Probe A*).

Teilchendurchmesser	Methode I. Bodenprobe A, gekocht.	Methode II. Dieselbe Probe, 3 Wochen ausgewaschen.	Methode III. Dieselbe Probe, ausgewaschen, in 0,1 normal Ammoniak.	Methode IV. Dieselbe Probe, ausgewaschen, in 0,5 norm Ammoniak.
Unter 0,004 mm. . .	42,89 %	69,70 %	61,42 %	59,46 %
0,006 bis 0,004 mm. . .	17,40 %	5,15 %	14,28 %	15,75 %
0,008 » 0,006 mm. . .	7,53 %	2,73 %	2,28 %	2,53 %
0,010 » 0,008 mm. . .	3,24 %	3,03 %	2,00 %	2,85 %
0,012 » 0,010 mm. . .	2,85 %	1,82 %	5,14 %	2,57 %
0,014 » 0,012 mm. . .	4,67 %	3,03 %		2,85 %
0,016 » 0,014 mm. . .	2,86 %		4,28 %	1,43 %
0,018 » 0,016 mm. . .	2,59 %	1,21 %	2,57 %	2,57 %
0,020 » 0,018 mm. . .		0,60 %		2,28 %
0,030 » 0,020 mm. . .	5,79 %	9,04 %	2,86 %	3,14 %
0,040 » 0,030 mm. . .	6,25 %	1,05 %	2,86 %	3,14 %
0,050 » 0,040 mm. . .	1,25 %	1,05 %	2,31 %	1,43 %
Ueber 0,050 mm. . .	2,50 %	1,59 %	—	—

Aus den Zahlen der zweiten und dritten Vertikalspalte geht hervor, dass die Entfernung von Elektrolyten aus dem Boden stark dispergierend gewirkt hat. Interessanter Weise hat der Zusatz von Ammoniak die feinen Teilchen des *ausgewasche-*

nen Bodens vergröbert (Anteile unter 0,004 mm sind nach den Methoden III und IV kleiner als nach der Methode II), während Ammoniak aufteilend wirkte, wenn man den Zerteilungszustand des nicht ausgewaschenen Bodens als Vergleichsgrundlage wählt (Anteile unter 0,004 mm sind nach den Methoden III und IV grösser als nach der Methode I). Auch hier haben wir wieder das Resultat, dass der Einfluss einer Vorbereitungsmethode, in diesem Falle des Ammoniakzusatzes, verschieden ausfällt, je nach dem Elektrolytgehalt der Probe. Ammoniak dispergierte, solange die Teilchen unter dem kritischen Potential waren.

C) *Die Dispersität einer karbonathaltigen Bodensuspension, die durch Auswaschen, dann durch direkten Ammoniakzusatz zum nicht ausgewaschenen Boden und schliesslich durch Salzsäurezusatz mit nachfolgender Ammoniakbehandlung vorbereitet wurde.*

Die folgende Tabelle IX stellt den Effekt dar, den das dreiwöchentliche Auswaschen auf die Dispersität eines karbonathaltigen Bodens ausübt. Der *Karbonat*gehalt betrug 9,3 %.

TABELLE IX.

(*Auszug aus den Dispersitätskurven*).

Einfluss des Auswaschens (3 *Wochen durch Pukallkerze*) *auf den gekochten* karbonathaltigen *holländischen Boden No.* 1459.

Teilchendurchmesser	Methode I. Bodenprobe A, gekocht.	Methode II. Dieselbe Probe, 3 Wochen ausgewaschen.
Unter 0,004 mm. . .	17,86 %	43,17 %
0,006 bis 0,004 mm. . .	2,38 %	4,14 %
0,008 » 0,006 mm. . .	14,28 %	
0,010 » 0,008 mm. . .	1,90 %	2,00 %
0,012 » 0,010 mm. . .	2,38 %	2,19 %
0,014 » 0,012 mm. . .	2,86 %	2,44 %
0,016 » 0,014 mm. . .	2,38 %	2,00 %
0,018 » 0,016 mm. . .	1,90 %	1,71 %
0,020 » 0,018 mm. . .	3,57 %	0,20 %
0,030 » 0,020 mm. . .	7,35 %	14,10 %
0,040 » 0,030 mm. . .	6,50 %	4,39 %
0,050 » 0,040 mm. . .	2,73 %	2,19 %
0,060 » 0,050 mm. . .	3,66 %	2,44 %
0,070 » 0,060 mm. . .	2,20 %	1,14 %
0,080 » 0,070 mm. . .	1,70 %	1,30 %
0,100 » 0,080 mm. . .	2,44 %	1,46 %
0,140 » 0,100 mm. . .	2,20 %	1,71 %
0,200 » 0,140 mm. . .	2,20 %	2,19 %
2,000 » 0,200 mm. . .	19,51 %	11,46 %

Das Auswaschen dieses karbonathaltigen Bodens wirkt stark dispergierend, wie die Prozentzahlen der feinen Fraktionen erweisen.

2) *Bodenprobe B des karbonathaltigen holländischen Bodens No.* 1459.

Die Bodenprobe B des karbonathaltigen Bodens wurde in Wasser gekocht, dann mit Ammoniak bis zum Gehalt von 0,01 normal, 0,1 normal und 0,5 normal versetzt. Das Resultat ist in Tabelle X aufgeführt:

TABELLE X.

(*Auszug aus den Dispersitätskurven*).

Einfluss des Zusatzes steigender Mengen von Ammoniak auf den gekochten, karbonathaltigen, nicht ausgewaschenen holländischen Boden No. 1459 (*Probe B*).

Teilchendurchmesser	Methode I. Boden B gekocht	Methode V. Dieselbe Probe in 0,01 norm. Ammoniak.	Methode VI. Dieselbe Probe in 0,1 norm. Ammoniak.	Methode VII. Dieselbe Probe in 0,5 norm. Ammoniak.
Unter 0,004 mm. . .		21,42 %	26,92 %	9,76 %
0,006 bis 0,004 mm. . .		3,33 %	5,71 %	27,50 %
0,008 » 0,006 mm. . .		4,76 %	3,57 %	3,50 %
0,010 » 0,008 mm. . .		2,14 %	2,38 %	3,00 %
0,012 » 0,010 mm. . .	33,33 %	2,86 %	2,38 %	3,00 %
0,014 » 0,012 mm. . .		2,38 %	2,14 %	1,75 %
0,016 » 0,014 mm. . .		2,14 %	2,62 %	3,50 %
0,018 » 0,016 mm. . .		2,14 %	2,62 %	2,50 %
0,020 » 0,018 mm. . .		2,38 %	2,14 %	1,38 %
0,030 » 0,020 mm. . .	18,33 %	6,19 %	5,17 %	6,10 %
0,040 » 0,030 mm. . .	5,47 %	4,66 %	5,20 %	5,13 %
0,050 » 0,040 mm. . .	4,47 %	5,36 %	4,02 %	3,86 %
0,060 » 0,050 mm. . .	2,90 %	6,58 %	4,76 %	3,57 %
0,070 » 0,060 mm. . .	3,09 %	1,95 %	2,14 %	2,14 %
0,080 » 0,070 mm. . .	2,38 %	2,44 %	2,38 %	2,38 %
0,100 » 0,080 mm. . .	2,38 %	2,19 %	3,57 %	2,62 %
0,140 » 0,100 mm. . .	2,38 %	2,44 %	2,38 %	2,38 %
0,200 » 0,140 mm. . .	2,14 %	2,92 %	2,86 %	2,38 %
2,000 » 0,200 mm. . .	22,60 %	21,46 %	16,66 %	13,81 %

Der Zusatz von 0,01 *norm. und* 0,1 *norm. Ammoniak hat auf den karbonathaltigen, nicht ausgewaschenen Boden deutlich dispergierend gewirkt*, bei Zusatz von 0,5-normal Ammoniak geht, ähnlich wie beim karbonatfreien Boden, die Dispersität der feinsten Anteile gegenüber 0,1 normal zurück. *Das lange fortgesetzte Auswaschen des karbonathaltigen Bodens scheint aber wirkungsvoller gewesen zu sein als der Ammoniakzusatz* (vergl. Tabelle IX, Methode II mit Tabelle X, Methode VI und VII). Dass das blosse einviertelstündige Kochen bei einem stark kalkhaltigen Boden nicht genügt, eine gleichmässige, einheitlich reproduzierbare Dispersität herzustellen, das zeigt der Vergleich der nach der gleichen Methode I behandelten Probe A (Tabelle IX) mit Probe B (Tabelle X). Die Probe A ist feiner zerteilt als die Probe B. Beide Proben werden beim Kochen koaguliert. Eine solche Koagulation ist stark

abhängig von einer ganzen Anzahl von Faktoren, die konstant zu halten, äusserst schwierig ist. *Ein Vorteil der Apparatur nach Wiegner ist es gerade, dass man beim Studium der Veränderungen einer Probe unabhängig ist vom Anfangszustand*, da man immer die gleiche Probe, die man gemessen hat, in ihren Veränderungen untersucht. Bei stets erneuten Probenahmen, selbst von der gleichen Bodenart, sind feinere Unterschiede überhaupt nicht zu fassen.

3.) *Bodenprobe C des karbonathaltigen holländischen Bodens No.* 1459.

Die Bodenprobe C wurde mit verdünnter Salzsäure in ganz geringem Unterschusse, also in annähernd dem $CaCO_3$-Gehalt äquivalenter Menge, von $CaCO_3$ befreit. Die gelösten Substanzen wurden durch 3-wöchentliches Auswaschen durch eine Pukallkerze möglichst entfernt. Es wurde dann die Dispersität aufgenommen und eine weitere Dispergierung mit 0,1-normalem und 0,5-normalem Ammoniak versucht. Das Resultat ist folgendes, wobei die Prozentzahlen sich auf den karbonatfreien Boden beziehen:

TABELLE XI.

(*Auszug aus den Dispersitätskurven*).

Bodenprobe C des karbonathaltigen holländischen Bodens No. 1459, *mit verdünnter Salzsäure zur Zerstörung der Karbonate behandelt, ausgewaschen und weiter mit* 0,1- *und* 0,5-*norm. Ammoniak versetzt.*

Teilchendurchmesser	Methode VIII. Probe C, mit HCl behandelt und ausgewaschen	Methode IX. Dieselbe Probe in 0,1-norm. Ammoniak.	Methode X. Dieselbe Probe in 0,5-norm. Ammoniak.
Unter 0,004 mm. . .	34,28 %	47,57 %	46,66 %
0,006 bis 0,004 mm. . .	15,71 %	10,81 %	16,00 %
0,008 » 0,006 mm. . .	5,72 %	3,24 %	7,00 %
0,010 » 0,008 mm. . .	2,28 %	5,00 %	2,73 %
0,012 » 0,010 mm. . .	2,86 %	2,16 %	2,00 %
0,014 » 0,012 mm. . .	2,28 %	3,24 %	2,12 %
0,016 » 0,014 mm. . .	2,00 %		2,42 %
0,018 » 0,016 mm. . .	2,28 %	6,00 %	2,73 %
0,020 » 0,018 mm. . .	2,30 %		2,93 %
0,030 » 0,020 mm. . .	5,21 %	3,86 %	4,32 %
0,040 » 0,030 mm. . .	2,71 %	6,73 %	3,02 %
0,050 » 0,040 mm. . .	4,73 %	2,24 %	6,24 %
0,060 » 0,050 mm. . .	2,00 %	2,22 %	1,60 %
0,070 » 0,060 mm. . .		1,40 %	—
0,080 » 0,070 mm. . .	1,32 %	—	—
0,100 » 0,080 mm. . .		—	—
0,140 » 0,100 mm. . .	2,00 %	—	—
0,200 » 0,140 mm. . .	2,10 %	—	—
2,000 » 0,200 mm. . .	10,00 %	4,17 %	—

Die Zahlen zeigen, dass die Behandlung mit verdünnter Salzsäure und Auswaschen der Elektrolyte eine etwas feinere Zerteilung bewirkten als die direkte Behandlung mit Ammoniak (vergl. Tabelle XI, Methode VIII mit Tabelle X, Methode V, VI, VII).

Das direkte Auswaschen der karbonathaltigen Probe mit destilliertem Wasser wirkte noch etwas kräftiger als die Säurebehandlung allein (vergl. Tabelle XI, Methode VIII mit Tabelle IX, Methode II). Die folgende Behandlung der mit Säure ausgezogenen Probe schon mit 0,1- norm. Ammoniak zerteilte den Boden weiter und zwar so stark, wie es bei keiner andern Methode zu erreichen war.

5. Die Resultate der Untersuchung.

Die Resultate der Untersuchung sind zusammengefasst die folgenden:

1) Die Wirkung der Vorbereitung einer Bodensuspension für die Dispersitätsbestimmung durch *Schütteln*, *Reiben* oder *Kochen* ist verschieden je nach dem Elektrolytgehalt der Suspension. Das Kochen der Bodenprobe wirkt, verglichen mit den beiden anderen Verfahren, stärker dispergierend, wenn die Bodensuspension gründlich ausgewaschen ist und nur einen ganz geringen Gehalt an Elektrolyten hat, wobei die Teilchen über das kritische elektrische Potential aufgeladen sind. Bei einem bestimmten Elektrolytgehalt dagegen, wie er in nicht besonders ausgewaschenen Bodensuspensionen meist vorhanden ist, wirkt das Kochen stärker koagulierend als die andern Verfahren.

2) Das *Ausfrieren* von Bodensuspensionen wirkt vergröbernd auf die Zerteilung, wenn Elektrolyte zugegen sind, was bei nicht ausgewaschenen Böden der Fall ist. Werden die Bodensuspensionen gründlich mit destilliertem Wasser ausgewaschen, so hat das Ausfrieren keinen nachweisbaren Einfluss auf die Dispersität der Suspension. Die Frostwirkung ist also auch verschieden je nach dem Elektrolytgehalt des Bodens, was praktisch bemerkenswert ist.

3) Der Zusatz von Ammoniak wirkt bis zu einer optimalen Konzentration aufteilend auf nicht besonders ausgewaschene karbonatfreie und karbonathaltige Bodensuspensionen. Das Auswaschen der Elektrolyte mit destilliertem Wasser wirkte in den beiden untersuchten Fällen stärker dispergierend als der direkte Ammoniakzusatz zu den nicht besonders ausgewaschenen Bodenproben.

Kalkhaltige und humushaltige Proben gaben bei der Vorbereitung durch nur ¼ stündiges Kochen ungleichmässige, bei verschiedenen Probenahmen schlecht reproduzierbare Resultate; Ammoniak teilte diese Proben weiter auf. Am wirksamsten zur Erhöhung der Dispersität karbonathaltiger Suspensionen erwies sich die Lösung der Karbonate in der Kälte mit verdünnter Salzsäure, nachheriges gründliches Auswaschen durch eine Pukallkerze und schiesslicher Zusatz von etwa 0,1 normaler Ammoniaklösung.

4. Der Schlämmapparat von G. Wiegner mit der photographischen Registriervorrichtung von H. Gessner erwies sich bei diesen Versuchen als gut brauchbar zum Studium feiner Dispersitätsänderungen an ein und derselben Bodenprobe.

Die Versuche werden fortgesetzt. Meinen Mitarbeitern, den Herren Dr. R. Gallay, Dr. Aegidius Tschudi und Dr. Rob. M. Barnette sei auch an dieser Stelle für ihre geschickte Mitwirkung freundlich gedankt.

Zürich, Mai 1924.

Agrikulturchemisches Laboratorium der Eidg. Techn. Hochschule.

Prof. Dr. I. Wiegner (en collaboration avec R. Gallay, *Acg.* Tschudi et R. M. Barnette), *Zürich (Suisse)*. — **Influence des diverses méthodes de préparation sur le degré de dispersion des suspensions des sols, determiné au moyen de l'appareil de sédimentation de Wiegner-Gessner.**

Résumé.

Les résultats des AA. peuvent se résumer comme suit:

1) L'influence de la préparation d'une suspension de terrain pour en déterminer le degré de dispersion est différente suivant le contenu en électrolytes de la suspension elle-même. L'ébullition de l'échantillon, en comparaison avec la trituration et l'agitation augmente la dispersion, si la suspension est soigneusement soumise à des lavages répétés et possède un faible contenu en électrolytes. Dans le cas d'un contenu électrolytique déterminé, ainsi qu'il advient en général quand les suspensions ne sont pas soigneusement lavées, c'est l'ébullition qui a une influence coagulante supérieure à celle de la préparation par agitation ou par trituration.

2) La congélation des suspensions des sols diminue la dispersion, lorsque il y a des électrolytes, ce qui n'est pas le cas quand les échantillons ne sont pas soumis à des lavages, tandis que si on les lave soigneusement par de l'eau distillée, la congélation n'exerce aucune influence sensible sur le degré de dispersion. L'influence de la congélation est même différente suivant le contenu du sol en électrolytes.

3) L'addition d'ammoniaque augmente la dispersion, jusqu'à l'optimum de concentration lorsqu'il s'agit de suspensions non lavées, qu'elles contiennent ou non des carbonates. Si on élimine les électrolytes par de l'eau distillée on augmente la dispersion dans tous les deux cas.

Les échantillons calcaires et humifères, soumis à l'ébullition pendant seulement un quart d'heure donnent des résultats non uniformes. L'addition d'ammoniaque augmente leur dispersion. Mais l'augmentation la plus sensible de la dispersion des suspensions contenant des carbonates est obtenue en dissolvant les carbonates à froid par de l'acide chlorhydrique dilué, les éliminant par un lavage très soigneux et en ajoutant enfin 0,1—0,5 d'une solution normale d'ammoniaque.

4) L'appareil à sédimentation de G. Wiegner, avec le dispositif photographique enregistreur de H. Gessner, se prête très bien pour l'étude des changements de dispersion.

Prof. Dr. J. Wiegner (in co-operation with R. Gallay, Aeg. Tschudi and Rob. M. Barnette) Zürich (Switzerland). — **Influence of Different Preparatory Methods on the Degree of Dispersion of Soil Suspensions, determined by means of the Wiegner-Gessner Sedimentation Apparatus.**

Abstract.

The results obtained by the authors may be summarized as follows:—

(1) The influence of the method of preparation of soil suspensions for the determination of the degree of dispersion varies according to the content of electrolytes in the suspension. Boiling of soil samples, as compared with trituration or agitation, increases dispersion, if the soil suspension has been thoroughly washed

and contains only a small amount of Electrolytes. In the case of a larger amount of Electrolytes, such as is contained in soil suspensions which have not been carefully washed however, the boiling method has a greater coagulating effect than the other treatments.

(2) Freezing of soil suspensions diminishes the dispersion, if the soil has not been well washed and contains electrolytes. If, however, the suspension has been thoroughly washed with distilled water, no perceptible influence of freezing on the dispersion of suspensions can be noticed. The influence of freezing varies therefore with the electrolytic content of the soil.

(3) The addition of ammonia increases dispersion, up to an optimum concentration when it is a question of unwashed suspensions, which contain, or do not contain, carbonates.

The removal of electrolytes by distilled water increased dispersion in both of the cases investigated, more than the ammonia method, when applied to unwashed soil samples.

Soil samples containing lime or humus, when prepared by boiling for a quarter of an hour, did not give uniform results, and the lack of uniformity was more marked on the addition of ammonia.

The solution of carbonates by a weak solution of hydrochloric acid, thoroughly washing out by means of a candle filter and the addition finally of 0.1 to 0.5 normal solution of ammonia, increased most the dispersion of carbonate containing suspensions.

(4) The sedimentation apparatus of G. WIEGNER together with the photographic recorder of H. GESSNER, have been very useful in these experiments for the study of small dispersion changes in one and the same soil sample.

The author's investigations are being continued.

Dr. T. MIECZYNSKI.

Landw. Staatsinstitut, Abteilung für Bodenkunde, Pulawy, Polen.

ÜBER EINE METHODE DER MECHANISCHEN BODENANALYSE UND DER BODENDISPERSION.

Die vorliegende Arbeit stellt den vierten Teil unserer methodischen Untersuchungen auf dem Gebiete der mechanischen Bodenanalyse dar. In den vorigen drei Arbeiten glauben wir bewiesen zu haben, dass: 1) Bei der 8-stündigen Sedimentation die Occlusionserscheinungen auftreten; diese Occlusionserscheinungen können bei der Anwesenheit grösserer Mengen von Schluffteilchen die Dauer des Abtrennens $< 0{,}002$ mm Teilchen fast auf das doppelte verlängern 2) Dass man bei der Vorbereitung des Bodens zur mechanischen Bodenanalyse mit einem umkehrbaren Prozesse zu tun hat: dem Prozesse des Voneinanderlösens der Teilchen tritt

TAFEL III.
TAVOLA III.

PLANCHE III.
PLATE III.

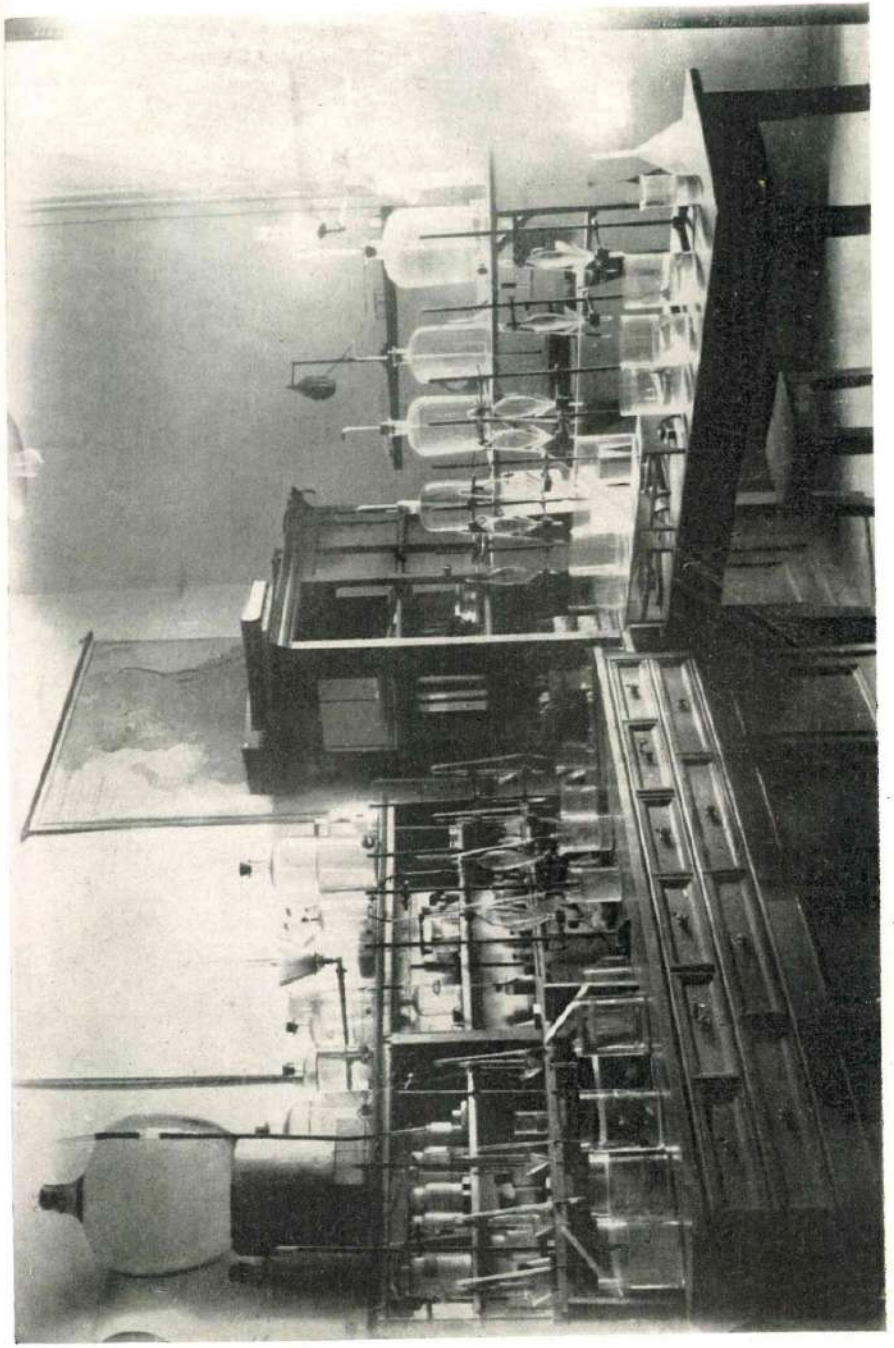

FIG. 32. — Pedologisches Laboratorium des Landwirtschaftlichen Staatsinstituts in Pulawy, Polen.

immer ein solcher der Verklebung entgegen. Will man das sich jedesmal einstellende Gleichgewicht zerstören, so muss man die abgelösten Teilchen weggiessen und das Präparieren wiederholen. 3) Dass es bei der Vorbereitung der Bodenproben zur mech. Analyse überhaupt keine «Normal-Methoden» (im Sinne SVEN ODÉNS) geben kann. Da die Aggregation der Bodenteilchen in verschiedenen Böden auf recht verschiedenen Wegen zu stande kommt, so muss man auch bei der Desaggregation (Präparieren) nach verschiedenen Mitteln greifen. Die besten Resultate liefert die Vorbereitung der Bodenprobe mit Hilfe zweier Desaggregatoren von verschiedener Stärke: das Kochen des Bodens im Wasser während 10-Minuten, dem man 3-5 Tropfen 10-prozentiger Sodalösung zugegeben hat, das Abgiessen der abgelösten Teilchen und das zweite Kochen während 10-Minuten in reinem Wasser. Das dritte Kochen in reinem Wasser gibt bei grosser Mehrzahl sogar sehr schwerer Böden keinen merklichen Effekt mehr. In dieser Weise ist man im Stande jeden Boden in einen bestimmten, vergleichbaren Zustand der Desaggregation zu bringen. 4) Dass die Abschlämmgeschwindigkeit (im Sinne NOVÁK und KOPECKY) der Sedimentationsgeschwindigkeit nicht gleichgesetzt werden kann. Der aufsteigende Wasserstrom hat ja, indem er die Bodenteilchen nach oben versetzt, nicht nur den Reibungswiderstand zu überwinden, sondern er muss noch der Differenz der Dichte zwischen Boden- und Wasserteilchen Gleichgewicht halten. Da diese Differenz (2,7- 1,0) 1,7 ist, so muss, damit die lebendige Kraft der aufsteigenden Wasserteilchen mindestens der lebendigen Kraft der fallenden Bodenteilchen gleich wäre, die Abschlämmgeschwindigkeit entsprechend grösser gesetzt werden.

Nachdem die obigen Fragen beantwortet wurden, haben wir nach einer Methode gesucht, die eine raschere und genauere Bestimmung der Kornsortimmente zuliesse, als es bis jetzt der Fall war. Zuerst haben wir uns die Frage gestellt, ob man wirklich zur mechanischen Analyse grosse Bodenmengen anwenden muss. In der Literatur finden wir Angaben von SSABANIN [1], der für die mechanische Analyse blos 2-4 g Boden anwendet und dabei gute Resultate bekommt. Neuerdingst äusserte sich auch HISSINK gegen Anwedung grösserer Bodenmengen; dieser Forscher fand auf Grund von Parallelbestimmungen, dass Ausgangsmengen von 30 g grössere Schwankungen ergeben, als solche von 10 g. HISSINKS Auffassung schliesst sich auch KÖTTGEN [2] an, doch andere Forscher z. B. WIEGNER [3] betonen auch in der letzten Zeit, dass man bei der mech. Analyse wegen der Ungleichheit der Bodenprobe von möglichst grosser Bodenmenge ausgehen muss (120 g).

Von älteren Forschern ist auch WILIAMS [4] zu erwähnen, der bei weniger als 30 g Boden schon unvergleichbare Resultate erhalten hatte. Um diese wichtige methodische Frage endgültig zu beantworten, haben wir mehrere parallele Bestimmungen mit verschiedenen Mengen von recht verschiedenen Böden ausgeführt:

[1] SSABANIN Poczwowiedienje (russisch), 1903.
[2] KÖTTGEN *Int. Mitt. f. Bodenk.*, 1917.
[3] WIEGNER *Landw. Versuchsst.* 1918.
[4] WILIAMS Mech. analiz poczw (russisch.) Moskau 1894.

TAB. 1.

Boden	g.	kl. 0,002 mm.	0,002-0,02 mm.	0,02-0,2 mm.	0,2-0,6 mm.
Löss	50	13,20	20,2	65,8	0,8
	10	12,75	20,34	66,2	0,71
	2	13,15	20,0	66,15	0,7
Geschiebe	50	28,41	16,27	27,28	28,04
Ton	10	28,35	16,16	26,50	28,99
	2	28,56	16,20	27,06	28,18
Lehmiger	50	4,37	7,32	43,64	44,67
Sand	10	4,25	7,02	43,50	45,23
	2	4,25	7,45	43,35	44,95
Tertiärer	50	50,04	37,21	12,60	0,15
Ton	10	50,95	36,70	12,25	0,1
	2	50,88	36,45	12,57	0,1

Wie es aus obiger Tab. zu ersehen ist, bekommt man für die mech. Zusammensetzung ganz gut stimmende Zahlen sogar dann, wenn man nur 2 g Boden zur Analyse verwendet. Dabei muss man aber folgenden Bedingungen gerecht werden: 1) Der Boden soll durch ein Sieb von mindestens 0.6 mm D. durchgesiebt werden; 2) Die verschiedenen Bedenmengen sollen in gleichen Desaggregationszustand gebracht werden (die grösseren Bodenmengen müssen mehrmals gekocht werden, während für kleinere Mengen 2-3 maliges Kochen vollständig genügt). 3) Das Abschlämmen soll in einem Medium von gleicher Dichte geschehen (man soll also grössere Bodenmengen in entsprechend grösseren Gefässen schlämmen). Für die kleinen Bodenmengen haben wir nun einen Schlämmapparat eingerichtet (Fig. 33) der mechanisch in aufsteigendem Wasserstrome auch die kleinen Bodenteilchen (0.002 mm.) abzutrennen imstande ist.

Der Apparat besteht aus drei Teilen: 1) Schlämmgefäss, 2) Abfluss 3) Zufluss. Das Schlämmgefäss stellt einen gewöhnlichen Trichter von 150-200 ccm Inhalt mit verstopfter Oeffnung dar. Dieser Trichter wird in ein genug breites Metallrohr hineingesetzt, so dass man ihn, wenn nötig in rotierende Bewegung versetzen kann. Der Abfluss besteht aus einem Heber von besonderer Form, auf dem ein Ausflussröhrchen mittels Kautschuverbindung aufgesetzt wird. Der Zufluss stellt eine Flasche mit Mariotteschem Ventil und streng reguliertem Ausfluss.

Den Apparat haben wir so eingestellt, dass er alle Kornsortimente kleiner als 0,02 mm D. nach ATTERB. Skala und alle grösser als 0,02 mm nach der Schöneschen Skala liefert. Für die gröberen Kornsortimente haben wir die Schönesche Skala (7 mm-sec und 2 mm-sec) aus folgenden Gründen beibehalten: 1) Die Sedimentationsmethode liefert für die Absetzzeit von 50 sec. ungenaue Resultate. 2) Nach der SCHÖNEschen Skala wurden schon sehr viele mechanische Analysen polnischer Böden ausgeführt und gerade für Kornsortimente, die der Geschwindigkeit grösser als 2 mm-sec. entsprechen, weichen beide Skalas sehr stark voneinandrer ab. Bei dem Einstellen des Apparates auf ATTERB. Skala wurde das spez. Gew. des Bodens in Augenschein genommen. Es wurde für Kornsortimente 0.02-0.006 mm gleich 2,64 und für Kornsort. kleiner als 0.006 mm 2.7 gesetzt. Die entsprechenden Abschlämmgeschwindigkeiten wurden einfach aus der Gleichung für lebendige Kraft berechnet [1].

[1] T. MIECZYNSKI Mémoires de l'Institut National Polonais d'Économie rurale à Pulawy, 1923.

Der beschriebene Apparat wurde nun in folgender Weise kontrolliert: 1) Es wurden vier parallele Bestimmungen in einem und demselben Apparate ausgeführt. 2) Der gleiche Boden wurde in vier verschiedenen Apparaten analysiert.

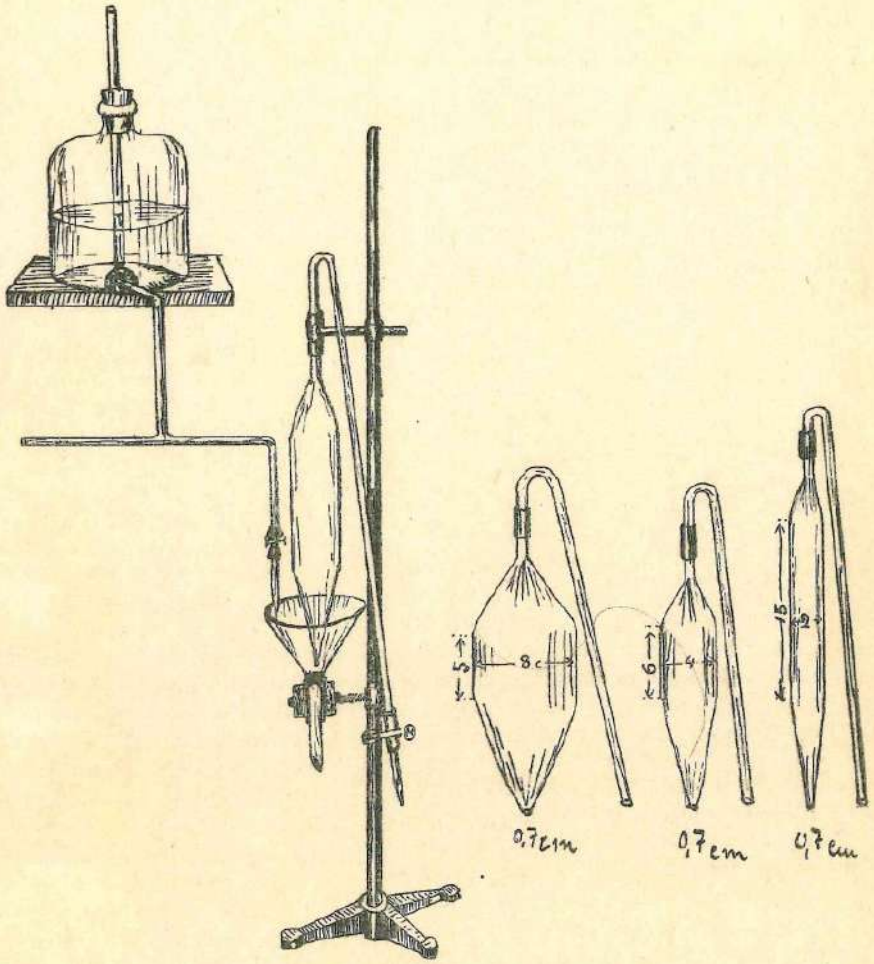

FIG. 33. — Heber-Apparat zur Mechanischen Analyse.

3) Es wurden parallele Bestimmungen für verschiedene Böden mit unserem Apparate und mit dem alten SCHÖNEschen ausgeführt. 4) Es wurden parallele Bestimmungen mit ATTERBERGschem Apparate ausgeführt. Die erhaltenen Zahlen sind in Tab. 2-4 zusammengestellt:

TAB. 2.

In einem Apparate:	1	2	3	4	Mittel
	58,1%	58,05	58,14	57,98	58,07
In verschiedenen Apparaten.	58,1	58,3	57,97	58,0	58,08

TAB. 3.

		0,5-0, Imm.	0,1-0,05	0,05-0,01	kl. 0,01 Imm
Loess	Schöne	0,56	8,40	57,70	33,34
	Heber-Apparat	0,54	8,60	58,25	32,61
Grober Sand	Schöne	82,58	2,92	9,38	5,12
	Heber-Apparat	82,56	3,05	9,16	5,23
Gr. lehmig. Sand	Schöne	81,54	4,98	6,36	7,12
	Heber-Apparat	81,14	5,06	6,45	7,35
See Tonmergel	Schöne	8,02	5,16	39,96	46,85
	Heber-Apparat	7,91	5,08	42,75	44,36

TAB. 4.

		0,6-0,2	0,2-0,06	0,06-0,02	0,02-0,002	kl. 0,002
Loess	Atterb.	0,3	8,4	57,8	18,6	14,90
	Heb. Ap.	0,3	8,6	57,95	19,25	14,20
Tertiaerer Ton	Atterb.	—	0,50	4,88	26,95	67,67
	Heb. Ap.	—	0,45	4,86	27,7	67,19
		0,6-0,06 mm.				
Str. Rendzina Boden	Atterb.	19,31		9,25	41,37	30,07
	Heb. Ap.	19,44		9,10	41,46	30,0
Mit. str. rendzina boden	Atterb.	29,46		17,87	29,82	23,05
	Heb. Ap.	29,52		17,83	30,26	22,39
Fluviogl. lehm	Atterb.	15,81		48,87	22,74	12,58
	Heb. Ap.	15,77		48,91	22,63	12,69

Aus obigen Tabellen sieht man, dass unser Apparat für parallele Bestimmungen fast die gleichen Zahlen liefert. Auch stimmen ziemlich gut die von ihm gelieferten Zahlen, mit denjenigen mit den SCHÖNEschen und ATTERBERGschen Apparaten rhaltenen überein.

Das Kalibrieren des Apparates erfolgt in gleicher Weise, wie das Kalibrieren der Pfeife von SCHÖNE, nur dass bei unserem Apparate die Ausflussmenge mit mathematischer Genauigkeit der berechneten entsprechen muss. Da bei der Bestimmung der kleineren als 0,0015 mm. Teilchen die Ausflussmenge sehr klein ist, so erfordert das genaue Einstellen des Apparates einige Übung. Am besten ist es den Ausfluss der Mariotteschen Flasche so gross zu machen, dass er eine Menge, die nur nahe der berechneten kommt, liefert; die genaue Einstellung bewirkt man, indem man den hydrostatischen Druck entsprechend reguliert. Es ist zu beachten, dass bei der Bestimmung der Teilchen kleiner als 0,002 mm D. der hydrostatische Druck so schwach wie nur möglich zu nehmen ist. Bei der Ausführung der Analyse kommen die Heber von drei Dimensionen zur Anwendung. Bei der Bestimmung der Teilchen von 0,006-0,0015 und kleiner bedient man sich eines Hebers, dessen zylindrischer Teil einen Durchmesser von 6-8 cm hat; für die Bestimmung der Teilchen von 0,02-0,006 mm-eines Hebers von 4 cm D. und der Teilchen grösser als 0,02 mm-eines von 2 cm D.

Die Analyse wird in unserem Apparate folgendermassen ausgeführt: 2 g Boden werden in einem kleinem Porzellanbecher zerrieben, darauf wird 50 cm dest. Wassers und 3-4 Tropfen von 10 % Sodalösung zugegeben; der Becher wird mit einem Uhrglase bedeckt, auf dem Drahtnetze gestellt und der Inhalt 10 Minuten lang gekocht. Nach dem Erkalten bringt man den Boden in den Schlämmtrichter hinein, wäscht das Becherglas tüchtig aus und setzt den Heber (gefüllt mit Wasser) von 8cm ein. Durch leises Andrücken des Quetschhahnes bewirkt man das Steigen der trüben Flüssigkeit in den Heber. Wenn in dem Schlämmtrichter nur wenig Flüssigkeit geblieben ist, wäscht man angeklebte Bodenpartikelchen ab, setzt den Ausfluss auf und öffnet beide Quetschhähne. Der Apparat ist so gebaut, dass er sich von selbst reguliert. Da wenn z. B. der Ausfluss grösser als der Zufluss ist, so vermindert sich die Höhe der Wassersäule in dem Schlämmtrichter gleichzeitig vermindert sich auch der hydrostatische Druck, bis endlich das Gleichgewicht zwischen Ausfluss und Zufluss eintritt.

Bei den tönigen Böden ist es erforderlich nach etwa 12-18 Stunden das Schlämmen zu unterbrechen und den Inhalt des Hebers samt dem Boden, der in dem Schlämmtrichter geblieben ist, in ein geräumiges Becherglas umzuspülen. Den Heber wird dabei tüchtig mit Wasser durchgespült und von angeklebten Bodenteilchen befreit. Das Becherglas wird auf das Drahtnetz gestellt und (ohne Zugeben von Sodalösung) 10 Minuten lang gekocht. Nach dem Erkalten wird die überstehende Flüssigkeit entsprechend der Höhe der Wassersäule nach 3-4 Stunden abgehebert, der Boden in den Schlämmtrichter hineingetan und von neuem geschlämmt. Das Abtrennen der Bodenteilchen, die kleiner als 0,0015 mm D. sind, dauert bei unserer Methode ungefähr 140 Studen, das Abtrennen der nächstfolgenden Fraktion 0,002-0,0015 mm 24-64 Studen. Das Abtrennen ist beendet, wenn die Flüssigkeit in dem cylindrischen Teile des Hebers vollständig klar erscheint. Man könnte dann entsprechend grössere Ausflüsse aufsetzen, um das Abtrennen der folgenden Fraktion zu bewirken, doch bei den tonigen Böden ist es besser den Heber dann noch einmal zu entleeren, gut auszuwaschen und nach der berechneten Zeit die überstehende Flüssigkeit abzuhebern. Auf diese Weise entfernt man diejenigen Bodenteilchen, die, an die Wände des Hebers angeklebt, nicht weggeschlämmt werden konnten. Das Abtrennen der Fraktion 0,006-0,002 mm dauert 3-6 Studen. Nachdem alle Teilchen kleiner als 0,006 mm weggeschlämmt sind, wird der Schlämmtrichter unter eine andere Mariottesche Flasche gestellt und die Teilchen von 0,02-0,06 mm werden nun mit einem Heber von 4 cm D. geschlämmt. Es ist zu beachten, dass beim Schlämmen der Fraktionen 0,006-0,0015 mm nicht die ganze Bodenmenge in den Heber hineingetan werden darf. Der Heber soll vertikal aufgehängt werden und nicht den Boden des Trichters berühren. Das Hineinkommen der kleineren Teilchen in den Trichter bewirkt man durch Mischen der Flüssigkeit in dem Schlämmtrichter. Beim Mischen bedient man sich des Hebers, der leicht beweglich ist; dabei versetzt man auch den Trichter in rotierende Bewegung. Beim Schlämmen der Teilchen grösser als 0,006 mm kann man ohne weiteres die ganze zu schlämmende Bodenmenge in den Heber überführen. Wenn man den Quetschhahn schliesst, und den Heber um ein weniges höher stellt, so fällt aus ihm der Boden in den Trichter heraus. Da in dem konischen Teile des Hebers eine Ausflockung der Bodenteilchen stattfinden kann. so empfählt es sich

auch beim Schlämmen der gröberen Teilchen als 0,02 mm., den Boden 2-3 mal mit Hilfe des Hebers durchzumischen.

Zusammenfassend können wir sagen :

Die beschriebene Methode ermöglicht die Bestimmung der kleinen Bodenteilchen auf mechanischem Wege in einer Zeit, die 8-10 mal kürzer ist, als bei der Sedimentationsmethode.

Sie liefert sehr genuae Resultate und eignet sich trotzdem als eine Schnellmethode gut zur Massenarbeit.

Die bei der Analyse verbrauchten Wassermengen sind verhältnissmässig klein. Der Apparat ist sehr einfach, billig und kann sogar in jedem Laboratorium ohne Hilfe des Glasbläsers verfertigt werden.

II.

Die mechanische Analyse hat in der letzten Zeit eine grosse Bedeutung für die Untersuchungen über Bodengenesis gewonnen, doch wird sie ihren rechten Platz unter den Bodenuntersuchungen erst dann annehmen können, wenn sie, wie Sven Odén schon hervorgehoben hat, im Stande sein wird die Aufstellung einer Verteilungskurve zu ermöglichen, « in der als Abscisse eine Grösse, die in einer gewissen mathematischen Beziehung zum Teilchendurchmesser steht, als Ordinate eine Grösse, aus der sich das Gewicht oder die Zahl der entsprechenden Teilchen berechnen lässt, abgetragen ist ».

Da die von Sven Odén [1] beschriebene Methode der Erhaltung der Fallkurven umständlich ist und der Apparat von Wiegner nur für die Bestimmung der Fallage von groben Teilchen (0,01-0,05 mm.) sich eignet, so glauben wir, dass das Beschreiben einer von uns ausgearbeiteten Methode der Aufstellung der Bodenfallage hier recht am Platze sein wird. Sven Odén hat beim Wägen der sich im Wasser absetzenden Bodenteilchen auf fast unüberwindliche experimentelle Schwierigkeiten gestossen ; um diese Schwierigkeiten zu umgehen, haben wir nun versucht, ob es nicht leichter wäre, diejenigen Bodenteilchen zu wägen, die in der gegebenen Zeit in der Flüssigkeit noch schweben. Dieser Versuch hat zur Ausarbeitung einer Methode der Bestimmung der Bodenfallage geführt.

Das Prinzip unserer Methode ist folgendes : jeder Körper in Wasser eingetaucht verliert an seinem Gewicht so viel, wie viel das von ihm verdrängte Wasser wiegt : wenn aber in dem Wasser Bodenteilchen aufgeschlämmt sind, so muss der Gewichtverlust entsprechend grösser werden. Wenn z. B. das Volumen des verdrängten Wassers Q g beträgt und in diesem Wasser sich schwebende Wasserteilchen von dem Gewichte P g befinden, so muss der Gewichtsverlust des in ein solches Wasser eingetauchten Körpers (R) betragen :

$$R = Q + P\left(1 - \frac{1}{2,7}\right)$$

Da Q und R sich leicht bestimmen lassen, so kann aus der obigen Gleichung auch (P) berechnet werden und wenn man die Bestimmung von R in gewissen Zeitintervallen ausführt, so kann man immer die Werte für die funktionelle Gleichung

[1] Sven Odén. *Int. Mitteil. f. Bodenk.* 1915.

$P = f(t)$ auffinden. Die Apparatur, die die Bestimmung von R ermöglicht, ist in Fig. 34 zu sehen. Den wichtigsten Teil des Apparates bildet der Taucher, der auf einem mit Platinschwarz bedeckten Platindraht (der Draht muss schwach ausgeglüht werden) aufgehängt ist. Der Taucher hat eine Länge von 9,5 cm und ist dermassen mit Quecksilber gefüllt, dass sein Gewicht im Wasser 2-10 g beträgt. Sein Volumen kann nach dem Inhalte des Schlämmgefässes variieren ; doch sollte das Verhältnis der Volumina ungefähr 1 : 3 sein. Das Kalibrieren des Apparates wird folgendermassen ausgeführt: 1) Der Taucher wird in der Luft gewogen. 2) Es wird sein Gewicht im Wasser von t° C bestimmt. 3) Es wird sein Volumen bestimmt. 4) Es wird dann sein Gewicht auf den luftleeren Raum reduziert. 5) Es wird das Volumen der Wassersäule von 10 cm Höhe in dem Schlämmgefäss bestimmt. 6) Es wird eine Korrekturentafel für die Temperaturschwankungen von 12-22° C für Intervalle von je 0,1° C zusammengestellt. Dabei wird der Ausdehnungskoefizient des Glases als gleich 0,000026 gesetzt. 7) Es wird das spezifische Gewicht des zu untersuchenden Bodens bestimmt ; für die Massenarbeit kann man es rund 2,7 nehmen.

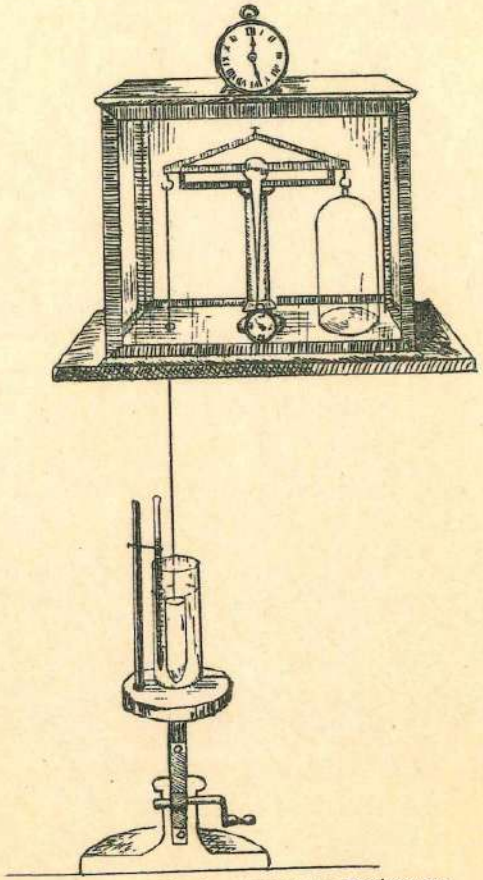

Fig. 34. — Taucher-Apparat zur Bestimmung der Bodendispersion.

Die Ausführung der Fallanalyse mit Hilfe des beschriebenen Apparates ist ganz einfach : man nimmt 2 g von möglichst gut präpariertem Boden, schlämmt es in einer Wassersäule von 10 cm Höhe auf und setzt gleichzeitig den Secundenmesser in Gang. Nun wird das Schlämmgefäss auf einen Tisch mit beweglichem Blatte gestellt und der letzte so weit gehoben, dass der Taucher sich nur um 1-2 mm unter dem Wasserspiegel befindet. Da das Einsetzen des Tauchers immer einige Secunden dauert, so ist während dieser Zeit der oberste Teil der Wassersäule von der gröberen Bodenteilchen befreit, so dass das Absetzen derselben auf dem Taucher nicht zu befürchten ist. Gleichzeitig mit dem Einsetzen des Tauchers legt man auf die rechte Schale der analytischen Wage ein kleines Übergewicht auf, so dass der Zeiger der

Wage von dem Nullpunkt nach links schlägt. Nach einer gewissen Zeit, wenn ein Teil der Bodenteilchen sich zu Boden setzt, nähert sich der Zeiger wieder dem Nullpunkt an. Wenn er gerade auf Null stehen kommt, registriet man die Zeit, nach der das Gleichgewicht eingetreten ist, und setzt auf die rechte Schale wieder ein Übergewicht ; nach dem sich alle Teilchen kleiner als 0,006 mm abgesetzt haben, werden die

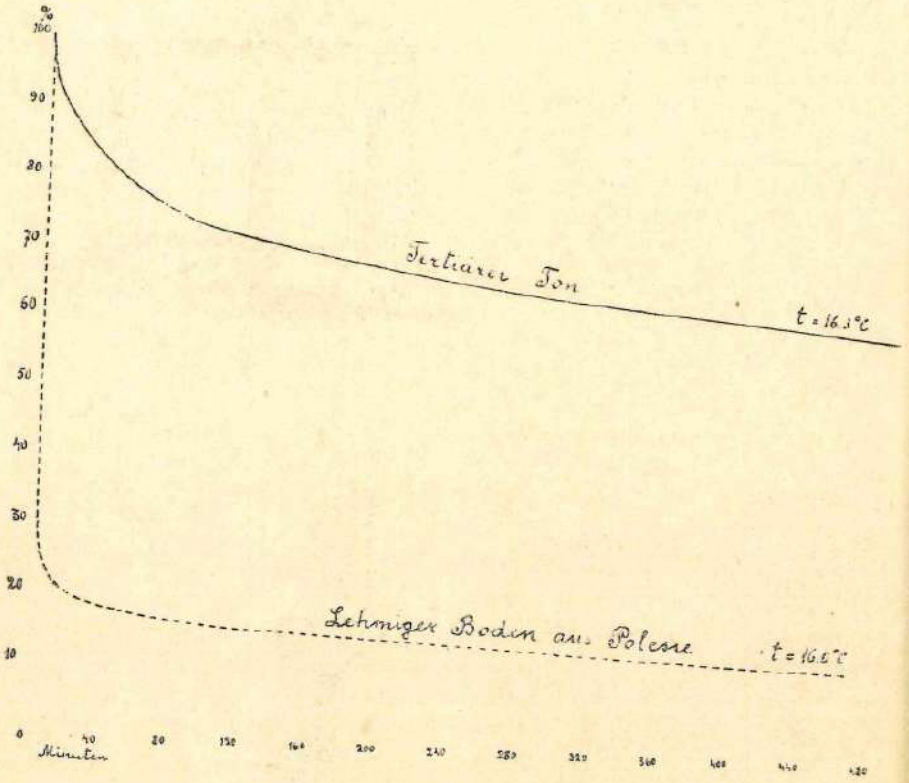

FIG. 35. — Fallkurve von tertiärem Ton und Lehmboden aus Polesie.

Zeitintervalle, nach denen sich Gleichgewicht einstellt, sogar für ganz kleine Übergewichte, so gross, dass man den Schlämmzylinder von der Wage wegnehmen kann, um eine andere Analyse ausführen zu können, und ihn erst nach einer gewissen Zeit wieder an die Wage setzen, um einen weiteren Punkt der Fallkurve zu bestimmen. Bei jeder Bestimmung von (R) muss immer die Temperatur mit Genauigkeit bis auf 0,1° C abgelesen werden.

Im Text findet man die Fallkurven von Löss = Ton = Lehm = und Sandboden mittels der Tauchermethode reproduziert (Fig 35, 36, 37, 38). Diese

Methode lässt sich aber nicht nur zum Reproduzieren der Fallkurven anwenden, sondern auch zur direkten Bestimmung der Bodenteilchen, und zwar je kleiner diese sind, desto genauer kann man sie bestimmen. Zwecks Prüfung der Genauigkeit der beschriebenen Methode wurde nun folgender Versuch ausgeführt : Es wurden 150 ccm trüber Flüssigkeit (Schlämmwasser nach 8-stündiger Sedimentation eines Lössbodens erhalten) in das Schlämmgefäss gebracht und darauf wurde der Taucher

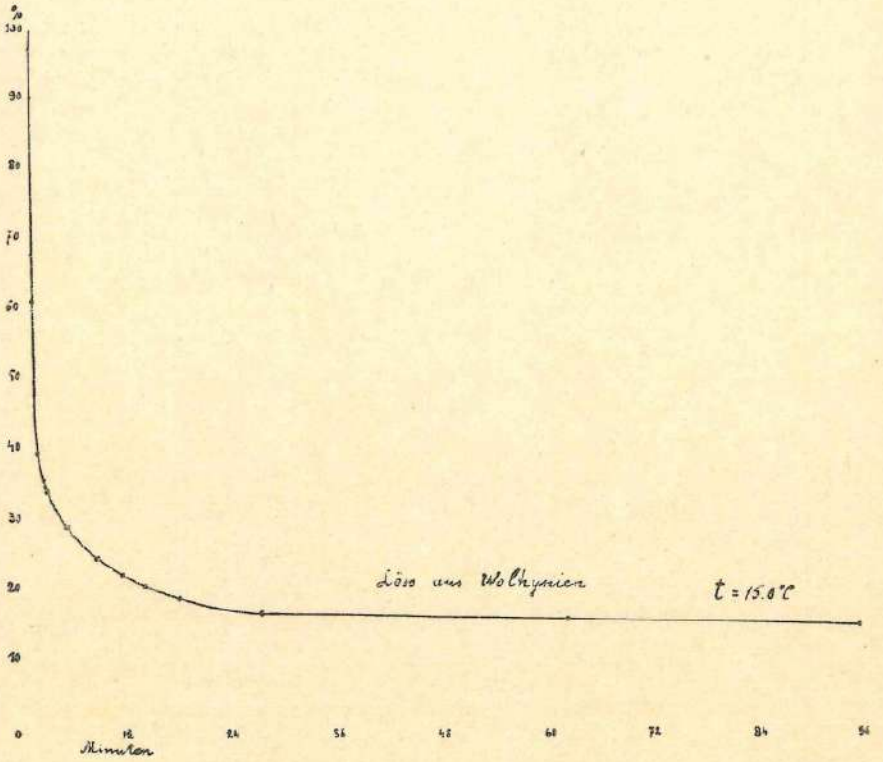

FIG. 36. — Fallkurve von Löss aus Wolhynien.

von 50 ccm eingesetzt. Sein Gewicht in dieser Flüssigkeit wurde nun um 0,0125 g kleiner, als in reinem Wasser von derselben Temperatur. Diese 0,0125 g sollten also dem Gewichte der in 50 ccm Wasser schwebenden Bodenteilchen entsprechen. Da das Volumen der Flüssigkeitssäule zum Volumen des Tauchers sich wie 150 : 50=3 verhalten und das spezifische Gewicht des Bodens gleich 2,7 gesetzt wird, so beträgt die Menge des ganzen in dem Wasser aufgeschlämmten Bodens

$$0{,}0125 \times \frac{2{,}7}{1{,}7} \times 3 = 0{,}0596 \text{ g.}$$

Dieselbe Flüssigkeit ergab in einer Platinschale zum Trockenen verdampft einen Rest von 0,0588 g In ähnlicher Weise haben wir erhalten :

		Tauchermeth. %	Abgedampft %
Schlamm aus dem Lössbod. sp.	Gew. . . 2,7	12,61	12,74
» Geschiebelehmbod.	» . . . 2,65	24,51	24,37
» Tertiärem Ton	» . . . 2,8	58,92	58,18
» Schwarzerde aus Saratov	» . . . 2,5	32,45	32,47

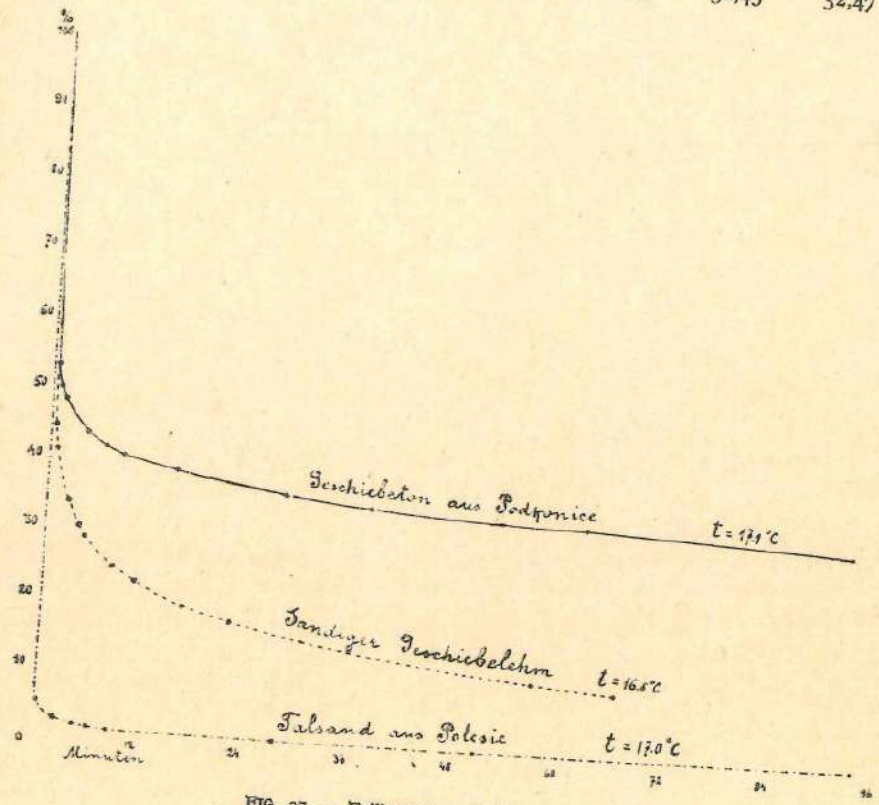

FIG. 37. — Fallkurven verschiedener Böden.

Da man den Taucher beliebig gross machen kann, so ist man imstande mit ihm sogar die feinsten Suspensionen zu messen, *so dass die Tauchermethode zu einer Kolloidbestimmungsmethode werden kann*, doch sind die in dieser Richtung geführten Forschungen noch nicht beendet.

Von den Zahlen der Bodenfallage kann man leicht zu beliebigen Skalazahlen übergehen. Nach SCHLÖSING gilt folgende Gleichung :

$$S_1 = D_1 - D_2 \frac{t_1}{t_2 - t_1} ; S_2 = D_2 \frac{t_2}{t_2 - t_1} - D_3 \frac{t_2}{t_3 - t_2}$$

$$S_n = D_n \frac{t_n}{t_n - t_{n-1}}$$

Wo (S) das Gewicht der Kornsortimente von bestimmtem Aequivalentradius, (D) = Gewicht der sich nach gewisser Zeit absetzenden Bodenmenge und (t) = Absetzzeiten sind.

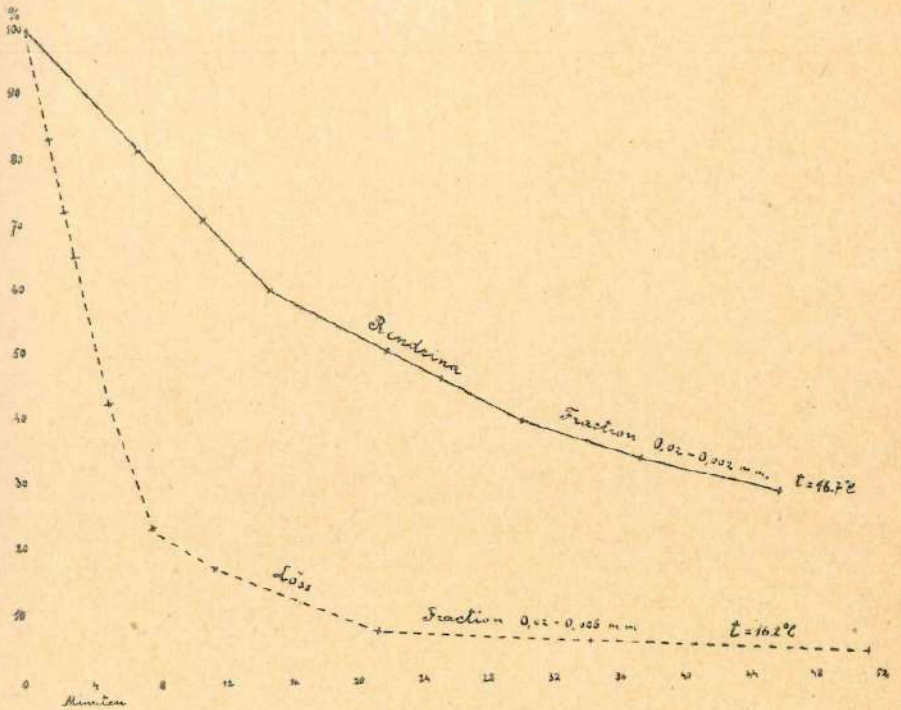

FIG. 38. — Andere Fallkurven nach der Tauchermethode.

Wir haben die Gültigkeit dieser Gleichung geprüft und festgestellt, dass sie nur für kleine Zeitintervalle als richtig zu betrachten ist. Dass es so ist, sieht man in der Fig. 38, die die Fallage des groben Schluffes aus dem Lössbodens und des groben feinen Schluffes aus dem Rendzinaboden wiedergeben. Wie man sieht, sind bei die-

sen Fraktionen der Proportionalität ziemlich enge Grenzen gezogen. Wenn man aber die Zeitintervalle recht klein nimmt, so kann man für die mechanische Zusammensetzung der Böden ziemlich gut stimmende Zahlen, mit denen mit Hilfe der ATTERBERGschen Methode erhaltenen, bekommen.

TAB. 6.

	0,6-02	0,02-0,006	0,006-0,002	kl. 0,002	
Sandiger	69,4 %	15,1 %	3,2 %	12,3 %	nach Atterberg
Lehm	70,27%	14,43%	3,6 %	11,7 %	Tauchermethode

Jedoch erhält man die gut stimmenden Zahlen nur dann, wenn man sich bei der Tauchermethode einer starken Desaggregationsmittels bedient (Soda), da man sonst für gröbere Kornsortimente zu hohe Zahlen bekommt. Falls als Präparationsmittel Soda angewandt wird, muss für das Gewicht des Tauchers entsprechende Korrektur eingeführt werden.

Dr. T. MIECZYNSKI, *Pulawy (Pologne)*. — **Une nouvelle méthode d'analyse mécanique du sol.**

RÉSUMÉ.

Des expériences de l'auteur (voir aussi HISSINK et SABANIN) il résulte qu'une grande quantité du sol employé pour l'analyse mécanique est plutôt nuisible à la précision des chiffres obtenus pour la composition mécanique du sol. L'auteur a démontré qu'une quantité de 2 g. est tout à fait suffisante pour obtenir de bons résultats (à la condition seulement de faire passer le sol par un tamis de 0,5 mm.).

L'auteur a construit pour une petite quantité du sol un appareil qui permet de séparer les particules < 0,002 mm. dans un courant montant d'eau distillée en un temps moyen de 48 h. Cet appareil se compose de trois parties: 1) D'un entonnoir bouché au fond de la partie conique, où on met du sol soigneusement préparé. 2) D'un siphon muni d'un écoulage calibré ; on emploie les siphons de trois dimensions ; pour séparer les particules 0,006-0,002 mm. et < 0,002 mm. un siphon de 8 cm. en diamètre, pour les particules 0,02-0,006 mm. celui de 4 cm. D. et pour les particules > 0,02 mm. celui de 2 cm. La vitesse du courant dans les siphons est définie par le diamètre de l'orifice d'écoulement (ce dernier est représenté par un petit tube en verre étiré coniquement et réuni avec le siphon au moyen d'un tube en caoutchouc). 3) La troisième partie est représentée par une bouteille de MARIOTTE (10-15 l.). L'affluent de l'eau distillée de cette bouteille à l'entonnoir est régularisé par les ajutages strictement calibrés. Une fois calibré l'appareil fournit une vitesse constante du courant sans qu'on ait besoin de le surveiller. Pour séparer les particules < 0,02 mm., l'auteur a employé l'echelle d'ATTERBERG et pour les particules plus grande l'échelle et la vitesse du courant d'après SCHOENE.

Le dit appareil, de construction simple, donne, sur les analyses parallèles de très bons résultats, n'exige qu'une petite quantité d'eau distillée et rend l'exécution de l'analyse mécanique, même quand on détermine les particules < 0,002 mm. possible dans un délai de deux-trois jours.

L'idée de SVEN ODÉN (voir aussi SCHLOESING père) d'exprimer la dispersion du sol en mesurant sa sédimentation d'une façon continue peut être d'une grande

importance pour l'établissement de la génèse des sols. L'auteur a construit un appareil qui permet facilement et en peu de temps d'obtenir les courbes de dispersion. Le principe de cet appareil est le suivant: chaque objet plongé dans l'eau dans laquelle se trouve un corps en état de suspension, perd en poids $P + p_1$; où P = le poids d'un volume d'eau deplacée par l'objet plongé et p_1 = le poids du corps en suspension contenu dans ce volume. En mesurant P d'une façon continue ou par intervalles on peut tracer une courbe de sédimentation. En employant des plongeurs de différentes dimensions (un tube de verre d'une longueur de 9,5 cm. rempli de mercure de façon que le poids du plongeur immergé ne surpasse pas 5 g.) et en se servant de la balance analytique, on est en état de mesurer la masse des suspensions les plus fines. La précision de la méthode est si grande qu'on peut même l'employer en se servant d'un plongeur volumineux pour contrôler la qualité de l'eau distillée. La méthode du plongeur peut aussi être employée pour déterminer la composition mécanique du sol. La détermination des colloïdes des sols à l'aide de cette méthode se trouve actuellement en voie d'élaboration.

Dr. T. MIECZYNSKI, *Pulawy (Poland)*. — **A new Method of Mecanical Analy of Soil.**

ABSTRACT.

The author's experiments (see also: HISSINK and SABANIN) show, that the use of a large quantity of soil for the mechanical analysis is rather unfavourable for the accuracy of the data obtained for the mechanical composition of soils. The author has shown, that a quantity of 2 gr. is quite sufficient for the obtaining of good results (on condition that the soil be seaved with a 0.5 mm. mash seave).

The author has constructed an apparatus for small quantities of soil, allowing the separation of particles (< 0.002 mm., in an ascending water current within 48 h. This apparatus has 3 parts:

1) A funnel closed at the bottom of the conical part, where the prepared soil is introduced.

2) A siphon with a calibrated evacuation ; these siphons are used in three dimensions ; to separate particles of 0.00 6-0.002 mm and smaller than 0.002 mm, a siphon of 8 cm. diameter ; for particles from 0.02 to 0.006 mm., one of 4 cm ; and for particles) > 0.02 mm. one of 2 cm. The speed of the current in the siphons depends on the diameter of the evacuation hole (this is a small conically drawn glass tube, united to the siphon by a rubber tube).

3) The third part is a bottle of MARIOTTE (10-15 l.). The arrival of the distilled water from this bottle into the funnel is regulated by carefully calibrated adjustments. Once calibrated the apparatus works with a constant speed of the current without regulating any more.

For the separation of the particles (< 0.002 mm., the author has used the scale of ATTERBERG and for larger particles the scale and speed of current indicated by SCHOENE.

This simple apparatus, gives very good results for parallel analysis, it needs only little distilled water, and allows an execution of the mechanical analysis within 2 or 3 days (even with the determination of particles (< 0.002 m.m.)

The idea of SVEN ODÉN (see also: SCHLOESING father)to express the disper-

sion of the soil in measuring its sedimentation in a continuous way, can be of great importance for the establishing of the genesis of soils.

The author has constructed an apparatus which allows to obtain easily and in very little time the dispersion curves. The principle of this apparatus is as follows: every object plunged into water in which some matter is in suspension, loses in weight $P + p_1$; P = the weight of the volume of water displaced by the object and p_1 = the weight of the matter in suspension in this volume. When measuring p_1 in a continuous way or at intervals, we can trace the sedimentation curve.

When using plungers of different dimensions (a glass tube of 9.5 cm. length, filled with mercury, so that the weight of the immerged plunger does not surpass 5 gr.) and when using an analytical balance it is possible to measure the finest suspensions. This method is so accurate that it is even possible to use it with a plunger of great volume, in order to verify the quality of distilled water. This method can also be used to determine the mechanical composition of the soil. The determination of soil colloids with this method is actually under investigation.

Prof. Dr R. TRNKA.

Institut de chimie agricole, Brno (Tchécoslovaquie).

NOTES SUR L'ANALYSE MÉCANIQUE DU SOL.

L'analyse mécanique du sol a subi des changements considérables au cours des dernières dix années, comme il nous le témoignent les noms de ATTERBERG, HISSINK, BEAM, MOHR, WIEGNER, S. ODÉN, G. KRAUS, ZUNKER et ROBINSON.

Il est remarquable chez tous ces savants l'influence de la chimie colloïdale. Ils veulent définir minutieusement la composition mécanique du sol, en ce qui concerne les différentes grandeurs des grains, c'est-à-dire: *la dispersion du sol.*

Le but de ces recherches est double: 1) on cherche de connaître à fond la proportion réciproque entre les différentes grandeurs des catégories du grain dans le sol; 2) on tache de profiter des résultats *de la classification objective et de la bonification du sol.*

Ce n'est pas le but de ce mémoire de soumettre à une analyse critique toutes les méthodes, ce qui est réservé à des ouvrages spéciaux et détaillés, mais on peut conclure des résultats obtenus avec ces méthodes, que les méthodes de *sédimentation* regagnent entièrement leur sens, car on peut fort bien leur attribuer l'utilité de la chimie colloïdale. Nous ne pouvons pas encore constater définitivement jusqu'à quel degré s'aiccroîtront nos connaissances, par suite de l'union de la chimie colloïdale au ressort pratique de l'analyse mécanique du sol. Nous pouvons nous y attendre pourtant à des influences remarquables, créatrices et favorables sous tous les rapports. On peut le dire avec sûreté que nous ne seront pas trompés par des illusions!

Déjà dans les rapports cités et connus entre *l'hygroscopie, la chaleur d'imbibition*

et la surface totale des grains composés du sol, E. MITSCHERLICH nous a ouvert le chemin d'une façon remarquable, vers des possibilités encore inconnues, théoriques et pratiques, pour la physique du sol. Sans doute nous ne nous trompons pas en appelant MITSCHERLICH, le fondateur, dans la culture du sol, d'une directive spéciale qui apporta de bons fruits et en apportera encore davantage. De même nous remarquons l'oeuvre contemporaine de M. E. RAMANN dans la directive pédologique en rapport à d'autres doctrines.

M'occupant déjà depuis des années avec l'analyse mécanique du sol, je ne pouvais jamais m'enthousiasmer des méthodes de déplacement, lorsqu'il se traitait du but de la classification du sol *de découvrir les qualités les plus fines* des particules (limoneuses, argilleuses ou, bref, colloïdales), comme cela est prouvé par la question de la surface des particules, soutenue par MITSCHERLICH et maintenant surtout par ZUNKER.

Il est naturel que les méthodes de déplacement selon les travaux d'ATTERBERG devaient compter avec leur côté faible, c'est-à-dire de n'être pas universelles.

Ce n'est pas notre intention de condamner complètement ces méthodes, même si elles inclinent déjà à disparâitre un peu, car elles ont déjà accompli leur tache principale et elles l'accompliront encore à l'avenir, *en ce qui concerne l'état grossier* de la dispersion du sol. Elles ne peuvent pas prétendre la suspension du progrès qui jusqu'à présent se cachait dans les études de l'état colloïdal, c'est-à-dire dans les plus fines particules du sol, leurs qualités etc. et qui nous aide à propager la chimie colloïdale.

Une des questions les plus intéressantes concernant la pédologie est *la surface active de contact de toutes les particules du sol*, car on peut justement s'y attendre, qu'elle nos montrera des nouvelles possibilités sur l'explication des qualités du sol. Pour cela nous avons taché de trouver le chemin qui, par sa facile exécution, aurait pu résoudre le problème pour connaître, selon la base de l'analyse mécanique du sol, *cette surface active* et l'employer pour la classification la plus objective du sol, avec un meilleur résultat que jusqu'à présent, ayant plusieurs inconnues irrégulières au lieu d'une.

Le degré qui nous fut possible d'atteindre, sera cité en partie dans ces notes et en partie dans la communication à la IVème Commission de ce Congrès, («La nomenclature et la classification des sols par rapport à l'analyse mécanique et à la chimie colloïdale»).

On travaille jusqu'à présent avec les appareils de sédimentation pour l'analyse mécanique du sol, de la manière suivante: On pèse une certaine quantité de sol et on la délaie dans l'eau d'une certaine hauteur (h_1). On laisse sédimenter les particules quelques instants, puis on les sépare à l'aide d'un large siphon, au niveau le plus bas (h_2). Ainsi on sépare la partie qui ne se repose pas. La différence (h) entre les hauteurs h_1-h_2 est égale à la hauteur de la sédimentation. Celle d'après ATTERBERG est régulièrement h = 10 cm ou son multiple.

Nous avons changé un peu ce procédé. Nous délayons 5-10 gr. de sol dans l'eau d'une hauteur de 10 cm et nous laissons tomber les particules du sol dans l'eau pure à 10 cm. d'hauteur (éventuellement dans une autre solution qui ne coagule pas les parties colloïdales et qui a une plus grande viscosité que l'eau) en pressant simplement la serre de Mohr exactement pendant le temps de la sédimentation, par

exemple : 30 ou 450 secondes (d'après ATTERBERG). Quand nous fermons la serre, les particules les plus fines restent au dessus de la serre et les particules plus grossières tombent au-dessous. Ainsi à la fois est séparée une catégorie de grains du sol. En ajoutant de nouveau de l'eau dans le tube à la hauteur de 10 cm. nous pouvons séparer la seconde catégorie, etc. sans délayer davantage de l'eau avec la suspension du sol. Nous pouvons déterminer le temps de la sédimentation à 30 secondes, 1 heure, 8, 24, 48, 72 heures etc.

D'après ATTERBERG correspondent à une hauteur de sédimentation de 10 cm le diamètre des grains et la durée de cette sédimentation comme suit :

Durée de la sédimentation	Diamètre ($2r$) des particules en μ	Dénomination
30 secondes	> 60 ... *a*	IV *macro-particules*
1 heure	6–60 ... *c*	III *micro-particules*
8 heures	2–6 ... *b*	
24 » (1 jour)	0,75 –2 ... *a*	
48 » (2 jours)	0,500–0,750 ... *c*	II *submicro-particules*
72 » (3 »)	0,375–0,500 ... *b*	
144 » (6 »)	0,250–0,375 ... *a*	
672 » (28 »)	< 0,250 : 0.125-0.250 ... *c*	I *ultra-colloïdales* (micelles)
3.360 » (140 »)	0.025-0.125 ... *b*	
16.800 » (700 »)	0.001-0.025 ... *a*	

Le diamètre du grain et la durée resp. de la vitesse de sédimentation ne correspondent pas exactement à la loi de STOCKES comme nous avions eu l'occasion de le préciser. Pour nos intérêts on peut la reconnaître, parce qu'il s'agit de la valeur moyenne. Si nous pesons chaque partie, nous pouvons trouver la composition rélative en pour 100.

L'appareil se compose de deux parties (fig. 39) : *A* et *B*. Nous pouvons avoir plusieurs parties *B* pour notre besoin et nous les joignons avec le caoutchouc, quand nous voulons travailler tranquillement. La partie *A* se compose d'un tube de verre du diamètre de 30-40 mm, qui aboutit à l'extrémité inférieure à un cylindre court du diamètre de 10 mm, joint avec un tube d'une longueur de 100 mm et pourvu aux deux extrémités d'un caoutchouc avec une serre de Mohr. Après le montage de l'appareil nous fermons l'extrêmité inférieure de la partie *B* avec la serre, nous y versons de l'eau distillée jusqu'à la partie conoïdale de l'appareil et nous fermons de nouveau la communication entre *A* et *B* avec la serre. Après, nous délayons dans la partie *A* une certaine quantité de sol, qui est préparé en la manière usuelle pour l'analyse mécanique du sol, et nous remplissons le tube à une hauteur de 100-200 mm avec de l'eau distillée.

Nous ouvrons ensuite la serre entre *A* et *B*, les parties plus grossières tombent maintenant éxactement dans la partie *B*, pendant la durée choisie (30 secondes) ; ainsi on sépare les *macro*-particules des autres. Après cela nous pouvons séparer les autres catégories, comme *micro-*, *submicro-* et *ultra*-particules. Nous pouvons doser les *ultra*-particules de la différence ou directement, si nous laissons évaporer l'eau dans la partie *A*.

Nous exprimons les résultats de ces essais numériquement, ou graphiquement, si nous construisons, *a courbe de dispersion* du sol. Pour ce but l'utilisation des catégories : *submicro-* et *ultra* ou *colloïdales* nous rend de bons services. Par le fait que nous avons sur l'axe X la durée de la sédimentation avec les diamètres des particules en millimicrones et sur l'axe Y les % de ces particules, la courbe de dispersion est donnée exactement.

Si nous construisons la courbe de dispersion du sol examiné, nous pouvons déterminer graphiquement *le diamètre moyen* (r_0) de ces parties (I et II, *submicro* et *ultra*). De cela et de la densité du sol, nous déterminons le nombre des grains dans un gr. du sol et de ceux-ci à peu près la *surface active du sol*, quand les parties sont des sphères.

Les équations des calculs sont les suivantes :

Le contenu . . . . . $o = {}^4/_3 \pi r_0^3$ . . . . . 1.
Le poids . . . . . $V = {}^4/_3 \pi r_0^3 s$ 2
La surface . . . . . $p = 4 \pi r_0^2$ . . . . . 3.

Le nombre des grains dans 1 gr. de sol :

$$N = \frac{3}{4 r_0^3 s} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 4.$$

La surface (active) toute entière dans 1 gr. de sol :

$$P = \frac{3}{r_0 s} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 5.$$

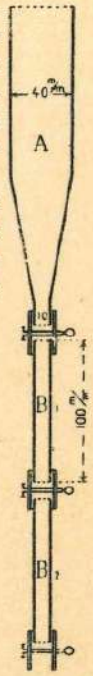

FIG. 39. — Appareil pour le dosage des particules *macro-*, *micro-*, *submicro* et *ultra*, par sédimentation modifiée.

Pour le diamètre moyen ($2r_0$) en cm et pour la densité ($s = 2{,}65$), on a l'équation

4) $N = 0{,}00036\ r_0^{-3}$ et
5) $P = 1.132075\,1 \cdot r_0^{-1}$.

On détermine le diamètre moyen de la figure graphique de la façon suivante : à la hauteur de l'ordonnée montant 50 %, nous tirons une parallèle à l'axe X et où celle-ci coupe la courbe de la dispersion du sol, nos avons le point, dont la coordonnée signifie le diamètre moyen ($2r_0$).

Pour la construction de la figure graphique on emploie une quantité de *submicro- et micro-* particules. Pour le diamètre $2r_1$, nous avons trouvé le nombre des parties plus grand que ce diamètre M. Il est évident que le nombre des parties du plus grand que ce diamètre $2r_1$ sera U et c'est la différence jusqu'à 100 %. C'est-à-dire : la somme de la première et de la seconde catégorie est égale à 100 %.

$$M + U = 100\ \% \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 6$$

Les analyses mécaniques des sols avec l'appareil TRNKA.

Catégorie	Diamètre des particules en μ	I a %	I b %	II a %	II b %	III a %	III b %	IV a %	IV b %	V a %	V b %	VI a %	VI b %	VII a %	VII b %	Note
IV. *macro-*	> 60 μ	67.88	37.91	57.62	36.44	77.00	73.62	78.82	25.49	81.65	71.76	69.59	71.51	78.30	80.22	a) Terre également préparée comme pour l'analyse d'après Kopecký. b) Terre digérée avec H_2O_2.
III. *a, b, c micro-*	60 – 4	22.31	24.35	28.00	29.83	16.45	17.16	15.12	15.45	13.87	18.81	21.72	18.44	13.26	11.67	
II. *a, b, c submicro-*	4 – 0.75	1.59	10.64	6.32	13.91	2.46	5.86	1.89	7.55	6.03	6.93	4.16	5.63	3.60	6.27	
I. *ultra-*	0.75 – 0.250	1.85	7.07	3.43	5.82	0.42	1.36	0.65	2.28	0.36	3.30	1.29	4.42	2.18	1.84	
	< 0.250	6.33	7.26	4.13	3.10	2.77	4.17	3.52	1.30	1.58	4.13	2.84	4.14	2.61		
	Humus	100.—		100.—		100.—		100.—		100.—		100.—		100.—		
		2.03		0.83		2.93		0.83		0.96		2.01		0.64		

A

Les analyses des sols d'après KOPECKÝ.

	Diamètre des particules en mm					Nota
I	< 0.01 mm	30.39	55.96	83.94	83.26	26.68	22.56	36.74	Particules très fine (limoneuses).
II	0.01–0.05 »	26.16	26.03	20.13	20.11	17.19	40.56	17.05	Poussière.
III	0.05–0.1 »	10.68	7.69	10.40	11.17	4.12	16.27	5.89	Poussière sableuse.
IV	0.1 –2.0 »	12.77	10.39	46.41	45.36	52.01	20.61	40.32	Sable.
	> 2 »	1.66	0.86	14.41	18.49	31.20	2.67	23.68	Graviers.
	< 2 »	98.04	99.16	85.59	81.51	68.80	97.33	76.32	Terre fine.

B

Le % des parties du diamètre plus grand que $2r_1$ est :

$$\frac{100\ M}{M+U} = \% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 7$$

Le % des parties plus petites que $2r_1$ est :

$$\frac{100\ U}{M+U} = \% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 8$$

Nous connaissons le commencement et la fin de la courbe de dispersion et nous pouvons la construire graphiquement : (fig. 40) (*Voir le tableau III. pag.* 120).

Si nous voulons avoir des résultats correspondants à la composition propre du sol, il est nécessaire de rappeler une préparation spéciale d'échantillons du sol, que nous indique déjà ROBINSON dans ses communications. Voir le tableau pag. 120, A. B.

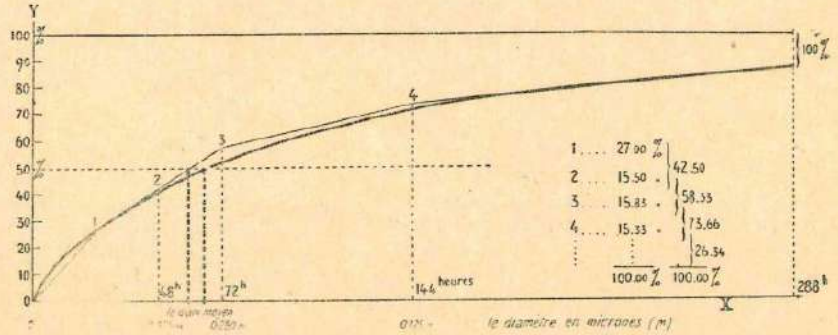

FIG. 40. — Courbe de la dispersion du sol selon les particules : *micro-* a. (1) ; *submicro-* c, b, a, (2) (3) (4) et *ultra*.

On voit de ce tableau, que la *macro-catégorie* dans la partie *B* de l'appareil, déterminée selon la méthode de déplacement, nous donne très peu de connaissances de la qualité des grains qui y sont contenus, et extraordinairement elle nous donne les parties *caractéristiques submicro* et *ultra*.

PROF. DR. R. TRNKA, *Brno* (*Tchécoslovaquie*). — **Notes sur l'analyse mécanique du sol.**

RÉSUMÉ.

Pour les dosages gravimétriques des particules les plus fines dans l'analyse mécanique du sol nous pouvons recommander le nouvel appareil décrit. Il rend possible de déterminer, avec la sédimentation, non seulement les grains de diamètres fixes pendant la durée déterminée de l'horizon du liquide dans le cylindre, mais en même temps il permet aussi la séparation des parties les plus fines. De cette façon on peut connaître la *texture du sol*, selon les catégories : *macro-*, *micro-*, *submicro-* et *ultra*.

Il est possible d'après les courbes de dispersion de déterminer *le diamètre moyen*

(I0) des parties *submicro- et ultra* pour calculer *la surface (active) de contact du sol*, qu'on peut justement prendre comme base pour *la classification et la bonification du sol*. On recommande aussi de modifier un peu la préparation des échantillons du sol pour cette analyse. La méthode d'analyse mécanique du sol et surtout la méthode de déplacement ne donne pas à présent l'occasion de connaître exactement la texture du sol et pour cela il est nécessaire d'*augmenter au moins de trois* le nombre des catégories officielles des grains des parties colloïdales: *micro-, submicro- et ultra*, en employant la méthode de sédimentation pour exprimer le mieux possible le caractère du sol.

Prof. Dr. RUDOLF TRNKA, *Brno (Tcheco-Slovakia)*. — **Notes on Mechanical Analysis of Soil.**

ABSTRACT.

For the gravimetrical determination of the finest part of the soil, the author recommends an apparatus, which he describes. It allows us to determine through sedimentation not only the grains of a fixed diameter, during the time that the liquid is in the cylinders but also simultaneously it allows the finer division of the finest part. In this way we can divide the *texture* of the soil into the following categories: *macro, micro, submicro* and *ultra*.

It is possible to determine with the dispersion curves the medium diameter r_0 of the submicro and ultra-parts in order to measure the *active contact surface* of the soil, which is to be used as a basis for *the classification and improvement of the soil*.

The author recommends to modify somewhat the preparation of the soil samples, for this analysis. The method of mechanical analysis of soil and especially the substitution method, does not allow at present to know exactly the texture of the soil and for this it is necessary to increase at least with 3 numbers, the official categories of grains, in the sense of the colloidal parts: *micro- submicro-* and *ultra*, using the sedimentation method to express as well as possible the character of the soil.

DR. G. KRAUSS.

München, (Deutschland).

BEITRAG ZUR MECHANISCHEN BODENANALYSE.

Die Kornverteilung wird *vergleichbar* durch den *ganzen* Feinerdebereich (feiner als 2 mm) bestimmt:

A) Für angewandt bodenkundliche Zwecke genügt auch heute die ATTERBERG'sche Einteilung unter Hinzufügung der Stufe von 0.0002 mm.

Die Bestimmung der Anteile 2 bis 0.2 mm, 0.2 bis 0.02 mm, 0.02 bis 0.002 mm, 0.002 bis 0.0002 mm und unter 0.0002 mm kann mit 2 Sieben und 3 *Tiefenprobe*nahmen (Pipetteproben, *Inter. Mitlg.* 1923, Heft $^3/_4$, S. 150) erreicht werden.

B) Für spezielle Zwecke wird in kleinere Korngruppen eingeteilt: Für letzteres wird die übliche *Drei*teilung der Dekade (20, 10, 5, 2,) vor der ATTERBERG'schen Zweiteilung (20, 6, 2,) bevorzugt. Für die einzelnen Korngruppen werden logarithmisch-*gleiche* Bereiche vorgeschlagen. (*Intern. Mitlg.* 1923, Heft $^3/_4$ S. 152/53).

Siebe, Spülapparat und Sedimentationsmethode müssen möglichst vergleichbar aneinander anschliessen, d. h. auf einander abgestimmt sein.

Als Spülapparat habe ich im RAMANN'schen Laboratorium folgende Modifikation eingeführt: (Wird am mitgebrachten Originalapparat erläutert).

Um einen gleichmässigen Durchtritt des Wassers ohne störende Strömungen (KOPECKY) zu gewährleisten, ist für den unteren Anlauf der Spülröhren die bewährte SCHOENEsche Form beibehalten und für den oberen konischen Teil der Vorschlag von CROOK (KOETTGEN, *Intern. Mitlg. f. Bodenkunde* 1917, $^5/_6$, S. 229) ausgeführt.

Damit die Wasseraufwärtsbewegung nicht an der dem Eintrittsrohr gegenüberliegenden Wand stärker ist, wird ein schlangenförmiges Zuleitungsrohr (nach dem Prinzip von Kurve und Gegenkurve!) benützt.

Vor der ersten Spülröhre ist eine Füllröhre mit Trichter eingeschaltet, die in ähnlicher Weise wie der Vorzylinder von KOETTGEN ein *allmähliches* Einfüllen der suspendierten Bodenprobe während des Ganges gestattet.

Für Gleichhaltung des Druckniveaus (Spülgeschwindigkeit) sorgt ein einfacher automatischer Regler: Gegen das Ende des Zuflussrohres wird die elastische Gummilamelle eines Korkschwimmers gepresst, sobald das Druckniveau die eingestellte Höhe gerade erreicht.

Die bisher für Spülverfahren vernachlässigte Temperaturkorrektion wird an einem vertikalen Schieber eingestellt, der das Ausflussrohr trägt.

Alle Röhrenenden, die zum Anschluss an Gummischläuche dienen, sind sorgfältig angeschliffen, um schädliche Einlagerungen zu verhüten.

Die Suspensionsprobe wird erst eingefüllt, wenn der Spülapparat ohne Luftblasen mit vorgeschriebener Stromgeschwindigkeit bereits in Gang ist.

Stärker kalkhaltiges Leitungswasser wird vor der Verwendung durch Zugabe von Ammoniak bis auf einen kleinen Rest (Löslichkeit von neutralem $CaCO^3$) entkalkt.

Die ebenfalls im Saal aufgestellte Apparatur für bequemen Sedimentationsbetrieb nach dem neuen *Tiefenprobe*nahmeprinzip (*Prager Comptes rendus*, S. 53) weist gegenüber der in den *Intern. Mitlg.* 1923, Heft $^3/_4$ beschriebenen Ausführung folgende Verbesserungen auf: ****)

Die Probenahmetiefen sind auf einer leicht auswechselbaren Einstell-Scala direkt in *Zeit*-Werten (Fallzeiten) innerhalb des zulässigen Intervalles aufgetragen;

Ganze Ausführung in Metall;

Tiegel mit Deckeln, auf 0.1 gr gewichtsgleich sortievt;

Horizontaler Einzug nur durch *ein* dünnes Röhrchen (mit 8 horizontalen Einzugsöffnungen).

Die Abstimmung von Spül- und Sedimentationseinrichtung ist bereits soweit gediehen, dass die Addition der Fraktionen aus beiden Verfahren Summen um 100 % herum ergibt, wenn wesentliche Sedimentationsstörungen (zum Beispiel Flockung) vermieden und auch die angewandte Suspensionskonzentration nicht zu hoch gewählt ist (Vorbehandlungs- und Konzentrationskontrolle!)

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass wir im RAMANN'schen Laboratorium bei Böden, die hartnäckig ausflocken, mit Erfolg auf HAËN'schen Membranfiltern auswaschen.

Beispiele :

Korndurchmessern	Heideboden *) (dil. floating sand)		"Molkenboden" **)		"Missenboden" ***) (coloured sandstone)	
2 — 1 mm	—		—		—	
1 — 0.5 mm	2.2		0.9		—	
0.5 — 0.2 mm	14.8	17.0	5.0	5.9	6.6	6.6
0.2 — 0.1 mm	11.7		7.8		30.0	
0.1 — 0.05 mm	29.1		10.5		15.9	
0.05 — 0.02 mm	24.4	65.2	31.4	55.7	9.4	55.3
20 — 10 μ	6.3		15.0		6.9	
10 — 5 μ	1.9		2.4		3.1	
5 — 2 μ	1.6	9,8	3.0	20.4	5.2	15.2
2 — 1 μ	0.8		2.1		3.9	
1 — 0.5 μ	0.7		3.4		3.5	
0.5 — 0.2 μ	0.1	1.6	1.6	7.1	1.1	10.5
< 0.2 μ	4.7	4.7	8.9	8.9	10.1	10.1
—	98.3 %		98.0 %		97.7 %	

*) Bremer Heide. — **) Bramwald. — ***) Schwarzwald. — ****) Auch die einfache Pipette mit horizontalem Einzug wurde vervollkomt.

Dr. G. KRAUSS, *Munich (Allemagne)*. — **Contribution à l'analyse mécanique du sol.**

RÉSUMÉ.

La distribution des grains est estimée en vue d'études comparatives par l'entier coefficient de finesse (< 2 mm.).

A) Pour des buts de pratique pédologique la classification D'ATTERBERG suffit même aujourd'hui en y ajoutant le degré de 0,0002 mm. = 0,2 μ.

La détermination des particules 2 — 0,2 mm., 0,2 — 0,02 mm., 0,02 — 0,002 mm., 0,002 — 0,0002 et < 0,0002 mm peut être obtenue avec 2 échantillons criblés et 3 échantillons prélevés en profondeur. (*Intern. Mittlg.* 1923, Heft, 3/4, S. 150).

B) Pour des buts spéciaux ces particules peuvent-être enrégistrées en une série continue ou groupées en petits groupes de grains.

Pour ces derniers il faut préférer la tripartition de la décade (20, 10, 5,2) à la bipartition d'ATTERBERG (20, 6, 2). Pour chaque groupe de grains on a proposé des coefficients logarithmiquement semblables. (*Intern. Mittl.* 1923, Heft 3/4, S. 152/53). Crible, appareil de lavage et méthode de sédimentation doivent le plus possible être

employés successivement. Les durées de sédimentation et les rapidités de lavage, sont à établir uniformément. Au Laboratoire de RAMANN on emploie l'appareil de lavage avec les modifications suivantes :

Pour obtenir un passage uniforme de l'eau sans avoir de courants troublants on a conservé pour la partie inférieure du tuyau de lavage la forme favorable de SCHÖNE et on emploie pour la partie supérieure conique la modification proposée par CROOK (KOETTGEN, *Intern. Mittlg. f. Bodenkunde* 1917, 5-6 S. 229).

Pour que le mouvement ascendant de l'eau ne soit pas trop fort contre la paroi opposée au tuyan d'entrée on a employé un tuyau d'introduction en forme de serpentin (courbes et contre-courbes).

Avant le premier tuyau de lavage il y a un petit tuyau de remplissage pourvu d'un entonnoir qui comme l'avant cylindre de KOETTGEN permet un remplissage graduel de l'échantillon de sol en suspension.

Pour le maintien à un niveau constant du niveau de pression il y a un simple régulateur automatique : contre l'extremité du tuyau d'arrivée de l'eau il se trouve pressée une lamelle de gomme élastique d'un flotteur en liège aussitôt que le niveau de pression a atteint sa juste valeur prévue.

La correction pour la température est faite à un curseur vertical que porte le tuyau de départ.

Toutes les extrénités des tuyaux qui servent de fonction aux vessies de caoutchouc, sont rodés de façon à éviter des dépôts désagréables. L'echantillon en suspension est seulement remplis quand l'appareil de lavage privé de bulles d'air est déjà mis en mouvement avec la rapidité de courant préscrite.

Il faut décalcifier les eaux fortement calcaires avant leur emploi en y ajoutant de l'ammoniaque jusqu'à un petit résidu (Solubilité de $CaCO_3$ neutre).

Dr. G. KRAUSS, *Munich (Germany)*. — **Mechanical Analysis of the Soil.**

ABSTRACT.

The author determinates in a comparative way all the fine-earth (< 2 mm) :

A) For practical cases nowadays the division of ATTERBERG is still sufficient, but we must add the part 0.0002 mm = 0,2 μ.

The determination of the parts : 2 — 0.2 mm., 0.2 — 0.02 mm, 0.02 — 0.002 mm, 0.002 — 0.0002 mm and < 0.0002 mm, can be made with two sieves and three samples taken in depth (*Intern. Mittlg.* 1923, Nr 3-4, p. 150).

B) For special objects, it is possible to register continually or to devide into smaller grain-groups.

In the last case the division in 3 parts (20, 10, 5, 2) is preferable to the ATTERBERG division in 2 parts (20, 6, 2). The author proposes for each grain-group equal logarithmical coefficients (*Intern. Mittlg.* 1923, vol. 3-4, pp. 152-53).

Sieves, washing-up apparatus and sedimentation methods ought to correspond with each other as much as possible. Time of falling, resp. rate of washing-up are to be fixed coherently.

In the RAMANN-laboratory the following modification of a washing-up apparatus is in use :

In order to secure a regular arrival of water, without disturbing currents, the usual SCHÖNE tubes for the rising of the water are used, and for the upper conical

part the proposition of CROOK (KOETTGEN, *Intern Mittlg. f. Bodenkunde*, 1917, 5-6. p. 229).

In order that the upward movement of the water may not become continuously stronger on the wall opposite the entrance tube, a serpentine tube (curve and anticurve) is used.

Before the first washing-up tube a filling-tube with funnel is inserted, which allows a gradual entrance of the suspension of the soil sample (like the cylinder of KOETTGEN).

A simple automatic regulator assures the keeping constant of the pressure level : the elastic rubber lamel of a cork floater is pressed against the extremity of the entrance tube, as soon as the pressure level just attains the adjusted height.

The temperature correction is adjusted to a vertical slide, which carries the outflow tube.

All tube extremities, connected with rubber tubes are edged, in order to prevent injurious deposits.

The suspension sample is introduced only at the moment, when the washing up apparatus is running without air bubbles at the prescripted rate.

Very limy water must be unlimed before use, with a little ammonia (except for the small quantity of soluble neutral Ca CO^3).

M. A. GRÉGOIRE.

Directeur de la Station de Chimie et de Physique Agricole, Gembloux, Belgique.

SUR LA DÉTERMINATION DE L'ARGILE COLLOÏDALE.

Les travaux de TH. SCHLOESING père, de HILGARD et de VAN BEMMELEN spécialement ont prouvé que les eubstances à l'état colloïdal qui sont contenues dans le sol arable remplissent un rôle essentiel, non seulement dans la détermination des propriétés physiques les plus importantes pour la vie de la plante, mais également dans l'approvisionnement de celle-ci en éléments nutritifs. La connaissance de ces substances est donc indispensable pour l'amélioration du sol cultivé. SCHLOESING et HILGARD ont décrit il y a longtemps, un méthode de détermination de l'argile colloïdale, qui, avec certaines modifications de détail, est devenue d'une application générale en France et en Belgique. Dans une enquête de la Sous-Commission internationale pour l'étude mécanique et physique du sol, le Prof. RAMANN et nous même, nous nous sommes prononcés pour la généralisation de l'emploi de cette méthode.

Le principe qui sert de base à la méthode de SCHLOESING doit être considéré comme exact ; il est conforme aux données de la Chimie des colloïdes. Les substances colloïdales sont d'abord débarrassées des électrolytes et spécialement de

la chaux qu'elles ont fixée et qui les stabilisent, puis elles sont soumises à une peptisation qui permet leur séparation par lévigation. Mais si le principe est exact, le mode d'application semble loin d'être à l'abri de la critique.

L'enlèvement des électrolytes floculants s'opère par un traitement à l'acide chlorhydrique dilué suivi d'un lavage à l'eau. Ce traitement va beaucoup trop loin et élimine des substances sans action floculante. Tel est principalement le cas pour la calcite qui, logiquement, devrait être rangée parmi les sables. En second lieu, le traitement ne paraît pas éliminer toute la matière organique active ; une fraction de celle-ci reste et apporte des perturbations dans les opérations ultérieures. Enfin, la peptisation qui se fait par l'ammoniaque, semble requérir, pour être complète, une proportion plus forte de ce réactif.

Les substances colloïdales sont à l'état d'enduits à la surface des particules terreuses, communiquant ainsi leurs propriétés à cette surface. Si la matière colloïdale n'est peptisée qu'en partie et seulement rendue gonflable par l'eau, elle ne se sépare pas de son support. En absorbant une forte proportion d'eau, elle donne à l'ensemble qu'elle forme avec ce dernier une densité moindre et le tout peut passer avec l'argile lors de la décantation. Si la peptisation est moins avancée encore et surtout s'il reste de la matière organique qui était combinée avec la chaux, une partie de l'argile colloïdale demeure collée au sable. Dans ce cas, on constate la précence d'une couche d'aspect terreux à la surface du dépôt de sable. Ces deux actions sont donc inverses et peuvent se compenser dans une certaine mesure.

La séparation du sable et de l'argile peptisée se fait par lévigation, mais, par une singulière anomalie, les rédactions française et belge prescrivent pour l'opération un volume déterminé de liquide alors que la valeur du dépôt est déterminée par la hauteur du liquide.

Après des tâtonnement nombreux opérés sur un limon glaciaire qui, à cause de la finesse de son grain, présente de grandes difficultés pour sa séparation en ses éléments, nous sommes arrivés à certains résultats dont voici les principaux.

1) Épuisement préalable de la substance (10 gr.) à l'éther pour assurer une meilleure action des traitements ultérieurs.

2) Agitation de la prise d'essai avec 100 cc. d'une solution neutre et saturée de chlorure d'ammonium, puis lavage avec 2 litres d'eau contenant par litre 2,5 gr. NH^4 Cl. Ce traitement enlève la chaux floculante et la matière organique avec laquelle elle est combinée.

3) Agitation de la matière ainsi traitée durant 3 heures avec 3500 cc. d'ammoniaque à 7 %. Repos de 24 heures, puis décantation par siphonnement de 10 centimètres de hauteur du liquide. Remplacement de ce liquide par de l'eau, agitation, dépôt de 24 heures, puis nouvelle décantation. Répétition de ces opérations jusqu'à lévigation complète.

4) Les sables sont recueillis, calcinés et pesés.

5) Les liquides décantés et réunis sont floculés par addition de NH^4 Cl. et le dépôt est filtré, calciné et pesé.

On obtient ainsi du sable parfaitement blanc, et une proportion d'argile moindre que par la méthode courante. La calcite restant dans les sables, on arrive, pour les sols calcaires, à une meilleure expression pour leur constitution physique. Enfin les déterminations faites jusqu'ici aboutissent à une bonne concordance entre

la quantité de P^2O^5 contenue dans le sable et la différence entre P^2O^5 total du sol et P^2O^5 contenu dans le complexe colloïdal, ce dernier étant déterminé d'après les courbes de dissolution de cet élément.

M. A. GRÉGOIRE, *Gembloux (Belgique)*. — **Sur la détermination de l'argile colloïdale.**

RÉSUMÉ.

La modification proposée à la méthode indiquée par SCLOESING père pour la détermination de l'argile colloïdale consiste essentiellement dans l'emploi d'une solution de chlorure d'ammonium pour l'enlèvement des électrolytes floculants et d'une solution ammoniacale plus concentrée pour la peptisation de l'argile, ainsi que dans une spécification plus précise des conditions dans lesquelles doivent s'opérer les décantations pour la séparation des sables.

Prof. A. GRÉGOIRE, *Gembloux (Belgium)*. — **Determination of the Colloid Clay.**

ABSTRACT.

The proposed modification of the SCLOESING's method for the determination of the colloïdal clay consists essentially in the use of a solution of ammonium chlorid for the removing of the flocuing electrolytes and of a more concentrated solution of ammonia for the peptisation of the clay and also in a more precise specification of the conditions in which must be made the separation of the sands by the decantation method.

V. NOVÁK et L. SMOLÍK.

Institut pédologique du Pays Moravie, Brno (Tchécoslovaquie).

SUR LA QUANTITÉ ET LA COMPOSITION CHIMIQUE DE L'ARGILE COLLOÏDALE DES SOLS

Il est très important que nous connaissons la quantité et la composition chimique des matières terreuses qui peuvent passer à l'état colloïdal. Après avoir analysé trois échantillons des terres du territoire de la Tchéco-Slovaquie, nous essayâmes de répondre à ces questions déjà dans la « *Kolloid Zeitschrift* », 1922.

On continua l'étude sur sept nouveaux échantillons des terres de la Moravie. En nous s'appuyant sur la première communication, nous nous permettons de faire voir les nouveaux résultats obtenus.

Il faut noter, qu'on ne cite pas des données bibliographiques sur les colloïdes du sol, parce qu'on considère cette étude sur l'argile colloïdale des terrains et sa relation avec la pédologie dynamique et la nutrition de plantes, comme non terminée.

En premier lieu, nous avons déterminé la teneur en matières colloïdales du sol. Pour atteindre ce but, on délavait [1] les terres par de l'acide chlorhydrique dilué, ensuite on les laissait déposer, pendant 128 jours, dans un milieu faiblement ammoniacal et dans une chambre obscure, à température assez constante. Au bout du temps de repos, on séparait le liquide à l'aide d'un siphon. La hauteur du liquide siphonné atteignait 10 centimètres. D'après la formule de STOKES, on n'y doit trouver que des particules inférieures à 0.1 μ. Les eaux troubles évaporées et séchées à 100° C. nous fournirent l'argile colloïdale [2].

Il va sans dire que ces substances colloïdales n'ont la même composition ni chimique ni minéralogique. Elles ne nous présentent qu'un ensemble de particules, ayant à peu près les mêmes propriétés physiques et la même valeur hydraulique. On y donna le nom de « argile colloïdale physique au sens le plus large ».

Cette argile physique colloïdale se compose d'une partie inorganique, « l'argile colloïdale propr. dite » et d'une autre organique « l'humus colloïdal ».

Notre première communication concernait trois échantillons des terres :

a) une terre arable limoneuse du type du tchernoziom châtain et dégradé d'Ivanovice-Hanna ;

b) un sous-sol limoneux, noirâtre, diluvial de St. Ves-Hanna ;

c) une argile battante, silurienne, du sous-sol de Roztyly à Prague.

Si l'on tient compte de l'expérience d'UNGERER [3] qui permet de conclure que l'argile colloïdale dispersée se trouve partout dans le liquide en même concentration, on arrive aux chiffres suivants :

	Ivanovice —	St. Ves —	Roztyly —
1) Argile colloïdale desséchée à 100 C [4], p. 100 de la terre desséchée	6.50 %	9.7	6.6 %
2) Argile colloïdale desséchée à 150° C (l'argile colloïdale physique au sens le plus large)	6.15 »	9.2	6 0 »
3) Argile colloïdale propr. dite (partie inorganique)	4.6 »	6.7	5.0 »
4) Humus colloïdal (partie organique)	1.55 »	2.5	1.0 »

La capsule contenant le résidu sec fut chauffée au rouge sombre de façon à détruire les matières organiques. Les cendres furent analysées à l'aide de l'acide fluorhydrique et quant à la silice, au moyen du carbonate de sodium et celui de potassium. On obtint les résultats suivants (le Tableau N° 1):

1 Pour le mode de préparation des terres à analyser, voir *Kolloid-Zeitschrift*, 1922.

2 En réalité, le résidu sec renferme aussi les dispersides qu'on devrait séparer des dispersoïdes à l'aide de l'ultrafiltration.

3 UNGERER, *Kolloid-chemische Beichefte* XIV, H. 3-5, S. 63.

4 Le résidu sec de la pseudo-solution obtenue seulement par le siphonnage.

TABLEAU I.

Analyses chimiques complètes.

	Ivanovice	Stará Ves	Roztyly
Fe_2O_3	17.68	18.97	27.75
Al_2O_3	14.46	15.08	14.26
Mn_3O_4	3.65	0.97	1.71
P_2O_5	1.58	1.21	1.22
CaO	1.48	1.11	2.16
MgO	1.55	0.37	1.53
K_2O	0.49	2.31	4.38
Na_2O	1.15	0.83	3.10
SiO_2	53.91	55.53	(43.89)
Total . . .	95.90	96.38	100.0

On trouve les rapports suivants entre SiO_2 et $(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$, éventuellement entre SiO_2 et Al_2O_3.

	$\frac{SiO_2}{(Al_2O_3 + Fe_2O_3)}$	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$
Ivanovice	1.69 : 1	3.71 : 1
Stará Ves	1.60 : 1	3.68 : 1
Roztyly	1.04 : 1	3.07 : 1

Nous fûmes amenés à conclure que :

1° L'argile colloïdale au sens le plus large (la partie des substances colloïdales dispersées dans un milieu aqueux, faiblement ammoniacal, y compris aussi les matières humiques) peut atteindre 9 p. 100 de la terre sèche, (probablement encore plus) ;

2° L'argile colloïdale propr. dite (la partie inorganique des substances colloïdales) monte à 5 p. 100 environ ;

3° La teneur en bases alcalines et alcalino-terreuses de l'argile colloïdale fut trouvée relativement haute.

On continua d'analyser un nombre plus grand des échantillons des argiles colloïdales, préparées de la même façon, dans le but de se renseigner plus profondément sur la richesse en colloïdes du sol et sur leurs compositions chimiques.

On prit en considération encore les argiles colloïdales des échantillons des terres de :

1) *Šlapanice :* une terre arable limoneuse, colorée en brun-noirâtre, de la profondeur 10-20 centimètres ;

2) *Šlapanicçe :* un sous-sol de 105 à 115 centimètres.

Tous les deux échantillons appartiennent à un même profil limoneuw de dilu vium et au type des sols bruns (central-européens d'après RAMANN) issus du tchernoziom degradé. Ce profil se trouve dans le territoire plus sec.

3) *Ždár :* une terre arable, N° 104, de la profondeur 10 à 20 centimètres sur le diluvium, où le limon va jusqu'à la profondeur de 160 centimètres. Le profil est podsolisé;

4) *Ždár :* terre arable, N° 141, de 10 à 20 centimètres, issue de la destruction du gneiss qu'on trouve déjà dans la profondeur de 95 centimètres.

Les échantillons de Ždár tirent leur origine du Plateau Tchécomorave de la hauteur de 600 mètres environ s. m. On range ces sols de médiocre valeur parmi les sols podsolisés.

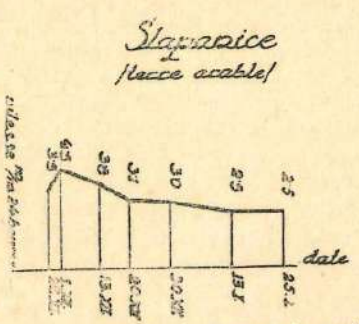

FIG. 41. — Chute de la couche la plus proche de la surface du liquide.

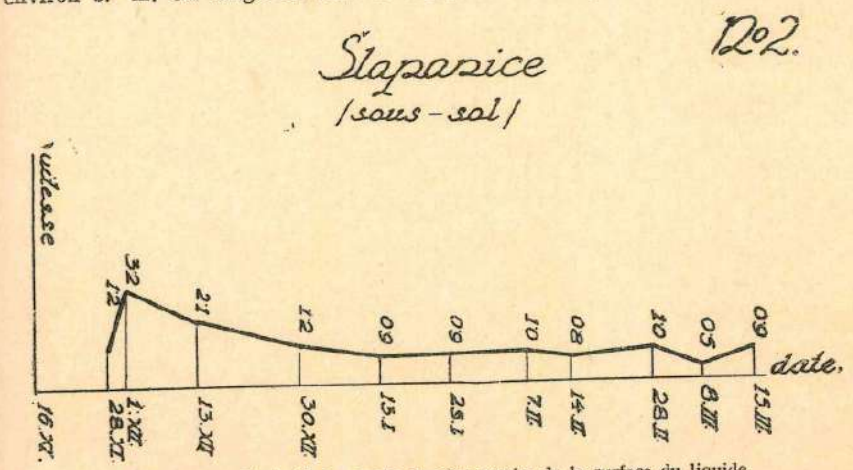

FIG. 42. — Chute de la couche la plus proche de la surface du liquide.

Plus loin, on prit en considération trois échantillons de la même section de terre de bois d'Adamov. Ce profil, prenant naissance sur le limon diluvien dans le territoire du calcaire dévonien, nous présente un podsol, car l'horizon sous la couche du fumier de bois est entièrement blanchi et l'orizon illuvial fortement enrichi en électrolytes, spécialement en fer. Le Tableau N° 2 nous fait voir que la finesse des particules terreuses aussi augmente continuellement avec la profondeur.

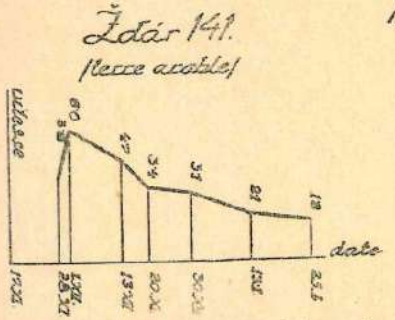

FIG. 43. — Chute de la couche la plus proche de la surface du liquide.

5) *Adamov :* échantillon de terre de l'horizon voisin de la couche du fumier de bois de la profondeur de 3 à 17 centimètres ;

6) *Adamov :* une terre de la couche de 17-34 centimètres ;

7) *Adamov :* une terre de la profondeur 49-74 centimètres.

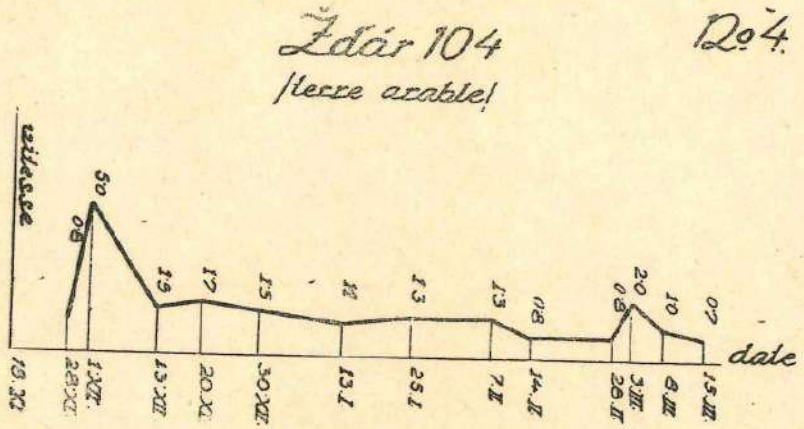

FIG. 44. — Chute de la couche la plus proche de la surface du liquide.

Les analyses mécaniques furent effectuées par le procédé du déplacement dans l'eau distillée. On a obtenu les chiffres suivants : (Tableau II).

TABLEAU II.

Analyses mécaniques des sols.

	Profondeur en cm	Dimensions des catégories				Argile physique inférieure à 0.002 mm	Eau hygroscopique
		I inférieure à 0.01 mm	II 0.05–0.01 mm	III 0.1–0.05 mm	IV 0.1–2 mm		
Ivanovice	—	42.36	46.14	7.68	3.82	—	—
Stará Ves	—	40.06	50.34	8.60	1.00	—	—
Roztyly	—	78.94	10.00	4.08	6.98	—	—
Šlapanice	10–20	50.054	33.430	7.396	9.120	15.25	6.520
„	105–115	36.897	27.070	9.353	26.680	13.20	5.510
Ždár No. 104	10–20	37.999	21.90	4.481	35.620	10.47	4.140
Ždár No. 141	10–20	38.316	23.764	7.376	30.544	—	3.875
Adamov,	3–17	45.730	47.510	6.026	0.734	14.65	4.160
„	17–34	48.774	45.300	5.140	0.786	13.85	3.450
„	49–74	61.600	32.644	4.880	0.876	20.40	7.669

Pour la détermination de l'hygroscopicité (voir le Tabl. II) on se servit de la méthode RODEWALD-MITSCHERLICH. L'argile physique fut déterminée d'après ATTERBERG-NOVÁK, (Tabl. II).

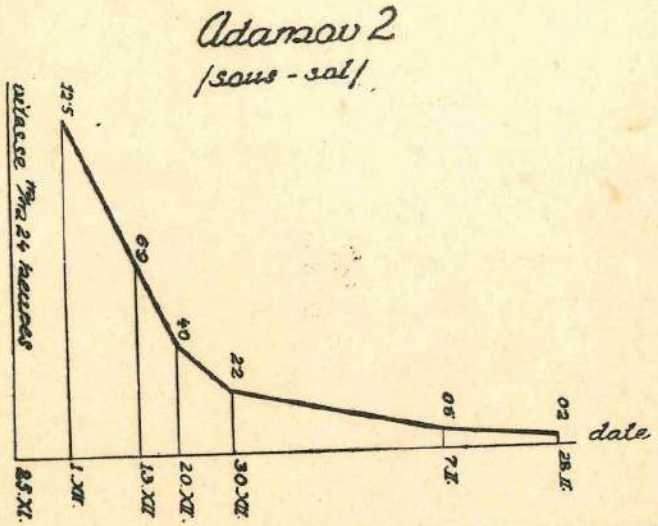

FIG. 45. — Chute de la couche la plus proche de la surface du liquide.

Le Tableau précédent nous fait voir qu'il n'existe pas des relations proportionnelles entre l'hygroscopicité et la quantité de l'argile physique.

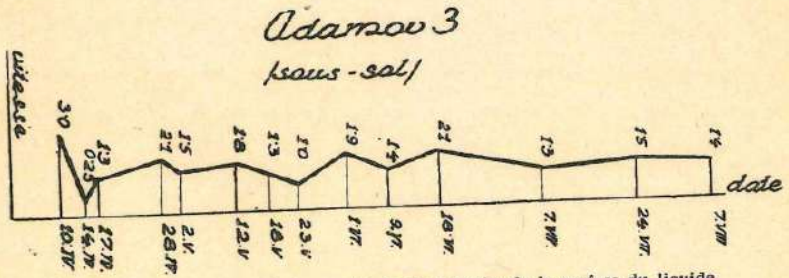

FIG. 46. — Chute de la couche la plus proche de la surface du liquide.

Mode opératoire du dosage de l'argile colloïdale.

On prit 250 grammes de terre fine dont on connaissait le degré d'humidité et après le délavage par de l'acide chlorhydrique d'abord et ensuite par de l'eau distillée pour ôter complètement [1] HCl, on les introduisit dans un vase, ayant la

[1] On reconnait que le lavage est achevé par ce fait que l'eau qui filtre d'abord limpide, devient peu à peu louche au moment ou tout l'HCl va disparaître.

figure d'un prisme quadrangulaire droit, du volume de 9 litres environ où la terre fut dispersée à l'aide d'eau faiblement ammoniacale. Le liquide avait une hauteur de 26 centimètres. Après 128 jours, on décanta le liquide trouble jusqu'à la profondeur de 10 centimètres, on remit sur le résidu la même quantité d'eau distillée [1]

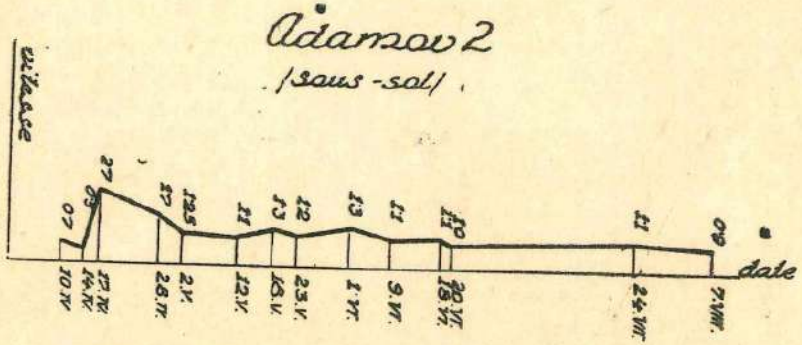

FIG. 47. — Chute de la couche la plus proche de la surface du liquide.

et on répéta le siphonnage de nouveau au bout de 128 jours de répos. Les liquides troubles de deux décantations furent réunis, évaporés dans une capsule de platine tarée à sec et calcinés au rouge sombre, pour détruire les matières organiques. Les cendres furent soumises à l'analyse.

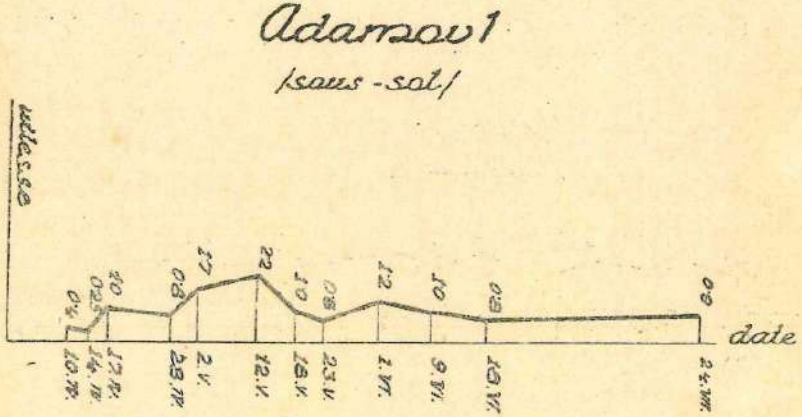

FIG. 48 — Chute de la couche la plus proche de la surface du iquide.

Durant la sédimentation, on prenait des données des couches et de leur chute. La vitesse instantanée fut déduite par le calcul du temps et de la chute de la couche la plus proche de la surface du liquide (et aussi proche de la limite des dimensions des colloïdes de 0.1 μ) et on construisit les graphiques 41 à 48.

[1] Non plus ammoniacale.

De la première sédimentation on a fait cinq graphiques, de la seconde trois.

Sur les *graphiques de la première sédimentation* on peut observer :

Les fig. 41, 43 et 45 nous font voir les vitesses instantanées de la chute des particules plus grossières tandis que dans la fig. 42 les particules dans la couche étudiée s'approchèrent de plus de la limite de 100 $\mu\mu$. Les particules proches des colloïdes (fig. 42) tombaient avec une vitesse constante, les particules plus grossières semblaient tomber en mouvement retardé (fig. 45).

Pour la *seconde sédimentation :*

D'après les fig. 46, 47, 48, les couches mentionnées tombent avec une vitesse constante.

Somme toute, on peut dire que les particules s'approchant de la limite de O. 1 μ tombaient avec vitesse constante.

Sur la formule de STOKES se rangent les particules inférieures à 85 μ_1. De nos graphiques on voit que la limite inférieure atteint la dimension des colloïdes, à. s. O. 1 μ.

La composition chimique de l'argile colloïdale.

Comme on a déjà dit plus haut, on évapora la liqueur obtenue par les deux siphonnages au bain-marie dans une capsule de platine et l'on dessécha à 100° C d'abord, puis à 150 et l'on pesa le résidu sec. La capsule contenant le résidu sec fut chauffée au rouge sombre de façon à détruire les matières organiques et à chasser l'eau chimique et colloïdale et l'on pesa à nouveau. La différence entre deux pesées nous donna la perte au rouge. Les cendres furent soumises à l'analyse d'après P. JANNATCH [1] à l'aide de B_2O_3 (Tableau III).

TABLEAU III.

Composition chimique de l'argile colloïdale propr. dite.

	Šlapanice		Ždár 104	Ždár 141	Adamov
Profondeur en cm.	10–20	105–115	10–20	10–20	3–17
SiO_2	52.700	56.000	59.200	46.100	47.400
Al_2O_3	12.251	21.502	16.516	19.914	19.118
Fe_2O_3	8.359	9.927	11.040	0.011	12.306
MgO	2.354	4.428	1.386	6.451	7.533
CaO	12.860	1.862	2.759	8.520	1.239
Na_2O	4.600	3.126	0.929	5.798	1.880
K_2O	0.401	1.039	0.448	2.996	1 993
TiO_2	0.	traces	0.035	0.	0.
P_2O_5	4.229	1.320	5.675	3.092	4.160
SO_3	1.919	traces	0.174	traces	0.172
Mn_2O_3	0.388	0.876	1.033	1.581	3.905

[1] *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 12, 208.

Pour obtenir la quantité de l'argile colloïdale au sens plus large, on procède comme suit:

Le résidu sec correspond à 250 grammes de terre, le liquide à une hauteur de 26 centimètres. La quantité de l'argile colloïdale au s. p. l. s'obtient en multipliant le poïds du résidu sec par le facteur 2.6 et puis en divisant ce produit par 2.5. On trouva les chiffres suivants: (Tableau IV).

TABLEAU IV.

Quantité de l'argile colloïdale au s. p. l. [1]

	Šlapanice		Ždár 104	Ždár 141	Adamov		
Profondeur en cm	10–20	105–115	10–20	10–20	3–17	17–34	49–74
Résidu sec du liquide de deux siphonnages p. 100 de la terre sèche	0.534	1.253	2.693	0.537	2.310	1.333	0.936
Argile colloïdale au s. p. l. p. 100 de la terre sèche	1.388	3.258	7.002	1.396	6.006	3.466	2.432
Partie inorganique	0.966	2.801	2.768	0.585	2.839	1.976	1.658
Partie organique	0.422	0.457	4.234	0.811	3.167	1.490	0.774

TABLEAU V.

Solubilité de l'argile colloïdale au sens plus large par l'acide chlorhydrique.

	Šlapanice		Ždár 101	Ždár 141	Adamov		
Profondeur en cm	10–20	105–115	10–20	10–20	3–12	17–34	49–74
Lot soluble de l'argile colloïdale en %	—	43.0	55.5	31.9	56.5	58.1	50.9
Lot insoluble	—	57.0	44.5	68.1	43.5	41.9	49.1
Cendres du lot soluble	—	80.4	29.3	38.3	33.5	41.0	41.0
Partie organique du lot soluble	—	19.6	70.7	61.7	66.5	59.0	59.0

La teneur des sols en argile colloïdale au sens le plus large varie dans les limites de 1,4 à 9.2 environ, celui en argile colloïdale propr. dite entre 0.6 et 6.7 et celui en humus colloïdal entre 0.4 et 4.2 pour 100 de terre.

Excepté Šlapanice 10-20, on soumit les échantillons des argiles colloïdales au sens le plus large à l'extraction d'abord par l'acide chlorhydrique chaud, dilué à 10 p. 100 afin de déterminer leur solubilité, enfin on décanta par de l'eau distillée de façon à ne pas enlever complètement [2] HCl. Le résidu sec de la partie insoluble fut noirâtre, l'extrait jaunâtre, analogue à l'extrait du sol par l'acide chlorhydrique à 10 pour 100.

[1] Exprimé par rapport à la terre sèche.
[2] De crainte de la peptisation reversible.

PLANCHE IV.
PLATE IV.
TAFEL IV.
TAVOLA IV.

FIG. 49.

Argile colloïdale préparée de la terre de Ždár 104. Particules argileuses, cimentées par l'humus colloïdal, colorées en brun foncé.

FIG. 50.

Argile colloïdale préparée du sous sol de Šlapanice. Petites feuilles argileuses non colorées, ou colorées en jaune brun et fendillées.

FIG. 51.

Argile colloïdale de la terre arable de Ždár 141. Petites feuilles argileuses non colorées, ou colorées en jaune brun clair et non fendillées.

On voit, par l'emploi du microscope, que ce résidu sec insoluble se compose de petites feuilles fortement fendillées, collées souvent l'une sur l'autre, ayant une couleur jaune-claire, brune et noire. En grossissant 1380x, on trouve les petites feuilles non homogènes.

Après la calcination au rouge sombre, les cendres du résidu insoluble gardèrent leur structure stratifiée. Seulement la coloration noire disparut. Quelques microphotographies nous font voir l'aspect de ces cendres (v. Planche IV).

En synthétisant les résultats des analyses de la solubilité des argiles colloïdales, on arrive au Tableau V, qui nous fait voir que la partie organique est plus aisément dissoute dans l'acide chlorhydrique chaud 10 p. 100 que la partie inorganique. On en dédnit que les matières nutritives des plantes se mettent plus aisément en liberté si elles sont liées à une substance organique, soit à un composé chimiquement défini, soit à un mélange en proportions variables.

Après avoir détruit la substance organique dans le résidu sec insoluble par la calcination au rouge sombre, on soumit les cendres à l'analyse dans le but de se renseigner sur la richesse en éléments fertilisants. L'odeur qui se dégageait pendant le chauffage était très caractéristique. Les cendres du résidu insoluble se composaient comme suit. (Tableau VI) :

TABLEAU VI.

Analyse chimique des cendres du résidu insoluble dans HCl.

	Ždár 141	Adamov		
Profondeur en cm. . . .	10–20	3–17	17–34	49–74
SiO_2	67.930	76.830	89.600	84.194
Al_2O_3	13.465	17.242	5.623	4.526
Fe_2O_3	3.594	1.282	2.111	0.305
MgO	4.165	1.067	1.781	—
CaO	4.761	0.057	traces	2.830
Na_2O	2.798	1.387	—	2.519
K_2O	1.263	0.985	—	0.171
TiO_2	0.	0.	0.	0.
P_2O_5	2.068	0.964	0.710	0.322
SO_3	0.	traces	traces	traces
Mn_2O_3	0.	0.	traces	0.708

Par un simple calcul, on obtient les rapports entre SiO_2 et Al_2O_3 et ceux entre SiO_2 et $(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$.

	Šlapanice		Ždár 104	Ždár 141	Adamov
Profondeur en cm	10–20	105–115	10–20	10–20	3–17
$SiO_2 : Al_2O_3$	4.3	2.6	3.6	2.3	2.5
$SiO_2 : Al_2O_3 + Fe_2O_3$	2.5	1.8	2.1	1.8	1.5

Au point de vue minéralogique, ces rapports devraient s'approcher de ceux du kaolin. Le rapport entre SiO_2 et Al_2O_3 du kaolin = 1.2 : 1.0. Dans nos cas ces rapports s'en écartent considérablement : aû contraire, les rapports entre SiO_2 : (Al_2O_3 + Fe_2O_3) s'en approchent. Il semble que l'alumine ait la même fonction que l'oxyde de fer. La liaison de la silice avec l'oxyde de fer ne semble pas être intime comme nous verrons plus tard.

Dans le Tableau VII on énonça les rapports moléculaires. On ramena tous les éléments à la quantité équivalente en alumine.

TABLEAU VII.

Rapports moléculaires.

Profondeur en cm.	Šlapanice				Ždár 104		Ždár 141		Adamov	
	10-20		105-115		10-20		10-20		3-17	
	molécules	Al_2O_3 = 1	molécules	Al_2O_3 = 1	molécules	Al_2O_3 = 1	molécules	Al_2O_3 = 1	molécules	Al_2O_3 = 1
SiO_2	87.39	7.28	92.86	4.41	98.17	6.07	76.45	3.92	78.60	4.20
Al_2O_3	11.99	1.	21.03	1.	16.16	1.	19.48	1.	18.70	1.
Fe_2O_3	5.23	0.44	6.21	0.29	6.91	0.33	3.76	0.19	7.71	0.41
MgO	5.84	0.48	10.98	0.52	3.44	0.21	15.99	0.82	18.68	0.99
CaO	22.93	1.91	3.32	0.16	4.92	0.30	15.19	0.77	2.21	0.11
Na_2O	7.42	0.62	5.04	0.24	1.49	0.09	9.34	0.47	3.03	0.16
K_2O	0.43	0.04	1.10	0.05	0.48	0.03	3.18	0.16	2.12	0.11
TiO_2	—	—	—	—	0.05	—	—	—	—	—
P_2O_5	2.98	0.25	0.93	0.04	3.99	0.25	2.12	0.11	2.93	0.15
SO_3	2.39	0.19	—	—	0.22	0.01	—	—	0.21	0.01
Mn_2O_3	0.25	0.02	0.55	0.03	1.03	0.06	0.10	0.01	2.47	0.13

La partie soluble de l'argile colloïdale propr. dite (le lot inorganique) dans l'acide chlorhydrique :

Par le traitement consistant seulement en une digestion de trois heures avec l'acide chlorhydrique chaud à 10 p. 100 au bain-marie à l'aide du procédé mentionné plus haut, on obtint des substances solubles. Au point de vue de la nutrition des plantes, cette détermination peut être intéressante, car pour être bien renseigné sur la richesse en éléments fertilisants ou en matières qui peuvent devenir fertilisantes dans le sol, on se sert aussi de l'analyse chimique effectuée à l'aide de l'acide chlorhydrique chaud à 10 pour 100. La partie soluble de l'argile colloïdale se compose comme suit : (Tableau VIII).

D'après ce qui précède nous pouvons constater que les bases alcalines et alcalino-terreuses et l'acide phosphorique sont plus mobiles que l'alumine. Par le traitement répété, on obtiendrait probablement presque toutes les bases alcalines et alcalino-terreuses, l'acide phosphorique et la plus grande partie d'oxyde de fer, quoique celui-ci puisse être plus fortement lié, attendu qu'il paraît en même temps très souvent avec l'alumine des silicates.

TABLEAU VIII.

	Ždár 141	Adamov
Profondeur en cm	10–20	3–17
SiO_2	24.270	17.970
Al_2O_3	26.364	20.994
Fe_2O_3	8.428	23.330
MgO	6.739	14.000
CaO	12.280	2.422
Na_2O	8.799	2.375
K_2O	4.671	3.003
TiO_2	traces	0.
P_2O_5	4.116	7.356
SO_3	traces	0.344
Mn_2O_3	3.162	7.810

En se basant sur les résultats, on croit que la base de l'argile colloïdale au sens le plus large se compose de l'acide alumino-silicique et de la substance humique. Il semble que l'on n'a pas affaire ici à un composé chimiquement défini, mais à un mélange en proportions variables de la substance minérale et organique. De l'union de cette base humo-alumino-silicique et d'autres ions, soit absorbés, soit combinés, résulte un corps qu'on appelle argile colloïdale. Le sorbant de l'argile colloïdale prop. dite n'est représenté que par l'acide alumino-silicique sur lequel sont les ions sorbés probablement plus faiblement que sur le complexe humo-alumino-silicique par suite de l'activité moindre de la surface des colloïdes inorganiques que de celle des colloïdes organiques.

Les rapports entre SiO_2 et Al_2O_3 du résidu insoluble dans l'acide chlorhydrique varient dans des limites extrêmement étendues, ainsi que nous le verrons du tableau suivant :

	Ždár 141		Adamov	
Profondeur en cm.	10–20	3–17	17–34	34–49
$SiO_2 : Al_2O_3$	5.0	4.4	15.9	—

Il serait important d'étudier les relations entre la composition chimique de l'argile colloïdale et entre l'analyse chimique complète ou partielle (à l'aide d'acide chlorhydrique à 10 pour 100) du sol.

En ayant préparé assez d'échantillons des argiles colloïdales, nous allons continuer nos travaux pour contrôler soit l'état de dispersité des substances colloïdales, soit leur chimisme. Les notions précédentes étant acquises, arrivons au résumé de notre travail.

Dr. V. Novák et Dr. L. Smolik, *Brno (Tchécoslovaquie)*. — **Sur la quantité et la composition de l'argile colloïdale des sols.**

Résumé.

Dans le but de déterminer la teneur probable du sol en substances qui peuvent passer à l'état colloïdal, nous avons analysé, jusqu'à présent, dix échantillons de terres arables et forestières. Après avoir communiqué nos résultats déjà en 1922 (*Kolloid-Zeitschrift*, 32), nous avons continué nos recherches.

La préparation de l'argile colloïdale fut exécutée, après lavage des électrolytes du sol au moyen de l'acide chlorhydrique dilué, par la peptisation en milieu ammoniacal, par l'emploi de la sédimentation. Le temps correspondant aux particules de 100 $\mu\mu$ et à la hauteur de sédimentation de 10 cm selon la formule de Stokes, est de 128 jours.

On désigne les substances ainsi dispersées sous le nom d'*argile physique colloïdale*, dans laquelle on discerne la portion inorganique, c'-à.d. *l'argile physique colloïdale proprement dite* et celle organique à. s. *l'humus colloïdal* (toutes les deux sont intimement unies dans de sol).

Les notions précédentes étant acquises, arrivons au résumé de notre travail :

1) Quantitativement sont déterminées les substances colloïdes d'une ou de deux parties de la sédimentation. Supposée la même concentration des dispersoïdes dans le dispergens, on trouve que le contenu vraisemblable de l'argile physique colloïdale (inorganique et organique) peut atteindre plus de 9 % de la masse totale du sol.

2) Le contenu de l'argile colloïdale proprement dit (inorganique) peut atteindre environ 7 % de la masse totale du sol.

3) Le rapport SiO_2 : (Fe_2O_3 + Al_2O_3) dans la composition chimique de la partie inorganique (l'argile physique colloïdale proprement dite) oscille entre 2.5 : 1 et 1.04 : 1 ; le rapport SiO_2 : Al_2O_3 va de 4.3 : 1 à 2.6 : 1.

4) Le contenu des alcalis et des terres alcalines est en général relativement haut.

5) On a fait dissoudre l'argile physique colloïdale de quelques échantillons de terre à l'aide de l'acide chlorhydrique à 10 % pendant trois heures (d'après le procédé des analyses chimiques employées pour la détermination des matières nutritives solubles du sol) et on a constaté : La portion organique de l'argile physique colloïdale est en général plus dissoute que celle inorganique. De ce fait, nous pouvons déduire que les matières nutritives se dégagent plus facilement des combinaisons (ou des complexes) organiques que de la liaison inorganique.

6) Ayant fait des analyses du résidu insoluble dans l'acide chlorhydrique à 10 % de sols forestiers (trois échantillons de la même section de terre) on a trouvé qu'il se compose, en majorité, du composé alumino-silicique. Les alcalis, les terres alcalines et l'acide phosphorique ont été dissous en trois heures. Le détachement total de ceux-ci par le lavage répété [1] est vraisemblable. Le fer est aussi pour la plupart dissout.

[1] On n'a pas décanté jusqu' au bout du lavage des sels solubles, de crainte de peptiser l'hydrogel reversible.

7) De ce qui précède, il semble que la base de l'argile colloïdale au sens le plus large soit l'acide alumino-silicique, combinable (pas au sens absolument chimique) d'une façon instable avec des substances humifères, auxquelles sont aussi fixées d'autres substances. Nous espérons continuer nos recherches en contrôlant les substances de l'argile physique colloïdale par l'emploi de l'ultramicroscope et prendre en considération aussi les dispersides qui n'ont pas été séparés. Nous aurons aussi en vue la comparaison de la composition chimique de l'argile colloïdale à celle de la masse totale du sol.

Dr. V. Novák, and D. L. Smolík *Brno (Czechoslovakia)*. — **On the Quantity and Composition of Colloidal Clay in Soil.**

Abstract.

The authors have analysed 10 soil samples (arable and forest soil) in order to determine the probable content of the soil in substances that might pass into a colloidal state. The first results were published in 1922 (*Kolloid-Zeitschrift* 32).

The colloidal clay was prepared after washing out the electrolytes with dilute hydrochloric acid, by peptisation in an ammonia medium, and by the use of sedimentation. The time required by particles of 100 $\mu\mu$ and a sedimentation height of 10 cm. after the formula of Stokes, was 128 days.

This widely dispersed matter is called " physical colloidal clay, " which holds the inorganic part and the colloidal humus, intimately together.

1) The authors have determined quantitatively the colloidal substances of one or two parts of the sediment. The physical colloidal clay content (inorganic and organic) may be more than 9 % of the total soil mass.

2) The colloidal clay (inorganic) content may be about 7 % of the total soil mass.

3) The ratio SiO_2 : (Fe_2O_3 + Al_2O_3) in the chemical composition of the inorganic part varies between 2.5 : 1 and 1.04 : 1 ; the ratio SiO_2 : Al_2O_3 varies from 4.3 : 1 to 1.6 : 1.

4) The alcali and alcaline earth content is generally rather high.

5) The physical colloidal clay was dissolved by 10 % hydrochloric acid during 3 hours ; the organic part of the physical colloidal clay was found to be generally more easily dissolved than the inorganic part. Thus nutritious matter is more available from organic compounds than from inorganic ones.

6) The authors analysed the unsoluble residue (in 10 % HCl) of forest soils, from three samples of the same section. It was found to consist chiefly of an alumino-silica compound. The alkalis, alkaline earths and phosphoric acid were almost completely dissolved. The iron also dissolved for the greater part.

7) From the above, it seems that the colloidal clay consists chiefly of alumino-silicic acid, combined (not absolutely in a chemical sense) with humus matter, in which other substances are absorbed.

The authors hope to continue these investigations with the aid of the ultramicroscope, and also to study the chemical composition of the colloidal, as compared with the total soil mass.

Prof. Dr. A. CAUDA.
R. Istituto Tecnico, Asti, Italia.

INFLUENZA DEGLI AGENTI CHIMICI SULLA VELOCITÀ DI PRECIPITAZIONE DELL'ARGILLA IN SOSPENSIONE.

Si sperimenta su terra marnosa.

Esperienza I : 27-I-24.

La sospensione terrosa vien fatta con 30 gr. di terra in 600 cc. di acqua di condottura. Su questa sospensione si fanno agire 50 cc. di estratti acquosi a freddo al 25 % di radici di carota, di radice di barbabietola rossa, di foglie di cavolfiore. Temperatura ambiente 8 c. Segni convenzionali: x = torbidità del liquido.

	dopo 17 ore
1. 600 cc. + 30 gr. terra + 50 cc. acqua	XXXX
2. » » + 50 cc. estratto carota	XX
3. » » + 50 cc. estratto beta	X
4. » » + 50 cc. estratto cavolf.	XXX

Dopo 5 minuti' deposito più abbondante con liquido carota, con liquido Beta, con liquido cavolo.

Deduzioni : Gli estratti di barbabietola rossa radice e di carota radice determinano chiarificazione più rapida ; l'estratto di cavolfiore (foglie) lascia torbidità marcata.

Esperienza II : 30-I-24.

Si sperimenta l'azione coagulante di una soluzione di humus sulla sospensione contenente estratti di beta e di cavolo.

	dopo ore 1,30'
1. Testimonio carota	X
2. Estratto beta + 50 cc. estratto humus	XX
3. Estratto cavolo + 50 cc. » »	XXX
4. Testimonio sospensione terrosa in acqua	XX ½

Deduzioni : L'humus ritarda la precipitazione dell'argilla marnosa in sospensione, tali condizioni di torbidità permangono dopo 36 ore.

Esperienza III : Nel n. 3 si addiziona Scorie Thomas e si agita, dopo 12 ore si ha il deposito delle scorie e non la chiarificazione del liquido.

Deduzioni : Le Scorie Thomas non determinano la precipitazione dell'argilla colloidale in sospensione di liquido umico e di estratto di cavoli.

Esperienza IV : 30-I-24, azione della formalina.

	dopo ore 1,30'	dopo 12 ore	dopo 36 ore
1. 200 cc. di sospensione terrosa + 50 cc. di acqua testimonio	XX	X	X
2. 200 cc. di sospensione terrosa + 50 cc. di formalina.	XXXX	XXX	XXX

Deduzioni : Dopo ore 1,30' non si è chiarito il liquido con formalina, cioè la formalina ritarda notevolmente la precipitazione dell'argilla marnosa ed anche dopo 36 ore è conservata la differenza marcata tra il testimonio ed il n. 2.

Esperienza V : Si aggiunge perfosfato acido nel liquido con formalina. L'aggiunta di perfosfato determina la completa chiarificazione nel liquido con formalina.

Esperienza VI : 4-2-24.

La sospensione si fa con 10 gr. di terra marnosa in 1000 cc. di acqua. Temperatura ambiente 10 c.; temperatura del liquido 11 C.; segni convenzionali: x, torbidità del liquido ; o, perfetta limpidità del liquido.

	dopo 14 ore
1. 300 cc. di sospensione, testimonio	X
2. » » + zolfo	O
3. » » + naftalina	XXX

Deduzioni : Con zolfo la precipitazione è completa e la limpidità è perfetta. La torbidità è aumentata dalla naftalina.

Esperienza VII : 5-2-24. *A*) 10 gr. di terra marnosa in 1000 cc. di acqua.

	dopo 17 ore
1. 300 cc. sospensione terra + 300 cc. aq. di conduttura	X
2. » » + 300 cc. aq. distillata	XX

B) Cinque gr. di terra in 200 cc. acqua.

	dopo 17 ore
1. 220 cc. aq. di condottura + 5 gr. di terra	X
2. 200 cc. aq. distillata + 5 gr. di terra	XX

Deduzione : L'acqua distillata determina torbidità maggiore che la stessa acqua non distillata.

Esperienza VIII : 5-2-24.

gr. 10 di terra marnosa in 1000 cc. di acqua.
Temperatura ambiente 10 c.

	dopo 16 ore
1. 300 cc. sospensione, testimonio.	X
2. » » + gomma arabica	XXX
3. » » + farina di grano	XX

Deduzioni : La gomma arabica determina torbidità maggiore e chiarificazione più lenta ; così è per la farina di grano che determina chiarificazione più lenta e torbidità alquanto minore che la gomma arabica.

Esperienza IX : 6-2-24. 10 gr. di terra in 1000 cc. d'acqua, temperatura ambiente 7 c.

			dopo 3 ore ½	dopo 20 ore
1.	300 cc. sospensione, testimonio		XXXX	XXXX
2.	» »	+ perfosfato	X	0
3.	» »	+ calciocianamide	XX	X
4.	» »	+ cloruro potassico	XXX	½
5.	» »	+ solfato ammonico	XXXX	XX
6.	» »	+ fosfato bicalcico	XX	XX
7.	» »	+ fosfato monopotassico	X	0
8.	» »	+ polvere di zinco	XX	½

Deduzioni : La precipitazione è completa col perfosfato e col fosfato monopotassico, quasi totale ma lenta con cloruro potassico e con polvere di zinco ; lieve torbidità permane con calciocianamide ; notevole torbidità si mantiene con solfato ammonico e con fosfato bicalcico.

Esperienza X : 6-2-24, temperatura ambiente 12 C.

			ta del liquido	dopo 16 ore
1.	300 cc. di sospensione, testimonio		11 C.	XX
2.	» »	+ alcool	13 C.	XXX
3.	» »	+ glicerina	12 C.	XXX
4.	» »	+ trementina	12 C.	X
5.	» »	+ sublimato corrosivo	12 C.	XX ½
6.	» »	+ fosfato bipotassico	10 C.	0

Deduzioni : Il fosfato bipotassico determina la completa chiarificazione del liquido, alquanta chiarificazione si ha con trementina ; rallentano od inibiscono la deposizione dell'argilla l'alcool, la glicerina, il sublimato corrosivo.

Esperienza XI : 7-2-24, temperatura ambiente 14 C.

			dopo 17 ore
1.	300 cc. di sospensione, testimonio		X
2.	» »	+ saccarosio	X ½
3.	» »	+ farina senapa nera	XX
4.	» »	+ olio pesante	XX
5.	» »	+ acido butirrico	XXX
6.	» »	+ cenere	0

Deduzioni : La cenere determina precipitazione totale ; mantengono torbidità l'acido butirrico, l'olio pesante, la farina di senapa nera, il saccarosio.

Esperienza XII : 7-2-24, temperatura ambiente 10,5 C.

			dopo 16 ore
1.	300 cc. testimonio		XX
2.	»	+ eosina	XXX
3.	»	+ leucite	XXX
4.	»	+ sangue secco	XXXX
5.	»	+ nitrato sodico	XX
6.	»	+ fosfato calcico precipitato 35 %	X
7.	»	+ polvere d'ossa	XXXX
8.	»	+ polvere di fosfati minerali	X

Deduzioni: Determinano chiarificazione forte, sebbene non completa, il fosfato precipitato e la polvere di fosfati minerali, meno forte o nulla il nitrato sodico, mantengono torbidità sentita la polvere d'ossa, il sangue secco, la leucite, l'eosina.

Esperienza XIII : 8-2-24, temperatura ambiente 11 C.

			dopo 22 ore
1.	300 cc. testimonio		XX
2.	»	+ Scorie *A*	X
3.	»	+ Scorie *B*	X
4.	»	+ perfosfato	0
5.	»	+ zenonite	0
6.	»	+ Biossido di Mn	0

Deduzioni : Il perfosfato, la zenonite, il biossido di Mn, determinano la completa chiarificazione del liquido ; mantengono torbidità le scorie.

Esperienza XIV : 8-2-24, temperatura ambiente 8 C.

			dopo 22 ore
1.	300 cc. testimonio		X
2.	»	+ acetato di sodio	XX
3.	»	+ cloruro ammonico	X
4.	»	+ acido nitrico	0
5.	»	+ concime « astro »	0
6.	»	+ solfato di rame	0
7.	»	+ essenza di senape	XXX
8.	»	+ acido acetico	X

Deduzioni : L'acido nitrico, il concime « astro », il solfato di rame determinano la completa chiarificazione del liquido, mantengono torbidità l'essenza di senape, l'acetato di sodio, il cloruro ammonico, l'acido acetico.

Esperienza XV : 9-2-24, temperatura ambiente 15 C.

			dopo 19 ore
1.	300 cc. testimonio		XX
2.	»	+ solfuro di carbonio	XXX
3.	»	+ cloruro stannoso	0
4.	»	+ nitrato mercuroso	0
5.	»	+ solfato di Mg	X
6.	»	+ solfato di sodio	XX ½

Deduzioni: Determinano torbidità il solfuro di carbonio ed il solfato di sodio: determina chiarificazione totale il cloruro stannoso ed il nitrato mercuroso, determina parziale chiarificazione il solfato di magnesio.

Esperienza XVI: 9-2-24, temperatura ambiente 12 C.

		dopo 19 ore
1.	300 cc. testimonio	XX
2.	» + terra sabbiosa con sovescio di senape bianca	XXXX
3.	» + terra argillo-calcare coltivata a lupini	X
4.	» + terra sabbiosa rossa	XX
5.	» + terra argillosa rossa *A*	X
6.	» + terra argillosa rossa *B*	½
7.	» + terra argillo-sabbiosa	XX
8.	» + terra argillosa	XX

Deduzioni: Determina torbidità nel liquido la terra con sovescio di senape bianca; determinano chiarificazione la terra argillo-calcare coltivata a lupini e le terre argillose rosse ferruginee, non determinano chiarificazione le terre sabbiose.

Esperienza XVII: 11-2-24, temperatura ambiente 11 C.

		dopo 15 ore
1.	300 cc. testimonio	X
2.	» + cloruro potassico	XX
3.	» + solfato potassico	XX
4.	» + solfato ammonico	X
5.	» + tintura di iodo	0
6.	» + benzina	½

Deduzioni: Determinano torbidità il cloruro potassico ed il solfato potassico; determinano chiarificazione la tintura di iodo e la benzina; il solfato ammonico non determina chiarificazione.

Esperienza XVIII: 11-2-24, temperatura ambiente 11 C.

		dopo 15 ore
1.	300 cc. testimonio	XX
2.	» + acetone	½
3.	» + ferrocianuro potassico	0
4.	» + ioduro potassico	XX
5.	» + nitrato potassico	X
6.	» + solfuro d'ammonio	X
7.	» + solfato di calcio	X
8.	» + solfocianuro potassico	X

Deduzioni: Lo ioduro potassico determina torbidità; il nitrato potassico, il solfuro d'ammonio, il solfato di calcio, il solfocianuro potassico non determinano rapida chiarificazione.

Determinano chiarificazione l'acetone ed il ferrocianuro potassico.

Esperienza XIX: 12-2-24, temperatura ambiente 12 C.

		dopo 18 ore
1.	300 cc. testimonio	XX
2.	» + fucsina S. Weigert	0
3.	» + fucsina comune	½
4.	» + bleu Unna	X
5.	» + bleu Löffler	½
6.	» + olio di cedro.	XX

Deduzioni: Determina rapida chiarificazione la fucsina S. Weigert; determinano meno rapida chiarificazione la fucsina comune ed il bleu Löffler.

Il bleu Unna determina chiarificazione non rapida.

L'olio di cedro mantiene torbidità.

Esperienza XX: 12-2-24, temperatura ambiente 11 C.

		dopo 18 ore
1.	300 cc. testimonio	X
2.	» + borace	XX
3.	» + cloruro di sodio	½
4.	» + calce clorica	0
5.	» + enocianina	X
6.	» + senape (foglie polverizzate)	XXX
7.	» + fenolftaleina	XXX
8.	» + eosina	0

Deduzioni: La calce clorica e l'eosina determinano rapida chiarificazione; meno rapida la determina il cloruro di sodio; non la determina l'enocianina; l'aumentano la senape (foglie polverizzate), la fenolftaleina, il borace.

Esperienza XXI: 30-1-24. Azione del caldo.

		t° del liquido	dopo 20'	dopo 12 ore	dopo 36 ore
1.	300 cc. sospensione + 300 cc. aq. fredda	10 C.	XX	X	X
2.	» » + 300 cc. aq. calda	35 C.	XXX	XX	XX

Deduzioni: Dopo 20' alla temperatura di 35 C. deposizione meno rapida e torbidità maggiore che alla temperatura di 10 C; dopo 12 ore la deposizione in parte avviene per il raffreddamento del liquido, ma la differenza di torbidità permane, il che sta a significare che a caldo si è sciolta più grande quantità di colloidi, i quali anche col successivo raffreddamento non si depositano.

La differenza di 25 C. in meno determina nel liquido la sospensione di una maggiore quantità di materie colloidali ed un rapido inizio del processo di chiarificazione a cominciare dalla parte superiore.

Esperienza XXII: Nel n. 2 (liquido caldo) della esperienza XXI si aggiunge solfo e si ha precipitazione completa dei colloidi sospesi; cioè anche a caldo lo zolfo agisce da chiarificante del liquido argilloide.

Prof. Dr. A. CAUDA, *Asti (Italie)*. — **Influence des agents chimiques sur la rapidité de précipitation de l'argile en suspension.**

RÉSUMÉ.

Les expériences pratiquées au sujet de l'influence que les substances chimiques exercent sur la rapidité de précipitation de l'argile en suspension ont le but d'expliquer l'action coagulante de différentes matières organiques ou minérales sur l'argile colloïdale.

Les corps dont nous avons expérimenté l'action sont les suivants: extrait de racine de carotte, extrait de racine de betterave, extrait de feuilles fraîches de choufleur, feuilles de moutarde pulvérisées, humus, farine de blé, farine de moutarde noire, gomme arabique, huile de cèdre, saccharose, sang sec, poudre d'os, alcool éthylique, glicérine, térébenthine, essence de moutarde, formaline, acétone, acide acétique, benzine, fuchsine Weigert, fuch ine, bleu Unna, bleu Löffler, éosine, phénolphtaléine, naphtaline, sulfure de carbone, cyanamide de calcium, eau distillée, eau chaude, poudre de zinc, bioxide de Mn, zénonite, engrais catalytique « astro », acétate de sodium, cyanure de fer potassique, chlorure d'ammonium, chlorure de potassium, chlorure de sodium, chlorure stanneux, sublimé corrosif, teinture d'iode, iodure de potassium, borax, chaux chlorique, soufre, sulfate d'ammoniaque, sulfate de sodium, sulfate de Mg, sulfate de cuivre, sulfate de potassium, sulfate de calcium, sulfure d'ammonium, sulfocyanure de potassium, acide nitrique, nitrate mercureux, nitrate sodique, nitrate potassique, superphosphate acide, superphosphate minéral, phosphate bibasique de calcium, phosphate monopotassique, phosphate bipotassique, phosphate précipité, poudre de phosphates minéraux, scories Thomas, leucite, cendre, terre sableuse avec engrais vert de moutarde, terre sableuse rouge, terre argilo-calcaire cultivée en lupins, terre argileuse rouge, terre argileuse.

Les données expérimentales nous révèlent qu'il y a une précipitation assez rapide, mais non complète, de l'argile avec : extrait de betterave, cyanamide de calcium, chlorure de ptassium, poudre de zinc, térébenthine, phosphate précipité, poudre de phosphates, scories, chlorure de NH^4, acide acétique, sulfate de Mg, terre argilo-calcaire, terre argileuse rouge, sulfate de NH^4, benzine, acétone, nitrate potassique, sulfure de NH^4, sulfate de calcium, sulfocyanure potassique, fuchsine, bleu Unna, bleu Löffler, chlorure de sodium, oenocyanine.

Les agents suivants déterminent *une précipitation rapide et complète:* soufre, superphosphate, phosphate monopotassique, phosphate bipotassique, cendre, zénonite, bioxyde Mn, acide nitrique, engrais « astro », sulfate de cuivre, chlorure stanneux, nitrate mercureux, teinture d'iode, cyanure de fer potassique, fuchsine Weigert, chaux chlorique, éosine.

L'eau distillée maintient davantage les suspensions que la même eau non distillée ; l'argile se précipite plus lentement à chaud qu'à froid.

Il est digne de marque que c'est l'*humus* qui donne la dissolution la plus trouble.

Ces actions de précipitation sont-elles causées par le poids et par la subdivision des matières introduites dans la suspension ou bien par leur fort pouvoir coagulant (acides, bases terreuses) ?

Dans la critique de la première supposition, on observe, par exemple que la terre sableuse rouge, bien qu'elle soit lourde, n'a pas déterminé une clarification du liquide et cela parce qu'elle n'est pas finement subdivisée.

Il est certain que l'extension de ces recherches pourra porter une nouvelle clarté sur le mécanisme des fumures en général et de l'engrais vert en particulier, en éclaircissant les détails de leur action physique.

Prof. Dr. A. CAUDA, *Asti (Italy)*. — **Influence of Chemical Substances on the Rate of Precipitation of Clay in Suspension.**

ABSTRACT.

Experiments concerning the influence of chemical substances on the rate of precipitation of clay in suspension are made in order to throw light on the coagulating action of different organic or mineral substances on colloidal clay.

The author has studied the following: extract of roots of carrots, extract of roots of beets, extract of fresh cabbage leaves, humus, wheat flour, gum-arabic, cedar oil, sugar, dried blood, bone powder, ethilyc alcohol, glicerine, turpentine, formaline, acetone, acetic acid, petrol, fucsine Weigert, Löffler's blue, eosin, phenolphtalein, naphtaline, carbon disulfide, calcium cyanamide, distilled water, warm water, zinc powder etc.

Experimental data show that a rather rapid but incomplete deposition of the clay takes places, with the beet root extract, calcium cyanamide, potassium chlorid, zinc powder, turpentine, precipitated phosphate, ground phosphate, basic slag, ammonium-chloride, acetic acid, magnesium-sulphate, clay-lime soil, red clay, ammorium sulphate, petrol, acetone, potassium nitrate, ammonium sulphide, calcium sulphate, potassium rhodanate, fucsine, blue Unna, Löffler's blue, sodium chloride, enocianine.

A *complete and rapid precipitation* is caused by the following substances: sulphur, perphosphate, mono-potassic phosphate, di-potassic phospate, ash, zenonite, manganese dioxide, nitric acid, " astro " fertiliser, copper sulphate, tin chloride, mercury nitrate, iodine, fucsine Weigert, eosin.

Distilled water causes a greater turbitude than the same water not distilled; hot water gives a slower deposit than cold.

The greater turbitude caused by humus should be noted.

This action of precipitation must be interpreted as caused by the weight and by the subdivision of the matter introduced into suspension, or by their strong coagulant power (acids and earth bases).

For instance : it has been observed that red sand, however heavy, does not cause a clarification of the liquid, because it is not finely subdivided.

The author is of the opinion that continued research of this nature will throw light on the action of fertilisation in general, and more particularly on the physical action of fertilisers.

Dr. H. BURGER.

Assistent der forstlichen Versuchsanstalt, Zürich, Schweiz.

DIE PHYSIKALISCHE BODENUNTERSUCHUNG, INSBESONDERE DIE METHODEN ZUR BESTIMMUNG DER LUFTKAPAZITÄT.

Der Generalsekretär der internationalen pedologischen Kommission, Dir. Doktor HISSINK, hat mir den Auftrag erteilt, in Rom, anlässlich der pedologischen Konferenz ein Referat zu halten über die physikalische Untersuchung gewachsener Böden, unter besonderer Berücksichtigung der Luftkapazität.

Da ich als Forstmann gewissermassen nur Amateurbodenkundler bin, so schien es mir einesteils etwas gewagt, vor den anerkanten Autoritäten der Bodenkunde ein Referat abzuhalten. Anderseits erinnerte ich mich daran, von Prof. Dr. RAMANN in der Zeitschrift für Forst- & Jagdwesen gelesen zu haben, dass ein guter Pedologe auch Land- & Forstwirt sein sollte, und dass ein tüchtiger Forstwirt notwendig auch etwas von Bodenkunde verstehen müsse. RAMANN hat auch die Meinung geäussert, dass nur ein enges Zusammenarbeiten zwischen Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Bodenkunde zu einer allseitigen Förderung der Erkenntnisse und des Fortschrittes dienlich sei. Betrachten Sie mich deshalb als einen Vertreter der Forstwirtschaft, der zwar leider von Agrikulturchemie nicht sehr viel versteht, dagegen hofft, zur Förderung der Kenntnisse der Bodenphysik einen bescheidenen Beitrag leisten zu können.

I. — DER HEUTIGE STAND DER PHYSIKALISCHEN BODENUNTERSUCHUNG.

Ich will Sie verschonen vor einem geschichtlichen Rückblick über die Entwicklung der Bodenphysik. Darüber sind ja die Herren alle besser orientiert als der Referent. Doch muss ich immerhin darauf hinweisen, dass man bis in die neueste Zeit sehr wenig Böden in ihrer natürlichen Lagerung untersucht hat. Die Untersuchung sogenannter gewachsener Böden schien so gar nicht zu den sonst so feinen und komplizierten Untersuchungsmethoden zu passen, dass viele Wissenschafter es scheinbar unter ihrer Würde hielten, eine offensichtlich so rohe und handwerksmässige Bodenanalyse durchzuführen. Vielleicht trägt auch die etwas stark ausgeprägte Spezialisierung der einzelnen Forscher zum Teil die Verantwortung an der spät einsetzenden Untersuchung des gewachsenen Bodens. Der eine ist Spezialist in H- Jonenkonzentration, ein anderer in Kolloiden, ein dritter in Pufferwirkungen, ein vierter in Luftkapazität u. s. w. Wenn nun auch das Spezialisieren gewiss sehr fördernd gewirkt hat für die Erforschung der Einzelfaktoren der Bodeneigenschaften, so geht anderseits durch allzu einseitige Forschertätigkeit leicht auch der Zusammenhang mit dem Ganzen etwas verloren.

Mir scheint, dass die Bodenkunde tatsächlich etwas unter der Spezialisierung gelitten hat. Man hat vielfach das Problem von hinten angefasst, indem man mit der Untersuchung der Details begann, bevor man über den Boden als Ganzes genügend aufgeklärt war. So wurde z. B. sehr lange Zeit nur die Feinerde untersucht; es wurden deren Fraktionen mehr oder weniger genau auf 4 Dezimalen geschlämmt; es wurden Total- oder auch nur sogenannte Nährstoffanalysen ausgeführt und am Ende wusste man nicht einmal, wie gross der prozentuale Anteil der Feinerde am Gesamtgewicht oder Gesamtvolumen des Bodens sei. Man kannte also wohl eine grosse Zahl wertvoller Einzelheiten der Feinerde, aber es fehlte die Grundlage, um deren Auswirkung auf den Gesamtboden zu übertragen. Ebenso sind eine Menge von Bodenluftanalysen ausgeführt worden, ohne dass man sich zuerst Rechenschaft gab, wie viel Luft die Böden im schlimmsten Falle, also in gesättigtem Zustande, überhaupt noch enthalten können.

Man sollte sich meines Erachtens zuerst klar sein über die Struktur des Bodens und über die grobe Zusammensetzung desselben nach fester Substanz, Wasser und Luft, und erst nachher scheint es geboten, die einzelnen Teile bis zu den Jonen zu analysieren. Wenn auf einer Baustelle alle Baumaterialien bis auf den letzten Nagel herumliegen, so vermögen wir uns doch sicher kein Bild zu machen, wie das zu bauende Haus aussehen soll. Bei Bodenuntersuchungen liegen die Verhältnisse ähnlich, nur haben wir es meist mit dem vollendeten Gebäude zu tun und viele Pedologen vergessen leicht, sich zuerst einen Plan des Baues herzustellen, bevor sie ihn zertrümmern und die Bausteine analysieren.

Die Problemstellung ist bei einer Wissenschaft, die so sehr der Praxis dienen soll wie die Bodenkunde, nicht gleichgültig. Man gestatte nur den Hinweis auf die Kolloidchemie, die lange Zeit für die Bodenkunde ziemlich fruchtlos blieb, weil man nur die feinsten Bodenteilchen in Rechnung stellte. Hier hat schon die moderne Anschauung, die den Boden als Ganzes ins Auge fasst, die ganze Bodendispersoidchemie auf einen neuen vielversprechenden Pfad geleitet. Wir müssen bei jedem wissenschaftlichen Problem vom Rohen ins Feine arbeiten. *Die roheste und deshalb erste Arbeit der Bodenuntersuchung muss daher notwendig die Feststellung der Bodenstruktur und die Bestimmung der festen Substanz, des Wassers und der Luft des Bodens sein.* Ist diese Aufgabe gelöst, so mag man weiter analysieren bis zu den Jonen; man wird stets die gewonnenen Resultate sinngemäss deuten können, weil man einen Begriff vom Ganzen als Grundlage hat.

Diese Anschauung haben glücklicher Weise auch einige namhafte Forscher vertreten. Schon SCHUMACHER hat (1864) die Wichtigkeit der Untersuchung der gewachsenen Böden als Ganzes erkannt. Er hat schon den Gang der Untersuchungsmethode angedeutet, die heute noch angewendet wird. HEINRICH hat sich ebenfalls mit der Frage abgemüht, ohne indessen zu einer Abklärung zu gelangen. Wir verdanken den heutigen Stand der Untersuchungsmethoden für gewachsene Böden hauptsächlich Prof. RAMANN und Prof. KOPECKÝ. RAMANN hat die ersten gewachsenen Waldböden untersucht und KOPECKÝ hat uns eine gut durchdachte Methode zur systematischen Untersuchung gewachsener Böden geliefert. KOPECKÝ gab uns aber nicht nur die Methode, sondern zeigte auch, anhand untersuchter landwirtschaftlicher Böden, Sinn und Bedeutung der physikalischen Analyse gewachsener Böden. Noch bedeutungsvoller als für die zum Teil bearbeiteten landwirtschaft-

ichen Böden erweist sich die Kenntnis der physikalischen Eigenschaften der stalleren Waldböden. Es ist daher nicht Zufall, dass RAMANN und KOPECKÝ besonders aus forstlichen Kreisen eifrige Anhänger und Schüler gefunden haben. Genannt seien ALBERT, als forstl. Bodenkundler, ENGLER, als Waldbaulehrer, TSCHERMAK, KRAUS und der *Referent* ebenfalls als Forstleute u. a.

Schon RAMANN und KOPECKÝ haben dargetan, dass Werte über Porenvolumen und Wasserkapazität nur Bedeutung haben, wenn sie am natürlich gelagerten, gewachsenen Boden ermittelt worden sind. KOPECKÝ hat aber auch bewiesen, dass weder Porenvolumen noch Wasserkapazität allein ein Kriterium zur Beurteilung der Güte landwirtsch. Böden darstellt, sondern einzig die Luftkapazität des gewachsenen Bodens. Der Referent war in der Lage, die Resultate von KOPECKY für Waldböden zu bestätigen. Es gelang darüber hinaus den tiefgreifenden Unterschied zwischen der Struktur des Ackerbodens und des Bodens einer Dauervegetation an Hand von Luftkapazitätsbestimmungen und Durchlässigkeitsversuchen darzulegen. Ferner war es leicht möglich, die schlimmen Folgen des Kahlschlages, der Stockrodung und besonders des Waldfeldbaues einleuchtend zu erklären und zahlenmässig zu belegen. Neuere Untersuchungen haben mir gezeigt, dass durch die gleiche Untersuchungsmethode auch der Einfluss verschieden starker Bestandeslichtung auf den Waldboden scharf zum Ausdruck gelangt. Die Resultate sind bis jetzt alle klar und eindeutig. Immerhin hielt ich es in meiner Publikation, " Die physikalischen Eigenschaften der Wald- und Freilandböden ", für notwendig, die Gültigkeit der Resultate einzuschränken auf etwas schwere Böden gleicher geologischer Unterlage und gleicher klimatischer Bedingungen. Sand- und Kiesböden harren noch der Untersuchung ; ein abschliessendes Urteil ist deshalb noch nicht zu fällen.

II. — BEDEUTUNG DER LUFTKAPAZITÄT UND DURCHLÄSSIGKEIT GEWACHSENER BÖDEN.

Meine folgenden Ausführungen beziehen sich hauptsächlich auf Waldböden, weil ich mit den Verhältnissen der landwirtschaftlichen Böden zu wenig vertraut bin und mir deshalb kein diesbezügliches Urteil erlaube. Es ist bis jetzt durch mechanische und chemische Feinerdeuntersuchungen noch nie gelungen, Bonitätsunterschiede der Waldböden eindeutig durch Zahlen festzulegen. Mit den früher üblichen Untersuchungsmethoden war es auch nicht möglich, die schädliche Wirkung des Kahlschlages, der Stockrodung und des Waldfeldbaues nachzuweisen, obwohl die Verschlechterung des Bodens am Wachstum der Bestände deutlich genug durch Augenschein und Messung festgestellt werden konnte. Besonders ALBERT hat durch sehr sorgfältige, zahlreiche vergleichende Analysen die Unzulänglichkeit der bisherigen Methoden der Waldbodenuntersuchung dargetan (*Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen*, 1912, S. 2 und 665, 1913, S. 221 u. f.). Sodann darf ich darauf hinweisen, dass unter Leitung von Prof. WIEGNER in Zürich Schlämmanalysen und Nährstoffanalysen eines sehr schlechten Waldbodens vom Biglenwald, Kanton Bern, und eines vorzüglichen Bodens aus dem Sihlwald bei Zürich ausgeführt worden sind. Die Resultate fielen so ähnlich aus, dass man sie ohne genaue Kenntnis der Sachlage gar nicht von einander unterscheiden konnte. Diese Tatsache braucht

uns aber gar nicht zu überraschen. Schon die Aschenanalysen von WOLFF und EBERMAYER haben gezeigt, dass der Entzug von Mineralstoffen aus dem Waldboden sehr gering ist. Neuerdings hat VOGEL v. FALKENSTEIN (Int. Mitteil. f. Bodenkunde, 1911) überzeugend nachgewiesen, dass für die Ernährung des Waldes in den meisten Fällen auch im ärmsten Boden genügend Nährstoffe vorhanden seien. RAMANN stand schon 1893 auf diesem Standpunkt. Damit stimmt auch die Erfahrung überein, dass Düngungsversuche im Walde nur in ganz jungen Beständen positive Ergebnisse lieferten, in mittelalten und alten Beständen aber resultatlos verliefen. Wenn da und dort eine Kalkdüngung Erfolg zeigte, so war derselbe sicher mehr der Nebenwirkung des Kalkes als seiner Nährstoffwirkung zuzuschreiben. Auffallend, aber für den Forstmann und Pedologen durchaus verständlich ist deshalb die in der Schweiz allgemeine Erscheinung, dass die auf ausgemagertem Waldfeld begründeten Waldkulturen zuerst üppig gedeihen, aber schon nach 15-20 Jahren zu stocken beginnen, frühzeitig verlichten und absterben.

Alle diese Ueberlegungen drängen zu der Annahme, dass den Waldbodenproblemen durch Feinerdeuntersuchungen nicht beizukommen ist. Luftkapazitäts- und Durchlässigkeitsbestimmungen an gewachsenen Böden führten dagegen zu sehr eindeutigen, sinngemässen Resultaten, wenigstens soweit unsere etwas schweren, mineralkräftigen Böden der Schweiz in Frage kommen. Künstlich oder durch unrichtige Bewirtschaftung herbeigeführte Verschlechterungen des Waldbodens liessen sich nachweisen durch Luftkapazitätsbestimmungen und Sickerversuche.

KOPECKÝ hat die Luftkapazität wie folgt definiert : *Unter Luftkapazität des Bodens verstehe ich jene Grösse, welche das Volumen jener Poren des Bodens angibt, das nach der Sättigung des Bodens mit Wasser bis auf die Höhe der absoluten Wasserkapazität noch immer mit Luft erfüllt bleibt* ».

Da nur jene Poren hauptsächlich die Luftkapazität bedingen, die zufolge ihrer Grösse nicht mehr kapillar wirksam sind, so vermittelt ihre Bestimmung indirekt auch einen Einblick in die Struktur des Bodens. Die Luftkapazität von Wiesen- und besonders Waldböden verändert sich unter normalen Bedingungen im Laufe der Zeit sehr wenig, in der Ackerkrume sind dagegen die Schwankungen innerhalb eines Jahres bedeutend. Wir erkennen daraus, dass der Boden eine gewisse Struktur haben muss, der Ackerboden eine sehr veränderliche, der Wiesen- und Waldboden eine stabilere.

Bei den von mir untersuchten Böden zeigte, gleiche übrige Bedingungen vorausgesetzt, stets der gesunde Waldboden die höchste Luftkapazität und Durchlässigkeit ; in weitem Abstand folgte die Dauerwiese. Die Luftkapazität der Ackerkrume war frisch nach der Bearbeitung meist etwas höher als die der Wiese, sank aber oft schon nach einigen Niederschlägen unter die Luftkapazität der Wiese und erreichte auch sofort nach der Lockerung des Ackers nie den Wert eines gesunden Waldbodens. Es ist wahrscheinlich, dass nicht immer *die maximale Luftkapazität* der besten Güte des Bodens entspricht ; man kann sich aber leicht vorstellen, dass es für jeden natürlich gelagerten Boden eine *optimale Luftkapazität* geben müsse.

Eine gewisse Höhe der Luftkapazität sichert auch nach Regenperioden und Schneeschmelzen eine richtige Durchlüftung des wassergesättigten Bodens und damit eine genügende Sauerstoffzufuhr zu den Wurzeln. Eine hinreichende Durchlüftung des Bodens ist auch notwendig zum Gedeihen der Bodenflora und besonders

der Bodenfauna. Vermodern Wurzeln und Stöcke im Boden bei mangelndem Luftzutritt, so entsteht saurer, ungesättigter Humus, dessen schädliche Wirkung auf die Wurzeln und die Bodenfauna allgemein bekannt ist. Ist der Boden schlecht durchlüftet, so können sich auch leicht schädliche Eisenverbindungen bilden.

In einem Aufsatz in der Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, 1921, sucht MEINECKE, gestützt auf Arbeiten von BORNEMANN und FISCHER, zu beweisen, *dass das Wachstum des Waldes hauptsächlich durch den Kohlensäuregehalt der Luft bedingt sei.* Man vergleiche dazu auch REINAU : « Kohlensäure und Pflanzen », Halle 1920. MEINECKE regt deshalb an, die Kohlensäurebildung auf natürlichem Wege zu befördern durch Massnahmen, die eine gleichmässige Zersetzung der Humussubstanzen herbeiführen, z. B. richtige Bestanderspflege, Reisigdüngung, eventuell Unterbau verlichteter Bestände mit Buchen. Diese vom Praktiker längst angewandten Massnahmen zur Bodenverbesserung führen ohne weiteres auch zu einer physikalischen Verbesserung des Bodens. Anderseits ist eine gleichmässige Zersetzung der Waldstreu fast immer gesichert, wenn der Boden eine gesunde Struktur aufweist, mit andern Worten, wenn er eine optimale Luftkapazität besitzt.

MÖLLER und HAUSENDORF versuchten, ebenfalls in der Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, 1916 und 1921, den Nachweis zu erbringen, *dass das Wachstum der Holzgewächse beherrscht sei von dem zur Verfügung stehenden Stickstoff.* Nach ihren Untersuchungen erwies sich der Humus des Waldes als die beste Stickstoffquelle. Nehmen wir an, dass die aufgestellte Theorie richtig sei, obwohl nur Versuche mit jungen Beständen durchgeführt worden sind, so folgt auch hier, dass eine gleichmässige, stetige Zersetzung der Humussubstanzen durch Bestandes- und Bodenpflege herbeigeführt werden muss. Ein lockerer Boden mit optimaler Luftkapazität begünstigt immer den regelmässigen Abbau der Humussubstanzen.

Die neusten Theorien über *H-Jonenkonzentration* passen vorzüglich zu der Annahme einer optimalen Luftkapazität für jeden gesunden Waldboden. Ein gut durchlüfteter Boden sichert richtigen Humusabbau, wodurch eine Versauerung nicht zu befürchten ist. Auch mit der *Kolloidchemie* scheint mir die Theorie einer optimalen Luftkapazität durchaus nicht im Widerspruch zu stehen.

Mit der Luftkapazität geht bis zu einem gewissen Grade parallel die Durchlässigkeit. Es ist anzunehmen, dass es auch für jeden gewachsenen Boden eine optimale Durchlässigkeit geben wird, die das rasche Eindringen auch intensiver Sommerniederschläge in tiefere Bodenschichten sichert und anderseits auch für richtige Drainage in Regenzeiten sorgt. Bei den bis jetzt von mir untersuchten tonhaltigen, mineralkräftigen Waldböden entsprach immer höchste Durchlässigkeit dem besten Boden. Kies- und Sandböden können aber auch zu stark durchlüftet und zu durchlässig sein. Für diese Bodenarten ist es noch notwendig, durch vergleichende Bodenuntersuchungen die günstigste Durchlässigkeit festzustellen.

Die Ansichten über Struktur-Verhältnisse, Luftkapazität und Durchlässigkeit, wie ich sie hier entwickelt habe, sprechen meines Erachtens gegen keine bisher anerkannte Theorie der Bodenkunde. Im Gegenteil ; die Resultate der Untersuchungen gewachsener Böden haben viele Probleme der forstlichen Praxis zahlenmässig festgelegt, die man früher wohl ahnte, und auch ohne Beweise oft ganz richtig deutete. Zudem bildet für die Zukunft die rohe Analyse des gewachsenen Bodens die Grund

lage, auf der basiert alle Resultate von Spezialuntersuchungen viel besser und sicherer erklärt werden können als bis anhin.

III. — METHODE ZUR BESTIMMUNG DER LUFTKAPAZITÄT UND DURCHLÄSSIGKEIT.

Zur Untersuchung der Böden in natürlicher Lagerung und zur Bestimmung der Luftkapazität hat sich bis jetzt nur ein Erfolg versprechender Weg gezeigt. SCHUMACHER schlug vor, ein bestimmtes Volumen des Bodens mittels eines unten scharf geschliffenen Zylinders herauszuschneiden und dann Wasserkapazität und Porenvolumen dieser Probe zu bestimmen. HEINRICH und RAMANN haben die Idee aufgegriffen und die ersten gewachsenen Böden untersucht. KOPECKÝ aber hat den Begriff der Lufkapazität in der Schärfe und Eindeutigkeit eingeführt, wie wir ihn heute kennen. Der schwache Versuch von TRNKA, die Zylindermethode von KOPECKÝ als untauglich zu erklären, ist vollständig misslungen.

Indem ich im folgenden den Gang einer Analyse eines gewachsenen Bodens verfolge, werde ich zugleich auf die Schwierigkeiten der Untersuchung und die der Methode noch anhaftenden Mängel hinweisen.

Zuerst muss man sich klar sein über *die Wahl der Zylinder.* KOPECKÝ hat zuerst nur kleine Zylinder von 70 cm³ und 200 cm³ vorgeschlagen. Später gab er selbst zu, dass für die Untersuchung steiniger Böden grössere Zylinder verwendet werden müssen. Für die Untersuchung der steinigen Böden der Schweiz verwendete ich Zylinder mit einem Volumen von 1000 cm³ und 2000 cm³. Für die Luftkapazitätsbestimmung ist die Grösse der Zylinder theoretisch gleichgültig, wenn der Zylinder nur nicht zu kleinen Querschnitt hat. Praktisch kann ein kleiner Zylinder für feinen, steinlosen Boden gute Resultate liefern, während für steinige, stark durchwurzelte Böden unbedingt grössere Zylinder verwendet werden müssen.

Für die Schweiz wird an dem Normaltyp mit 1000 cm³ Inhalt, 100 cm² Querschnitt, 10 cm Höhe, ziemlich sicher festgehalten. Will man international gewisse *Normaltypen von Zylindern* aufstellen, so würde ich drei Modelle vorschlagen :

1. 1000 cm³ Inhalt, 100 cm² Querschnitt und 10 cm Höhe.
2. 500 cm³ » 70 cm² » und 7.14 cm »
3. 100 cm³ » 20 cm² » und 5.0 cm »

Als *Material zur Herstellung der Zylinder* würde sich Messing zwar recht gut eignen, ist aber zu teuer, da in steinigem Boden die Zylinder bald unbrauchbar werden und deshalb viel Ersatz notwendig ist. Eisen genügt übrigens auch vollständig. Nach meinen Versuchen hat sich hartes Flusseisen besser bewährt als Stahl. Trifft ein harter Stahlzylinder im Boden mit einem Stein zusammen, so brechen sehr leicht grössere Lücken heraus. Der Stahlzylinder ist dann endgültig verloren, während nicht zu stark beschädigte Eisenzylinder wieder justiert werden können.

Die Wandung des Zylinders muss möglichst dünn gewählt werden, doch muss das Material immerhin eine genügende Stabilität sichern. Unsere Zylinder mit 1000 cm³ Inhalt haben eine Wandstärke von 2.5 mm. Für die Zylinder mit 500 cm³ würden wohl 2 mm und für die mit 100³ cm 1,5 Millimiter genügen.

Zur *Probeentnahme* wird der Zylinder mit möglichst wenigen kräftigen Schlägen senkrecht in den Boden eingeschlagen, bis derselbe bis zur oberen Kante mit Erde gefüllt ist. Durch einen Aufsatzring verhindert man das Quetschen der Probe von oben. Die Meinungen sind noch geteilt, ob man fest zuschlagen, oder vorsichtig mit leichten Schlägen den Zylinder in den Boden treiben soll. Bei stark durchwurzelten Böden halte ich kräftige Schläge für einzig richtig, damit Wurzeln bis zu ca. 1 cm Durchmesser mit einem Ruck durchschnitten werden. Apparate, die den Zylinder beim Eintreiben in den Boden drehen, sind unbrauchbar, weil durch die schichtenweise Verdrehung die natürliche Lagerung des Bodens zerstört wird.

HEINRICH *und auch* KOPECKÝ *schlagen vor, den Boden vor der Herausnahme des Zylinders zu sättigen.* Praktisch hat dieses theoretisch einzig richtige Vorgehen schwerwiegende Nachteile, besonders für leicht durchlässige Waldböden. In einen guten Waldboden sickerten bei einem Versuch 120 cm Wassersäule in 27 ½ Minuten vollständig ein, ohne den Boden indessen zu sättigen. Die von KOPECKY verlangte 24-stündige Sättigung ist für solche Böden praktisch undurchführbar und hätte zudem den Nachteil, dass durch die gewaltige Durchschlämmung die natürliche Struktur des Bodens teilweise zerstört würde. Auch müssten bei Sättigung der Zylinder im Boden noch besondere Proben entnommen werden zur Feststellung des Wassergehaltes bei der Probenahme.

Bei der Untersuchung der schweiz. Böden wurde die Zylinderprobe stets sofort sorgfältig ausgegraben und erstmals gewogen, nachher 12 Stunden in ein Wasserbad gestellt, wobei sie sich sättigen konnte.

Nach der Sättigung muss zuerst *das Abtropfen des Senkwassers* abgewartet werden, worauf sofortige Wägung erfolgt. KOPECKÝ wünscht, dass man die Proben während 24 Stunden vertropfen lasse. Mir scheint eine so lange Zeit gefährlich, da unterdessen, je nach Witterung und Klima des Ortes, auch unterschiedliche Mengen Adhäsions - und Kapillarwasser verdunsten können. Die Proben können leider in den meisten Fällen nicht im dampfgesättigten Raume zum Vertropfen aufgestellt werden, weil sie vor der Sättigung nicht mit Wagen transportiert werden dürfen, sondern getragen werden müssen, damit jede Zerstörung der natürlichen Lagerung des Bodens vermieden werde.

Bei meinen Untersuchungen liess ich die Proben immer nur eine Stunde vertropfen. Mit ziemlich grosser Sicherheit ist anzunehmen, dass innerhalb einer Stunde nicht aus allen Böden alles Gravitationswasser abzieht, aber alle Böden werden gleich behandelt und die Untersuchungsresultate sind deshalb vergleichbar. Man muss sich aber auf eine bestimmte Zeit einigen, wenn man allgemein vergleichbare Werte für die Luftkapazität bekommen will. Für den Norden Europas und auch für alle Länder mit gemässigtem Klima könnte man die Zeit zum Vertropfen der Proben wohl ohne Gefahr auf 2 Stunden erhöhen, für südliche Länder aber und besonders für die Tropen scheint mir gefährlich, die Proben mehr als eine Stunde ohne besondere Schutzeinrichtungen zum Vertropfen aufzustellen.

Durch Zentrifugieren der Proben könnte man wohl rasch zu absoluten Werten gelangen ; die zentrifugierten Proben befänden sich aber nicht mehr unter natürlichen Bedingungen. Auch wäre es wohl etwas unbequem, wenn man ins Feld eine Zentrifuge mitnehmen müsste.

Ein bestimmtes Volumen gesättigten und vertropften Bodens bildet den Ausgangspunkt der weiteren Untersuchungen. Früher entnahm man der gesättigten Zylinderprobe nur ein kleines Teilpröbchen von 30-50 g und untersuchte nur dieses. Die Analysenresultate der kleinen Probe wurden dann auf die grosse Probe umgerechnet. Für gut durchgearbeitete Ackerböden und für kahle Sandböden ist dieses Vorgehen wohl zulässig, nicht aber für Waldböden, wie angestellte Versuche gezeigt haben. Der Referent hat stets die ganze Probe von 1000 cm³ Volumen gewachsenen Bodens untersucht.

Die Trocknung der Böden geschieht bei ca 110° bis zur Gewichtskonstanz.

Die Trennung des Bodens in Feinerde, Steine und Wurzeln haben wir herbeigeführt durch Zerreiben der ganzen Probe im Mörser und nachheriges Absieben durch ein 2 mm Sieb. Genau ist natürlich diese Methode nicht. Durch Schlämmen einer Sonderprobe bekäme man weit richtigere Resultate ; aber die Trennung in Feinerde, Steine und Wurzeln soll uns ja nur einen Begriff von der Zusammensetzung des Bodens verschaffen. Zur Luftkapazitätsbestimmung ist eine Sonderung der Feinerde von den Steinen gar nicht notwendig.

Notwendig ist hingegen *die Bestimmung des absoluten Volumens der festen Bodenbestandteile.* Die Ermittlung des absoluten Volumens der festen Bodenbestandteile, also der Steine und der Feinerde, bietet nun einige Schwierigkeiten, die nach meiner Ansicht noch nicht ganz überwunden sind. Angestellte Versuche haben gezeigt, dass Volumen, die im Pyknometer mit kaltem Wasser bestimmt worden sind, von 5 bis 25 % Fehler aufweisen können. Die zerklüfteten Steine und die feinen Poren der Feinerde halten Luft mit grosser Energie fest, die sich durch kaltes Wasser nicht verdrängen lässt. Auch das Evakuieren des im kalten Wasser aufgeschlämmten Bodens führte nicht zu konstanten Werten des absoluten Volumens. Werden die Proben dagegen 30 Minuten gekocht, so ergeben sich nach meinen Erfahrungen wohl vergleichbare, leider aber keine absoluten Volumen. Es kommt nämlich auch dann noch vor, dass man negative Luftkapazitäten bestimmt, Theoretisch kann aber die Luftkapazität im Minimum höchstens o sein und praktisch wird auch der dichteste, feinste Boden in gesättigtem Zustand noch etwas Luft enthalten. Um zu verstehen, wie man überhaupt zu einer negativen Luftkapazität gelangen kann, muss man sich vergegenwärtigen, dass diese meistens indirekt, mit Hilfe folgender Formel berechnet wird :

$$\left.\begin{matrix}\text{Absolutes Volumen}\\ \text{der festen Bodenteile}\end{matrix}\right\rangle + \left.\begin{matrix}\text{Wassergehalt des ge-}\\ \text{sättigten Bodens}\end{matrix}\right\rangle + \text{Luft} = \left.\begin{matrix}\text{Volumen des ge-}\\ \text{wachsenen Bodens}\end{matrix}\right\rangle$$

Die richtige Bestimmung des Luftgehaltes ist daher abhängig von der zuverlässigen Feststellung des Wassergehaltes und des absoluten Volumens des gewachsenen Bodens. Der Wassergehalt kann durch Trocknung des Bodens aus der Gewichtsdifferenz mit genügender Genauigkeit bestimmt werden. So lange daher eine Untersuchungsmethode, wenn auch nur in Ausnahmefällen, zu negativen Luftkapazitäten führt, so ist anzunehmen, dass es noch nicht gelungen ist, das absolute Volumen der festen Bodenteile fehlerfrei zu bestimmen. Leider sind hier, wie bereits angedeutet, noch nicht alle Zweifel behoben. Die Anwendung gekochten Wassers und Xylols verbesserte die Resultate nicht. Die Brennstofftechnik sucht ähnliche Probleme zu lösen. Die Brennkraft eines Kokes wird beurteilt nach seinem Trockenheitszustand und seinem spez. Gewicht. Aehnlich wie der Boden

hält auch der Kok in seinen Poren Luft mit grosser Kraft gebunden. Die Brennstofftechniker suchen das absolute Volumen des Kokes zu bestimmen, indem sie die Luft durch die schwerere Kohlensäure verdrängen. Ob dieses Vorgehen bei den Böden zum Ziele führt müsste, noch ausprobiert werden.

Es sind aber auch Methoden denkbar, die die Luftkapazität direkt zu bestimmen suchen. WIEGNER hat diesbezüglich einen einfachen Vorschlag gemacht, der bei geeigneter Apparatur zu Näherungswerten führt. Er schlug vor, die Zylinder nach der Sättigung unter Wasser dicht zu verschliessen, abzutrocknen und zu wägen, dann die Proben vertropfen zu lassen und nochmals zu wägen. Die Gewichtsdifferenz entspricht dem Senkwasserlust und daher annäherungsweise dem Luftgehalt. Zu absoluten Werten kann dieses Näherungsverfahren zwar nicht führen ; es hat aber den grossen Vorteil, dass negative Luftkapazitäten unbedingt vermieden werden. Immerhin müsste diese Methode noch weiter geprüft werden.

Die Unsicherheit in der Bestimmung des absoluten Volumens der festen Bodenteile bildet eine Schwäche der Methode zur Untersuchung gewachsener Böden, die HELBIG in seiner Kritik (*Schweiz. Zeitschr. für Forstwesen* 1923, S. 216 u. f.) veranlasste, den Rat zu erteilen, man sollte mit der Untersuchung gewachsener Böden zuwarten, bis auf einem anderen Gebiete eine Entdeckung gemacht werde, die man mühelos ausnützen könne. Dieser fatalistischen Ansicht kann ich nicht beipflichten. Wenn alle Wissenschafter bei auftauchenden Schwierigkeiten abwarten wollten, bis andere zufällig dieses Hindernis beheben, so käme man sicher nicht weit, man hätte dann aber wenigstens Ruhe vor kleinlicher Kritik. Wenn gerade meine Untersuchungen zum ersten Mal deutlich alle Schwierigkeiten der Luftkapazitätsbestimmungen gezeigt haben, so haben sie anderseits auch bewiesen, dass auch relative Grössen der Luftkapazität, wenn sie nur vergleichbar sind, uns wertvolle Aufschlüsse über den Zustand des gewachsenen Bodens geben können. Ich glaube daher, dass man wohl auf den geschaffenen Grundlagen weiter arbeiten kann, bis Herr HELBIG eine bessere Lösung *zufällig* entdeckt.

Aus der früher angeführten Gleichung lassen sich leicht ausser der Luftkapazität auch andere Werte herauslesen. Zieht man z. B. das Volumen der festen Bodenteile vom Gesamtvolumen des gewachsenen Bodens ab, so erhält man das Porenvolumen oder Hohlraumvolumen. Das Porenvolumen setzt sich im normalen gewachsenen Boden zusammen aus Wasser und Luft. Die Wasserkapazität entspricht dem Volumen des Adhäsions- und Kapillarwassers des gesättigten Bodens; die Luftkapzität dagegen jenen Hohlräumen des Bodens, die zufolge ihrer Grösse nicht mehr Kapillarwasser zurückzuhalten vermögen.

Die Luftkapazitätsbestimmung vermittelt uns also indirekt die Gewissheit, dass im Boden mehr oder weniger grosse Hohlräume vorhanden sind. Ueber die Form der Hohlräume klärt uns bis zu einem gewissen Grade der Sickerversuch auf. Ist bei gleicher Luftkapazität die Durchlässigkeit klein, so sind die grossen Hohlräume unzusammenhängend, einzeln im Boden zerstreut und durch kapillar wirkende Bodenteile getrennt, wie im frisch gelockerten Acker. Ist dagegen, gleiche Luftkapazität vorausgesetzt, die Durchlässigkeit gross, so kann angenommen werden, dass die grösseren Hohlräume zusammenhängende Röhren und Kanäle bilden, wie im gesunden Waldboden. Zur richtigen Answertung der Luftkapazitätsbestimmung ist daher die Untersuchung der Durchlässigkeit der gleichen Böden notwendig.

Für den Feldversuch hat uns KOPECKÝ *zur Bestimmung der Durchlässigkeit* vorgeschlagen, Rohre beliebiger Weite mindestens 40 cm tief in den Boden zu treiben, dann den Boden während 24 Stunden zu sättigen und endlich zu beobachten, wie viel Centimeter sich eine im Rohre stehende Wassersäule während weiterer 24 Stunden senke. Theoretisch ist es unbedingt richtig, dass man vom gesättigten Boden ausgehen sollte, will man absolut vergleichbare Werte bekommen. Meine Versuche haben die Ansicht voll bestätigt, dass sich die Durchlässigkeit ändert mit dem Wassergehalt des Bodens. Trotzdem hat mich aber die Praxis gezwungen, vom einwandfreien Vorschlage KOPECKÝ's abzuweichen. Was für de alten Kulturböden Böhmens zweckdienlich sein kann, ist es leider nicht auch für unsere Waldböden mit grosser Durchlässigkeit.

Ein Versuch, den ich mit gutem Waldboden anstellte, führte zu folgendem Ergebnis :

Die	1. Wassersäule von 10 cm Höhe sickerte ein in . . .	56″
»	2. » » » » » » » » . . .	1′ 25″
»	3. » » » » » » » » . . .	1′ 43″
»	4. » » » » » » » » . . .	1′ 56″
»	5. » » » » » » » » . . .	2′ 08″
»	6. » » » » » » » » . . .	2′ 15″
»	7. » » » » » » » » . . .	2′ 23″
»	8. » » » » » » » » . . .	2′ 33″
»	9. » » » » » » » » . . .	2′ 41″
»	10. » » » » » » » » . . .	2′ 54″
»	11. » » » » » » » » . . .	3′ 12″
»	12. » » » » » » » » . . .	3′ 28″
Total 120 cm = 1200 mm Niederschlag sickern ein in . .		27′ 34″

Man erkennt leicht, dass die Durchlässigkeit infolge der Durchschlämmung stets abnimmt. Unsicher ist aber, ob diese Abnahme mehr bedingt sei durch den zunehmenden Feuchtigkeitsgehalt oder durch teilweise Zerstörung der Struktur des gewachsenen Bodens infolge der Durchschlämmung. Sicher ist, dass für solche Waldböden der Vorschlag KOPECKÝ's nicht dienen kann. Es wäre oft sehr schwierig, die nötige Wassermenge zu beschaffen und dann hätte der Boden bei der gewaltigen Durchschlämmung eine Belastung zu ertragen, der er unter natürlichen Bedingungen nie ausgesetzt ist. In Europa überschreitet der tägliche maximale Niederschlag seiten 100 mm ; es schien mir daher genügend, zu beobachten, wie viel Zeit erforderlich ist, bis eine 100 mm. hohe Wassersäule in einen Boden von zufällig gegebenem Feuchtigkeitsgehalt einsickert. Man erhält auf diese Weise allerdings keine absoluten Zahlen, kommt der Natur aber sicher näher, als wenn man theoretisch richtig den Boden zuerst mit grossen Wassermengen durchschlämmt und dadurch seine natürliche Lagerung vor Beginn des Versuches teilweise zerstört.

Der Querschnitt des Sickerrohres spielt für die Durchlässigkeitsbestimmung an Böden von Dauerwiesen und besonders des Waldes eine sehr grosse Rolle, ist dagegen fast bedeutungslos bei Sickerversuchen mit gut bearbeiteter Ackerkrume. Die

Resultate einer Untersuchung gewachsener Böden in Biel (Kt. Bern, Schweiz) möge diese Behauptung belegen :

	Einsickerungszeit für 100 m/m Wasser		
	100 cm² Querschnitt	200 cm² Querschnitt	Luftkapazität
1. Gesunder Waldboden	1′ 33″	45″	16,8 %
2. Frisch gelockerter Acker	8′ 25″	7′ 10″	8,3 %
3. 10 Jahre kahlliegender Waldboden	45′ 30″	23′ 08″	4,9 %
4. Schlechte Dauerwiese	51′ 35″	27′ 11″	2,6 %

Bei frisch bearbeitetem Acker ergab sich also bei verschiedenem Querschnitt des Sickerrohres im Mittel beinahe die gleiche Einsickerungszeit. Bei den stabileren Wiesen und Waldböden dagegen entsprach dem doppelt so grossen Querschnitt des Sickerrohres eine um die Hälfte kleinere Einsickerungszeit. Will man daher allgemein vergleichbare Resultate der Durchlässigkeit erhalten, so muss man sich auf einen bestimmten Querschnitt der Sickerrohre einigen. Je grösser der Querschnitt, um so näher kommt man den natürlichen Verhältnissen. Zu grosse Zylinder werden aber auch leicht unhandlich ; ich schlage daher für zukünftige Sickerversuche Rohre mit einem Querschnitt von 100 cm² vor.

Das oben gezeigte verschiedene Verhalten von Ackerböden und Böden der Dauervegetationen vermittelt uns neuerdings eine Vorstellung der Struktur dieser Böden. Die Ackerkrume war frisch gelockert, besass keine Architektur ; das Wasser wurde nur kapillar geleitet ; der Querschnitt des Rohres ist deshalb bedeutungslos. Wald- und Dauerwiesenböden besitzen aber eine mehr oder weniger dauernde, stabile Architektur. Eine ziemlich feste Grundmasse ist von grösseren Röhren und Kanälen durchzogen, die haupsächlich das Wasser leiten. Die Röhren und Kanäle verlaufen nicht lotrecht, sondern mehr oder weniger schief in allen Richtungen. Je enger also der Zylinder, umsomehr Kanäle werden an den Randpartieen zerstört, je weiter die Sickerohre, um so grösser die Möglichkeit, einen bedeutenden Teil des natürlichen Drainagesystems ungestört erhalten zu können.

Aus der gleichen Ueberlegung geht wohl auch klar hervor, dass es durchaus nicht gleichgültig ist, wie tief man die Sickerrohre beim Durchlässigkeitsversuch in den Boden einschlägt. *Vergleichbare Resultate ergeben sich nur, wenn man stets die Rohre gleich tief eintreibt.* Es ist wohl auch verständlich, dass eine stufenweise Untersuchung der Durchlässigkeit des gewachsenen Bodens nicht möglich ist. Durch Grabarbeiten zur Freilegung der tieferen Stufen werden im gewachsenen Boden die natürlich vorhandenen Kanäle verstopft. Sehr zahlreiche Versuche in Zofingen (Schweiz) haben gezeigt, dass die Resultate von Sickerversuchen mit tieferen Bodenschichten wertlos sind. Ein Sickerversuch liefert nur brauchbare Werte, wenn das Wasser auf die normale, ungestörte Bodenoberfläche aufgegossen werden kann. Für meine Versuche benützte ich Zylinder mit 100 cm² Querschnitt, schlug diese 10 cm tief in den Boden ein und beobachtete, wie lange Zeit es dauerte, bis eine 10 cm hohe Wassersäule in den Boden eingesickert war.

Fasst man die Resultate meiner Untersuchungen kurz zusammen, so ergibt sich folgendes :

1. Es ist notwendig, sich zuerst ein Bild der Struktur des Bodens und seiner groben Zusammensetzung nach festen Bestandteilen, Wasser und Luft zu verschaffen, bevor man zu Detailuntersuchungen schreitet, weil man ohne dies leicht den Zusammenhang des Ganzen verliert.

2. Die Zylindermethode ist sehr geeignet, uns über die physikalischen Eigenschaften gewachsener Böden aufzuklären.

3. Die Grösse der Zylinder ist für die Bestimmung des Porenvolumens, der Wasserkapazität und der Luftkapazität theoretisch bedeutungslos. Praktisch wird die Zylindergrösse bedingt vom Steingehalt und der Durchwurzelung des Bodens.

4. Zur gleichwertigen Bestimmung der Wasserkapazität ist eine Einigung notwendig über die Zeit, während welcher man die Proben vertropfen lässt.

5. Die Ermittlung des absoluten Volumens der festen Bodenteile ist noch nicht völlig abgeklärt. Neue Wege müssen gesucht werden. Halbstündiges Kochen der Proben vor der Volumenbestimmung führt zu konstanten, vergleichbaren Werten.

6. Die Luftkapazitätsbestimmung bedarf zur vollen Auswertung der Ergänzung durch Sickerversuche.

7. Luftkapzität und Durchlässigkeit gehen nur in stabilen Böden von Dauervegetationen bis zu einem gewissen Grade parallel. Bei gleicher Luftkapazität ist die Durchlässigkeit gross, wenn die grösseren Hohlräume, die diese bedingen, zu zusammenhängenden Rohren und Kanälen vereinigt sind, dagegen klein, wenn die grösseren Poren wie in der bearbeiteten Ackerkrume einzeln eingestreut sind.

8. Der Querschnitt des Sickerrohres ist von grossem Einfluss auf die Resultate der Durchlässigkeitsuntersuchungen von Wiesen- und Waldböden, dagegen wenig bedeutend für die Untersuchung von bearbeiteten Ackerböden. Eine Einigung über die Grösse des Querschnittes ist notwendig, ebenso wie über die Tiefe, bis zu welcher man die Zylinder bei Sickerversuchen in den Boden eintreibt.

9. Die Bestimmung der Luftkapazität und Durchlässigkeit hat besonders für Waldböden Probleme aufgeklärt, die bis jetzt durch keine andere Bodenuntersuchungsmethode fassbar waren.

10. Die Bestimmung der Luftkapazität und der Durchlässigkeit vermittelt uns eine deutliche Vorstellung der Struktur der Böden. Wir erkennen den prinzipiellen Unterschied zwischen Acker- und Wiesenboden und die nur graduelle Differenz zwischen Dauerwiesen- und Waldboden. Die Ackerkrume stellt nach jeder Bearbeitung ein regelloses Gemisch von Bodenteilen dar ; Anfänge einer eigenen Struktur werden bei jeder Neubearbeitung zerstört. Die Böden der Dauervegetationen besitzen eine stabile Architektur, die die Vegetation gemeinsam mit der Bodenfauna und Bodenflora im Laufe von Jahrzehnten oder gar Jahrhunderten sich schafft. Widerholte Versuche haben erwiesen, dass ein durch Waldfeldbau zerstörter Waldboden durch die nachfolgende Waldkultur oft in 50-100 Jahren nicht völlig regeneriert wird.

Am Anfang meiner Ausführungen bin ich davon ausgegangen, dass wir uns zuerst ein Bild der Struktur des Bodens verschaffen sollten, bevor wir zu Spezialuntersuchungen schreiten. Mit einigem Recht wird man mir nun entgegenhalten, auch ich hätte die wahrscheinliche Struktur der verschiedenen Böden nur durch Augenschein und Rückschlüsse festzustellen versucht. Es möge daher noch eine Möglichkeit

angedeutet werden, wie vielleicht auf direktem Wege die Struktur der Böden fixiert werden könnte. Prof. ENGLER, Prof. WIEGNER und der *Referent* haben oft darüber gesprochen, man sollte die Hohlräume des Bodens ausgiessen können mit einer sehr dünnflüssigen Masse, die beim Abkühlen im Boden erstarrt. Sollte dies auf irgend eine Weise gelingen, so könnte man den Boden wegschlämmen und es bliebe das Porenskelett zurück. Obwohl noch keine Versuche angestellt worden sind, so scheint wenigstens die teilweise Lösung dieser Aufgabe nicht ausgeschlossen. Wenn sich auch nur die grösseren Hohlräume, die Röhren und Kanäle plastisch darstellen liessen, so gäbe uns dieses Porenskelett doch sehr wertvolle Einblicke in die Struktur des natürlich gelagerten, gewachsenen Bodens.

Dr. H. BURGER, *Zürich*, (*Schweiz*). — **Recherches sur les propriétés physiques du sol, spécialement la capacité pour l'air.**

RÉSUMÉ.

L'examen des propriétés physiques et de la structure du sol en sa condition naturelle, a été malheureusement bien négligée jusqu'ici. Il est nécessaire d'obtenir une idée claire de la structure du sol et une impression générale de sa composition (volume absolu du sol, de l'eau et de l'air). Après, on peut effectuer des recherches spéciales. Dans le but d'examiner le sol en place, la méthode au cylindre s'est montrée très adaptée. L'auteur donne ici un résumé des résultats obtenus avec cette méthode.

1) Théoriquement la grandeur des cylindres n'affecte pas la détermination de la perméabilité, la capacité d'eau et d'air.

2) Dans le but d'obtenir des résultats comparables sur la capacité d'eau il est nécessaire de fixer un temps conventionnel pour l'égouttement de l'eau de gravitation.

3) Le problème de la détermination du volume absolu du sol n'a pas encore été résolu. A l'heure actuelle la méthode donne des résultats comparables mais non absolus.

4) L'examen de la capacité d'air et la percolation pour l'eau donnent une image convenable de la structure du sol. Dans les sols en place, il y a un rapport déterminé entre la capacité d'air et la percolation.

5) En supposant une capacité d'air égale, la percolation est élevée, lorsque les pores les plus larges du sol forment des tubes et canaux continus (sols forestiers) ; la percolation est petite lorsque les pores les plus larges sont dispersés et séparées par des pores capillaires (sols agricoles).

6) Pour les sols forestiers et les sols de prairies naturelles, la percolation varie avec la *section* du cylindre. D'un autre côté, la section du cylindre est de peu d'importance dans les recherches sur la percolation des sols agricoles. Il serait nécessaire de s'entendre sur une section définie des cylindres, et sur la profondeur à laquelle il faut introduire les cylindres dans le sol.

7) Les recherches sur la capacité d'air et la percolation (des sols forestiers surtout) ont donné la solution de nombreux problèmes, qui n'ont pu être resolus d'une autre façon.

8) La différence fondamentale entre le terrain agricole et le sol d'une prairie naturelle est reconnue par la détermination de la capacité d'air et la percolation. D'un autre côté on voit qu'il n'y a qu'une différence relative entre un sol de pra-

rie naturelle et un sol forestier. Le sol agricole est travaillé de temps à autre, et pour cela n'a pas d'architecture. Le sol forestier a une architecture distincte, bâtie par l'action des racines de la végétation, la micro-flore et la faune du sol. L'architecture du sol forestier est dérangée par les éclaircissements, par les sarclages et le labourage. Souvent il faut plus de 100 ans pour rénover un sol forestier dérangé dans son architecture.

Dr. H. BURGER, *Zürich* (*Switzerland*). — **The Investigation of the Physical Properties of the Soil, principally the Air-capacity.**

ABSTRACT.

The examination of the physical properties and structure of the soil under natural conditions has until now been sadly neglected. It is first necessary to obtain an idea of the structure of the soil and a rough impression of its composition (absolute volume of the soil, water, and air). Afterwards special research can be executed. For the purpose of examining the soil under natural conditions, the cylinder method has proved very suitable. A short résumé of the results obtained with the use of the cylinder method is given below.

1. Theoretically the size of the cylinders is of no influence in the determination of the porosity, the water capacity and the air-capacity.

2. In order to obtain comparable results for the water-capacity, it is necessary to fix a definite time for the discharge of the gravitation water.

3. The problem of the determination of the absolute volume of the soil is not yet solved. At present the method gives comparable but, not absolute results.

4. The examination of the air-capacity and the percolation for water gives a good idea of the structure of the soil. In soils under natural conditions there is a distinct relation between air-capacity and percolation.

5. Presupposing the same air-capacity, the percolation is high, if the greater pores in the soil form continuous tubes and channels (forest soil) ; the percolation is low when the larger pores are irregularly scattered and separated by small capillary pores (agricultural soil).

6. If forest soils and soils of natural meadows are in consideration, the percolation changes with the cross-section of the cylinder. On the other hand the cross-section is of little importance in the investigation of the percolation of agricultural soils. An arrangement is wanting for fixing a definite cross-section of the cylinders and the depth to which the cylinders are to be driven into the soil.

7. The examination of the air-capacity and the percolation (of forest soils especially) gave the solution of many problems, for which no other method could give the necessary information.

8. The fundamental difference between an agricultural soil and a soil of natural meadow is recognised by the determination of the air-capacity and the percolation. On the other hand it can be shown that there is only a gradual difference between a natural meadow- and a forest-soil. The agricultural soil is worked from time to time and therefore possesses no structure. The soil of the forest has a distinct structure, built by the action of the roots of the vegetation, the micro-flora and the fauna of the soil. The structure of the forest soil is disturbed by clearcutting, by hoeing and by ploughing. Very often more than 100 years are necessary to restore a disturbed forest soil to its former structure.

HENRIK LUNDEGARDH.
Lund Suède.

UNE NOUVELLE MÉTHODE POUR DÉTERMINER L'AÉRATION DES SOL.

RÉSUMÉ

1) Le facteur principal dans l'aération des sols est la diffusion (voir : Discussion théorique ROMELL 1922, et les recherches expérimentales de l'auteur 1924). L'estimation de la vitesse de diffusion dans le sol sera donc une évaluation correcte de l'aération. Les gaz du sol en question sont le bioxyde de carbone et l'oxigène. Le premier est produit par le sol même. La façon la plus simple pour évaluer l'aération serait donc d'analyser le mouvement de ce gaz dans le sol.

2) L'aération K est déterminée comme la quantité en ccm. de bioxyde de carbone diffusant par seconde à travers un cylindre de terre, d'une longueur de 1 cm. et 1 cm² de base, la différence de tension étant 1 atm.

3) Lorsqu'on veut effectuer ces mesures sur le sol en place, la valeur de K est tirée de l'équation :

$$K = \frac{a_2 - a_3 \cdot \gamma_2 \cdot 100}{3600 \cdot b_2 - b_1},$$

dans laquelle :

γ = l'épaisseur de la couche de sol,
b_1 = tension partielle de l'acide carbonique à la surface,
b_2 = tension à la surface inférieure (en pour cent),
a_2 = la production absolue de bioxyde de carbone par heure d'un cylindre d'1 cm² de surface de base de la couche,
a_3 = la production de bioxyde de carbone du sous-sol.

Cette équation donne une valeur approximative pour K, qui cependant sera suffisamment exacte pour des buts écologiques et pour la pratique. Les valeurs seront d'autant plus exactes que la couche y sera peu épaisse.

4) L'application de la formule exigera une série de mesures de a et de b, à intervalles de 5 ou 10 cm. de la surface jusqu'à une profondeur où la production de bioxyde de carbone cesse. Une valeur relative de l'aération peut être tirée approximativement du rapport $K = A$, dans lequel A est égal à la production totale de bioxyde de carbone de la surface du sol (par unité de surface et par heure et p est égal à la pression à une profondeur de 15 cm.

5) En général K diminue avec l'augmentation de la profondeur. Un certain nombre de sols suédois ont montré des valeurs de K de 0.010 à 0.074. K n'est pas constant dans un même sol, mais varie avec la teneur d'eau. Sur une même parcelle des valeurs variant de 0.010 à 0.031 furent obtenues pendant l'été.

6) La détermination de A, a et p est également très importante pour l'estimation de l'activité du sol. p indique la réserve de bioxyde de carbone dans l'atmosphère du sol. Des recherches physiologiques ont démontré qu'1 % de bioxyde de carbone dans l'air du sol est toxique pour le développement des racines. La valeur de K à cette limite inférieure de toxicité sera donc la valeur minimum d'aération dans les bons sols. Pour les sols suédois essayés la valeur minimum de K fut 0.009 — 0.027.

7) Pour la détermination de A et a de nouvelles méthodes furent employées. A est égal à la quantité de bioxyde de carbone qui se dégage en peu de temps (5-20 minutes) dans l'air au-dessus d'une petite surface de sol isolé. Pour la détermination de a, on préleva des échantillons de sol dans différentes régions, avec un instrument d'une construction spéciale. Les échantillons, d'un volume déterminé, sont portés dans un flaçon et on détermine le bioxyde de carbone accumulé en 24 heures. L'évaluation de b est effectuée selon ROMELL (1922). Pour les analyses de bioxyde de carbone l'auteur se sert d'un appareil portatif d'un modèle HALDANE simplifié.

Dr. H. LUNDEGÅRDH, *Lund (Sweden).* — **A New Method for Measuring the Aeration of Soils.**

ABSTRACT.

1) The chief factor in the aeration of soils is the diffusion (see the theoretical discussion ROMELL, 1922 and the experimental researches of the author 1924). The estimation of the rate of diffusion in the soil will therefore give a good value for the aeration. The soil gases in question are carbon dioxide and oxygen. The former is produced from the soil itself. The simplest way to estimate the aeration is therefore to analyse the movements of this gas in the soil.

2) The aeration (K) is determined as the amount (in ccm.) of carbon dioxide that in 1 sec. diffuses through a soil cylinder 1 cm. in length and 1 cm² base area, the difference in tension being 1 atm.

3) If the estimations are to be performed on soils in the field, the value of K is found from the equation :

$$K = \frac{a_2 - a_3 \cdot y_2 \cdot 100}{3600 \cdot b_2 - b_1},$$

where y is the thickness of the soil layer, b_1 the partial tension of the carbon dioxide at the upper surface and b_2 the tension at the lower surface (per cent.), and a_2 the absolute carbon dioxide production in one hour of a cylindre of 1 cm² base area of the layer. a_3 is the carbon dioxide production of the underlying soil.

This equation gives an approximative value of K, that however will be sufficient for ecological purpose and for the practice. The values are more accurate as the layer y becomes thinner.

4) The application of the formula will require a series of measurings of a and b at intervals of 5 or 10 cm. from the surface to a depth, where the carbon dioxide production ceases. In a rough approximation a relative value of the aeration can be obtained in the ratio $K = \frac{A}{p}$, where A is the total carbon dioxide production of the soil surface (per surface unit and one hour) and p is the tension in a depth of 15 cm.

5) As a rule K decreases with increasing depth. A number of swedish soils showed values of K from 0,10 to 0,074. K is not constant in the same soil, but varies in relation to the water content. On the same patch values from 0,010 to 0,031 were obtained during the summer.

6) The measuring of A, a and p is of great importance for the estimation of soil activity too. p indicates the storing up of carbon dioxide in the soil atmosphere. Physiological investigations have shown that 1 per cent carbon dioxide in the soil air proves toxic upon the growth of roots. The value of K at this lower limit of toxic effect is therefore the minimum value of aeration in good soils. For the investigated Swedish soils the minimum value of K was 0,009-0,027.

7) For estimation of A and a new methods were used. A is the amount of carbon dioxide that in a short time (5-20 minutes) accumulates in the air over an isolated patch. For the measuring of a soil samples were taken in different regions with a tool of special construction. The samples that have a definite volume are put into a flask and the accumulation of carbon dioxide in 24 hours is determined. The estimation of b is carried out according to ROMELL, (1922). For the carbon dioxide analyses the author uses a portable apparatus of a simplified HALDANE type.

Dr. Agr. GEORG GÖRZ.

Berlin, Deutschland.

UEBER DIE MESSUNG DES WASSERGEHALTES DER BOEDEN VERMITTELS EINES NEUEN ELEKTROMETRISCHEN FELD-MESSINSTRUMENTES.

Die umständliche und langwierige Methode der Wassergehaltsbestimmung durch Trocknung bei 105 Grad bis zur Gewichtskonstanz, machte es praktish zur Unmöglichkeit vergleichende Reihenuntersuchungen des Wasserhaushaltes verschiedener und verschiedenartig bearbeiteter Böden vorzunehmen und damit den so überaus wichtigen Faktor "Wasser" für das Pflanzenwachstum einer genauen und regelmässigen Beobachtung zu unterziehen. Die Frage z. B., welche Schäden unzweckmässige und zeitlich falsche Bodenbearbeitungen in Bezug auf den Wasserhaushalt des Bodens hervorrufen, konnte bisher zahlenmässig nicht erforscht werden.

Das vorliegende Verfahren versucht nun Wissenschaftlern und Praktikern ein Mittel an die Hand zu geben, alle mit dem Wasserhaushalt des Bodens zusammenhängenden Fragen einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen und damit vielleicht der Lösung näher zu bringen.

Der Bodenfeuchtigkeitsmesser nach Görz beruht auf dem Grundgedanken, dass die Leitfähigkeit des Bodens für den elektrischen Strom sich mit dem Feuchtigkeitsgrad ändert. Da nun nicht allein Feuchtigkeit, sondern auch Temperatur, Lagerungsdichte (Volumengewicht) und Gehalt des Bodens an im Bodenwasser gelösten Salzen, Säuren oder Basen und Resten organischer Natur einen erheblichen Einfluss auf die Leitfähikeit des Bodens haben, müssen diese störenden Faktoren berücksichtigt und aus der Messung ausgeschaltet werden.

Der Apparat besteht aus zwei Teilen: der eigentlichen Messeinrichtung, die im Wesentlichen eine Wheatstone'sche Brücke darstellt und dem Spaten (d. h. der Elektrode). Dieser sog. Spaten besteht aus einem zylindrischen Stahlrohr von 40 mm lichter Weite, in dessen Mitte eine feine Stahlnadel angebracht ist.

In dem Stahlrohr ist verschiebbar ein Hartgummistempel angeordnet, der die Elektrode nach oben abschliesst. Wird der Spaten in den Boden gedrückt, so wird damit zweierlei erreicht: Einmal wird durch den Druck der Boden soweit zusammengepresst, dass für alle Böden — gleichgültig welche Lagerungsdichte sie vorher hatten — ein konstantes Volumengewicht erreicht wird. Zweitens ist nun bei der konzentrischen Anordnung der Elektroden d. h. bei dem Stromverlauf zwischen Nadel und Stahlrohr ein fest begrenzter Stromverlauf gesichert. Die erste Messung gilt nun der Bestimmung der relativen Leitfähigkeit des Bodens, d. h. der Bestimmung der Grösse des Einflusses der im Bodenwasser gelösten Salze usw. auf die Messung. Zu diesem Zweck wird die in dem Spaten eingeschlossene Bodenprobe zunächst einer Wechselstrom- und anschliessend einer Gleistromwiderstandsmessung unterzogen. Infolge der bei der Gleichstrommessung auftretenden Polarisation ergibt diese Messung einen höheren Wert als die Wechselstrommessung. Bildet man aus den beiden Widerstandsmessungen den Quotienten, so ist dieser — wenn die Messpannung konstant behalten wird — eine Konstante, die vollständing unabhängig von der jeweiligen Temperatur und dem jeweiligen Feuchtigkeitsgrad des Bodens ist. Nach Massgabe dieser Konstante wird dann der wirksame Querschnitt der Elektrode durch Hineinschieben oder Herausziehen des Hartgummistempels verändert, und dadurch die verschiedenen Leitfähigkeiten der Böden ausgeschaltet. Dem Einfluss der Temperatur auf die Messung trägt eine auf der Skala der Brücke angebrachte graphische Darstellung Rechnung, die in der Weise benutzt wird, dass nachdem die Bodentemperatur einmalig mit dem Thermometer bestimmt ist, bei den einzelnen Feuchtigkeitsmessungen die entsprechende Kurve aufgesucht wird.

Der Wassergehalt des Bodens wird, nachdem die relative Leitfähigkeit des Bodens in der besprochenen Weise berücksichtigt ist, bei der letzten Wechselstrommessung an der Skala der Brücke in Prozenten des trockenen Bodens direkt abgelesen.

Hersteller des Apparates, der unter Patentschutz steht, ist die Firma SIEMENS & HALSKE, Berlin-Siemensstadt.

Dr. GEORG GÖRZ, *Berlin (Allemagne)*. — **Mesure de teneur en eau du sol au moyen d'un nouvel appareil électrique de mesure dans les champs.**

RÉSUMÉ

Les méthodes détaillées et pénibles de dosage de la teneur en eau par la dessication à 105 degrés jusqu'à obtention d'un poids constant, se traduit pratiquement par l'impossibilité d'entreprende des recherches en séries comparables au sujet de la teneur en eau pour des terrains différents et différemment travaillés et par là de soumettre à une observation précise et régulière le facteur si important «l'eau» pour la végétation des plantes. La question de savoir par ex. quels dommages les façons culturales peu appropriées et non faites à époques voulues causent dans la réserve de l'eau du sol, n'a pas encore pu jusqu'ici être étudiée numériquement. Le présent procédé cherche à donner aux hommes de science et aux praticiens un moyen pratique de solutionner toutes les questions liées avec l'économie de l'eau de le sol et cela au moyen de recherches adéquates, et par ce moyen peut-être de se rapprocher des solutions.

L'hygromètre d'après Görz repose sur le principe que la conductibilité du sol pour le courant electrique se modifie avec le degré d'humidité et que non seulement l'humidité, mais aussi la température, la densité (poids du volume) et la teneur du sol en sels acides ou basiques dissous dans l'eau du sol et les détritus de nature organique, exercent une influence considérable sur la conductibilité du sol, mais que ces facteurs néfastes doivent être pris en considération et écartés lors de la prise des mesures.

L'appareil se compose de deux parties : le dispositif de mesure proprement dit qui est formé en réalité par un pont de Weatstone et les bêches (c'est-à-dire les électrodes). Ces bêches sont constitués d'un tube cylindrique en acier de 40 mm. de largeur intérieure au milieu duquel est attachée une aiguille d'acier. Dans le cylindre d'acier se trouve un piston déplaçable en ébonit qui termine les électrode vers le haut. Quand la bêche est enfoncée dans le sol on obtient par là deux effets : 1) au moyen de la pression exercée le terrain est tellement comprimé qu'il est atteint pour tous les terrains un poids constant pour l'unité de volume, quelque soit au préalable leur degré de compacité. Deuxièmement par l'effet de la disposition concentrique des électrodes, c'est-à-dire du passage pour le courant entre l'aiguille et le tube métallique, il est assuré un passage de courant strictement limité. La première mesure fournit la détermination de la conductibilité relative au terrain, c'est-à-dire la détermination de la grandeur de l'effet des sels dissous dans l'eau du sol sur la mesure. Pour ce but l'échantillon de terrain enfermé dans la bêche est soumis à la mesure de la résistance électrique d'abord relativement à un courant alternatif, puis relativement à un courant continu. En conséquence, de la polarisation qui se produit durant la mesure avec le courant continu, cette mesure donne des résultats plus élevés que ceux de la mesure avec le courant alternatif. Si la tension à laquelle sont faites les mesures se maintient constante, le quotient entre les deux résultats est une constante complètement indipéndante de la température et du degré d'humidité du sol, quelques soient cette température ou ce degré d'humidité. Cette constante une fois déterminée, on modifie la coupe en travers de l'électrode, en enfonçant ou en retirant le tampon d'ébonite, et de cette manière on détermine les diverses conductibilités du terrain.

Il se trouve fixée sur l'echelle du pont une représentation graphique qui permet de tenir compte de l'influence de la température sur la mesure et qui est utilisée de façon que, après que l'on a enregistré la température du sol par une simple lecture avec le thermomètre, la courbe correspondante soit tracée par la mesure particulière de l'humidité. La teneur en eau du sol est lue directement par la dernière mesure du courant alternatif, sur l'échelle du pont et directement en % du sol desséché, après que la conductibilité relative a été prise en considération de la façon ci-dessus indiquée.

Le constructeur de l'appareil qui se trouve protégé par un brevet est la firme SIEMENS et HALSKE, Berlin-Siemensstadt.

Dr. Agr. G. GÖRZ, *Berlin (Germany)*. — **Determination of the Moisture Content of Soil through a New Electric Field Apparatus.**

ABSTRACT.

The detailed and tedious methods for the determination of the moisture content of soils by drying at 150° C until a constant weight is obtained, are open to criticism on practical grounds, owing to the impossibility of carrying out a series of investigations, which can eventually be compared, on the moisture content of

different soils and soils differently cultivated and, consequently, the impossibility of bringing under exact observation the water factor, of such great importance to plants.

Up to the present time there has been not an adequate study made of the nature of the damage caused by unsuitable cultivation methods, or those not carried out at the most desirable time, or of the losses caused to the reserve of soil moisture.

The present process endeavours to provide scientists and practical men with a method for the solution of all such problems, allied with the economy of soil moisture and adequate methods of research, and perhaps in this way to approach the solution of the problem.

The hygrometer of GÖRZ is based on the principle that the conductibility of the soil for the electric current is modified by the degree of humidity, and also by temperature, density (volume-weight), the soil content of acid or basic salts dissolved in the soil water, and the residues of organic matter, all of which exercise a considerable influence on soil conductibility ; these factors must be taken into consideration and allowed for, at the time of the estimation.

The apparatus consists of two parts : the instrument as a whole is actually formed of a WHEATSTONE bridge and the electrodes. The latter are constructed of a steel tube with an internal diameter of 40 mm., in the middle of which is fixed a steel needle. In the steel cylindrical tube is a removable ebonite piston which terminates the upper part of the electrode. When the electrode is buried in the soil, two effects are obtained : (*a*) owing to the pressure employed the soil is so compressed that for all soils is obtained a constant weight for unit volume, whatever may be the former state of compactness ; (*b*) owing to the concentric arrangement of the electrodes, that is to say of the passage for the current between the needle and the metal tube, the path of the current is strictly limited.

The first estimation determines the relative conductibility of the soil, that is, the determination of the effect of the salts dissolved in the soil water on the estimation. For this purpose the sample of soil enclosed in the tube is tested by the elective resistance, in the first place with regard to an alternating current and then relatively to a continuous current. In consequence of the polarisation produced during the estimation with the continuous current this estimation gives higher results than those with the alternating current. If the tension at which the estimation is made, is maintained constant, the quotient between the two results is a constant, quite independent of temperature or humidity. This constant once determined modifies the crossing of the electrode on burying or withdrawing the ebonite tampon, and by this means the various degrees of conductibility of the soil are estimated.

Attached to the bridge scale is a graph which enables account to be taken of the effect of temperature on the estimation, and which is used in order that after registration of the soil temperature by a single reading of the thermometer, the corresponding curve may be drawn for the particular humidity estimation. The water content of the soil is read directly from the last estimation by the alternating current on the bridge scale and directly in percentage of the dry soil after the relative conductability has been taken into consideration, as indicated above.

The apparatus is protected by a patent, taken out by the manufacturers, Messrs. SIEMENS & HALSKE, Berlin-Siemensstadt.

Ing. J. Spirhanzl.

Staatliche Agropedologische Anstalt, Prag, Cechoslovakei.

NEUER APPARAT ZUR BESTIMMUNG DER WASSER-DURCHLÄSSIGKEIT DES BODENS.

Vorläufige Mitteilung.

Die Feststellung der Wasserdurchlässigkeit des Bodens spielt eine sehr wichtige Rolle nicht nur in der Landwirtschaft zu reinen Produktionszwecken, sondern auch hauptsächlich in der Kulturtechnik, technischem Wasserbau u. A. In der Landwirtschaft kommt diese Bodeneigenschaft besonders in Verbindung mit der wasserhaltenden Kraft des Bodens bei der Ausnützung des Regenwassers in Betracht, von den technischen Arbeiten sind das z. B. die Meliorationsentwürfe bezüglich der Bewässerung, Entwässerung usw, im Wasserbau dann der Bau von Teichdämmen, Flussregulierung und Talsperrenbau, welche mit der Wasserdurchlässigkeit des Bodens viel zu tun haben.

Prof. Kopecký bezeichnet als, « relative Wasserdurchlässigkeit des Bodens » jene Menge des Wassers in ccm, welche durch eine Schichte des Bodens von 10 cm Mächtigkeit und 10 cm² Querschnitt nach vorgehender 24 stündiger Sättigung mit Wasser binnen der nächsten 24 Stunden durchkommt. Auf diese Art könnten wir zu einer vergleichbaren Grösse kommen, die uns über die Wasserdurchlässigkeit unterrichtet (vorausgesetzt, dass mit einer Bodenprobe in natürlicher Lagerung gearbeitet wird). Es ist aber zu erwägen, dass dabei noch einige Modifikatoren zur Geltung gelangen. Das ist besonders der hydrostatische Druck der Wassersäule über die Oberfläche des Bodens, sowie auch der barometrische Druck ; jede Veränderung dieser beiden Faktoren ruft gewiss eine Veränderung der Durchlässigkeit im Boden hervor.

Bei meinem neuen Apparate habe ich getrachtet, diesen Umständen Rechnung zu tragen, und darum habe ich den Apparat für die Feststellung der Durchlässigkeit unter bestimmtem konstantem Wassersäulendruck eingerichtet.

Sei zuerst die Zusammstellung des Apparates [1] beschrieben (fig. 52). Das eigentliche Gestell des Apparates ist durch eine verschiebbare Messingröhre gebildet, welche unten in einen massiven Dreifuss eingeschraubt ist. Diese Röhre besteht aus zwei Teilen : ihre obere Hälfte lässt sich in die untere hineinschieben, und dadurch das ganze Gestell verlängern oder verkürzen. Am Gestell ist oben ein Regulator (Niveleur) angebracht. In diesen Regulator kommt aus einem zca 5 Liter fassenden Reservoir das Wasser, welches dann durch den Ausfluss und Gummiröhre herunter

[1] Ist durch die Fa. Ing. Barvitius-Adamec. Prag, Vinohrady, Komenského ul. Cechoslovakei zu beziehen.

zum Verteiler geführt wird. Der Niveleur reguliert den Wasserzufluss derartig, dass sich das Niveau stets in gleicher Höhe, welche im seitwärtigen Glasröhrchen ersichtlich ist, befindet.

Der Verteiler besteht aus 3 Rohransätzen mit Hähnen. Die Ansätze sind mittels Gummischläuchen mit Messinghelmen verbunden. In jedem Helm ist ein Messingnetz eingepresst, welches das Zersplittern des Wasserstromes und dadurch die Schonung der Oberfläche der Bodenprobe zu besorgen hat. Der Helm ist durch ein Gummireifchen mit besonderer Befestigungseinrichtung mit dem eigentlichen Versuchsboden, der sich im Stahlringe befindet, verbunden.

Das Ganze sitzt in einem Glastrichter (mit drei Glasknöpfen) und samt diesem in einem Glasgefäss, in welches ein kalibrierter Messzylinder gestellt wird.

Die Arbeit geht folgend vor sich :

Im Felde wird mittels obgenannten verzinnten Stahlringes (mit besond. Ansatz versehenen) ein bestimmtes Volumen des Bodens in natürlicher Lagerung herausgeschnitten, dann die beiden Oberflächen mit einem Federmesser vorsichtig glattgeschnitten, so dass im Ringe sich eine Bodensäule von eben 10cm Höhe befindet (der Durchmesser des Ringes ist beliebig gross, soll aber genau bekannt sein).

Jetzt wird der Ring mit dem Boden (unten mit Messingnetz versehen) an den Helm befestigt, in den Trichter gestellt und mit dem Verteiler verbunden (dabei alle Hähne geschlossen). Nachdem es sich um eine Einführung von bestimmtem, konstantem hydrostatischen Druck handelt, so gehen wir folgend vor : Es ist z. B. ein Druck von 1 m hoher Wassersäule (in Intention des Prof. Ramann's Bodenkunde) zu erzielen. An dem im Trichter sitzenden Ringe können wir — am Gestellrohr, welches in cm geteilt ist — feststellen, in welcher Höhe sich die obere Oberfläche des Bodens, an der dieser mit dem Wasser in Berührung kommt, befindet.

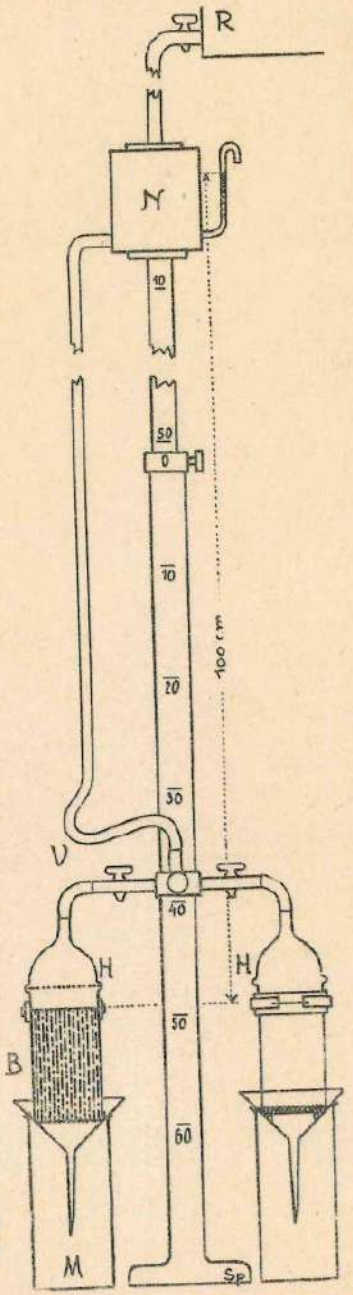

Fig. 56. — B = Stahlzing. mit Bodenprobe, M = Messglas, H = Helm, V = Verteiler, N = Niveleur, R = Wasserreservoir.

Sagen wir, dass wir z. B. die Zahl 49 cm gefunden haben. Nachdem wir die Länge der Wassersäule von 100 cm verlangen, so ist die obere Hälfte der Gestellröhre auf 51 cm (vom Wasserniveau im Glasröhrchen gemessen und geteilt) zu verlängern, damit der gewünschte hydrostatische Druck 1 m zur Geltung komme.

Darauf wird der Wasserzufluss vom Reservoir geöffnet, und dabei das verlässliche Funktionieren des Niveleurs geprüft. Erst dann öffnet man vorsichtig auch den Hahn am Verteiler und lässt sich den Boden mit Wasser tränken.

Zum eigentlichen Messen der Durchlässigkeit geht man erst nach 24 St. über. Dann wird in das Glasgefäss ein Messzylinder eingesetzt und die abtropfende Menge des Wassers in weiteren 24 Stunden genau gemessen.

* * *

Ich habe diese Mitteilung als, « vorläufige » bezeichnet, denn ich beabsichtige in nächster Zeit eine Reihe von Versuchen mit meinem Apparate vorzunehmen, um festzustellen :

1) Wie sich dabei verschiedene Böden verhalten werden, d. h. in welcher Beziehung steht die relative Durchlässigkeit mit der mechanischen Zusammensetzung des Bodens.

2) Einfluss des physikalischen Zustandes des Bodens (Porosität, Wasserhaltende Kraft, Hygroskopizität, Bodenfeuchtigkeit usw).

3) Einfluss des verschiedenen hydrostatischen Druckes.

4) Korrektionen bezüglich des Barometerdruckes.

5) Einfluss des elektrolytarmen und elektrolytreichen Wassers.

6) Einfluss von verschiedener Dauer der Wirkung des Wassers auf die Resultate (durch Kolloidengehalt u. Ähn. hervorgerufene Veränderungen).

Durch diese Versuche und Feststellungen ist die Aufgabe des Apparates noch nicht erschöpft. Die weitere, sehr wichtige Bedeutung hoffe ich in der Wasserbaupraxis zu finden. Ich habe dabei die Konstruktion von Talsperren etc. besonders im Augenmerk. Es ist festzustellen, wie sich das gegebene Erdmaterial bezüglich seiner Durchlässigkeit für Wasser unter gegebenem Pressdrucke der Dampfwalze verhalten wird. In diesem Sinne habe ich insoweit gearbeitet, dass ich im Prinzipe eine Konstruktion diesbezüglicher Apparatur, die für breite technische Praxis und natürliche Bauverhältnisse benützbar wäre, gelöst habe. Ich hoffe in kurzer Zeit diesbezügliche weitere Mitteilung in der Fachzeitschrift veroffentlichen zu können.

Sei weiter bemerkt, dass wir die Bodenprobe im Ringe unter bestim. Umständen auch zur Bestimmung der Porosität, Wasser- u. Luftkapazität, Hygroskopizität, Bodenfeuchtigkeit und zur mechanischen, event. auch chemischen Analyse zugleich benützen können.

Ing. J. SPIRHANZL, *Prague (Tchécoslovaquie)*. — **Appareil pour déterminer le pouvoir de filtration du terrain pour l'eau.**

RÉSUMÉ.

D'après KOPECKÝ, le pouvoir en question représenterait la quantité d'eau en C.C. qui traverse une couche de sol de 10 centimètres d'épaisseur et ayant une section de 10 centimètres carrés, quand le terrain se trouve déjà saturé d'eau depuis vingt-quatre heures. L'appareil inventé par l'A. tient compte de la pression hydrostatique exercée par la colonne d'eau sur la surface du terrain et de la pression atmosphérique, qui peuvent influer notablement sur la quantité d'eau qui traverse la couche du terrain.

SPIRHANZL Ing. J. (Staatl. Agropedologische Anstalt, Prague, Czecoslovakia). — **Apparatus for Determining the Filtration Capacity of the Soil for Water.**

SUMMARY.

According to KOPECKY, this filtration capacity would represent the quantity of water in cc., passing through a layer of soil 10 cm. thick and forming a cube 10 centimetres square, the ground having been already saturated with water for 24 hours.

The apparatus devised by the author takes into account the hydrostatic pressure exercised by the volume of water on the surface of the soil as well as the atmospheric pressure both of which may have a considerable effect on the quantity of water passing through the layer of soil.

Prof. Ing. ENRICO CLERICI.

Ispettore Generale del Ministero dell' Economia Nazionale, Libero Docente alla R. Università, Roma, Italia.

LIQUIDI PER ANALISI ISOPICNOMERICA

(SEPARAZIONE MECCANICA DEI MINERALI).

Tutti i metodi d'indagine scientifica hanno un campo di applicazione più o meno vasto, che si cerca continuamente di ampliare.

Così avviene per l'analisi isopicnomerica o separazione dei minerali mediante liquidi il cui peso specifico, entro certi limiti, può essere variato a piacere.

Attualmente v'è da scegliere fra parecchi liquidi e molteplici forme di apparecchi per usarli.

Essendomi un po' dedicato a tal genere di analisi, ho procurato di portarvi un modesto contributo sia rispetto ai liquidi che agli apparecchi.

Ben noto, e da maggior tempo largamente usato, è il liquido di SONSTADT-THOULET. Si credeva dapprima che il suo peso specifico massimo fosse intorno a 2,80 ; ma si vide che, opportunamente preparato, poteva raggiungere 3,19.

Il liquido del KLEIN va fino a 3,36 ; quello del DUBOIN a 3,46 ; quello de ROERBACH a 3,55.

Questi quattro liquidi sono soluzioni saline in acqua ; per graduarne il peso specifico si diluiscono con acqua e si concentrano a bagno-maria.

Tre altri liquidi, interamente volatili, sono composti della chimica organica diluibili con benzene e tetracloruro di carbonio.

Essi sono : bromoformio, peso specifico 2,84 ; tetrabromuro di acetilene, p.s. 2,97 ; ioduro di metilene, p. s. 3,32.

Di tipo affatto speciale è il liquido del RETGERS, ottenuto con la soluzione di tetraioduro di stagno in tribromuro d'arsenico, col quale si consegue un peso specifico maggiore di quello di tutti gli altri liquidi ora ricordati, cioè 3,73 alla temperatura di 15°, e questo liquido, il cui uso presenta molti inconvenienti, è ancora indicato in recenti opere di tecnica petrografica come quello dotato del massimo peso specifico, oltre il quale per fare separazioni di minerali occorre servirsi di miscele fuse, come le due migliori fra le proposte dal RETGERS : nitrato di argento e tallio, nitrato mercuroso e tallio.

Io sono riuscito a preparare una soluzione acquosa che già alla temperatura dello zero ha peso specifico superiore a quello del liquido del RETGERS. Si ottiene sciogliendo in acqua pesi eguali di formiato di tallio e malonato di tallio cristallizzati. Ne risulta un liquido incoloro che si può diluire con acqua e concentrare a bagno-maria quante volte si vuole e ricuperare dopo l'uso filtrandolo e riunendo e concentrando le lavature.

La soluzione satura filtrata a 10° C. ha peso specifico superiore a 4. La soluzione fatta a 21°,5 con 42 parti di formiato, 42 di malonato e 6 parti d'acqua risulta di peso specifico 4.205 e ciò indubbiamente è molto rimarchevole trattandosi di una soluzione acquosa.

Con lievi aumenti al disopra delle temperature dette ordinarie, si possono fare soluzioni con peso specifico ancora più elevato, così per esempio a 35° il p. s. è maggiore di 4,5 ; verso 100° supera il p. s. 5.

Operando a caldo, al disopra di 80°, è preferibile, anzichè saturare la soluzione con ulteriori aggiunte di formiato e di malonato, fondere addirittura, a moderato calore o a bagno-maria, la miscela dei due sali. La miscela fusa è filtrabile per carta.

Poichè nel movimento dei solidi entro un liquido, a parità di altre circostanze ha grande influenza la viscosità del liquido e la separazione dei minerali avverrà tanto meglio e tanto più rapidamente quanto più è piccola questa viscosità, ho eseguito varie serie di determinazioni di viscosità dalle quali è risultata, anche a questo riguardo, la superiorità del liquido al formiato-malonato di tallio in confronto ai liquidi SONSTADT-THOULET, KLEIN, DUBOIN, ROHRBACH.

La soluzione del solo formiato di tallio è dotata di viscosità ancora più piccola e si presta al trattamento delle polveri molto fine e delle argille.

Il formiato di tallio passa gradatamente dallo stato di soluzione a quello di fusione ; fuso è pure mobilissimo. Aggiungendovi carbonato di tallio in polvere, questo vi si scioglie ed il peso specifico della miscela sale alquanto al disopra di 5. Se invece del carbonato vi si aggiunge il fluoruro di tallio, anche questo vi si scioglie : quando la miscela ne contiene il 16,6 per cento, a temperatura fra 10 e 110°, vi galleggia anche l'oligisto o ematite cristallizzata dell'Elba.

In conclusione, col liquido al formiato-malonato di tallio si possono fare benissimo a freddo separazioni di minerali con una scala di pesi specifici da 1 a 4 ; da 4 a

4,5 a temperatura appena superiore a quella dell'ambiente, e in bagno d'acqua calda o in stufa anche fino a 5.

Per i minerali più pesanti, ottenuti da una precedente separazione, si può adoperare la miscela fusa formiato-fluoruro di tallio.

Nella pratica corrente, anche per pesi specifici poco elevati, uso ormai il liquido al formiato-malonato di tallio a preferenza di altri, salvo casi speciali e posso assicurare che risponde assai bene allo scopo.

Per gli apparecchi ho procurato di renderli della massima semplicità e di facile costruzione coi mezzi di qualunque laboratorio. Ne ho ridotte il più possibile le dimensioni in modo da richiedere la minima quantità di liquido, considerazione di qualche importanza per quei liquidi il cui costo è un po' elevato.

Il liquido al formiato-malonato di tallio si presta anche all'analisi fotoclisiscopica, per la determinazione indiretta dell'indice di rifrazione per una scala di indici fra 1,333 e 1,691.

L'indice del liquido può essere determinato o controllato in modo esatto con un refrattometro, quando lo si ritenga necessario, ma correntemente in modo approssimato con una semplice determinazione di peso specifico. Le variazioni dell'indice di rifrazione del liquido al formiato-malonato di tallio sono circa dieci volte più piccole della corrispondente variazione nel peso specifico.

Nelle mie ricerche mi proposi altresì di preparare liquidi meno costosi di quelli già in uso, anche se il peso specifico ne fosse minore, potendo essi giovare in casi particolari e per trattare grandi quantità di sabbie quarzose. Ho ritenuto raccomandabili due di tali liquidi, ambedue soluzioni acquose, la prima di bromomercurato di sodio, peso specifico 2,8, l'altra di bromomercurato di bario, p. s. 3,14. Questa ha quasi lo stesso campo di applicabilità del liquido di SONSTADT-THOULET col pregio di essere incolora, stabile, meno corrosiva e di minor costo.

Per altri particolari sui liquidi e sugli apparecchi si consultino le mie precedenti pubblicazioni :

1) Apparecchio semplificato per la separazione meccanica dei minerali. *Rendiconti R. Accademia dei Lincei*, XIII, 1° sem, 1904.

2) Apparecchio per la separazione meccanica dei minerali. *Ibid.*, XVI, 1° sem., 1907.

3) Preparazione di liquidi per la separazione dei minerali. *Ibid.*, XVI, 1° sem., 1907 ;

4) Sulla viscosità dei liquidi per la separazione meccanica dei minerali. *Ibid.*, XX, 1° sem., 1911.

5) Sulla analisi isopicnomerica delle rocce. *Nuovi annali del Ministero per l'Agricoltura*, I, 1921.

6) Ulteriori ricerche sui liquidi pesanti per la separazione dei minerali. *Rend. R. Acc. Lincei*, XXXI, 1° sem., 1922.

7) Sulla analisi fotoclisiscopica. *Nuovi Annali del Ministero per l'Agricoltura*, III, 1923.

PROF. ING. ENRICO CLERICI, *Rome (Italie)*. — **Liquides pour l'analyse isopicnomérique (séparation mécanique des minéraux).**

RÉSUMÉ.

L'auteur attire l'attention sur les résultats de ses recherches, faites dans le but d'élargir le champ des applications de l'analyse isopicnomérique, soit en cherchant d'autres liquides, soit en simplifiant les appareils pour les effectuer. Comme liquides à bon marché, bien que de poids spécifique peu élevé, l'auteur en a proposé deux au bromomercurate de sodium et au bromomercurate de barium.

Les résultats les plus remarquables, plus intéressants que tous les résultats obtenus jusqu'ici par d'autres chercheurs, sont donnés par le liquide au formiate-malonate de tallium, avec lequel on arrive à séparer parfaitement à froid des minéraux de poids spécifiques jusqu'à 4; puis de 4 à 4.5 à une température à peine supérieure à la température ordinaire et jusqu'à 5 à chaud.

Pour les minéraux plus lourds l'auteur propose le mélange fondu de formiate-fluorure de tallium, sur lequel à la température 100-110°, surnage très bien l'oligiste de l'Elba.

Ing. E. CLERICI, *Roma (Italy)*. — **Solutions for Isopicnomerical Analysis. (Mechanical Separation of Minerals).**

ABSTRACT.

E. CLERICI draws attention to the results of his experiments made with a view to the extension of the field of the application of isopnomerical analysis, and the discovery of other fluids, and the simplification of apparatus for their employment.

As examples of solutions of moderate cost, but of lower specific weight, he recommends the use of two especially: bromomercurate of sodium and bromomercurate of barium.

The most important result which may be considered superior to those obtained by other investigators were as follows:—

Formo-malonate of tallium when cold separates minerals with a specific weight up to 4; at about room temperature s. g. 4-4.5; when heated s. g. up t. 5.

For heavier minerals a melted mixture of formiate and fluoride of tallium is recommended and at a temperature of 100-110° C even the well known Elba oligiste floats readily.

Prof. A. N. SOKOLOWSKY,
Moskau, Russland.

ÜBER EINE NEUE METHODE DER CHEMISCH-MECHANISCHEN BODENANALYSE.

Wenn es die Aufgabe einer jeden Analyse ist, eine möglichst vollständige und richtige Vorstellung von den Erscheinungen und Wechselbeziehungen der einzelnen Komponenten zu geben, so muss man gestehen, dass sie bei der Bodenanalyse bei weitem nicht erreicht ist. Selbstverständlich ist vor allem zu verlangen, dass die Methode möglichst dem Wesen des zu untersuchenden Objekts entspreche, und dass durch das analytische Verfahren die Erscheinung nicht entstellt werde.

Abgesehen von seinen gröberen Bestandteilen, stellt der Boden einen kolloidalen Komplex mit äusserst veränderlichem Bestande dar. Die chemische Analyse gibt uns hier die elementar-chemische Zusammensetzung, und die mechanische eine Vorstellung von den mechanischen Endelementen, die den Boden bilden. Doch ebenso wie letztere uns leider keine Vorstellung von den physikalischen Eigenschaften des Bodens gibt, wo wir gewöhnlich nicht einzelne Körner finden, sondern immer (mit Ausnahme vielleicht von Sandböden) mannigfache Aggregate derselben, so geben auch die chemischen Methoden nur Bruchstücke jener chemischen Verbindungen, die den Charakter des Bodens bedingen.

Die Bodenchemie befindet sich eben in derselben Lage, wie einst die Mineralogie, so lange nicht Methoden gefunden waren, die unmittelbar die gesteinbildenden Mineralien bestimmten.

Wie Professor WERNADSKY schon im Jahre 1914 bemerkt hat, haben wir im Boden einen eigenartigen Komplex von Bodenmineralien, der von den gewöhnlichen mineralogischen Objekten ganz verschieden ist, (feste Lösungen und isomorphe Mischungen), wobei sie den Dissoziationssystemen, etwa der Zeolithentypen, nahe stehen, einen eigenartigen kolloidalen Komplex, der zu einer Erklärung ganz besondere Methoden erfordert.

Bekanntlich ist der Boden ein Beispiel für disperse Systeme, wobei der aktivere Teil derselben einen Komplex von hydrophilen Kolloiden darstellt, (Ton und besonders Humus), welcher, wie es meine Versuche gezeigt haben, sich teils in reversiblem, teils aber in irreversiblem Zustande befindet (der aktive und passive Schlamm-Humus + Ton).

Allerdings setzt die obenangeführte Definition voraus, dass, Ton wie auch Humus in ihrer inneren Zusammensetzung einen ganz veränderlichen Dispersitätsgrad haben und demgemäss sehr veränderliche chemische Zusammensetzungen und Eigenschaften besitzen. Für Tone haben wir zahlreiche Untersuchungen, wie die von SCHLOESING, SW. ODÉN, SEMJATSCHINSKY u. a.: Für Humus haben dasselbe meine Untersuchungen in Gemeinschaft mit Herrn I. G. GOLUBEFF und Fräulein WERNANDER gezeigt. Es ist festgestellt, dass zwischen den Dispersitätsgraden

von Ton und Humus einerseits und ihren chemischen Eigenschaften und Zusammensetzungen andererseits eine enge Korrelation besteht. Diese Umstände üben selbstverständlich einen gewaltigen Einfluss auf die physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften, wie auch auf die agronomische Qualität derselben aus.

Infolgedessen erlaube ich mir folgende Leitlinien für die wissenschaftliche Bodenanalyse vorzuschlagen.

I. Bestimmung der Gesamtmenge der Kolloide (nach Verdrängung des absorbierten Ca'' mit nachfolgender Oxydation des Humus durch H_2O_2 gibt uns die Abschlämmung die Menge der einzelnen Teile $< 1\mu$ bzw. $0{,}1\mu >$).

Wie es meine vergleichenden Bestimmungen gezeigt haben, beträgt der Unterschied bei Bestimmung des Schlammes nach der gewöhnlichen Kochmethode und nach der von mir vorgeschlagenen 50 %.

II. Bestimmung des reversiblen (bzw. irreversiblen) Teils, welcher sich infolge des Verdrängens des absorbierten Ca '' und nach Ersetzen desselben durch NH_4, K oder Na' in koaguliertem Zustande befindet und in eine Lösung übergeht. Nach meinen Versuchen spielt eben dieser Teil, " der aktive Schlamm ", eine grosse Rolle als Faktor der Bodenstruktur und -Konsistenz.

III. Feststellung des Dispersitätsgrades der Bodenkolloide mittels fraktioniertem Ultrafiltrieren oder fraktionierter Koagulation (durch fortschreitendes Verstopfen der Berkdfeldschen Kerzen).

IV. In Verbindung mit III — Anwendung der Differentialmethode beim Studieren des Humus, da die elementare Zusammensetzung, wie auch der Charakter der Verbindungen und seine kolloidalen Eigenschaften mit der Veränderung des Dispersitütsgrades sich gleichfalls verändern. Erst müssen die Humusgruppen nach physikalischen Kennzeichen gesondert werden, und dann erst geht man zur chemischen Charakteristik jeder einzelnen über.

Die bisher vorhandenen Daten lassen sich für die Erkenntnis des Humus schwer benutzen, da sie erstens dieses Moment nicht berücksichtigen, und zweitens sind sie unter Bedingungen erhalten, die eine starke Verunstaltung in der Zusammensetzung und der Eigenschaften des zu untersuchenden Materials hervorrufen.

V. Da die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens nicht nur von der Qualität, sondern auch von der Quantität der Kolloide abhäengt, und zwar in erster Linie von ihrem Gesättigkeitsgrade, so muss ihre Gesätigkeitsbestimmung, wie auch die Zusammensetzung der absorbierten Kationen angegeben werden.

Hier möchte ich auf der von mir vorgeschlagenen Methode bestehen, da sie weitgehende Möglichkeiten bietet und mir gestattete, für den neutralen und sogar mit $CaCO^3$ — imprägnierten ukrainischen Löss eine grosse Ungesättigkeit seltens Ca— festzustellen und somit ein Licht auf dieses interessante Gebilde zu werfen.

Für diese Bestimmung habe ich folgende Formel:

$$\frac{Am - \frac{Ca}{2}}{Am} \times 100$$

(Am und $\frac{Ca}{2}$ bezeichnen die Absorption von NH_4 und Ca '' in Millimol pro 100 gr Erde).

Diese Formel hat mir auch die Möglichkeit gegeben, eine objektive Methode vorzuschlagen, welche auf der Absorptionskapazität sich stützend das Kalkbedürfnis des Bodens bestimmt.

Noch einige Bemerkungen über die Methode der Humusbestimmung. Die vorhandenen Methoden (Elementaranalyse, Chromosäuremethode und besonders Permanganatmethode), die den C-Gehalt des Bodens genau angeben, bieten keine zuverlässigen Werte für Humus, als einem eigenartigen Komplex, der uns von verschiedenen Gesichtspunkten aus interessiert, infolge der grossen Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung von Humus verschiedener Böden und sogar ein und desselben Bodens (für verschiedene Dispersitätsgrade von Humus), worüber in kürzester Zeit ausführlicher berichtet werden wird.

Darum interessierte mich schon lange die Frage, ob es nicht möglich sei, die Humusbestimmung durch Oxydation desselben, mit H_2O_2 auszuführen, wobei die Verlustmengen berechnet würden. (Zum ersten Mal habe ich H_2O_2 im Jahre 1914 angewandt, um den Humus als Adsorptionsfaktor auszuschalten).

Natürlich könnte der Einspruch erhoben werden, dass dabei der Humus nur teilweise oxydiert, und dass man folglich keine Vorstellung von seinem quantitativen Gehalt im Boden erhalten könne. Allein hier liegt ein anderer Irrtum bezüglich des Humus vor, nämlich: Bei Bestimmung der Gesammtmenge des Humus unterscheiden wir nicht zwischen seinen leicht oxydierbaren Gruppen, welche sich leicht zersetzen und auflösen, und den indifferenten Verbindungen, die keine biologisch-chemische Bedeutung für Bodendynamik haben (z.B. Wachs und Harz).

Ich meine, dass man zur Entscheidung von wissenschaftlichen Fragen über Bodendynamik, sowie besonders über landwirtschaftliche Aufgaben hauptsächlich auf diesen aktiven Teil des Humus achten müsse.

Er ist der Träger der wichtigsten pyhsikalischen und biologisch-chemischen Bodeneigenschaften, wogegen die anderen nur Ballaste sind.

Ohne hier auf Einzelheiten einzugehen, verweise ich auf meinen Artikel in den *Intern. Mitteilungen für Bodenkunde* 1923, H. 3-4 (Druckfehler 3. i. J. 1924 1-2).

Ich meine, dass dank der beschrieben Methode, wir im Stande sein werden, ausser der elementaren Bodenzusammensetzung auch die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Bodenkolloide aufzuklären, und zugleich werden wir auch einige praktische Fragen, wie diejenige des Kalkbedürfnisses des Bodens beantworten können.

Prof. A. N. SOKOLOWSKY, *Moscou, Russie.* — **Sur une nouvelle méthode d'analyse mécanico-chimique du sol.**

Résumé.

Les traits principaux de cette méthode se résument comme suit: détermination de la quantité totale des colloïdes; détermination de la quantité reversible; détermination du degré de dispersité des colloïdes; emploi de la méthode différentielle dans l'étude de l'humus, en corrélation avec la détermination du degré de dispersité colloidale; détermination du degré de saturation et de la composition des cathions absorbés.

Prof. A. N. SOKOLOVSKY, *Moscow Russie.* — **A New Method of Mechanical Chemical Soil Analysis.**

ABSTRACT.

The principal features of this method may be summarised as follows: determination of the total amount of the colloids; determination of the reversible quantity; determination of the degree of dispersion of the colloids; employment of the differential method in investigating the humus, in relation to the determination of the degree of colloidial dispersion; determination of the degree of saturation and of the composition of the cations absorbed.

G. W. ROBINSON, M. A.

University College of North Wales, Bangor, Wales.

ON CERTAIN REGULARITIES IN THE MECHANICAL COMPOSITION OF SOILS AND OTHER GRANULAR SUBSTANCES.

The use of mechanical analysis as a means of expressing one of the fundamental properties of soils and clays, has grown considerably of recent years. From the mechanical analysis of a soil or clay certain inferences can be drawn as to the properties of the substance in question. One of the principal inconveniences of the ordinary method of setting out the mechanical composition of a substance is that the result consists of a collection of figures showing the percentages of fractions chosen on an arbitrary scale. Apart from the fact that the scale is arbitrary, a set of five or six figures to express one of the properties of a substance has obvious inconveniences and various attempts have been made to obtain some single value or coefficient as a measure of the dispersion of the material. A coefficient often used for this purpose is the hygroscopicity. Inasmuch as the value of this coefficient for any material will depend on the experimental method used, it has not come into universal use. There is the further disadvantage that the hygroscopicity may have very little relation to the degree of dispersion in the case of soils containing large proportions of organic matter, a difficulty which MITSCHERLICH has attempted to circumvent by the use of organic liquids instead of water vapour in his determinations.

The Use of Curves and Graphic Methods. — WHITTLES (1) proposed a graphic method of representing the mechanical composition of the soil in which the soil is divided into three fractions and the result represented by triangular coordinates.

The use of curves in mechanical analysis has been introduced by ODÉN (2) and WIEGNER (3). The graphic expression of the mechanical composition of a material as a continuous curve has obvious advantages, although in itself it cannot give the same simple information as a single coefficient. ZUNKER (4) and KRAUSS (5) have devised methods for estimating total particle surface of a soil or clay form the results obtained in mechanical analysis. The method of KRAUSS would appear to be preferable. He uses spiral coordinates in which length of radius is proportional to the inverse fourth root of the settling velocity and the angle proportional to the summation percentage of particles having less than the given settling velocity. The area of the curve obtained is seen to be proportional to the total surface to the material.

The writer has found it convenient to represent the mechanical composition of the soil or clay as the relationship between summation percentage and logarithm of settling velocity. The advantage of using settling velocity instead of particle size is that the former is experimentally controlled and its use as a measure of the fineness of particles does not involve the assumption of spherical particles obeying STOKES' law.

Mechanical Composition Curves for Different Materials. — The writer began, three years ago, an investigation of the mechanical composition of certain materials with special reference to the fractions finer than the clay fraction as defined by our English convention. In that convention, clay is taken as being material having a falling velocity less than 8.64 cm. in 24 hours, or 0.0001 cm/sec. The corresponding log v is $\bar{4}.0000$. The principle of the pipette method has rendered it practicable to investigate the mechanical composition of a large number of materials down to fractions represented by log $v = \bar{7}.5000$. The method used was exactly the same as that used for obtaining the conventional fractions. For long periods of settling, the suspensions were kept in stoppered bottles in a dark cupboard subject to relatively small variations of temperature. The following figures will give a typical example of the working conditions. For economy of space the data for the lower portion of the curve only are given.

London Clay. — 2 % suspension, dispersed in 0.05 % sodium carbonate.

Time	Depth	Log v	Weight of ignited material in 20 cc. of suspension	Percentage
24 hours	8.6 cm.	$\bar{4}.000$	0.178 gm.	35.6
6 days 22 hrs 40 min. .	20 cm.	$\bar{5}.5227$	0.135 gm.	27.0
6d 22h 40 m.	6 cm.	$\bar{5}.0000$	0.093 gm.	18.65
69d 10h 40 m.	20 cm.	$\bar{6}.5227$	0.066 gm.	13.2
69d 10h 40 m.	6 cm.	$\bar{6}.0000$	0.039 gm.	7.8
69d 10h 40 m.	2 cm.	$\bar{7}.5227$	0.016 gm.	3.2

The coarsest fraction obtained by subsidence was that corresponding to log $v = \bar{1}.0000$. For the coarser fractions, obtained by sieves, values of log v were calculated.

In the accompanying diagram (Fig. 53) the mechanical composition of a number of materials is represented. The following list gives the descriptions of the materials used.

1. *a*) London Clay.
   b) Kaolin.
   c) Powdered Slate.
   d) Powdered Felspar.
   e) Powdered Diorite.

II. *a*) Carboniferous Limestone Clay, Bangor.
b) Subsoil Clay, Hertfordshire.
c) Alluvial Subsoil Clay, Denbighshire.
d) Lias Soil, Glamorganshire.
e) Boulder Clay, Carnarvonshire.

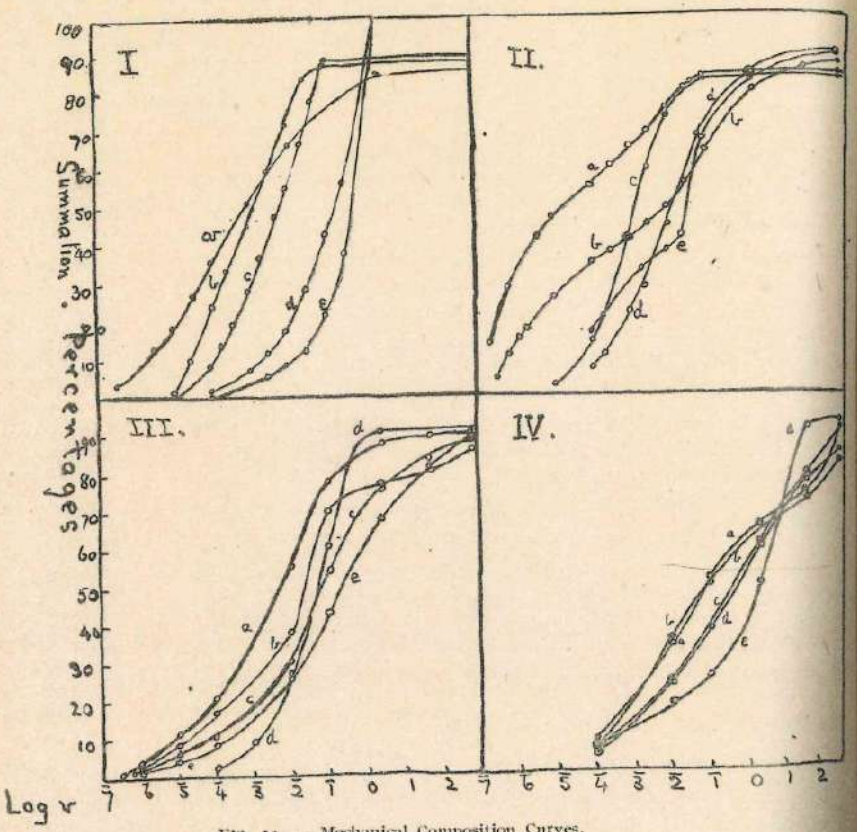

FIG. 53. — Mechanical Composition Curves.

III. *a*) Subsoil, Palaeozoic Silt Loam, Denbighshire.
b) Ditto. Another Sample.
c) Boulder Clay Subsoil, Anglesey.
d) Glacial Loam, Bangor.
e) Subsoil, Anglesey Medium Loam.
IV. *a*) Average Composition, Palaeozoic Silt Loam Soils.
b) Ditto, Ditto, Subsoils.
c) Average Composition, Anglesey Medium Loam Soils.
d) Ditto, Ditto, Subsoils.

It should be explained that the data refer to ignited material. In ordinary soils and clays, therefore, the curves can never reach 100 %. The deficit represents the hygroscopic moisture and the loss on ignition.

Discussion of the Curves. — An examination of the curves obtained reveals a number of regularities. In the first place the tendency for the experimental points to lie on smooth curves may be remarked. That this is not a consequence of the small number of points taken is supported by the form of the curves in which the experimental points occur at fairly close intervals over the whole range. Allowing for experimental errors, the mechanical composition of the materials investigated can be represented by smooth curves. This conclusion is confirmed by a large number of curves in addition to those which are given in the diagram and may be taken as a general property of mechanical analysis curves. From this it follows that interpolation can be used for the conversion of results obtained on one scale to results on another scale [1]. For example in a recent investigation of two Dutch soils kindly furnished by Dr. D. J. HISSINK for another purpose, the experimental points obtained using the ATTERBERG scale lay so well on the curve obtained using the English scale that the values obtained by interpolation from one set of results lay within 0.5 % of the values obtained experimentally on the other scale. The smoothness of the curves shows that the different sized particles in a granular material such as soil or clay are related to each other and not present as unrelated fractions.

Form of the Curves. — The actual form of the curves obtained is also worthy of notice. In addition to the curves figured in the diagrams, the curves for a large number of soils examined in this laboratory have been drawn. The experimental data used were the mechanical analyses obtained in suvvey and routine work during the past twelve years.

The curves appear to be mainly of one general type with two sub-types. Three typical curves are given in fig. 54. By setting out the differential as a function of $\log v$, as is done in the curves with dotted lines, a measure of the frequency for each value of $\log v$ is obtained. The principal type, which is shown in curve *A* is a sigmoid curve having one point of inflection. The differential curve shows a single maximum. The physical significance of this is that for such materials there is a " modal fraction " or dominant fraction. In the case of the soil represented by curve *A*, the modal fraction is at $\log v = \bar{2}.5$, which in our English scale falls in the " silt ".

Two variants of this type were encountered and may prove to be common. In the first place, certain clays, for example, that shown in *B*, fig. 54, appear to give a curve in which the lower portion of the sigmoid is practically suppressed. This indicates that the modal fraction is at or near the lower limit of particle size. On the other hand certain artificially disintegrated materials such as slate powder, shown in *C*, fig. 54, appear to have their characteristic fraction at or near the upper limit. In the case of some materials the curve obtained appears to be a composite, for example, II*b* and II*c* in fig. 53. This would imply a mixture of two materials. Such composite curves are however not generally obtained for materials of uniform origin.

[1] This has been already suggested by WHITTLES, loc. cit.

One case in which material of uniform origin gives a composite curve must be specially considered. There occur in North Wales (7) a large number of soils in which considerable proportions of partially disintegrated rock are present. This is the case with many of the Palaeozoic Silt Loams. These soils are generally speaking endody-

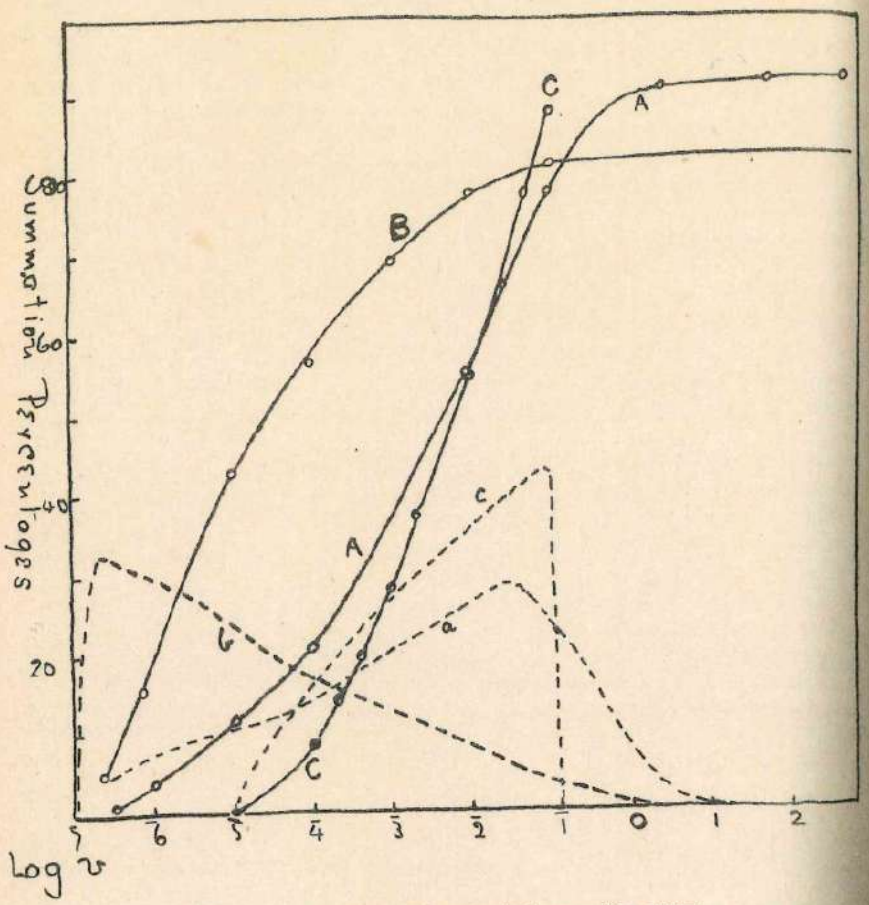

FIG. 54. — Variants of the mechanical composition curves.

namomorphic or immature soils in the early stages of disintegration from Cambrian, Ordovician, and Silurian rocks. This is reflected in the high proportions of fine gravel, particularly in the subsoils. The curves (IV *a* and *b*) are given for the average mechanical analysis of soils and subsoils of this type, as well as for another well marked soil type found in Anglesey, namely the Anglesey Medium Loam. In the latter type the curves appear to be of the normal type but there is just the suggestion of abnormality in the upper portion of the subsoil curve. The Silt Loams

however show a well marked change in the upper part of the curve, which is, as might be expected, more marked in the subsoils than in the soils.

Considering this irregularity in the upper portion of the curves for soils containing large proportions of partially disintegrated rock material, there would appear to be some justification for taking the upper limit of soil at 1 mm. particle diameter instead of at 3 mm. as in the convention in use in this country. The division between soil and rock particles may not be entirely arbitrary and it may be reasonable to place the upper limit of soil at such a particle diameter that the material will be divided into two portions, each having a set of properties of its own. It is of course admitted that the presence of partially disintegrated rock has its effect on soil properties. The division is only desirable to separate two classes of material which may be more conveniently studied apart.

Lower Limit of Particle Size. — A consideration of the curves figures in the present paper suggests that the lower limit of mechanical analysis curves is somewhere in the region of $\log v = \bar{7}.0000$. In an earlier paper (6) it was shown that the presence of a gel coating on the surface of particles would materially affect their settling velocity and that the very small settling velocities at the lower end of the scale might represent particles in which the settling velocity is conditioned as much by the nature of the gel coating as by their actual size. It is therefore unsafe to calculate particle size from the smallest velocities obtained. If such a calculation were made, assuming that $\log v = \bar{4}.0000$ corresponds to a particle diameter of 0.002 mm., the lower limit of particle size would be about 0.00006 mm., an estimate in fair agreement with that of WHITNEY. It is noteworthy that kaolin, which though not plastic has a fairly high proportion of clay by the English scale, has a lower limit corresponding to about $\log v = \bar{5}.0000$ and the same is true as to the lower limit for other non-plastic materials such as slate dust and powdered felspar. The writer would suggest that the limit for clay in the scales generally used is too high and that by taking clay as consisting of material having a settling velocity less than 0.00001 cm. per second (log $v = \bar{5}.0000$), a truer picture of the properties of a soil would be obtained.

If, as seems probable, the mechanical analysis curve for a granular material of uniform origin be a single curve, it would, be easy to describe any soil or clay by its "modal fraction" or, in other words, its dominant particle size. This would be found at once from inspection of the curve by the position of the steepest portion. For example in I*a* the modal fraction is at $\bar{4}$ to $\bar{4}.5$, in I*b* at $\bar{3}.5$ to $\bar{2}.0$, in I*c* at $\bar{2}.5$ to $\bar{1}.0$, in I*d* at 0 to 0.5, and in I*e* at 0 to 0.5. This description and the "total grain surface" which could be conveniently calculated by the sector method of KRAUSS would epitomise those properties of a material which depend on its mechanical composition. Material such as those represented by curves II*b* and II*c* could be described by their several modal fractions, for example II*b* shows modal fractions at $\bar{7}.5$ and $\bar{1}.0$ and II*c* at $\bar{4}.0$ to $\bar{4}.5$ and $\bar{2}.5$. With very variable materials the ODÉN-KEEN recording apparatus would be of special value in order to secure the necessary detail in the curves.

Summary.

1) In mechanical analysis, materials are fractionated according to the rate at which their constituent particles settle in water. In view of the uncertainty attaching to the relationship between particle size and settling velocity for irregu-

larly shaped particles and for the finest clay particles, the settling velocity (v) or its logarithm (log v) is suggested as a more satisfactory description of the fractions isolated.

2) The results of mechanical analyses are conveniently shown as curves expressing the relationship between summation percentages and log v. The coordinates of a point on such a curve would be given by log. v and the percentage of material having a settling velocity less than v.

3) The curves thus obtained have been examined for a large number of materials, including soils, clays and artificially disintegrated rocks. They appear to be fairly smooth. Consequently, if a number of points are obtained, the curve may be drawn and other points obtained by interpolation. It is thus possible to transfer from one scale, e. g. the English scale to another scale, e. g. the Atterberg scale by interpolation.

4) The normal form of curve is a sigmoid, having one point of inflexion corresponding to the steepest portion of the curve and the modal or dominant fraction. This can be found by inspection and may be used to characterise a material. With less uniform materials composite curves are obtained. Such materials have more than one modal fraction.

5) In certain clays the modal fraction appears to be near the lower limit of particle size, whilst in certain materials mechanically disintegrated the modal fraction is at or near the upper limit of particle size.

6) It would appear from inspection of the curves that the lower limit of particle size corresponds approximately to log $v = \bar{7}.0000$. For certain non-plastic materials the lower limit appears to be at log $v = \bar{5}.000$ and it is suggested that might be taken as a convenient upper limit for " clay " in mechanical analysis.

BIBLIOGRAPHY.

(1) C. L. WHITTLES. Note on the Classification of Soils on the Basis of Mechanical Analyses. *J. Agric. Sci.*, XII, 166. 1922.
(2) S. ODÉN. Eine neue Methode zur mechanischen Bodenanalyse. *Int. Mitt. Bodenkunde*, V. 257. 1915.
(3) G. WIEGNER. Ueber eine neue Methode der Schlämmanalyse. *Landw. Versuchsstat.*, XCI, 41. 1918.
(4) ZUNKER. Die spezifische Oberfläche des Bodens als Grundlage für die Normung der Dränenentfernung. LAND. JAHRB., LVIII, 89. 1923.
(5) G. KRAUSS. Ergänzender Bericht über eine dem Prager Bodenkundlichen Kongress vorgetragene neue Methode der mechanische Bodenanalyse usw. *Int. Mitt. Bodenkunde*, XIII, 147. 1923.
(6) G. W. ROBINSON. A New Method for the Mechanical Analysis of Soils and other Dispersions. *J. Agric. Sci.* XII, 306. 1922. See also D. S. JENNINGS, M. D. THOMAS, and W. GARDNER. A New Method of Mechanical Analysis of Soils. *Soil Sci.*, XIV, 485. 1922.
(7) G. W. ROBINSON. Studies on the Palaeozoic Soils of North Wales. *J. Agric. Sci.*, VIII, 338. 1917.
(8) MILTON WHITNEY. Origin of Soil Colloids. *Science*, 54, 653. 1921.

Prof. G. W. ROBINSON, M. A. *Bangor, Wales (Grande-Brétagne).* — **Sur quelques régularités dans la composition mécanique des sols et d'autres substances à granules.**

RÉSUMÉ.

1) Dans l'analyse mécanique on différencie les matériaux suivant la rapidité de leur précipitations dans l'eau. Pour l'indication des différents groupes des particules l'A. suggère la vitesse de précipitation (v) ou son logarithme (log. v).

2) Les résultats de l'analyse mécanique peuvent être représentés par des courbes qui expriment le rapport entre la somme de pourcentages et le log. v.

3) Les courbes qui concernent des matériaux tels que les particules du sol, l'argile, les roches désagrégées, résultent continues et par conséquent, lorsqu'on a déjà obtenu quelques points, on peut tracer la courbe elle-même et obtenir les autres points par interpolation. Par interpolation il est ainsi même possible de modifier l'échelle de la courbe.

4) La courbe normale est sigmoïde avec un point d'inflexion qui correspond à la «fraction modale» et sert pour caractériser un matériel. Pour des matériaux hétérogènes les fractions modales sont plusieurs et les courbes composites.

5) La fraction modale serait près de la limite inférieure de grosseur avec quelques argiles, près de la limite supérieure avec des matériaux pulverisés.

6) Les courbes montrent que la limite inférieure se trouve voisine du log. $v = \bar{7}.0000$ mais pour certains matériaux non plastiques il est à peu près leg $v = \bar{5}.0000$. L'A. propose que cette dernière limite peut être adoptée comme la limite la plus grande pour les « argiles » dans l'analyse mécanique.

Prof. C. W. ROBINSON, M. A. *Bangor, Wales (Great-Britain).* — **On Certain Regularities in the Mechanical Composition of Soils and other Granular Substances.**

ABSTRACT.

(1) In mechanical analysis materials are fractionated according to rate of settling of particles in water. The settling velocity (v) or (log v) is suggested to describe the fractions isolated.

(2) The results of analyses may be shown as curves indicating the relationship between summation percentages and log v.

(3) The curves of materials such as soils, clays and disintegrated rocks appear to be fairly smooth; hence, if a number of points are obtained, the curve may be drawn and other points obtained by interpolation. It is thus possible to transfer from one scale to another by interpolation.

(4) The normal curve is a sigmoid.

(5) In certain clays the modal fraction is near the lower limit of particle size; in certain disintegrated materials it is at or near the upper limit of particle size.

(6) The curves indicate that the lower limit is about log $v = \bar{7}.0000$, but for certain non-plastic materials it appears to be about $v = \bar{5}.0000$, and it is suggested that this might be taken as an upper limit for " clay " in mechanical analysis.

PROF. TH. BIÉLER-CHATELAN.
Institut International d'Agriculture, Rome.

CONSTITUTION VOLUMÉTRIQUE DES SOLS EN PLACE.

I. — REPRÉSENTATION EN POIDS ET REPRÉSENTATION EN VOLUMES.

La manière habituelle de représenter en *poids* la constitution mécanique et physique des terres, étant basée sur des pesées précises et absolues, semble à première vue très exacte et la meilleure pour comparer les divers sols. Cela peut être vrai, jusqu'à un certain point, pour le chimiste-agronome, habitué à manier la ba-

lance et à interpréter les chiffres pondéraux ; mais ceux-ci disent peu de chose à l'agriculteur praticien ; ils ne lui représentent par le sol *tel qu'il l'observe journellement* et ne lui en expliquent pas suffisamment la nature et les propriétés, et cela pour plusieurs raisons, exposées ci-après :

1) Ce qui importe à la plante, ce n'est pas le *poids* des constituants mécaniques et physiques du sol, mais leur *volume*, dont dépendent à la fois l'*espace* laissé aux racines pour leur libre développement et la *surface* des particules, placées à leur contact, qui leur fournissent une alimentation minérale. Supposons, par exemple, qu'il se trouve dans le sol un caillou de quartz pesant 1325 grammes et un fragment de fer oligiste pesant 2500 grammes. Au point de vue physique, cette différence de poids est indifférente à la plante et ces deux cailloux peuvent être considérés comme jouant un rôle identique par le fait qu'ils occupent chacun 500 centimètres cubes. Autre exemple : un terrain renfermant en poids 80 % (soit plus de $^3/_4$) de cailloux semble à première vue presque entièrement pierreux et quasi impropre à la végétation ; mais, en réalité, ces pierres n'occupent qu'environ 50 % (la moitié) du volume du sol, laissant ainsi aux racines plus de place qu'il ne paraissait d'après la quantité en poids. On trouve un exemple pratique analogue dans les terrains caillouteux I et II du Tableau I (p. 200) ; en y comparant le % de cailloux en poids au % en volume (respectivement 58 et 52 % ; 40 et 34,8 %), on voit que le premier est avec le second à peu près dans le même rapport que 80 et 50. On s'explique ainsi que, malgré une proportion aussi élevée de cailloux (dont quelques-uns mesurent plusieurs litres), ces terres puissent encore fournir, comme tant d'autres terrains analogues de l'Apennin, des récoltes de blé passables.

2) La représentation usuelle en poids, négligeant plus ou moins deux constituants essentiels du sol en place : l'*eau* et l'*air*, est généralement *incomplète* et ne saurait, par conséquent, donner une image fidèle de la constitution réelle des sols en place. Elle indique parfois la teneur en eau, rapportée au poids de la terre, mais passe absolument sous silence (et pour cause) la *capacité d'air* (voir plus loin), ce facteur essentiel de la vie des racines, comme l'a si bien montré KOPECKÝ (voir BIBLIOGRAPHIE, N° 14), qui considère une capacité d'air inférieure à 6 % en volume comme insuffisante pour la croissance normale des bonnes herbes fourragères et comme favorisant l'acidité du sol et, par suite, l'envahissement des prairies par les herbes de sols acides. BURGER (BIBL. N° 20) considère aussi une capacité d'air suffisante comme un indice précieux de la fertilité des sols.

3) Les quantités en poids des sols, se rapportant souvent à des terres d'*inégale densité apparente*, ne sont pas toujours aussi comparables qu'on pourrait le croire, parce que l'unité de poids peut correspondre à des *cubes de terre différents*. En disant : 1 kilo de terre, on indique une masse pondérale sans en définir le rôle volumétrique dans le sol en place. On devrait au moins indiquer le *volume* occupé par ce kilo (volume spécifique). Or, tandis qu'une terre essentiellement minérale n'occupe, à l'état de tassement maximum, que $^3/_5$ à $^3/_4$ de litre, 1 kilo d'une terre très humifère (tourbeuse, p. ex.) peut occuper jusqu'à plus de 2 litres, soit jusqu'à un volume 3 fois plus grand. Autrement dit, le volume d'un kilo peut varier entre 600 cm³ (sol pierreux) et plus de 2000 cm³ (sol tourbeux), en sorte que 1 kilo du premier occupe un volume ne dépassant guère la moitié de son

TAFEL V.
TAVOLA V.

PLANCHE V.
PLATE V.

RAPPORTS ENTRE POIDS ET VOLUME DES TERRES

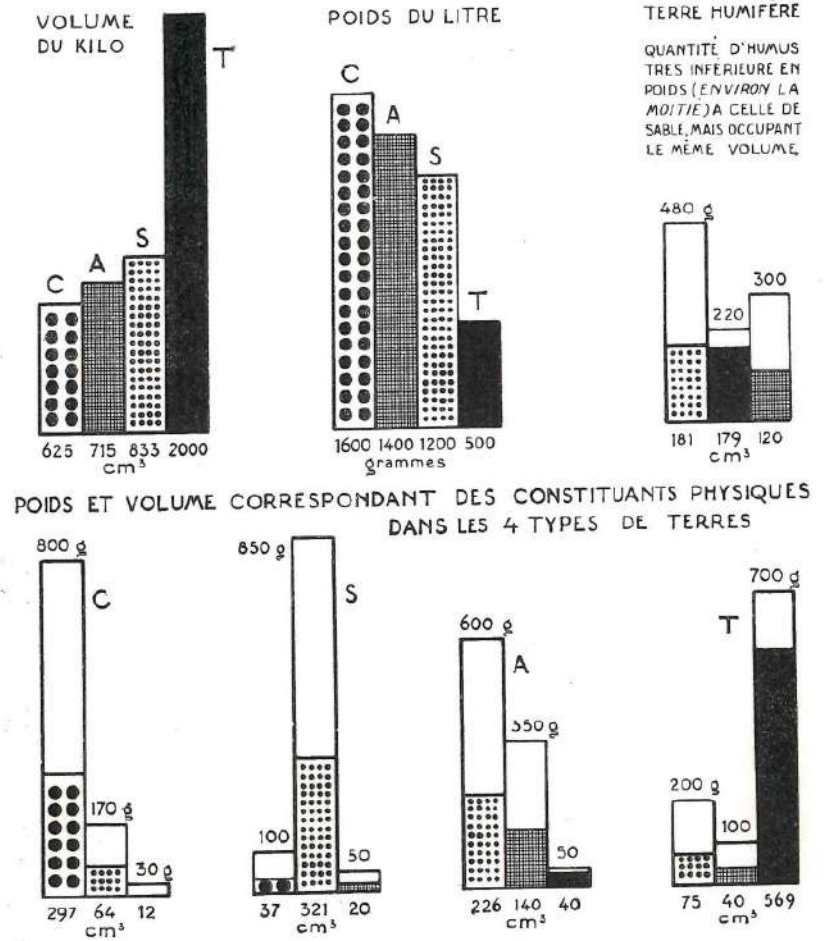

FIG. 55-61. — Diagrammes des rapports entre poids et volume dans 4 types de terres. Dans la série inférieure de quatre diagrammes, les rectangles entiers (terminés en blanc) sont proportionnels aux *poids* en grammes des constituants physiques, et leur portion couverte de signes ou teintes conventionnels représente les *volumes* respectifs correspondants en centimètres cubes.

FIG. 62 - 67. — Diagrammes de la constitution volumétrique de 6 terrains en place.
Sur chaque carré (représentant la paroi verticale postérieure d'un cube pris comme unité de volume) sont projetés les *volumes* respectifs des divers constituants physiques, sous forme de bandes verticales proportionnelles à ces volumes.
Comparer le 3ème diagramme (à droite) de la série supérieure au 3ème de la série inférieure : les volumes respectifs des constituants solides et des espaces lacunaires sont identiques, mais leur composition diffère.

poids, tandis que 1 kilo du second peut occuper un volume plus que double de son poids.

Il en résulte qu'au point de vue cultural 1 kilo de terre minérale n'est pas comparable à 1 kilo de terre tourbeuse, sans parler de leur composition respective, qui accentue encore la différence, comme on va le voir par ce qui suit :

4) Pour une même terre, les chiffres pondéraux de l'analyse mécanique et physique ne sont parfois guère comparables, parce qu'ils représentent des constituants différant trop par leur densité soit *réelle*, soit *apparente*.

Dans le cas de la *densité réelle*, le volume des constituants minéraux (sable siliceux, sable calcaire, argile) n'atteint pas ⅓ de leur poids, tandis que l'humus occupe un volume presque égal à son poids, soit 2 à 3 fois supérieur à celui des premiers. Par exemple, 20 % en poids d'humus n'équivalent pas à 20 % en poids de sable, mais occupent presque *autant de volume* que 50 % en poids de sable, c'est-à-dire environ autant de volume que la moitié du poids total du sol considéré. L'article intitulé « Die Zusammensetzung der Ackerböden in volumetrischer Darstellung » (Représentation volumétrique de la constitution des sols), que nous avons publié en 1912 dans les *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde* (BIBL. N° 12) donne 2 Tableaux (que nous ne pouvons reproduire ici faute de place) montrant combien diffèrent les rapports entre les quantités respectives des divers constituants physiques du sol suivant qu'elles sont exprimées en poids ou bien en volumes.

Les diagrammes de la Planche V (fig. 55-61) illustrent ces rapports entre poids et volumes des terres et de leurs constituants physiques.

Dans le cas de la *densité apparente*, les différences sont encore plus marquées : l'humus ayant une densité apparente 3 à 4 fois moindre que celle des constituants minéraux, 20 % en poids d'humus occupent plus de 50 %, soit plus de la moitié du *volume total* du sol considéré, ce qui, soit dit en passant, explique l'énorme capacité d'eau des terrains très humifères.

* * *

De tout ce qui précède, il résulte donc que les chiffres pondéraux de l'analyse *mécanique* et *physique*, n'étant pas tous proportionnels au rôle effectif de chacun des constituants dans le sol en place, ne donnent pas toujours une mesure exacte de leur importance respective, d'autant plus que ces constituants peuvent être répartis dans des cubes de terre fort différents, et par suite peu comparables.

Cette considération s'applique aussi aux résultats de l'analyse *chimique* pondérale. Ainsi, par exemple, pour devenir comparables entre des terres tourbeuses et des terres minérales, ces résultats devraient *apparemment* être diminués de moitié et plus dans les premières, si, comme on doit le faire, on compare des cubes de terre égaux. (Ceci dit d'une façon toute générale et théorique, sans tenir compte, au point de vue de la fertilité, des caractères spéciaux des terres tourbeuses, qui rendent plus difficile leur comparaison avec les terres minérales : énorme capacité d'eau ; fort retrait en temps de sécheresse ; accumulation de matière organique et d'azote ; acidité parfois prononcée ; déficience de potasse et de chaux ; etc. Cette question mérite une étude approfondie. En attendant on peut dire que, toutes choses égales d'ailleurs, la richesse en matière organique des terres tourbeuses

tend à leur conférer une certaine supériorité sur les terres minérales au point de vue de la fertilité. C'était déjà l'opinion de WOLLNY (78), suivant lequel, à égalité de composition chimique, les terres tourbeuses sont plus productives que les sols argilo-sableux et sableux, et cette opinion s'accorde avec les vues récemment exprimées par PEROTTI dans sa *Teoria microrganica della concimazione* [27]).

Il y aurait donc avantage à représenter la constitution des sols en place non seulement par des poids, mais aussi et surtout par des volumes, ce qui donnerait une image plus fidèle de cette constitution et rendrait les analyses de toute sorte plus comparables. Le principal avantage de cette représentation volumétrique, c'est qu'elle *caractérise* la constitution des types de sols bien mieux que la représentation en poids d'après les procédés conventionnels de laboratoire, qui tend au contraire à la *déformer*, en sorte que la représentation en volumes est bien préférable à l'autre pour une étude scientifique des terrains *naturels* pris comme types dans une région donnée. C'est là un avantage marqué pour la cartographie du sol : des représentations volumétriques bien faites peuvent rendre beaucoup plus saisissants les *profils* du terrain et donner immédiatement, sur sa capacité d'eau et d'air, des renseignements précieux au point de vue du drainage, de l'irrigation, de l'alimentation des sources, etc.

D'autre part, en prenant l'habitude d'analyser la terre volumétriquement, on se persuaderait de plus en plus que le terrain en place est en quelque sorte un *organisme vivant* ayant une *chair*, une *circulation* et une *respiration* et dont les échantillons secs de laboratoire ne représentent plus, pour ainsi dire, que le *cadavre*. On se persuaderait aussi que l'aération du sol est au moins aussi nécessaire que sa fumure, surtout avec les engrais chimiques ; ceux-ci, appliqués à un terrain sujet à l'asphyxie des racines sans qu'on l'ait aéré d'abord, font penser aux drogues que l'on administrerait à une personne anémiée par manque d'air respirable, au lieu de lui procurer avant tout cet élément vivifiant. Dans les deux cas, il s'agit avant tout d'une question d'hygiène.

II. — OBJECTIONS POSSIBLES.

Ce qui a retenu jusqu'ici les agronomes d'adopter, comme base analytique, l'unité de volume au lieu de l'unité de poids, c'est évidemment la crainte de ne pas obtenir des résultats comparables, à cause des variations de volume résultant du tassement inégal des sols en place suivant la fréquence ou l'absence des travaux aratoires, variations que DEHÉRAIN (8) avait démontrées avec sa méthode des « cadres » (voir chap. III). Toutefois il avait obtenu, entre les sols non travaillés (friches, landes, prairies) et les sols travaillés puis bien roulés, une concordance autorisant à admettre qu'en prélevant les échantillons types dans des sols de ces deux catégories, on obtiendrait des garanties de tassement uniforme suffisantes pour rendre les analyses comparables. Les résultats obtenus par DEHÉRAIN (Tableau, p. 191) en font foi.

Il est bien entendu que, même pour la représentation en volumes, l'analyse pondérale reste la base indispensable des opérations, étant donné que les volumes des constituants solides s'obtiennent en divisant leurs poids par leurs densités réelles ; mais elle demande à être *interprétée* sous une forme volumétrique, représentant mieux l'état réel des choses dans le terrain en place. La représentation pondérale pure et simple rappelle en quelque sorte la notation chimique en équivalents, tandis que la représentation volumétrique pourrait à juste titre être comparée à la notation atomique, basée sur la notion des volumes occupés par les éléments à l'état gazeux.

Constitution volumétrique comparée (en cm³ par litre) de sols non travaillés et de sols travaillés puis roulés (d'après DEHÉRAIN).

	Volume de la terre	Volume de l'eau	Volume de l'air	Volume des espaces vides (eau + air)
Terre non travaillée depuis 6 ans, . .	515	152	333	485
Terre scarifiée, hersée et roulée, . . .	512	188	300	488

Pour permettre une comparaison étroite des analyses mécaniques, physiques et chimiques de terrains à *densité apparente différente*, il faudrait prendre comme unité non pas purement et simplement le kilogramme, mais bien le *poids à l'unité de volume* (ou poids spécifique apparent) de la terre sèche tassée au maximum dans les conditions naturelles du sol en place, car ce serait le plus sûr moyen de rétablir l'équilibre de comparaison rompu par les différences de densité apparente. La constitution mécanique et physique serait alors exprimée à la fois en poids et en volumes, la composition chimique en poids seulement. KRÜGER (20) a attiré l'attention sur l'importance de ce qu'il appelle le « Raumgewicht » (poids à l'unité de volume) et sur les moyens de le déterminer.

A propos de l'analyse *chimique*, il convient de noter que cette manière de procéder assurerait une interprétation des résultats conforme aux conditions naturelles du sol en place, parce qu'elle se baserait sur l'analyse mécanique et physique de la terre *complète* considérée *volumétriquement* et non simplement comme *masse pondérale*, comme on le fait trop souvent encore dans les analyses effectuées suivant des procédés conventionnels de laboratoire où l'on ne prend pas même l'élémentaire précaution de rapporter la *terre fine* analysée à la terre *complète* du champ. On donnerait ainsi raison aux idées si justes exprimées à ce propos par M. le marquis de VOGÜÉ (9) au Congrès international d'agriculture de Paris en 1900 et confirmées par un exemple pratique convaincant que cet illustre agronome avait pu lui-même constater : un champ dont la terre fine avait partout la même composition *chimique* produisit 30 hectolitres de blé sur une partie et seulement 8 sur l'autre ; cet écart s'expliqua ensuite aisément par des différences de constitution *physique* entre ces deux parties faciles à constater sur le terrain en place.

Pour terminer ce chapitre, remarquons que, si l'on connaît le *volume* occupé par l'*unité de poids* (volume spécifique), il est toujours possible de transformer par le calcul les données pondérales en données volumétriques, ce qui facilite l'adoption du système que nous préconisons et peut lui assurer une large application.

III. — OPÉRATIONS SUR LE TERRAIN EN PLACE.

En ce qui concerne le prélèvement d'un volume donné de terre en place, le plus ancien instrument exact employé est le cylindre en laiton (avec couvercles et tubulures) préconisé par FLÜGGE (1 et 5) pour déterminer la porosité et la

perméabilité du sol. RAMANN (4-6-11) a employé, pour ses recherches classiques sur les sols forestiers et autres,un cylindre d'acier légèrement conique (avec couvercle amovible à chaque extrémité) mesurant 100 mm de hauteur et environ autant de diamètre interne. De son côté KOPECKY (14) a imaginé une sonde plus perfectionnée, mais plus courte et plus *étroite* (50,5 et 80 mm de diamètre interne), ce qui peut convenir dans les terres fines et compactes qu'il s'agit de drainer, mais ne permet pas de prendre un échantillon adéquat dans les terrains à gros éléments dépassant le diamètre de la sonde. Nous avons nous-même (10-12) employé avec succès une sonde cylindrique à couvercles et à orifice inférieur tranchant mesurant 1 litre de capacité, analogue à celle de RAMANN mais un peu plus longue et plus étroite, non pour des raisons de principe, mais simplement parce qu'il n'était pas facile alors de se procurer des tuyaux d'acier plus larges. Plus tard ENGLER (19) et BURGER (21) ont employé une sonde cylindrique presque identique à celle de RAMANN, mesurant 114 mm de hauteur, 106 mm de diamètre interne et 1 litre de capacité. En vue de rendre les résultats des recherches plus comparables, BURGER (21) propose d'adopter une sonde cylindrique «standard» mesurant 113 mm de diamètre interne (correspondant à 100 cm² de section utile) et 100 mm de hauteur. Enfin KRAUSS (25) a décrit des sondes légèrement coniques, de dimensions variant suivant les types de sols à étudier.

De son côté DEHÉRAIN (8), dans ses recherches classiques sur le travail du sol, avait employé ce qu'il nommait des «cadres», à savoir des manchons de tôle carrés à bord supérieur plié à angle droit (en cornière) de façon à pouvoir reposer à plat sur le sol. Ces «cadres», pouvant contenir 6 ou 8 litres de terre, suivant qu'ils mesuraient 150 ou 200 mm de hauteur, étaient enfoncés verticalement dans le terrain à coups de maillet, comme on doit le faire aussi pour les sondes, de façon à ne pas déformer la structure du sol en place à étudier. (Les sondes doivent être munies, à la partie supérieure, d'un étrier en bois destiné à protéger la poignée contre les chocs et à porter leur effet sur le cylindre même).

D'autre part TRNKA (16), reprochant aux sondes cylindriques de produire cette déformation, a proposé de prélever simplement une *motte de terre*, qu'on englobe de paraffine fondue pour en mesurer ensuite le volume par déplacement d'eau dans un voluménomètre de son invention.

On peut aussi prélever un cube de terre de dimensions déterminées, tout simplement à l'aide d'une bêche rectangulaire ou carrée. Dans le second cas, on pourrait adopter comme dimension 1 décimètre carré, de façon à extraire un cube de terre de 1 litre, et l'on peut plier le haut de la lame en cornière pour qu'il repose à plat sur le sol. Pour éviter les pertes d'eau par évaporation et faciliter le transport, on peut enfermer ce cube de terre dans une boîte en fer-blanc de dimensions appropriées.

Il nous semble qu'aucun de ces modes de prélèvement ne doit exclure les autres, mais que chacun d'eux peut servir suivant les cas très divers qui se présentent.

Les sondes cylindriques larges ont l'inconvénient d'être pesantes, surtout quand elles sont pleines de terre humide ; mais elles présentent, par contre, ces deux avantages :

1) possibilité d'obtenir une capacité de 1 litre (et peut-être une section utile de 100 cm²) ce qui facilite beaucoup les opérations et calculs analytiques ;

2) possibilité de prélever des échantillons adéquats de terrains à éléments trop gros pour entrer dans les sondes étroites.

D'une façon générale, l'emploi des sondes cylindriques à couvercles, recommandable dans tous les terrains en vue de déterminer la capacité d'eau et d'air, est indispensable dans les terrains friables n'ayant pas assez de consistance pour former des mottes ; il l'est moins dans les terres plus ou moins compactes et mottenses, où l'on peut employer soit les «cadres», soit même le procédé TRNKA.

Par contre, ce dernier ne convient pas pour les terrains friables.

Les «cadres» sont spécialement indiqués pour l'étude des modifications de structure et de porosité produites par le travail du sol.

Il serait utile de faire une étude comparative de ces divers procédés et instruments et de déterminer leur degré respectif d'exactitude, notamment jusqu'à quel point ils respectent la structure du terrain en place. Il conviendrait aussi, d'après des essais pratiques, de fixer les dimensions les plus avantageuses à donner aux sondes cylindriques, et de prendre à ce sujet des accords internationaux en vue de rendre les résultats des travaux bien comparables. Nous souhaitons une collaboration efficace dans ce sens et surtout le bienveillant intérêt de la 1ère Commission (notamment de sa section B, particulièrement intéressée à la question).

Si les sondes larges se prêtent à un emploi plus étendu que les sondes étroites, elles ne peuvent néanmoins suffire dans les terrains à très gros éléments (cailloux d'une grosseur variant entre celle du poing et celle de la tête, blocs plus gros encore, etc.) dépassant de beaucoup le diamètre interne du cylindre. On est alors tenté (et on le conseille même souvent) d'éliminer ces cailloux et de ne prélever que les parties du terrain pouvant entrer dans la sonde. Mais il va sans dire que l'on obtient alors un échantillon ne représentant absolument pas le terrain *tel qu'il est en place*, et dont l'analyse donne une idée absolument inexacte de la composition et des propriétés du sol complet naturel. C'est un procédé commode, mais vicieux, que des centaines d'analystes ont suivi et emploient encore aujourd'hui, se bornant même souvent à n'analyser que la *terre fine*, sans la rapporter, comme il a été dit plus haut, à la terre *complète*.

Sans doute les terrains caillouteux sont plus ou moins exceptionnels et ne représentent pas pour la grande culture, comme les limons, par exemple, un idéal de fertilité. Mais il faut les étudier quand même, surtout pour des cartes agrogéologiques complètes ; ils ont du reste certains mérites pour la culture de la vigne, qui peut y donner des produits fort estimés, et ils constituent dans certaines régions, surtout montagneuses, une bonne partie des terrains forestiers. Il faut du reste chercher à en tirer le plus grand parti possible en les améliorant, car, dans plusieurs contrées qui n'ont pas d'autres terrains, on y cultive le blé, l'avoine et le maïs, qui y donnent encore des récoltes passables, comme c'est le cas dans une bonne partie de l'Apennin, en Italie (notamment dans la région qui nous a fourni deux terres caillouteuses, analysées au Tableau I). Il faut en effet se rappeler que les pierres, généralement considérées comme des objets encombrants qu'il faut éliminer le plus possible, peuvent jouer dans le sol un rôle utile, que WOLLNY (7b) avait bien mis en lumière et que nous avons pu nous-même constater : 1) influence marquée sur l'humidité du terrain, qu'elles favorisent et dont elles entravent la déperdition, aux moments de forte évaporation, en interrom-

pant l'ascension capillaire de l'eau, ce qui tend à diminuer le retrait des terres fortes ; 2) action sur la température du sol, fluctuante et complexe, il est vrai, mais parfois utile. Les pierres peuvent ainsi produire une augmentation des récoltes, proportionnelle au volume qu'elles occupent dans le terrain jusqu'à un optimum compris entre 10 et 20 %, au-dessus duquel elles tendent à exercer une action inverse sur les rendements, qu'elles diminuent plus leur volume total dans le sol augmente.

Il importe donc de savoir quel volume occupent, dans de tels sols, les cailloux et graviers, qui constituent ce que nous appelons des espaces *morts* ou *inertes*, à volume *constant* par rapport à la terre fine, dont le volume est en bonne partie *variable* (surtout l'eau et l'air) et où se trouvent les espaces *vifs* favorables à la vie des racines.

Si l'on veut déterminer le volume de ces gros éléments, il faut alors creuser dans le terrain des fosses régulières, de préférence carrées (p. ex. de 1 m²) et de profondeur variant avec celle de la couche à étudier (sol arable, sol vierge, sous-sol, etc.), en extraire toute la terre et la cribler sur place à traver un crible usuel (dont les mailles mesurent généralement 20-25 mm). Les éléments de diamètre supérieur à 20 mm qui n'ont pas traversé le crible et qui peuvent être nommés, suivant leurs dimensions, *cailloux*, ou même *blocs* (nomenclature de VINASSA DE REGNY, voir BIBL. nº 13) sont alors bien débarrassés de la terre adhérente par un lavage suffisant ; on les fait ensuite sécher au soleil et l'on en détermine le volume par déplacement d'eau dans un récipient jaugé (cuvier, gerle, etc.), en ayant soin de verser d'abord dans ledit récipient une certaine quantité d'eau mesurée et d'y jeter ensuit les pierres avec précaution (pour éviter les rejaillissements), ce qui permet aux bulles d'air de se dégager beaucoup mieux que si l'on jette d'abord les pierres sèches au fond du récipient vide et qu'on y verse l'eau ensuite, car dans ce cas les bulles d'air, restant emprisonnées, augmentent facticement le volume attribué aux cailloux. Il est du reste utile de remuer ceux-ci avec l'eau pour rendre le dégagement de l'air plus complet. Quand on a jeté dans l'eau toutes les pierres, il ne reste plus qu'à compléter le volume du liquide en versant dans le récipient de l'eau (mesurée) jusqu'au trait de jauge. Le volume total des cailloux est évalué par différence entre la capacité du récipient et le volume total de l'eau versée et on le rapporte, par un calcul, au mètre cube de terrain. Si le récipient n'est pas assez grand pour permettre le cubage de toutes les pierres à la fois, on n'en cube qu'une partie et l'on répète l'opération pour le reste le nombre de fois nécessaire.

Si l'on dispose d'une balance transportable sur le terrain, on peut peser les cailloux propres et secs au lieu de les mesurer, quitte à en prendre la densité pour calculer leur volume. De toute façon, le poids ainsi obtenu permettrait de contrôler l'exactitude du volume mesuré.

Exemple numérique. — Fosse d'un demi-mètre cube (0,5 m³) mesurant 1 mètre carré de surface et 0,5 m de profondeur (au-dessous de cette profondeur, le piochage et l'extraction de la terre deviennent moins faciles) — Récipient de 200 litres — Eau versée d'abord au fond du récipient = 90 litres — Eau versée pour compléter le volume du liquide = 3 litres — Total de l'eau versée = 120 litres — Volume total des cailloux contenus dans un demi-mètre cube de terrain = 200 — 120 = 80 litres, soit 160 litres par mètre cube.

Les éléments qui ont traversé le crible contiennent les *graviers* (20—2 mm) et la terre fine (< 2 mm) (nomenclature de VINASSA de REGNY). Ils forment sur le terrain un tas que l'on peut y abandonner aux intempéries pour subir le tassement naturel, ou bien obtenir celui-ci en les remettant dans la fosse qui les avait fournis, ce qui réalise, pour l'infiltration des eaux de pluie, des conditions plus conformes à celles du terrain en place. Quand ce natériel s'est bien tassé, on peut y prélever à la sonde l'échantillon qui servira aux déterminations du volume respectif des constituants solides, de l'eau et de l'air, à effectuer au laboratoire.

Nous avons employé notre procédé décrit ci-dessus pour analyser volumétriquement les terrains en place décrits au Tableau I. On remarquera que, dans les terrains I et II, le volume des cailloux + graviers (respectivement 475 et 459 litres, soit 47,5 et 45,9 %) dépasse de beaucoup l'optimum établi par WOLLNY (10 à 20 %), ce qui a pour effet de diminuer sensiblement le rendement du blé qu'on y cultive. Par contre, dans le terrain III, le volume en question (178 litres, soit 17,8 %) réalise l'optimum de WOLLNY et produit de bons effets sur la vigne qui occupe cette terre de basalte.

IV. — OPÉRATIONS AU LABORATOIRE.

Dans la terre criblée décrite plus haut et prélevée avec la sonde, il s'agit de déterminer avant tout, aussi exactement que possible, le *volume total des constituants solides* (V_s) et le *volume de l'eau* (Ve) dont la somme servira ensuite à obtenir, en la soustrayant de 1 litre, le *volume de l'air* (Va), suivant l'équation : Va = 1 litre — (Vs + Ve).

Volume total des constituants solides. — Voici comment on procède pour le déterminer : le contenu de la sonde est soigneusement vidé dans un grand cristallisoir taré et l'on pèse le tout immédiatement. Le poids P obtenu = Pt (poids de la terre) + Pe (poids de l'eau).

Le cristallisoir plein est ensuite mis dans une étuve chauffée à 110° C, où on le laisse jusqu'à ce qu'il ait atteint un poids constant P'. La différence P—P' donne le poids Pe de l'eau évaporée ou, ce qui revient au même, son volume Ve.

Le poids P', diminué de la tare du cristallisoir, donne le *poids des constituants solides* (Ps).

En divisant Ps par la densité réelle de la terre sèche (ds), on obtient le *volume des constituants solides* (V_s), selon l'équation : $\frac{P_s}{d_s} = V_s$.

Pour évaluer avec précision le volume total des constituants solides, il *s'agit donc de déterminer aussi exactement que possible la densité réelle de la terre sèche.* C'est là le point capital, dont dépend l'exactitude des calculs servant à déterminer le *volume de l'air* (Va) et le *volume total des espaces lacunaires* (Vv), nommé aussi souvent volume des pores, qui représente la somme des espaces non solides pouvant être remplis par l'eau et par l'air.

Deux cas peuvent se présenter :

1er *cas.* — La terre ne contient pas ou presque pas de graviers (20—2 mm). Elle peut alors servir directement à la détermination de la densité réelle, à raison d'environ 5 grammes, dans un pycnomètre de 100 cm.³ Il resterait encore à établir, par une série d'essais comparatifs, s'il vaut mieux employer la terre séchée à l'é-

tuve à 110° C ou bien la terre simplement séchée à l'air (dont on a déterminé exactement la teneur en eau soit par la méthode de distillation dans le xylène décrite par ALBERT et BOGS (15), soit par la méthode de MITSCHERLICH (dessiccation sur l'anhydride phosphorique dans le vide) et s'il y a des différences sensibles entre les résultats de l'un et l'autre procédé, notamment pour les terres riches en colloïdes, surtout organiques.

Comme liquide à employer dans le pycnomètre, l'eau distillée ne convient absolument pas ; c'est là un fait bien connu, qui explique les insuccès éprouvés par ceux qui en ont fait usage. En effet, à froid elle mouille difficilement la terre sèche (surtout si celle-ci a été mise à l'étuve) et empêche le dégagement complet de l'air occlus dans ses pores et entre ses particules. Il en résulte un volume apparent *trop élevé* de la terre et, par suite, une densité *trop faible*. Par contre, à l'ébullition, l'eau chasse bien l'air, mais elle exerce sur la terre trois actions qui en *diminuent sensiblement le volume*, à savoir : 1) dissolution des sels solubles ; 2) hydrolyse ; 3) pénétration (gonflement) à l'intérieur des colloïdes qui, de la phase concrète, passent à la phase disperse, se transformant de « gels » en « sols ». Il en résulte des densités *trop fortes* et, de plus, pas concordantes pour une même terre. Entre les densités obtenues à froid et celles obtenues après ébullition, il y a des différences de plus de 0,3 %, pouvant produire des différences supérieures à 5% (soit 50 litres par mètre cube) dans le volume total des constituants solides. C'est évidemment beaucoup trop, et l'emploi de l'eau bouillante doit être absolument rejeté. Il a, en outre, l'inconvénient de faire surnager les débris organiques, qui empêchent la lecture exacte du ménisque.

On a donc proposé l'emploi de liquides autres que l'eau (ayant, par rapport à l'air, une tension superficielle moindre que celle de l'eau et, par suite, capables de bien imbiber la terre même à froid et d'en chasser ainsi tout l'air), notamment le toluène, le xylène (xylol), le pétrole, l'essence de térébenthine, etc.

A froid, le xylène nous a donné des résultats meilleurs que l'eau, mais pas assez concordants pour que nous osions en recommander l'emploi. D'autre part, si l'on fait bouillir le xylène avec la terre, les densités réelles obtenues pour celle-ci sont plus élevées qu'à froid (écarts d'environ 0,07 %), probablement parce que le poids spécifique du xylène a légèrement augmenté (par suite d'une distillation fractionnée de ce liquide, qui est un mélange des trois diméthylbenzènes isomères ortho, méta et para, dont les points d'ébullition et les densités diffèrent un peu), en sorte que le calcul donne ensuite un poids de xylène un peu trop fort et un volume correspondant un peu trop grand, ce qui diminue un peu le volume attribué à la terre et augmente par conséquent légèrement le chiffre de sa densité réelle. Enfin, l'inflammabilité des vapeurs de xylène impose des précautions (réchaud électrique, etc.), en sorte que, tout bien considéré, l'emploi de ce liquide n'est pas avantageux.

Par contre, l'emploi de l'essence de térébenthine à froid (procédé de J. VON WROCHEM), expérimenté avec succès par R. ALBERT et O. BOGS (15), est très pratique et nous a donné des résultats satisfaisants, l'écart entre deux déterminations parallèles ne dépassant pas 0,03 % Il nous a permis d'obtenir les densités réelles des terres dont la constitution volumétrique est indiquée aux Tableaux I et II.

On a aussi proposé l'emploi d'un liquide ayant, par rapport à l'air, une tension superficielle beaucoup plus forte que celle de l'eau, à savoir le mercure. A cet effet, FROSTERUS et FRAUENFELDER (17) ont expérimenté un procédé et un appareil de leur invention.

Pour obtenir des densités réelles très précises, on peut recourir à la méthode de correction proposée par KRÜGER (18), laquelle permettrait d'arriver à déterminer exactement le volume total des constituants solides.

2ème *cas*. — La terre contient une quantité notable de graviers (20—2 mm), de densité réelle supérieure à celle de la terre fine, et dont il importe du reste de déterminer séparément le volume.

Dans ce cas, on sépare soigneusement tous les graviers de la terre fine au tamis de 2 mm, puis on les lave, on les sèche et l'on en détermine le poids, puis le volume, soit à l'aide de leur densité réelle au pycnomètre suivant la méthode VON WROCHEM, soit employant le procédé indiqué par BURGER (21) : au poids d'un matras Erlenmeyer jaugé plein d'eau distillée on ajoute le poids des graviers secs ; leur somme donne le poids P_1. Dans l'Erlenmeyer vidé et séché on met les graviers et on les fait bouillir avec de l'eau distillée pour en chasser l'air. Après refroidissement, on complète le volume avec de l'eau distillée et l'on pèse : Erlenmeyer + graviers + eau, ce qui donne le poids P_2. La différence P_1-P_2 représente le volume V cherché des graviers.

Dans le 1er et le 2ème cas, si la terre renferme une quantité notable de *débris organiques*, on les sépare pour en déterminer le poids, puis le volume, en divisant ce poids par leur densité réelle déterminée suivant la méthode VON WROCHEM.

Volume de l'air. — Connaissant le volume Vs des constituants solides et le volume Ve de l'eau égal au poids de l'eau évaporée dans l'étuve, il est facile de déterminer le volume Va de l'air en appliquant la formule : Va = 1 litre — (Vs + Ve).

Volume total des spaces lacunaires (Vv). — Il est donné par la somme Ve + Va qui, d'après DEHÉRAIN (8), est constante pour une même terre, et peut être calculé suivant l'équation : Vv = Ve + Va = 1 litre — Vs. Autrement dit, ce volume correspond à la différence entre 1000 cm^3 et le volume total des constituants solides.

Dans une terre complètement sèche, le volume des espaces lacunaires est rempli d'air. Par contre, dans une terre saturée d'eau, il est rempli de ce liquide et peut ainsi servir à mesurer la capacité d'eau *maximum* ou *totale* d'un terrain, donnée parfois utile au point de vue du drainage, de l'irrigation et de l'alimentation des sources.

Capacité d'eau. — Elle est mesurée par le poids (ou volume) d'eau qu'un volume donné de terre peut retenir et on la rapporte à l'unité de volume adoptée (litre ou mètre cube). Pour l'évaluer dans le terrain en place, KOPECKY (14) procède comme suit : il enfonce dans le terrain, jusqu'à 40 cm de profondeur, un tuyau d'acier long de 50 cm et large de 10 cm et y fait pénétrer de l'eau pendant 2 jours, *de haut en bas*, jusqu'à saturation de son contenu. Il laisse ensuite l'eau y descendre par infiltration pendant 24 heures, au bout desquelles il prélève, avec son petit cylindre de 70 cm^3, un échantillon de terre humide pour y doser l'eau. Il obtient ainsi, en volume, ce qu'il nomme « capacité d'eau *absolue* » (« absolute Wasserkapazität »).

BURGER (21) procède différemment : la sonde de 1 litre contenant l'échantillon

de sol prélevé en place est laissée *dans l'eau* pendant 24 heures, de façon que son contenu se sature d'eau par ascension capillaire. On le laisse ensuite s'égoutter librement pendant 1 *heure*, au bout de laquelle on pèse le tout : sonde + terre humide. Celle-ci est alors extraite et séchée à l'étuve jusqu'à poids constant. La différence entre le poids de la terre humide et celui de la terre sèche correspond à la capacité d'eau en volume du sol en place.

On remarque d'emblée que ces deux procédés ne sont pas comparables. KOPECKY opère en *plein champ*, sature la terre de haut en bas et laisse l'infiltration naturelle se produire pendant 24 heures (temps qui paraît à BURGER un peu long et peut, dit-il, donner lieu à des pertes par évaporation). BURGER, dans l'intention de rendre les résultats plus contrôlables en éliminant les causes adverses et en opérant toujours dans les mêmes conditions, sature la terre artificiellement *au laboratoire* et, si elle gonfle au point de dépasser le niveau de l'orifice supérieur de la sonde, il *enlève cet excédent* d'un trait de couteau (ce qui tendrait, semble-t-il, à fausser les comparaisons). D'autre part, la sonde de KOPECKY ne mesure que 70 cm^3, tandis que celle de BURGER atteint 1000 cm^3.

Il paraît donc douteux que ces deux procédés dissemblables puissent donner des résultats concordants, d'autant plus que, selon NOVÁK (23), l'« absolute Wasserkapazität » de KOPECKY n'a pas une valeur constante pour une terre donnée, mais varie avec la structure et la porosité. Il faudrait, en tout cas, les soumettre à une comparaison, où l'on emploierait aussi la sonde KOPECKY de grand modèle (200 cm^3).

Capacité d'air. — KOPECKY (14) définit cette capacité (« Luftkapazität ») comme le volume des espaces lacunaires qui restent remplis d'air quand la teneur en eau de la terre ne dépasse pas sa capacité d'eau *absolue*, et il l'exprime mathématiquement par la différence entre le volume total des espaces lacunaires et la capacité d'eau absolue en volume.

La capacité d'air est aussi donnée par l'équation : Va = 1 litre — (Vs + Ve), où Va désigne le volume d'air restant dans 1 litre de sol en place quand on en a déduit le volume total des constituants solides (Vs) + le volume d'eau (Ve). C'est là un procédé de détermination *indirect*, par différence, qui a l'inconvénient de dépendre de deux déterminations pouvant être plus ou moins inexactes, ce qui rend ses résultats incertains. Il en résulte d'après BURGER (pour notre compte, nous ne l'avons pas constaté dans le sol en place saturé d'eau par les pluies) que, si la somme Vs + Ve dépasse 1 litre, la capacité d'air calculée est *négative*.

Pour obvier à cet inconvénient, WIEGNER (14) a imaginé un procédé de détermination un peu moins indirect qu'il appelle « Annäherungsverfahren » (procédé approximatif). Il consiste à saturer d'eau le contenu de la sonde jusqu'à ce que tous les espaces lacunaires puissent être considérés comme remplis d'eau (poids P), puis à le laisser s'égoutter librement pendant 1 heure, au bout de laquelle il est de nouveau pesé (poids P1). La différence entre les poids P et P1 correspondrait théoriquement au poids (ou volume) de l'eau égouttée et, par suite, au volume des espaces lacunaires trop grands pour retenir l'eau, c'est-à-dire à la capacité d'air. Selon BURGER (21), ce procédé approximatif donne des résultats tantôt plus élevés, tantôt plus bas que le procédé indirect suivant l'équation ci-dessus, mais il aurait l'avantage de supprimer les capacités d'air négatives.

De ce qui précède, il résulte donc que la détermination de la capacité d'air n'est pas des plus précises, puisqu'elle dépend étroitement de celle de la capacité d'eau, dont la valeur varie suivant la méthode employée. Si donc la capacité d'eau selon KOPECKY diffère de la capacité d'eau selon BURGER, il y aura une différence correspondante entre les capacités d'air déterminées par chacun d'eux, et plus la première (eau) sera voisine de la réalité, plus la seconde (air) le sera aussi. Ici encore, une comparaison des méthodes et de leurs résultats s'impose.

La méthode KOPECKY cherche à se rapprocher des conditions naturelles du terrain en place, où l'eau de pluie pénètre de haut en bas et descend dans le sous-sol par infiltration, celle-ci pouvant parfois être diminuée par l'évaporation superficielle ; mais sa sonde est trop petite pour donner toujours un échantillon de terre adéquat. Par contre, les méthodes de BURGER et de WIEGNER, bien que commodes et assez pratiques, sont des méthodes conventionnelles de laboratoire s'écartant passablement des conditions naturelles, que l'emploi de la sonde a précisément pour but d'observer et de respecter ; elles confèrent ainsi aux résultats un caractère plus ou moins artificiel, contraire à l'esprit même de la méthode naturelle d'étude du terrain en place et lui enlevant, par conséquent, une partie de son mérite et de ses avantages. Il ne faut pas oublier, en effet, que l'eau et l'air ne peuvent pas se mouvoir aussi librement, dans une colonne de terre enfermée dans un tuyau, qu'ils ne le font dans le terrain en place. C'est là un point capital, qui différencie nettement les résultats des essais de laboratoire, même les plus minutieux, de ce qui se passe en réalité dans le sol.

Ainsi, par exemple, l'ascension capillaire de l'eau, *si elle est complète*, comme BURGER et WIEGNER cherchent à l'obtenir, sature la terre plus que ne le fait l'infiltration naturelle des pluies dans le sol *in situ*, laquelle laisse davantage de place à l'air. Il peut même arriver, dit BURGER (21), que le contenu de la sonde *gonfle* au point de dépasser le niveau de l'orifice supérieur, preuve évidente que l'ascension de l'eau a modifié la structure de la terre, notamment le volume et la répartition des espaces lacunaires. Or, comme on l'a vu plus haut, BURGER enlève cet excédent, ce qui tendrait encore à fausser les comparaisons.

D'autre part, l'égouttage libre, pendant 1 heure, diffère aussi passablement de l'infiltration naturelle dans le sol en place, laquelle dépend des conditions du sous-sol (profond ou non, perméable ou imperméable, drainé ou non, etc.) et aussi des conditions de l'atmosphère. Il est plus rapide que l'infiltration et favorise plus l'écoulement de l'eau dans les terres graveleuses et sableuses que dans les terres argileuses ou humifères, ce qui tend à fausser les comparaisons. On peut du reste se demander si le temps d'égouttage, fixé conventionnellement à 1 heure, convient pour toutes les catégories de terres indistinctement. Suffit-il, par exemple, pour vider d'eau les grands espaces lacunaires dans les terres argileuses ou humifères ?

Ces questions demandent à être élucidées.

A cet effet, il faudrait faire avec les deux procédés susdits une série d'essais de laboratoire et en comparer les résultats, d'une part à ceux de la méthode KOPECKY, d'autre part aux observations faites sur le sol en place en vue de fixer le temps nécessaire au terrain pour se « ressuyer » après la pluie (si possible mesurée en millimètres) de façon à se prêter à des déterminations exactes des capacités d'eau et d'air indiquant bien ce qu'il peut fournir aux plantes de ces deux constituants

TABLEAU I. — *Terrains caillouteux.*

Volumes des constituants physiques en litres par mètre cube et poids correspondants en kilos par mètre cube.

Constituants physiques		I Terrain d'alluvion torrentielle caillouteuse, Camerata Nuova (Apennin central, province de Rome) (3)		II Terrain d'alluvion torrentielle caillouteuse, Piano del Cavaliere, sous Camerata Nuova (3)		III Terre de basalte sous Monte Porzio Catone (Castelli Romani) (4)	
		Volumes en litres	Poids en kilos	Volumes en litres	Poids en kilos	Volumes en litres	Poids en kilos
Volumes constants	Cailloux > 20 mm.	(1) 400	1120 (58 % du poids total)	348	974 (52 %)	92	255 (19 %)
	Graviers 20 — 2 mm.	75 Vs = 708	200	111 Vs = 679	311	86 Vs = 473	238
Volumes en partie variables	Terre fine < 2 mm.	233	603	220	592	295	820
Volumes variables	Eau	— (2) Vv = 292	—	110 Vv = 321	—	424 Vv = 527	—
	Air	—	—	211	—	103	—
	Poids de 1 mètre cube de terrain sec (calculé)	1923 kg		1877 kg		1313 kg	
	Densité réelle de la terre fine sèche	2,59		2,69		2,77	

Remarques. — Vs = Volume total des constituants solides. — Vv = Volume total des espaces lacunaires.

(1) Un des cailloux mesure 5 litres et un autre 2 litres. — (2) Pour l'analyse, on a employé la terre sèche < 20 mm. — (3) Terrains analysés en période relativement sèche. — (4) Terrain analysé en période humide.

Dans les terrains I et II, le volume des cailloux + graviers dépasse l'optimum établi par WOLLNY. Dans le terrain III, au contraire, ce volume est de 92 + 86 = 178 litres, soit 17,8 %, et réalise ainsi ledit optimum.

TABLEAU II. — *Terrains peu ou pas caillouteux.*

Volumes des constituants physiques en litres par mètre cube.

Constituants physiques		I Terre de pouzzolane compacte, Rome (1)	II Terre de jardin sablo-humifère, Rome (2)	III Terrain d'alluvion pliocène graveleuse calcaire, près Rome (3)	IV Terre d'un pré voisin du terrain précédent (4)	V Gravier tassé voisin du terrain précédent (5)
Volumes constants	Graviers > 2 mm.	— Vs = 469	166 Vs = 469	325 Vs = 609	250 Vs = 570	409 Vs = 654
Volumes en partie variables	Terre fine < 2 mm.	469	303	284	320	245
Volumes variables	Eau	500 Vv = 531	418 Vv = 531	234 Vv = 391	275 Vv = 430	154 Vv = 346
	Air	31	113	157	155	192
	Densité apparente de la terre complète sèche (poids de 1 litre en place)	1194 grammes	1120 grammes	1643 grammes	1515 grammes	1779 grammes
	Densité réelle de la terre fine sèche	2,55	2,44	2,58	2,54	2,58

Remarques. — (1) Terre saturée d'eau, prélevée après 2 jours de pluie continue. — (2) Terre ressuyée, prélevée après 2 jours de pluie. — (3) Terre ressuyée, prélevée après 1 jour de pluie. — (4) Terre prélevée après une averse. — (5) Gravier ressuyé, prélevé après plusieurs jours de pluie.

(c'est ce qui importe le plus à l'agriculteur). Pour rapprocher un peu plus la méthode KOPECKY des conditions naturelles, on pourrait la modifier en arrosant le terrain avec de l'eau tombant en fine pluie. On pourrait aussi expérimenter les procédés électriques de détermination de l'eau dans le terrain, qui paraissent promettre de bons résultats.

N'ayant pas pu entreprendre cette comparaison, nous nous bornons à signaler les données pratiques fournies par le Tableau II (p. 201) sur les volumes d'eau et d'air, contenus dans divers sols en place, que nous avons déterminés dans les conditions naturelles du terrain et de l'atmosphère.

Se rapprocher le plus possible de ces conditions naturelles pour arriver à les interpréter, voilà le but à poursuivre dans la voie du progrès ! Mais il faut peut-être se contenter d'une exactitude relative et ne pas chercher à atteindre une précision qui n'existe pas dans la nature, car celle-ci n'obéit pas à des lois mathématiques rigides forgées par l'esprit des hommes, mais elle possède une certaine élasticité et dispose de moyens illimités qui dépassent le champ limité de leur entendement ; elle déploie un ensemble de forces simultanées dont l'esprit humain ne peut saisir à la fois tout le dynamisme, mais doit se borner à en définir par l'analyse les phases successives ou simplement à en constater les effets, un peu comme s'il s'agissait d'une machine en mouvement. C'est peut-être pour avoir méconnu cette vérité que certaines méthodes pédologiques de laboratoire semblent nous éloigner du but au lieu de nous en rapprocher et perdent de vue le côté pratique des questions. Du reste, les méthodes de laboratoire tendent généralement à simplifier des problèmes en réalité fort complexes.

En résumé, le principal progrès à réaliser consiste à définir plus exactement la *capacité d'eau* dans les conditions naturelles du terrain et de l'atmosphère, car c'est d'elle surtout que dépend la détermination précise de la *capacité d'air*, le volume total des constituants solides pouvant être évalué assez exactement si l'on détermine leur densité réelle suivant le procédé de VON WROCHEM (15) et si l'on applique la méthode de correction de ces densités proposée par KRÜGER (20). Il conviendrait notamment de rapporter la définition aux états de l'eau nommés *capillaire* et *pelliculaire* par R. D'ANDRIMONT (*C. R. Confér. agrogéol. Stockholm* 1911, p. 117-124).

V. — REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES RÉSULTATS

Dans les *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde* de 1912 (BIBL. n° 12), nous avions proposé de représenter graphiquement la constitution volumétrique des sols en place en projetant les volumes respectifs des constituants solides, de l'eau et de l'air sur un carré représentant la paroi verticale postérieure d'un cube choisi comme unité de mesure (litre et ses multiples, jusqu'au mètre cube) et nous avions donné quelques diagrammes de ce genre à titre d'exemple, que l'on peut modifier et perfectionner comme on le juge bon, par exemple à l'instar des diagrammes nouveaux que nous avons dessinés pour cet article, (voir Planche VI, fig. 62-67), ou bien en y représentant, *plus en détail*, les divers constituants physiques ou même chimiques.

Ces diagrammes, modifiés suivant les besoins, peuvent trouver un utile emploi sur les cartes agrogéologiques détaillées, pour illustrer les profils du terrain.

VI. — CONCLUSION.

Depuis que nous avons proposé, successivement en 1910 et en 1912 (BIBL. n^os 10 et 12), de représenter en volumes la constitution des sols en place, l'idée semble avoir fait du chemin, à en juger par les belles recherches effectuées dans ce sens par plusieurs pédologues, notamment ENGLER (19) et BURGER (21). Il y a lieu de s'en réjouir et d'espérer une application toujours plus étendue du concept volumétrique, tant pour l'étude agronomique du sol que surtout pour les travaux d'hydraulique et de drainage, auxquels il est indispensable. Il faut souhaiter surtout que ce concept remettra en honneur l'analyse du sol, dont l'importance et la valeur ont été souvent contestées, tant par les savants que par les praticiens, faute d'une interprétation suffisante. Or, celle-ci paraît assurée maintenant que l'on possède des méthodes d'analyse chimique rationnelles comme celles de GANSSEN (22), de MITSCHERLICH (24) et de NEUBAUER (26), qui semblent bien donner la solution des principaux problèmes relatifs à la fertilité du sol.

Nous ne saurions terminer cet exposé sans payer un juste tribut de reconnaissance : à notre collègue M. le Dr. BORGHESANI, Chef de Section à l'INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE ; à M. le prof. B. PEYRONEL, directeur adjoint de la « R. Stazione di Patologia vegetale » de Rome, qui nous a facilité l'exécution des analyses exposées dans les deux Tableaux ci-joints et s'y est intéressé avec bienveillance ; à M. le comte R. PEROTTI, professeur de bactériologie agricole à l'Université de Rome et à M. Alberto SCALA, professeur à l'Institut d'hygiène de cette Université, qui ne nous ont pas ménagé aide et conseils.

Enfin nous devons surtout remercier les agriculteurs qui nous ont obligeamment procuré le terrain et la main-d'œuvre nécessaires.

BIBLIOGRAPHIE.

(1) FLÜGGE C., *Beiträge zur Hygiene*. Leipzig, 1879.
(2) HEINRICH R., *Grundlage zur Beurteilung der Ackerkrume*. Wismar, 1882.
(3) HEINRICH R., Ueber Prüfung der Bodenarten auf Wasserkapazität und Durchlüftbarkeit. — *Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik*, Band IX, p. 259 et suiv. Heidelberg, 1886.
(4) RAMANN E., Untersuchungen über Waldböden — *Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik*, Band XI, p. 299 et suiv. Heidelberg, 1888.
(5) FLÜGGE C., *Lehrbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden*, Leipzig, 1891. — Son appareil est décrit dans CELLI A., *Manuale dell'Igienista*, Vol. I, Parte prima : A. SCALA, Fisica applicata all'igiene, p. 67. Turin, 1911.
(6) RAMANN E., Die Waldstreu. — *Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen*, 1898, p. 451.
(7) WOLLNY E. : *a*) Untersuchungen über den Einfluss der physikalischen Eigenschaften des Bodens auf das Produktionsvermögen der Nutzgewächse ; *b*) Einfluss der Steine auf die Fruchtbarkeit des Bodens. — *Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur- Physik*, Band XX : *a*) p. 342-343 ; *b*) p. 363-395. Heidelberg, 1897-1898.
(8) DEHÉRAIN P. P., Sur le travail du sol. — *Comptes rendus du Congrès international d'agriculture de Paris*, 1900, tome I, p. 262-271. — Cité par DUMONT J., dans *La Terre arable*, p. 122-123. Charles Amat éd., Paris, 1907.
(9) DE VOGÜÉ (marquis), Remarques sur l'importance de l'analyse physique du sol, en résumant une discussion sur ce sujet, dans *Comptes rendus du Congrès international d'agriculture de Paris*, 1900, tome II, p. 132. — Cité par BIÉLER Th. dans : Nécessité d'une représentation conventionnelle uniforme de la constitution physique des terres. *Comptes rendus du Congrès international d'agriculture de Rome*, 1903, Vol. II, 1ère Partie, p. 197-205.
(10) BIÉLER-CHATELAN Th., Constitution volumétrique des sols. — *Procès-verbaux de la Société vaudoise des Sciences naturelles*, Lausanne (Suisse), Séance du 1er juin 1910.

(11) RAMANN E., *Bodenkunde*, 3ème édition. Berlin, 1911.
(12) BIÉLER-CHATELAN Th., Die Zusammensetzung der Ackerböden in volumetrischer Darstellung. — *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, Band II, Heft 4, p. 343-350 (avec diagrammes). Berlin, 1912. — Résumé dans *Bulletin du Bureau des Renseignements agricoles de l'Institut international d'agriculture*, Année III, N° 12, renseignement n° 1607. Rome, 1912.
(13) VINASSA DE REGNY, Remarques au cours d'une discussion, dans « Bericht über die Sitzung der Internationalen Kommission für die mechanische und physikalische Bodenuntersuchung in Berlin am 31. Oktober 1913 ». — *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, Band IV, Heft 1, p. 24. Berlin, 1914.
(14) KOPECKY J., Die physikalischen Eigenschaften des Bodens. — *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, Band IV, Heft 2-3, p. 138-180. Berlin, 1914.
(15) ALBERT R. und BOOS O., Beitrag zur Methodik der Bodenuntersuchung. — *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, Band IV, Heft 2-3, p. 191-198 Berlin, 1914.
(16) TRNKA R., Eine Studie über einige physikalischen Eigenschaften des Bodens. — *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, Band IV, Heft 4-5, p. 363-387. Berlin, 1914.
(17) FROSTERUS B. et FRAUENFELDER H. — Commission géologique de la Finlande : *Agrogeologiska Karlor*, N° 2, p. 22, 1916. — Voir aussi : *Revue intern. de Rens. agricoles*, 1925, N° 1, p. 103-108.
(18) KRÜGER E., Verfahren zur Bestimmung des Einheitsgewichtes von Böden. — *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, Band VI, p. 152. Berlin, 1916.
(19) ENGLER A., Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer, p. 151-169. — *Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen*, XII. Band, Zürich, 1919.
(20) KRÜGER E., Die Bedeutung und Ermittlung des Raumgewichts bei bodenkundlichen Arbeiten. — *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, Band XI, Heft 5-6, p. 212-216. Berlin, 1921.
(21) BURGER H., Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. — *Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen*. XIII. Band, 1. Heft Zürich, 1922.
(22) GANSSEN R., Worüber klärt uns der Salzsäurcauszug der Böden in bodenkundlicher und agrikulturchemischer Hinsicht auf ? — *Extrait des Comptes rendus de la IIIème Conférence agrogéologique*, Prague, 1922.
(23) NOVÁK V., Agrophysikalische Studien der Böden in natürlicher Struktur mit Rücksicht auf die Bodentechnologie. — *Intern. Mitteilungen für Bodenkunde*, Band XII, Heft 3-6, p. 200-201. Berlin, 1922.
(24) MITSCHERLICH E. A., Die pflanzenphysiologische Lösung der chemischen Bodenanalyse. — *Landwirtschaftliche Jahrbücher*, Band LVIII, Heft 4, p. 601-617. Berlin, 1923. — Résumé dans *Revue internationale de Renseignements agricoles*, Nouv. Série, Vol. I, N° 4, rens. n° 543. Rome, 1923.
(25) KRAUSS G., Ergänzender Bericht, etc. — *Intern. Mitt. f. Bodenkunde*, Bd. XIII, H. 3-4, p. 158-160; 1923.
(26) NEUBAUER H., Détermination des substances nutritives nécessaires au sol à l'aide des plantes en germination. — *Revue internationale de Renseignements agricoles*, Nouvelle Série, Vol. II, N° 4, p. 831-839. Rome, 1924.
(27) PEROTTI R., *La teoria microrganica della concimazione*. Società Editrice « Sapientia », Rome, 1925.

Prof. TH. BIÉLER-CHATELAN, *Rome (Italie)*. — **Constitution volumétrique des sols en place.**

RÉSUMÉ.

La manière habituelle de représenter en *poids* la constitution mécanique et physique des sols, étant basée sur des pesées précises et absolues, semble à première vue très exacte et la meilleure pour comparer les sols. Cela peut être vrai, jusqu'à un certain point, pour le chimiste agronome, habitué à interpréter les chiffres pondéraux, mais ceux-ci renseignent imparfaitement l'agriculteur praticien : ils ne lui représentent pas le sol tel qu'il l'observe journellement et ne lui en expliquent pas suffisamment la nature et les propriétés ; cela pour plusieurs raisons :

a) Ce qui importe à la plante, ce n'est pas le *poids* des constituants du sol, mais leur *volume*, dont dépendent l'*espace* laissé aux racines pour leur développement et la *surface* des particules, placées à leur contact, qui les alimentent. Ainsi une terre renfermant 80 % en poids de cailloux semble presque entièrement pierreuse ; mais, en réalité, ces pierres n'occupent qu'environ 50 % du volume, laissant ainsi aux racines plus de place qu'il ne semblait d'après la quantité en poids.

b) La représentation en poids, négligeant plus ou moins 2 constituants essentiels : l'*eau* et l'*air*, est généralement *incomplète*.

c) Les quantités en poids des sols, se rapportant souvent à des terres d'*inégale densité apparente*, ne sont point aussi comparables qu'on pourrait le croire, car l'unité de poids peut correspondre à des *cubes de terre fort différents*. Ainsi, tandis que 1 kilo d'une terre essentiellement minérale bien tassée n'occupe que $^3/_5$ à $^3/_4$ de litre, 1 kilo d'une terre très humifère (tourbeuse p. ex.) peut occuper jusqu'à plus de 2 litres, soit jusqu'à un volume 3 fois plus grand. Au point de vue cultural, 1 kilo de terre minérale n'équivaut donc point à 1 kilo de terre tourbeuse, sans parler de leur composition respective, qui accentue la différence, comme on va le voir :

d) Les chiffres pondéraux de l'analyse mécanique et physique ne sont parfois guère comparables, parce qu'ils représentent des constituants différant trop par leur densité soit *réelle*, soit *apparente*.

Dans le cas de la *densité réelle*, le volume des constituants minéraux (sables siliceux et calcaires, argile) n'atteint pas $^1/_3$ de leur poids, tandis que l'humus occupe un volume presque égal à son poids, soit 2 à 3 fois supérieur à celui des premiers. Par ex., 20 % en poids d'humus n'équivalent pas à 20 % en poids de sable, mais occupent environ autant de volume que 50 % en poids de sable, soit environ autant de volume que la moitié du *poids* total du sol considéré.

Dans le cas de la *densité apparente*, les différences sont encore plus marquées : l'humus ayant une densité apparente 3 à 4 fois moindre que celle des constituants minéraux, 20 % en poids d'humus occupent plus de 50 %, soit plus de la moitié du *volume* total du sol considéré (ce qui explique l'énorme capacité d'eau des terrains très humifères).

Les chiffres pondéraux de l'analyse mécanique et physique, n'étant donc pas tous proportionnels au rôle effectif de chacun des constituants, ne donnent pas toujours une mesure exacte de leur importance respective, d'autant plus que ces constituants peuvent être répartis dans des cubes de terre fort différents, et par suite peu comparables.

Cette considération s'applique aussi aux résultats de l'analyse chimique pondérale ; ils devraient *apparemment* être diminués de moitié et plus, à égalité de volume, dans les terres tourbeuses en comparaison des terres minérales.

Il y aurait donc avantage à représenter la constitution des sols non seulement par des poids, mais aussi et surtout par des volumes, ce qui donnerait une image plus fidèle de leur vraie composition et rendrait les analyses de toute sorte plus comparables.

Ce qui a retenu jusqu'ici les agronomes de procéder ainsi, c'est évidemment la crainte de ne pas obtenir des résultats comparables à cause des variations de volume résultant du tassement inégal des sols en place, variations que DEHÉRAIN avait démontrées avec sa méthode des « cadres ». Il avait toutefois obtenu, entre les sols non travaillés (friches, landes, prairies) et les sols travaillés puis bien roulés, une concordance autorisant à admettre qu'en prélevant les échantillons-types dans des sols de ces deux catégories, on obtiendrait des garanties de tassement uniforme suffisantes pour rendre les analyses comparables.

La question de la constitution volumétrique des sols en place mériterait une étude approfondie et une mise au point expérimentale et pratique. En attendant, voici les principales *conclusions* que nous soumettons aux délibérations de la Première Commission :

Conclusions. — 1) L'importance respective de chacun des constituants solides du sol étant proportionnelle moins à leur poids qu'à leur volume et à leur *surface*, la représentation en volumes donne une image plus fidèle de la constitution réelle des sols en place que ne peut le faire la représentation usuelle en poids ; elle facilite et rend plus exacte leur comparaison ; elle explique mieux leurs propriétés physiques et permet d'interpréter les diverses analyses d'une façon plus conforme à la nature, en particulier dans les profils du terrain.

2) Il importe de représenter aussi bien le volume de l'eau, celui de l'air et celui des espaces vides que le volume de la terre elle-même et de ses constituants. On obtient ainsi une mesure exacte de la capacité d'eau réelle des sols en place et l'indication du volume des espaces lacunaires, dont dépendent la capacité d'eau et la place laissée aux racines.

3) Pour réaliser des conditions de tassement uniformes et comparables, le mieux est de prélever les échantillons-types de terres dans les pièces non travaillées ou, au besoin, dans les champs labourés puis bien roulés. Mais, d'une façon générale, la méthode volumétrique peut s'appliquer à l'étude de tous les sols, soumis ou non aux travaux aratoires, et permet de déterminer l'effet de ces travaux.

4) En prélevant les échantillons de sols en place, il faut déranger le moins possible la texture et même la structure du terrain, ce qui peut se faire, suivant les circonstances : 1) en détachant une motte (procédé TRNKA) ou un cube de terre (à la bêche) ; 2) en employant une sonde cylindrique large (si possible mesurant 1 litre de capacité) ou une sonde carrée (« cadres » de DEHÉRAIN).

5) Pour représenter exactement la constitution des terrains pierreux à très gros éléments (dépassant parfois 1 litre), il faut adopter une unité de volume assez grande pour les contenir tous et pour donner une approximation suffisante. Suivant les circonstances, il faut donc creuser des fosses permettant d'extraire 50, 100 ou même 500 litres de terre (0,05—0,1—0,5 m³).

6) La constitution volumétrique des sols est rendue plus saisissante au moyen de diagrammes représentant la projection des volumes des constituants sur la paroi verticale postérieure d'un cube de 1 litre (1 dm³) ou d'un multiple de cette unité. Ces diagrammes conviendraient aux cartes agrogéologiques détaillées.

7) Pour rendre plus comparables les résultats des travaux relatifs à cette question dans les divers pays, il convient de faire une étude comparative des différents procédés et instruments employés pour l'analyse volumétrique des terrains en place, et de prendre de accords internationaux en vue de standardiser les méthodes et appareils reconnus les meilleurs.

Il importe surtout de définir plus exactement les termes *capacité d'eau* et *capacité d'air* dans les conditions naturelles de terrain et d'atmosphère et de prendre des accords à ce sujet.

Prof. TH. BIÉLER-CHATELAN, *Rome* (*Italy*). — **The Volumetric Constitution of Soils in Situ.**

ABSTRACT.

The usual method of expressing the mechanical and physical constitution of soils in terms of weight would seem at first sight, since it is based on exact and absolute weighings, to be the most accurate and best way of comparing various soils. This method may be the most satisfactory, up to a certain point, to the agricultural chemist who is accustomed to dealing with figures ascertained by

weight, but the latter only give imperfect information to the practical agriculturist, for they do not represent the soil as he daily sees it, nor do they, for various reasons, sufficiently explain its character and properties:

a) It is not the weight of the soil constituents that is important to the plant, but their *volume*, upon which depends the *space* left for root-development and the *surface* of the soil particles with which the roots come into contact and whence they obtain nutriment. Thus, a soil containing 80 % by weight of pebbles appears almost entirely composed of stones, but, in reality, the latter only occupy 50 % of the volume, thus leaving much more space for the roots than would seem from the quantity of stones measured in terms of weight.

b) The expression of the weights, neglecting, more or less, 2 essential constituents, *air* and *water*, is generally *incomplete*.

c) Since the soils examined often *differ in apparent density*, equal quantities by weight of soils are not as comparable as might be believed for the unit of weight may correspond to *very different cubes of soil*. Thus, while the volume occupied by 1 kg. of an essentially mineral soil may only be about ³/₄ of a litre, 1 kg. of a very humiferous soil (a peaty soil for instance), can occupy a space of over 2 litres, that is to say, its volume may be 3 times greater. From the cultural point of view, 1 kg. of mineral soil is thus not at all equal to 1 kg. of peaty soil, even without taking into consideration the respective composition of these soils, which increases the difference, as we shall show :

d) The figures obtained by weighing in mechanical and physical analyses are in no wise comparable, because they represent constituents that differ too greatly in their *real*, or *apparent density*.

As regards the *real density*, the volume of the mineral constituents (siliceous and calcareous sands, and clay) is not ⅓ of their weight, where as the volume of humus is almost equal to its weight, that is to say, it is 2 to 3 times greater than that of the first named substances. For instance, 20 % by weight of humus is not equivalent to 20 % by weight of sand, but its volume is about equal to that of 50 % by weight of sand, or is nearly the same as the volume of half the total *weight* of the soil under consideration.

As regards the *apparent density*, the differences are still more marked, as humus has a density 3 to 4 times lower that the density of the mineral constituents, for 20 % by weight of humus occupies over 50 %, or more than the half of the total *volume* of the soil in question (which explains the enormous water-containing capacity of very humiferous soils).

As the figures obtained by weighing in mechanical and physical analyses are not all proportionate to the effective rôle of each of the constituents, these figures do not always give an exact measure of the importance of these constituents, all the more, since the latter may be divided very differently in the various cubes and therefore the samples are not comparable.

The same objection applies to the results of chemical analysis by weight, the figures obtained must *apparently* be reduced by one half, or more, in comparing equal volumes of peaty soils and mineral soils. It would therefore be advantageous to represent the constitution of soils not only by weight, but also by volume, as in this a more accurate idea of their true composition would be given and analyses of all kinds would be more comparable.

Agriculturists have evidently been deterred from adopting this volumetric method by the fear of not obtaining comparable results on account of the variation in volume due to the unequal compression of soils *in situ*, which variations DEHÉRAIN has demonstrated by bis " frame " (cadres) method.

He, however, always found sufficient agreement amongst unworked soils (fallow land, heaths, meadows) and worked soils that had been afterwards well rolled, to justify the opinion that taking type samples from soils of both classes would insure the compression being uniform enough to allow of the analyses being comparable.

The question of the volumetric constitution of soils *in situ* would well repay thorough study supplemented by experimental and practical research. In the meantime, the chief *conclusions* which we submit to the consideration of the First Commission are as follows:

Conclusions: 1). — Since the respective importance of the soil constituents is less proportionate to their weight than to their volume and their *surface*, a more accurate idea of the real constitution of soils can be obtained from the volumetric method than from the weight method now employed, since the former better explains their physical properties and allows of the different analyses being interpreted in a manner more consonant with nature, e pecially in the so-called "profiles" of the ground.

2) It is necessary to take into account the volume of the water, that of the air and also that of the empty spaces in the soil, as well as the volume of the soil and of its constituents. In this way, we obtain an exact measure of the real water-holding capacity of soils *in situ*, and know the volume of the empty spaces upon which depend the maximum water capacity and the place left for the roots.

3) In order to obtain uniform and comparable conditions of compression, it is best to take the soil samples from unworked land, or if this is impossible, from ploughed fields that have been well rolled after ploughing. Speaking generally, the volumetric method can be adopted for the study of all kinds of soil, whether or not they have been ploughed, and it affords a means of determining the effect of the ploughing operations.

4) In taking soil samples *in situ*, care must be directed not to alter the texture and structure of the soil; this can be avoided according to circumstances by: 1) removing a clod (Trnka's method) or a cube of soil (by means of a spade); 2) using a wide cylindrical drill (with a capacity of 1 litre if possible) or a square drill (Delérain's "frames").

5) In order to accurately represent the constitution of stony soils made up of very large elements (sometimes more than 1 litre in volume) a sufficiently large unit of volume must be taken, so that it may contain all the elements and afford a fair approximation. Trenches should be dug of a size permitting the extraction, according to circumstances, of 50, 100, or even 500 litres of soil (0.05—0.1—0.5 m^3).

6) The volumetric constitution of soils is made clearer by means of diagrams showing the projection of the volumes of the constituents on the vertical posterior wall of a cube of 1 litre (1 dm^3), or of a multiple of this unit. These diagrams would be suited to detailed agro-geological maps.

7) In order to make comparable the results of work relative to this question in the various countries, it would be well to make a comparative study of the different methods and apparatus used in volumetric analysis of soils *in situ* and to come to an international agreement, with a view to standardizing those methods and apparatus which have been recognized as the best.

It is important above all to definite more exactly the terms *water-capacity* and *air-capacity* under the natural conditions of soil and atmosphere, and to come to a general agreement on this subject.

Dr. L. Smolík.

Brno. Tchécoslovaquie.

CONTRIBUTION À LA DISCOLLOÏDITÉ DU SOL.

Aujourd'hui on porte toute l'attention sur les colloïdes du sol. Pour expliquer ce « monde des dimensions jusqu'ici negligées » dans le sol, au moins au même point que les dispersions et les dispersides, on fait tous les efforts, car beaucoup de propriétés du sol, soit physiques, soit chimiques ou biologiques[1] sont en relation étroite avec la quantité et la composition chimique des matières à l'état colloïdal.

Après nos études sur la détermination qualitative et quantitative des colloïdes dans les sols[2], nous avons cherché à étudier les changements de l'état colloïdal.

La colloïdité du sol n'est pas une propriété stationnaire[3]. Beaucoup de facteurs, tels que la végétation, la température, la gelée, la dessiccation, l'addition des engrais et tout le labourage, changent entièrement la surface du sol, ce qui est très important, surtout par rapport au pouvoir absorbant, et respectivement à la mise en liberté des matières nutritives.

Nous allons rechercher ces changements superficiels, cependant, seulement par l'influence des actions disthermiques et disélectrolytiques et à ce propos nous avons utilisé l'hygroscopicité que nous déterminions d'après le procédé Rodewald-Mitscherlich[4]. Nous avons cherché d'atteindre toujours le poids constant. Il va sans dire qu'on a exclu les terres avec lesquelles nous nous occupions depuis longtemps et lesquelles se couvrirent de moisissures.

Excepté l'influence de la gelée sur le sol, étudié déjà par beaucoup de savants, tels que P. Ehrenberg et Gisbert[5], Mitscherlich[6], Willy Czermak[7] etc. on ne trouve que peu des mentions des facteurs pouvant agir sur la surface du sol.

A. — Des influences disthermiques sur le sol.

1. *L'action de la température.*

En premier lieu on rechercha la façon dont se comporte la température sur la surface totale des particules terreuses. Pour atteindre ce but, nous déterminions l'hygroscopicité de la terre fraîche, desséchée à l'air, à 50°, 100° et 150°C Sous l'action de cette dernière température, la terre se change déjà chimiquement,

[1] L. N. Söngen, 1923.
[2] Novák-Smolík: Uber d. Menge u. Zusammensetzung d. Kolloidtous im *Boden Kolloidzeitschrift*, 1923.
[3] Schloesing, 1874.
[4] *Bodenkunde*, 1920.
[5] *Journ. f. Landw.*, 1913.
[6] Fühl. *Landw. Ztg.*, 1902.
[7] 1911. Pour la détermination de l'hygroscopicité, on se servit de la modification d'Ehrenberg-Pick.

les matières organiques s'oxydent, l'eau chimique se dégage partiellement mais, malgré cela, on ne renonça pas à la détérmination de l'hygroscopicité de la terre ainsi desséchée, afin de juger quantitativement ces changements.

Pour nos expériences comparatives, nous choisîmes deux échantillons de terre arable faiblement humique, brune, du jardin de notre Institut. Nous les avons marqués par les No 1 et 2 et ils furent pris d'une parcelle de terrain[1] à la distance de 8 m. environ l'un de l'autre. En ce qui concerne la composition mécanique, les terres choisies ne différèrent en rien (Tableau I).

TABLEAU I. — *Composition mécanique.*

Terre N° 1 %	Dimensions des catégories en mm.*	Terre N° 2 %
6.30	2.0—0.1	6.20
5.00	0.1—0.05	4.94
45.92	0,05—0.01	45.60
42.78	inférieures à 0.01	43.26
100.00		100.00

* D'après KOPECKÝ.

Les données de l'analyse chimique de la terre No 2 sont classées dans le Tableau XII.

Les résultats des déterminations de l'hygroscopicité des terres, après le desséchement aux diverses températures, suivent dans le Tableau II. Après la calcination de la terre, le changement de l'hygroscopicité ne fut pas déterminé, parce que WOLF [2] en parle suffisamment.

TABLEAU II.

État de la terre	Terre N° 1			Terre N° 2		
	Degré d'humidité p. 100	Hygroscopicité p. 100	A_1	Degré d'humidité p. 100	Hygroscopicité p. 100	A_2
Terre fraîche. . . .	21.880	6.769	100.0	21.376	6.449	100.0
Terre desséchée à l'air	2.771	5.756	85.0	2.795	5.737	88,9
Desséchée à 50° . .	0.845	5.674	83.8	0.976	5.689	88.2
Desséchée a 100°. .	0.	5.406	79.9	0.	5.328	82.6
Desséché a 150° . .	0.553	5.122	75.7	0.465	5.086	78.9

* Perte de l'humus, de l'eau chimique etc.

1 Pour juger de l'homogénéité de la terre.
2 *Landw. Jahrbücher* 1873.

Tourbe.

État	Degré d'humidité p. 100	Hygroscopicité	A_3
Fraîche.	123.11	48.406	100.0
Desséchée à 50°.	3.724	31.009	64.0
Desséchée à 100°.	0.	28.910	59.7
Desséchée à 150° [1]	4.837	16.450	33.9

1 Perte des matière organique, de l'eau chimique.

Selon le tableau précédent, il est bien évident que l'hygroscopicité diminue continuellement, si la température à laquelle la terre fut exposée s'élève. Comparée à la tourbe, la diminution de l'hygroscopicité est considérablement moindre pour les terres minérogènes. Par le dessèchement des terres à l'air, l'hygroscopicité diminua de 15 % pour la terre No 1 et de 11.1 % pour la terre No 2. Il est très intéressant que les deux échantillons, prélevés si proche l'une de l'autre, par le desséchement à l'air, essayèrent des pertes inégales. A l'aide de la dessiccation absolue des terres dans le vide en présence d'anhydride phosphorique; l'hygroscopicité diminua de 20.1 % pour la terre No 1, de 17.4 % pour la terre No 2 et de 40.3 % pour la tourbe.

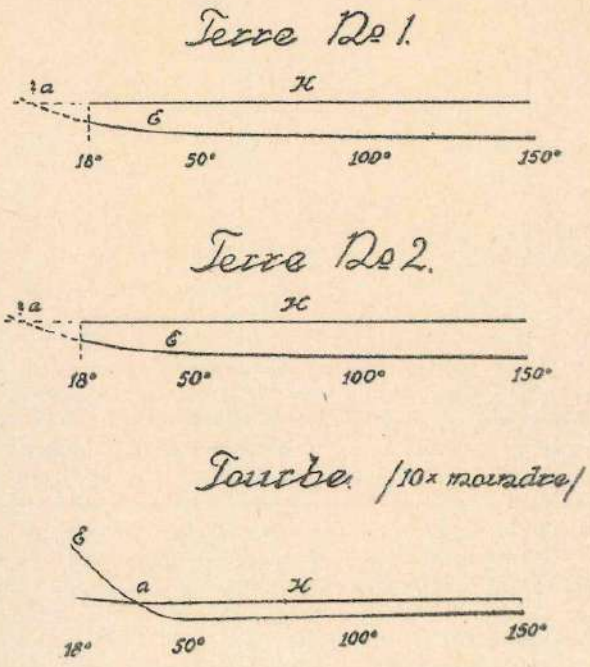

FIG. 68. — Représentation graphique de l'hygroscopicité après l'action de différentes températures.

Nous sommes amenés à conclure que l'hygroscopicité des terres minérogènes diminue d'un cinquième, celle de la tourbe de deux cinquièmes environ après le desséchement absolu.

Les trois graphiques ci-dessus (fig. 68) et le Tableau III nous font voir la décroissance de l'hygroscopicité après les divers desséchements, une relation entre le

degré d'humidité du sol et la hauteur de la température et entre l'humidité et l'hygroscopicité. Tableau III.

De l'inspection des courbes H, il résulte que la diminution de la surface totale est plus considérable sous l'action d'une température moindre sur la terre fraîche que sous l'influence d'une température plus élevée sur la terre déjà partiellement desséchée.

La courbe E nous montre la décroissance de l'humidité de la terre pendant le desséchement. L'ordonnée coïncidente au point d'intersection *a* de deux courbes nous indique l'humidité et simultanément l'hygroscopicité de la terre à la même température. Jusqu'à ce point, l'hygroscopicité n'est qu'un quotient de l'humidité, mais plus loin, elle est son multiple. Pour l'hygroscopicité de la terre séchée à l'air, on trouve le coefficient 2 environ. Pour les autres coefficients, voir le Tableau III et le Tableau IV, dernière colonne.

TABLEAU III.

$$Rapport\ ^{1}\ \frac{hygroscopicité}{humidité}$$

État de la terre	Terre N° 1	Terre N° 2	Tourbe
Terrs fraîche	0,3	0.3	0.4
Séchée à l'air	2.0	2.0	—
» à 50° C	6.7	5.8	8.3
» à 100° C	∞	∞	∞

La diminution de la surface totale des particules terreuses par l'action de la température, surtout jusqu'à 50°, est très importante pour la pratique. En expliquant le décroissement de l'hygroscopicité de la terre au moyen de la floculation partielle, nous comprenons pourquoi les praticiens ont les récoltes les plus élevés aux périodes qui suivent les étés extrêmement chauds et secs. Si la surface, comme un siège des forces superficielles, surtout du pouvoir absorbant décroît, les matières nutritives se mettent en liberté et la fertilité [2] du sol monte.

A. F. GUSTAFSON [3], KÖNIG et HASENBAUMER [4] trouvèrent que la teneur du sol en sels solubles dans l'eau monte avec la hauteur de la température à l'aide de laquelle on dessèche et A. LEBEDIANTZEFF [2] démontra l'accroissement de la fertilité directement par ses expériences physiologiques. GUSTAFSON trouva que l'augmentation de la solubilité des sels dans l'eau par la dessiccation absolue du sol est cinq fois plus haute que dans la terre fraiche non desséchée. D'après nos

[1] Voir le Tab. II.

[2] A. LEBEDIANTZEFF: *Comptes rendus hebd. d. séances, de. l'Acad. d. Scien.* 1924, N°, 9, 11: Modifications subies par la terre végétale séchée à l'air », et N° 13: « Accroissement de la fertilité par la dessiccation du sol à l'air dans les conditions naturelles.

[3] *Soil Sci.*, 1922.

[4] *Landw. Jahrbücher*, 1920.

expériences, cette solubilité élevée est favorisée par l'amoindrissement de la surface totale d'un cinquième dans les sols minérogèns. Le rapport entre la surface de la terre fraîche et celle séchée serait $1 : \frac{4}{5}$.

Les résultats des auteurs nommés concordent avec les nôtres, quoi qu'ils aient été obtenus par des moyens divers.

En outre on étudia l'influence de la température sur les particules terreuses d'une différente valeur hydraulique. Les résultats obtenus figurent dans le Tableau IV.

TABLEAU IV.

Catégories en mm	Humidité des catégories après le même temps. Pour cent de la terre séchée	Hygroscopicité des catégories soumises à la dessiccation absolue	Hygroscopicité des catégories desséchées à l'air libre	Différence entre les deux sortes de terres	Rapport entre l'hygroscopicité de la catégorie séchée à l'air et l'humidité
IV. 2–0.1	0.430	1.004	1.029	0.025	2.4
III. 0.1–0.05	0.489	0.947	0.986	0.039	2.0
II. 0.05–0.01	0.660	1.446	1.653	0.207	2.5
I. Inférieurs à 0.01 . .	4.576	10.720	11.370	0.650	2.5

Le Tableau précédent nous enseigne que les diverses catégories retiennent une diverse quantité d'eau au bout du même temps. Quoique l'hygroscopicité ne soit pas précisement en relation avec la valeur hydraulique, nous trouvons l'hygroscopicité la plus haute dans la catégorie la plus fine, inférieure à 0.01 mm. Aussi l'hygroscopicité de cette catégorie dut-elle décroître le plus considérablement à la suite de la déssiccation absolue. En effet, la différence entre les deux eaux hygroscopiques monte continuellement — comme on pouvait l'atteindre — avec le degré de dispersité des catégories. La température ne produit son action que sur les particules terreuses inférieures à 0.01 mm.

Si l'on exprime l'hygroscopicité des catégories par rapport à la masse totale du sol, on obtient les chiffres suivants (Tableau V).

TABLEAU V.

Catégories	Hygroscopicité des catégories. Pour cent de la masse totale du sol	%
2–0.1 mm.	0.063	1.10
0.1–0.05 mm.	0.004	0.07
0.05–0.01 mm.	0.722	12.56
Inférieures à 0.01	4.956	86,27
Total . . .	5.745	100.0

Le résultat de l'addition ci-dessus est 5.745, en réalité, on trouva 5.737 p. ct. par le dosage direct.

Quelques changements qui prirent naissance à la suite du desséchement du sol ne se manifesterent pas seulement par l'amoindrissement de l'hygroscopicité, mais aussi par l'activité de la catalase (Tableau VI).

TABLEAU VI.

État de la terre	Durée de l'expérience en minutes	Oxygène dégagé en centimètres cubes
Séchée à l'air	10′	84.5
» à 50° C	7 et 5″	80.1
» à 100° C	10′	70.0
» à 150° C	10′	51.8

Pour la déterminer, on se servit de l'appareil de KÖNIG et on pesa toujours 5 grammes de terre dont on détermina le degré d'humidité. L'eau oxygenée fut diluée à 3 p. ct. vol., NaOH 1 : 10. La température fut de 17° C.

L'activité de la catalase du sol décroît continuellement avec le desséchement dû à la température qui augmente, excepté que pour la température de 50° C [1]. Il semble que cette température soit un optimum pour divers enzymes dans les sols. La mitigation de l'activité de la catalase par la température de 150° C est un fait facile à expliquer par les expériences de COPPENRATH [2], car l'humus, surtout colloïdal, est fortement oxydé.

2. L'action de la gelée.

Après avoir desséché la terre No 1 à l'air libre dans le laboratoire, on l'a exposé au dehors aux gelées du 23 au 28 novembre 1923. Le thermomètre montra ces minimums :

Date	gelée
24/XI.	— 6.5°C
25 »	— 10.5°C
26 »	— 4.7°C
27 »	0. C
28 »	— 3.5°C

Dans le laboratoire, on divisa la terre donnée en deux parties. L'une fut humectée par de l'eau distillée et toutes les deux, séchees et humectées, furent ensuite exposées encore une fois à une gelée artificielle de 25° C, durant 45 minutes, après quoi on détermina l'hygroscopicité. Les résultats figurent dans le Tableau VIII.

[1] On a étudié l'activité de la catalase dans un grand nombre des échantillons de terres et l'influence du desséchage aux diverses températures et on a trouvé que l'activité de la catalase montait après la dessiccation à 50° C. Mais il y a aussi beaucoup de cas ou elle diminuait, par rapport à celle du sol séché à l'air.

[2] *Landw. Versuchstat.* 1907.

TABLEAU VIII.

Terre N° 1

a) Non humectée		b) Humectée par de l'eau (41.46 pour cent,	
État de la terre	hygroscopicité	État de la terre	hygroscopicité
Séchée à l'air et non gelée	5.756	Humectée, non gelée	6.256
La même terre mais gelée	5.708	» , gelée	6.526
Gelée et puis séchée à 50° C.	5.942	Humectée, gelée et puis séchée à 50° C	5.467
» à 100° C	5.672	Humectée, gelée et séchée à 100° C.	5.411
» à 150° C	5.107		

Sous l'action de la gelée, la terre non humectée n'a pas changé remarquablement son hygroscopicité relativement à celle du sol No 1 séchée à l'air libre.

D'après ce qui précède, l'action de la gelée sur le sol sec serait peu considérable. Au contraire, pour le sol mouillé nous trouvons l'accroissement de l'eau hygroscopique très considérable, de 4.3 p. 100 de l'hygroscopicité du sol mouillé mais non gelée. Ce résultat s'accorde avec celui de MITSCHERLICH et de CZERMAK. Peut-être le degré d'humidité du sol décidera-t-il de la quantité des changements de la surface totale. Si le sol est mouillé, on a la destruction la plus efficace de particules terreuses par l'action mécanique exercée par l'eau qui de l'état liquide passe à l'état solide et la surface augmente. A. MITSCHERLICH admet aussi que sous l'action de la gelée, la surface du sol s'accroît. Dans le sol mouillé et gelé, la destruction des particules terreuses l'emporte sur la floculation [1] et l'hygroscopicité monte.

Par le desséchement, l'hygroscopicité de la terre mouillée et ensuite gelée, de nouveau décroît. Par l'action de la gelée, l'activité de la catalase de la terre tant non mouillée que mouillée a diminué [2].

État de la terre	Temps en minutes	Centimètres cubes d'oxygène
Séchée à l'air et non gelée	10	84.5
Séchée à l'air et gelée	10	81.0
Mouillée et gelée	10	77.0

D'après cela, on peut penser que l'activité de la catalase ne soit qu'en petite partie de nature bactérienne.

[1] PRANDE, LJUBAVIN, BRODIG, FISCHER, LOTTERMOSER, etc.

[2] Voir plus haut.

B. — Des influences disélectrolytiques sur le sol.

a) *Par la perte des électrolytes.*

Si de l'eau froide traverse du terrain jeté sur un filtre Schleicher-Schüll No 589 soutenu par un entonnoir de Büchner, de telle sorte que le filtrat ne soit pas troublé, l'effet de Tyndall est faible, le sol lavé ne perd que des sels solubles, qui maintiennent les substances colloïdales en état de flocons et celles-ci commencent à entrer en suspension (= peptisation). Alors à la suite du délavage par l'eau, suffisamment prolongé, l'étendue de la surface totale devrait s'augmenter et par conséquent l'hygroscopicité monter. D'après Schloesing et Ramann [1], l'eau pauvre en électrolytes ralentit la sédimentation des particules terreuses et agrandit l'action chimique des matières humiques qui passent dans le sol.

Il est très important, surtout quant aux sols podsolisés d'essayer de connaître, au moins approximativement, la quantité des changements du degré de dispersité du sol par le lavage. Pour atteindre ce but, nous délavâmes 150 grammes de la terre séchée à l'air de la façon dont il vient d'être dit plus haut. De la terre dépouillée de l'eau excédante sur le filtre [2], nous prîmes des échantillons pour le dosage de l'hygroscopicité. Les chiffres obtenus figurent dans le Tableau IX.

Tableau IX.

Terre N° 1		Terre N° 2			
				Activité de la catalase	
Filtrat en centimètres cubes	Hygroscopicité	Filtrat en centimètres cubes	Hygroscopicité	Temps en minutes	Centimètres cubes de O_2
0.	6.769	0.	6.449	10	84.5
2.250	6.930	2.250	6.690	—	—
5.030	7.032	5.140	6.961	—	—
26.900	?	20.550	7.061	7 et 7″	80.5

Le lavage achevé, on laissait les sols sécher à l'air et, après la trituration, on déterminait aussi l'hygroscopicité (Tableau X).

Tableau X.

Hygroscopicité de la terre N° 1	État de la terre	Hygroscopicité de la terre N° 2
5.756	Séchée à l'air non lavée .	5.737
5.958	Terre lavée et séchée à l'air.	5.959

[1] *Zs. d. Geolog. Ges.* 67, Abt. N° 4. 1915.

[2] La terre ne fut pas séchée à l'air libre.

Les terres lavées furent aussi soumises à la déssiccation aux températures diverses, analoguement à l'expérience dont les résultats figurent dans le Tableau II. Pour l'hygroscopicité des terres lavées et desséchées à diverses températures voir le Tableau XI.

Tableau XI.

État de la terre	Hygroscopicité	
	Terre N° 1	Terre N° 2
Délavée et séchée à l'air	5.958	5.959
Délavée, séchée à 50° C	5.565	5.943
» » à 100° C	5.352	5.396
» » à 150° C	4.901	4.977

Les Tableaux IX et X nous montrent que le degré de dispersité augmente d'une manière continue par le délavage des électrolytes. A la suite de la déssiccation à l'air comme à la température plus haute du sol lavé, l'hygroscopicité décroît à nouveau (Tableau XI). Par la température de 150° C, l'hygroscopicité du sol lavé décroît plus considérablement que dans les terres non lavées. Peut-être en faut-il chercher la cause dans la facilité de s'oxyder des matières humifères dans le sol lavé, dont le degré de dispersité est plus haut.

La peptisation plus élevée augmente de son côté le pouvoir absorbant du sol par suite de l'accroissement des forces superficielles et le délavage des sols deviendra de plus en plus difficile. Malheureusement, les observations du décroissement continu des sols résolubles dans le filtrat ne furent pas conservées.

Pour déterminer la quantité et la qualité des électrolytes délavés au moyen de 20 litres environ d'eau distillée, on analysa la terre No 2 native et la même terre après le lavage (Tableau XII).

Tableau XII. — *Analyses chimiques de la terre No 2 à l'aide de l'acide chlorhydrique chaud à 10 p. 100.*

	Non lavée	Lavée par 20 litres d'eau	Différence	Par le délavage, la terre originelle perdit en % du sel soluble
SiO_2	0.062	0.056	0.006	9.7
Al_2O_3	3.520	3.520	0.	0.
Fe_2O_3	2.412	2.410	0.002	0.1
MgO	0.448	0.231	0.217	48.0
CaO	1.212	1.034	0.178	14.7
K_2O	0.251	0.209	0.042	16.7
P_2O_5	0.228	0.188	0.040	17.5
SO_3	0.048	0.032	0.016	33.3
Mn_3O_4	0.107	0.062	0.045	42.1
Total . . .	8.330	7.781	0.549	

Les analyses précédentes nous renseignent que si l'on opère avec de l'eau à température ordinaire, les éléments entrent en dissolution dans l'ordre suivant: magnésie, manganèse, acide sulfurique, chaux, acide phosphorique, potasse, et enfin silice, oxyde ferrique et aluminium.

Quant à l'azote totale, on trouva dans la terre non lavée 0.165, dans le sol délavé 0.132 p. 100.

Le rapetissement de la teneur en sels du sol No 2, de 6,5 p. 100, augmenta l'hygroscopicité de 10 p. 100 environ par rapport à l'hygroscopicité de la terre non lavée.

On voit la facilité plus grande qu'on a de mettre en liberté les sels absorbés par l'action de la température qu'à l'aide du délavage du sol frais. L'accroissement de la surface d'un dizième environ fut causé par la perte de 6.5 p. 100 des sels solubles dans l'acidé chlorhydrique à 10 p. 100. GUSTAFSON trouva 500 p. 100 des sels solubles dans l'eau, au moyen du desséchement absolu, qui d'après notre expérience diminue la surface de deux dizièmes.

20 litres d'eau passant à travers 150 grammes du terrain l'appauvrirent de 6.5 p. 100 de sels solubles dans l'eau à la température du laboratoire. Cette quantité d'eau correspondrait à la hauteur totale annuelle de pluies de 2000 mm.[1] On pense que le délavage des sels au moyen de l'eau de pluie chez nous, où les précipitations annuelles oscillent entre 500-1200 mm. ne soit pas si important pour l'accroissement de l'étendue de la surface des particules terreuses que pour la gelée. Sous l'influence de notre climat, nos sols, en majeure partie plus forts, ne perdent pas probablement beaucoup de sels par le délavage, car aux périodes sèches de l'année l'eau du sol aussi monte et outre cela par le labourage les sels sont rejetés sur la surface.

En réalité, l'eau transporte tant les dispersoïdes que les dispersions; par cela la couche superficielle s'appauvrit.

Après avoir parlé des changements de la colloïdité du sol à l'aide du délavage des électrolytes, il est nécessaire de dire quelques mots de l'action de l'eau contenant en dissolution certains sels, ce qui fera l'objet du chapitre suivant

b) *Addition de sels.*

Il est facile de concevoir que certains constituants de la terre, tant minéraux qu'organiques, prennent l'état colloïdale et perdent ensuite cet état par le fait de la présence d'électrolytes qui les coagulent [2].

Nous déterminâmes d'abord la quantité d'eau qui est retenue par les divers sels dans le milieu de la tension de vapeur de l'acide sulfurique à 10 p. 100 et cette quantité fut depuis retranchée de l'eau hygroscopique de la terre.

D'après cela l'hygroscopicité du sol riche en électrolytes ne peut pas être proportionnelle à la quantité absolue des colloïdes. Peut-être la différence entre l'hygroscopicité du sol frais et celle du sol séché à 100° C s'accordera-t-elle mieux avec la quantité absolue des colloïdes dans la terre en supposant que

[1] Superficie de l'entonnoir: 1 dm² environ.

[2] WOLF: *Landw. Jahrbücher* 1873. D'après cette auteur, l'hygroscopicité de la terre monte, si l'on ajoute certains sels.

les colloïdes du sol coagulent sous l'action de la température, car les sels du sol seraient éliminés.

Sel	Quantité du sel sec à 100° C	Poids du sel avec l'eau hygroscopique
$NaCl$ [25]	1 g	8.8
$CaCl_2$ [26]	1.1 g	8.0
$Ca(NO_3)_2$ [27]	0.9 g	4.6

[25] Natrium chlorid «Z. Analyse» Kahlbaum.
[26] Calcium chloratum purum siccum Merck.
[27] Calcium nitricum purum Merck.

Sur une plaque de Petri on a placé 30 grammes de la terre fine (No 1) séchée à l'air et additionnée de l'eau chargée d'une quantité des électrolytes. On laissa la terre ainsi humectée sécher à l'air et, après la trituration, on détermina son hygroscopicité. En retranchant le poids des sels avec l'eau retenue par ces derniers, du poids des terres, on obtient l'hygroscopicité de la terre pure. Voir le Tableau XIII.

TABLEAU XIII.

30 grammes de terre additionée du sel selon les quantités suivantes	Hygroscopicité après la soustraction d'eau retenue par le sel
Eau exempte d'électrolytes	6.256
Eau 0.01 g NaCl	6.148
» 0.02 g »	6.097
» 0.03 g »	5.304
» 0.01 g $CaCl_2$	6.185
» 0.02 g »	5.907
» 0.03 g »	5.301
» 0.01 $Ca(NO_3)_2$	5.662
» 0.03 »	5.335

Il résulte de l'inspection des nombres précédents que l'hygroscopicité de la terre décroît d'autant plus que l'addition des sels augmente. 0.03 grammes du chlorure de sodium et chlorure de calcium, pour 30 grammes de la terre, diminua l'hygroscopicité plus considérablement que la température de 100° C. La même quantité de nitrate de calcium n'eut pas une action si grande. Ces trois sels exercèrent l'action de diminuer la surface [1].

Enfin, nous déterminâmes l'hygroscopicité du sol préalablement desséché à 150° C et ensuite on plaça le même sol dans un vase clos, d'après MITSCHERLICH,

[1] MASONI et LEONCINI, 1918.

en présence d'eau distillée. Nous avons changé l'eau plusieurs fois dans ce vase et, ensuite, nous déterminâmes l'hygroscopicité à nouveau. Les résultats se trouvent dans le Tableau XIV.

TABLEAU XIV.

État de la terre	Hygroscopicité de la terre sechée à 150° C	Après l'humidification la terre renferme d'eau environ	Hygroscopicité aprés l'humidification	Différence entre les deux hygroscopicités
Terre N° 1 :				
Terre fraîche, desséchée à 150° C . .	5.122	6.2	5.503	0.381
Terre séchée à l'air, puis à 150° C. . .	5.206	8.8	5.737	0.531
Terre lavée par 2.250 cc d'eau, séchée à 150° C.	5.375	6.8	5.574	0.199
Lavée par 5.030 cc d'eau, desséchée à 150° C.	5.052	7.9	5.596	0.544
Lavée par 26.900 cc d'eau, desséchée à 150° C	5.000	6.7	5.421	0.421
Séchée à l'air, puis gelée	5,029	8.4	5.609	0.580
Terre N° 2:				
Fraîche séchée à 150° C	5.086	7.3	5.565	0,477
Séchée à l'air, ensuite à 150° C . . .	5.245	7.2	5.302	0.057
Lavee par 2.250 cc d'eau, puis séché à 150° C.	5.010	7.2	5.685	0.675
Lavée par 5.140 cc d'eau, séchée à 150° C	4.968	8.2	5.799	0.831
Lavée par 20.550 cc d'eau, séchée à 150° C	4.977	8.4	5.562	0.585
Tourbe :				
Fraîche, directement séchée à 150° C.	16.45	32.2	20.28	3.83

Malgré la haute température, nous trouvons la réversibilité des hydrogels du sol.

Comparé à l'hygroscopicité des terres originelles, nous voyons que cette reversibilité n'est que partielle.

On vient de faire les expériences photodromiques des colloïdes du sols, mais elles ne sont pas encore complètement achevées.

Vu le petit nombre des expériences, on doit les interpréter avec réserve et ce travail doit être considéré comme une introduction à un autre travail plus vaste. Nous avons signalé un peu les causes artificielles et naturelles qui changent la surface totale et, par les résultats obtenus, nous sommes amenés à conclure :

1. L'étendue de la surface des particules terreuses est une fonction de la température à laquelle le sol a été exposé. Elle est d'autant moindre que cette température est plus haute.

Les terres séchées à l'air diminuent leurs surfaces de 11 à 15 p. 100. Par le desséchement les terres ne diminuent la surface totale que de 7 à 5.6 p. 100 Cet amoindrissement de la surface active est, au point de vue pratique, très important pour la mise en liberté des matières nutritives du sol après un été extrêmement chaud. A l'aide de la déssiccation absolue, la surface a diminuée d'un cinquième dans les sols minérogènes et de deux cinquièmes dans la tourbe. Alors,

la température exerce une action plus grande sur la pectisation de l'humus que sur les colloïdes inorganiques.

2. L'activité de la catalase du sol désséché décroît analoguement à l'hygroscopicité et dépend en premier lieu des matières inorganiques et ensuite des matières organiques.

3. La gelée discontinue exerce une action peu considérable sur la diminution de la surface de la terre séchée à l'air. Au contraire, dans la terre mouillée elle agrandit celle-ci de plus que 4 p. 100.

4. Le lavage des électrolytes suffisamment prolongé causa la peptisation des hydrogels et l'hygroscopicité s'élève de 10 p. 100 environ.

L'activité de la catalase a aussi monté. En augmentant, au contraire, la teneur en électrolytes du sol, on a diminué sa surface totale.

5. Les changements de l'état colloïdal survenus par l'influence de la température ne sont que partiellement reversibles, au moins pendant un bref délai de temps.

Dr. L. SMOLÍK, *Brno (Tchécoslovaquie)*. — **Discolloïdité du sol.**

RÉSUMÉ.

L'état colloïdal du sol n'est pas constant. Il résulte des actions de la température (de la gelée), des divers électrolytes (engrais) et du labourage. En déterminant la marche de la peptisation et de la pectisation, ces facteurs changent l'étendue de la surface totale et par conséquent aussi l'hygroscopicité qui lui est proportionnelle.

On a étudié la variabilité de la surface totale du sol par l'influence disthermique et dislectrolytique. On a déterminé l'hygroscopicité et la dessiccation absolue de la terre d'après RODEWALD-MITSCHERLICH, l'activité de la catalase par l'emploi de l'appareil de KÖNIG.

Nous pouvons énoncer les quelques faits suivants :

1) L'étendue de la surface des particules terreuses est une fonction de la température à laquelle le sol a été exposé. L'hygroscopicité de la terre est d'autant moindre que cette température est plus haute.

Les terres séchées à l'air ont amoindri leurs surface de 11-15 %. Cet amoindrissement de la surface active est, au point de vue pratique, très important pour la mise en liberté [1] des matières nutritives du sol après un été chaud.

Les terres séchées à 50° et 100° n'ont diminué la surface totale que de 0.7-5.6 %. Par la dessiccation absolue, la surface est diminuée dans le cas des sols minéraux d'un cinquième, dans le cas de la tourbe de deux cinquièmes. Il semble que la température ait un effet plus grand sur la pectisation de l'humus que sur celle des particules inorganiques.

2) L'activité de la catalase du sol séché décroît, d'une façon analogue, avec l'hygroscopicité (excepté à la température de 50°).

3) La gelée discontinue exerce une action peu considérable sur la diminution de la surface de la terre séchée à l'air. Au contraire, dans la terre humectée, elle l'augmente plus de 4 %.

[1] Voir A. F. GUSTAFSON, 1922.

L'activité de la catalase, dans le premier cas, est diminuée de 3.5 centimètres cubes d'oxygène, au deuxième encore de 4 %. Il résulte de ce qui précède sur cette activité, qu'elle dépend principalement de la quantité des enzymes du sol.

4) Le lavage des électrolytes suffisamment prolongé a causé la peptisation des hydrogels, et l'hygroscopicité s'est élevée environ de 10 %. L'activité de la catalase a aussi monté.

En augmentant, au contraire, le contenu des électrolytes du sol, on a diminué la surface totale du sol.

5) Les changements de l'état colloïdal qui ont pris naissance sous l'influence de la température ne sont que partiellement reversibles.

Dr. LADISLAV SMOLÍK, *Brno (Czechoslovakia)*. — **Discolloidity of the Soil.**

ABSTRACT.

The colloïdal state of the soil is not constant. It depends on the temperature action (freezing), on the different electrolytes (fertilizers) and on ploughing. Stipulating the course of peptisation and pectisation, these factors may change the total surface and consequently the higroscopicity which is proportional to him.

The variability of the total surface of the soil has been studied in connection with the disthermical and diselectrolytical influences. The higroscopicity and the absolute dessiccation of the soil has been determinated after RODEWALD-MITSCHERLICH, and the activity of the catalase with the apparatus of KÖNIG.

The author gives a few results :

1) The total surface of the soil particles is a function of the soil temperature by which means the soil was dried. Hygroscopicity of the soil decreases with increase of temperature.

Air dried soils shrink about 11-15 % of their surface. This decrease of the active surface is, from a practical standpoint, very important, for the production [1] of nutritive substances in the soil after a hot summer.

Soils dried at 50° and 100° diminish their total surface only about 0.7-5.6 %. With absolute dessiccation the surface is decreased about one-fifth for mineral soils, and of two-fifths for peat.

It seems that the temperature has had a greater effect on pectisation of the humus than on the pectisation of the inorganic matter.

2) The activity of catalase of the dried soil decreases with hygroscopicity (except at a temperature of 50°).

3) Discontinual frost has little action on the shrinkage of the surface of air dried soils. On the contrary the surface of the moist soil is increased about 4 %.

In the first case, the activity of catalase is decreased by about 3.5 cm³ oxygen, in the second case another 4 cm³.

4) The leaching of electrolytes, if continued sufficiently (20-27 litres of water for about 150 gm. of soil) causes the peptisation of hydrogels and higroscopicity to increase about 10 %. The activity of catalase is also increased.

When on the contrary, the electrolyte content of the soil is increased, the total surface of the soil is decreased.

5) The variations in the colloidal state, which have started under the influence of temperature, are only partly reversible, for a short time.

[1] See also: A. F. GUSTAFSON, 1922.

Dr. S. JOHANSSON.

Sveriges geologiska undersökning Stockholm, Schweden.

VISKOSITÄT UND ELASTIZITÄT DER TONE.

Was wir Tone nennen, sind Bodenarten, wo die kleinsten Teilchen von kolloider Grösse in einer so grossen Quantität vorkommen, dass sie ihre Eigenschaften der betreffenden Bodenart aufprägen. Die Studien der Tone müssen darum an die Kolloidforschung anknüpfen. Eine für die Kolloide sehr charakteristische Eigenschaft ist ihre Viskosität, die in letzter Zeit eifrig studiert worden ist. Eine Art von Viskositätsmessungen, wenn ich so sagen darf, hat Atterberg in die Bodenforschung eingeführt. Ich erinnere an seine bekannten Plastizitätsbestimmungen, welche er für die Klassifizierung der Tone gebraucht hat. Obwohl in seinen Bestimmungsmethoden etwas Subjectives enthalten ist, kann man doch sagen, dass die Prinzipien derselben sich als brauchbar erwiesen haben. Ich denke hier besonders an seine Einführung der Plastizitätszahl, womit von ihm die Differenz des Wassergehaltes im Tonteige bei zwei verschiedenen Zuständen des Teiges, dem flüssigen und dem ausrollbaren Zustand, bezeichnet worden ist.

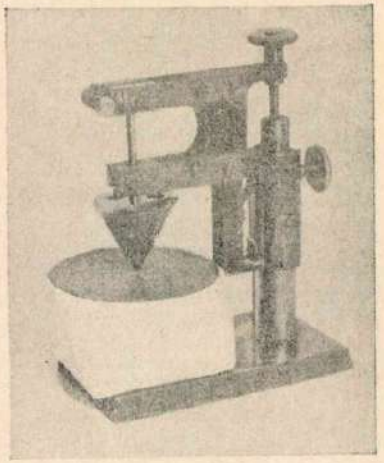

FIG. 69. — Der Eindrucksapparat mit der Spitze des Konus an der Oberfläche der Tonprobe in die Schale eingestellt. Die Ausgangslage für den Bestimmungen. Die Figur ist der Mitteilung der Kommission entnommen.

Zu bedeutend grösserer Präzision gelangten die Mitglieder der geotechnischen Kommission der Staatsbahnen Schwedens. Da die Bodenverhältnisse in Schweden Erdrutsche speziell begünstigen, wurde es um der Sicherheit des Verkehrs willen nötig, eine spezielle Kommission einzurichten, die die diesbezüglichen Fragen klarstellen sollte, Diese Kommission hatte unter anderem die schwere Aufgabe zu lösen ; eine wie grosse Belastung kann ein gewisser Untergrund aushalten, ohne zu entweichen ?

Es mussten darum Bestimmungsmethoden für die Festigkeit der Bodenarten ausgearbeitet werden.

Für die Bestimmungen der Festigkeit, besonders die der Tone, hat die Kommission eine exakte Methode ausgearbeitet, die mit der bekannten Kugelprobe für Härtegradbestimmungen von Metallen viel Ähnlichkeit hat. Anstatt einer Kugel hat sie einen konischen Stahlkörper gewählt (fig. 69) und bestimmt dasjenige Gewicht des Konus, das bei freiem Falle von oben her nötig ist, um einen Eindruck von bestimmter Tiefe in dem Ton hervorzurufen. Eigentlich hält man das Gewicht des Konus konstant und misst die Eindringungstiefe, aber Relationskurven über das Verhältnis Gewicht zur Tiefe sind bestimmt worden, und daraus kann man die gefundene Tiefe in das Gewicht übersetzen. Ich kann jedoch hier auf diese Methode nicht näher eingehen, sondern muss die daran Interessierten auf die herausgegebene Arbeit der Kommission verweisen.

Mit dieser Methode sind mehrere Hunderte von Erdproben untersucht worden, nicht nur bei einem einzelnen Wassergehalt der Probe, sondern bei variierendem Zusatz von Wasser. Das Verhältnis zwischen Konusgewicht, oder wie man es nennt, relativer (fig. 70) Festigkeit, und Wassergehalt ist durch eine Kurve illustriert worden.

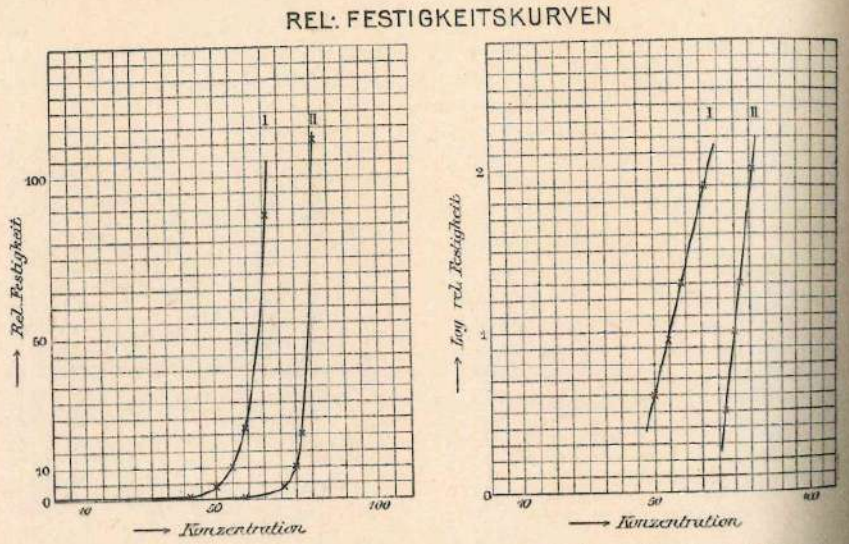

FIG. 70 — Links: rel. Festigkeitskurven von zwei Tonen. Rechts: dieselben in logarithmischer Darstellung.

Ich habe hier zwei solche Kurven gezeichnet Die eine bezieht sich auf einem extrem schweren Ton, bezeichnet als I, die andere auf einen ziemlich leichten Schlufftou, bezeichnet als II. Die Konuskurven, wie wir sie nennen wollen, sind für die verschiedenen Bodenarten sehr charakteristisch, und wir gebrauchen sie als Grundlage für die Klassifikation der Tone. Die Konuskurven sind nämlich um so flacher, je mehr Tonteilchen in den Proben enthalten sind.

Es ist mit diesen Kurven ja eine schöne Sache, die Frage aber, eine wie grosse Belastung pro Quadratzentimeter die Tone zu tragen vermögen, diese Frage

beantworten sie nicht. Dies ist aber, was die Ingenieure wissen müssen, um Berechnungen über die Tragkraft des Untergrundes ausführen zu können. Es ist indessen auffallend dass die Kurven einen sehr regelmässigen Verlauf aufweisen und dazu anregen, weitere Untersuchungen anzustellen, um zu erforschen, was man eigentlich mit dem Konus misst. Ich habe mir diese Aufgabe gestellt.

Meine erste Hypothese war, dass der Konus ein Mass der Viskosität der Tonsuspension lieferte, und ich hatte nun zu untersuchen, inwieweit die Konuskurven den aufgestellten Gleichungen der Viskosität kolloider Lösungen folgten. Bekanntlich haben Einstein und Hatschek eine Formel aufgestellt, nach welcher die Viskosität einer kolloiden Lösung direkt proportional der Konzentration der suspendierten Teilchen ist. Diese Formel gilt indessen nur für sehr verdünnte Lösungen. S. ARRHENIUS hat dagegen eine empirische Formel aufgestellt, die für alle Konzentrationen gültig ist. Nach derselben ist nicht die Viskosität selbst, sondern der Logarithmus der Viskosität direkt proportional der Konzentration. Ich habe diese Formel für die Konuskurven geprüft, und in jedem Falle folgen diese der Gleichung von ARRHENIUS. Man sieht ja auch im Diagramm (Fig. 70), wie die Logarithmen der relativen Festigkeiten sich streng zu einer Geraden anordnen.

In dieser genauen Übereinstimmung mit der Gleichung von ARRHENIUS fand ich eine Bestätigung meiner ersten Auffassung. Erinnert man sich jedoch, wie viele Prozesse in der Natur einen logarithmischen Verlauf haben, so vermindert sich die Wahrscheinlichkeit, dass es die Viskosität ist, die in den Kurven zum Ausdruck kommt. Die Möglichkeit liegt ja auch vor, dass wir hier auch mit Spannungen zu tun haben, und wie sich die Spannungskräfte mit der Konzentration ändern, darüber ist sehr wenig bekannt. Ich beschloss daher, direkte Bestimmungen der Viskosität des Tonteiges auszuführen, und wählte dazu einen Apparat, dessen Grundprinzip aus der Definition des Viskosität hergeleitet war. Wie bekannt, definiert man Viskosität folgendermassen: Wenn wir den betreffenden Körper zwischen zwei parallele Platten und in einem Abstand von 1 cm. eingeschlossen haben, dann ist die Viskosität diejenige Kraft, die, wenn man die eine Platte festhält, der anderen mitgeteilt werden muss, um eine Bewegungsschnelligkeit der letzteren von 1 cm. pro Sekunde zu erzeugen. Anstatt Platten habe ich zwei koaxiale Zylinder gewählt,

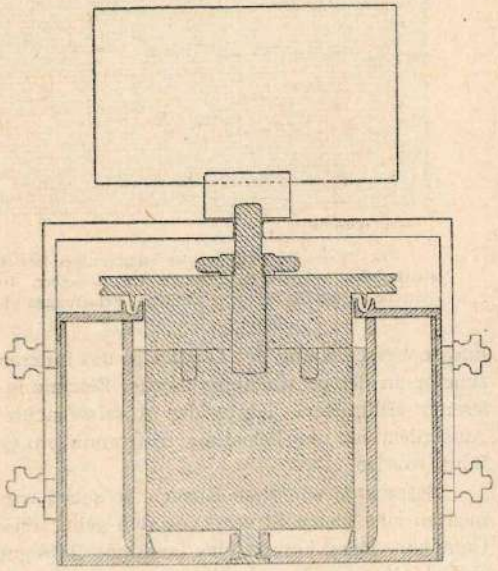

FIG. 71. — Querschnitt des Apparates. Der punktierte Raum ist mit dem Tonteig gefüllt. Massstab 1 : 2.

deren Radien so gross sind, dass die Zylinderflächen als plan angesehen werden können. (Fig. 71) Der Zwischenraum zwischen den beiden Zylinderflächen beträgt nur 0,4 cm. und ist mit dem zu untersuchenden Körper ausgefüllt. Um Gleitungen der Zylinder zu vermieden, sind diese gerieft. Die Zeit erlaubt nicht, näher auf die Einzelheiten des Apparats einzugehen, auf die Vorrichtung für die Einfüllung des Tonteiges oder die Schutzvorrichtung gegen Verdunstung u. s. w. Der äussere Zylinder wird festgehalten, und der innere wird durch ein Gewicht gedreht. Der Betrag der Drehung und die Zeit werden abgelesen.

Es zeigte sich, dass die Bewegungen für das blosse Auge fast unmerklich waren. Erst bei Steigerung der Belastung bis zu einer gewissen Grösse entstand plötzlich eine schnelle Bewegung, die durch Bruch in der Tonmasse verursacht wurde. Um die ersten kleinen Bewegungen festzustellen, musste ich darum dieselben mittels Spiegel und Fernrohr beobachten. Ich habe in Diagrammen Kurven über die Verschiebung mit der Zeit und bei Belastung und Ablastung mit stufenweise gesteigertem Gewicht gezeichnet. (fig. 72). Als Ordinate ist die an der Skala abgelesene

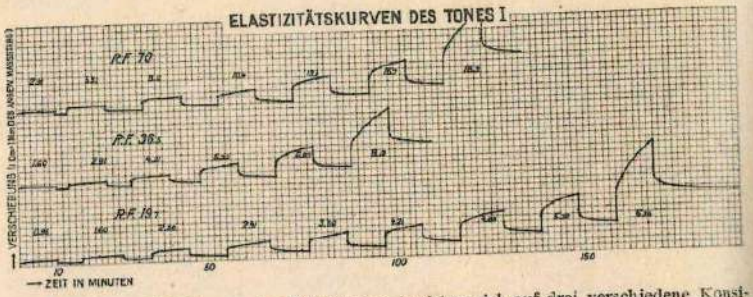

FIG. 72. — Die Kurven des Diagrammes beziehen sich auf drei verschiedene Konsistenzgraden (relative Festigkeiten RF) desselben Tones. Die Ziffer oberhalb der Kurventeile stellen die dazu gehörenden Belastungen dar.

lineare Verschiebung der Oberfläche des inneren Cylinders abgetragen, jedem Centimeter an der centimetergradierten Zeichnung entspricht ein am Massstab abgelesener Millimeter. Längs der Abszissenachse ist die Zeit abgetragen worden. Ausserdem ist die Belastung in Gramm pro Quadratzentimeter Oberfläche angeführt worden.

Betrachten wir diese Kurven, so sehen wir, dass die Verschiebung zuerst momentan eine kleine Strecke vor sich geht; dies entspricht der vertikal gezogenen Geraden. Dann kommt eine langsame Bewegung, die sich allmählich verlangsamt. Bei Ablastung finden wir die momentane Verschiebung wieder eine Strecke, die von derselben Länge ist wie die erste, und dann kommt wie vorher eine langsame Bewegung, die endlich gleich Null wird, man kommt aber doch nicht ganz zur Ausgangslage zurück, eine kleine permanente Deformation ist im Tonteig entstanden, wie aus den Kurven hervorgeht.

Der hier beschriebene Verlauf ist mit jenen Vorgängen vollständig identisch, die sich abspielen, wenn ein fester Körper über seine Elastizitätsgrenze hinaus deformiert wird. Ich will hier kurz an die betreffenden Erscheinungen erinnern.

Wenn wir einen Körper, zum Beispiel einen Eisendraht, dehnen, so verlängert sich der Draht um einen kleinen Betrag, der proportional der Grösse der dehnenden Kraft ist. Je grösser die Kraft, um so grösser die Verlängerung, dies ist die Hooksche Regel. Die Kraft die nötig ist, um den Draht bis auf das Doppelte seiner ursprünglichen Länge zu verlängern, wird Elastizitätsmodul genannt. Diese Proportionalität gilt nur bis zu einer gewissen Grenze, der Elastizitätsgrenze; wird der Körper mehr angestrengt, so zerreisst er. Der Elastizitätsmodul lässt sich nun nur bei einzelnen sehr dehnbaren Körpern direkt bestimmen, bei den anderen wird der Modul aus der Gleichung $\sigma = E\,\varepsilon$ berechnet, wo σ die Belastung pro cm², ε die Verlängerung des Drahtes pro Längeneinheit und E den Elastizitätsmodul darstellt.

Bei meinen Versuchen ist jedoch eine andere Art von Deformation, nämlich die Verschiebung, studiert worden. Die Verhältnisse sind indessen prinzipiell einander gleich, nur muss man die Verlängerung ε mit dem verschobenen Winkel φ vertauschen, und anstatt der obigen Gleichung erhalten wir $\tau = C\,\varphi$, wo C den Modul der Verschiebungselastizität und τ die Belastung pro cm² bezeichnet.

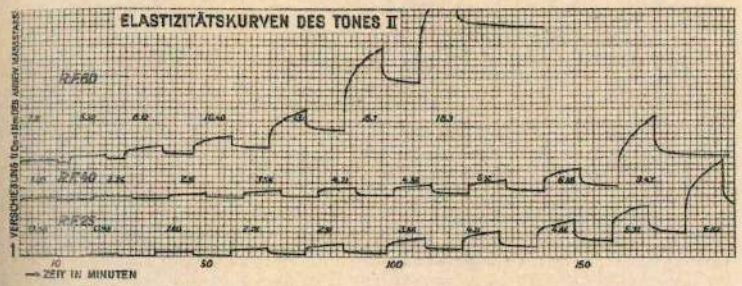

FIG. 73 — Die Kurven entsprechen den in voriger Figur dargestellten.

Wir wollen nun die Elastizitätskurven etwas näher studieren. Sie beziehen sich, wie vorher gesagt, auf zwei ganz verschiedenen Tonarten, auf einen extrem schweren Typus, den ich als I bezeichne, und auf einen ziemlich leichten Schluffton, bezeichnet als II (Fig. 73), und beide sind bei drei verschiedenen Konusfestigkeiten, ungefähr bei 20, 40 und 80, untersucht worden. Im Gegensatz zu den Verhältnissen bei den meisten festen Körpern tritt schon bei den ersten sehr kleinen Belastungen eine permanente Deformation ein. Die Kurven kehrten nicht ganz zur Abszissenachse zurück. Bei gesteigerten Belastungen vergrössern sich diese permanenten Verschiebungen allmählich, um bei den grössten Belastungen recht beträchtlich zu werden. Man nennt diese Eigenschaft der Körper Zähigkeit, bei den Tonen mit dem mehr unbestimmten Ausdruck Plastizität. Mechanisch bedeutet es eine Verschiebung der Gleichgewichtslage der Teilchen.

Diese sozusagen sekundären Verschiebungen müssen von den momentanen Verschiebungen streng geschieden werden, wenn ein richtiger Wert des Elastizitätsmoduls erhalten werden soll, der sich ausschliesslich auf die momentanen Vorgänge bezieht. Zu bemerken ist, was ja auch natürlich ist, dass die momentanen Verschiebungen bei Belastung und Ablastung desselben Gewichtes gleich gross sind, nur bei grösserer Belastung, wenn eine grössere sekundäre Deformation im Tonteig entsteht,

wird die Festigkeit desselben vermindert und damit die elastische Verschiebung bei der Abladung vergrössert ; es tritt eine Art von Erschöpfung des Materials ein, wobei die festere Verbinderung der Teilchen in eine mehr lockere übergeht.

Um zu sehen, wie sich diese *momentanen* Verschiebungen zum spannenden Gewicht verhalten, habe ich das nächste Diagramm (beistehende Kurven) gezeichnet. (Fig. 74). Die momentane Verschiebung ist als Ordinate und das Gewicht als Abzisse gewählt worden. Die Linien verlaufen alle gerade, haben aber sämtlich einen Kniepunkt, der, den angestellten Versuchen nach zu urteilen, für jeden Ton

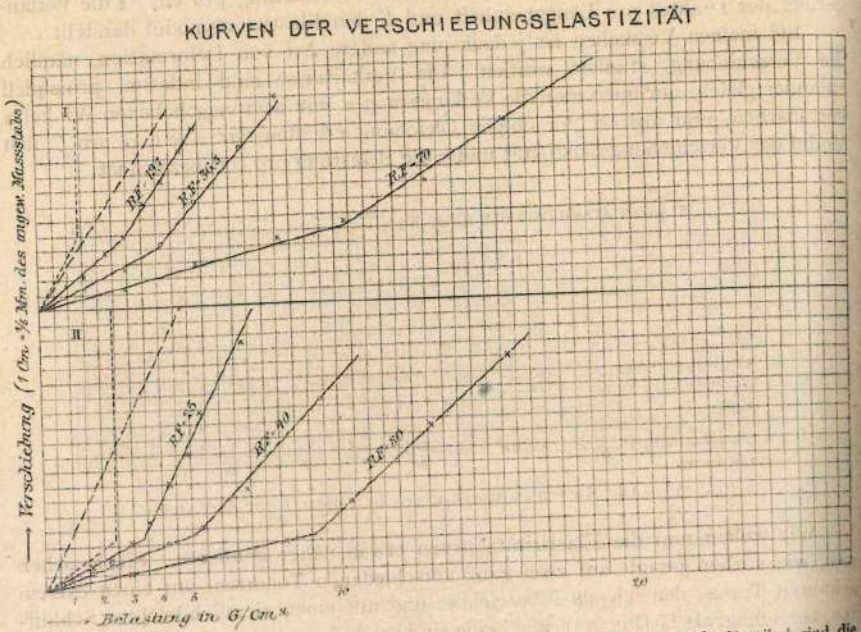

FIG. 74. — Die Diagramme Fig 72 und 73 liegen diesem Diagramm zu Grunde. Vertikal sind die momentanen Teile der Verschiebungen und horizontal die dazu gehörende Belastung abgesetzt worden.

auf ungefähr derselben Höhe, d. h. bei derselben Verschiebung liegt. Die Tone folgen also nicht Hooks obengenannter Regel, was durch die Heterogenität des Materiales zu erklären ist. Man kann annehmen, dass wir hinsichtlich der Elastizität bei den Tonen mit zwei verschiedenen Arten von Körpern zu tun haben, und die Vermutung liegt nahe, dass dies die soliden Teilchen und die im Gel oder Solzustande vorkommenden Verwitterungsprodukte sind. Die erhaltenen Kurven sind also als die Resultanten von zwei Komponentenkurven anzusehen.

Das Vorkommen eines solchen Kniepunktes der Kurven setzt voraus, dass der Kniepunkt die Proportionalitätsgrenze der einen Komponente darstellt, und dass diese Komponente oberhalb des Kniepunktes eine konstante Spannung zeigt. Die andere Komponente dagegen hat gleichzeitig ihre Proportionalitätsgrenze noch nicht erreicht. Unter diesen Voraussetzungen können wir leicht die Geraden der

beiden betreffenden Komponenten konstruieren. Die gestrichelten Linien stellen eine solche Konstruktion dar. Man zieht eine Gerade, die parallel mit der Kurvenstrecke oberhalb des Kniepunktes geht. Diese Gerade gehört der einen Komponente an. Um die Kurve der zweiten Komponente zu erhalten, haben wir nur eine Kurve zu konstruieren, die die Differenz der entsprechenden Spannungen der Resultantenkurve und der gefundenen Komponentenkurve wiedergibt. Wenn diese Überlegung, wie ich es glaube, richtig ist, eröffnen sich damit Möglichkeiten, die elastischen Eigenschaften der beiden Komponenten zu studieren, was jedoch ausserhalb meiner Aufgabe liegt.

Aus den Kurven lassen sich leicht die entsprechenden Elastizitätsmoduln berechnen, und wir werden später sehen, wie sich diese zu den Konusfestigkeiten verhalten, aber zuerst wollen wir die zeitlichen Prozesse in den vorher behandelten Elastizitätsversuchen, die von verwickelterer Natur sind, näher studieren.

Die Kräfte, die sich hier geltend machen, sind die elastischen Nachwirkungen und die innere Reibung, die nur wenig studiert worden sind. Der sehr regelmässige Verlauf der Kurven hat mir aber Veranlassung gegeben, für sie eine Gleichung aufzustellen. Ich habe die Rückgangskurven gewählt, die einfacher sind, weil bei denselben anzunehmen ist, dass die Gleichgewichtslage der Teilchen sich nicht mit der Zeit ändert. Ich ging von folgender Ueberlegung aus. Nach einer bestimmten Zeit sei der Verschiebungswinkel, von der Ruhelage gerechnet, φ. dann ist für sehr kleine Winkel $\varphi = \frac{x}{d}$, worin x die lineare Verschiebung und d den Abstand zwischen den beiden Zylinderflächen darstellen. Die von den elastischen Nachwirkungen herrührende Spannungskraft kann gleich $c\,\varphi = c\,\frac{x}{d}$, gesetzt werden, wo c eine Konstante oder der Modul der elastischen Nachwirkung ist. Diese Kraft muss negativ gerechnet werden, weil x mit zunehmender Zeit abnimmt. Die innere Reibung oder die Viskosität ist der Schnelligkeit proportional und wird durch $\frac{\eta}{d}\,\frac{dx}{dt}$, wo η die Konstante der Viskosität ist, ausgedrückt. Dieser Ausdruck muss auch in der Gleichung negativ sein. Eine dritte Kraft rührt von der Trägheit des rotierenden Zylinders her, die gleich $K\,\frac{d^2x}{dt^2}$ ist. K bedeutet hier das Trägheitsmoment des rotierenden Zylinders und ist gleich $m\,\frac{r^2}{2}$, wo m die Masse und r den Radius des Zylinders bezeichnen. Diese Kraft ist gleichfalls negativ, weil die Bewegung retardiert ist. Diese drei Kräfte sollen einander im Gleichgewicht halten, und daraus erhalten wir die allgemeine Bewegungsgleichung :

$$K\,\frac{d^2x}{dt^2} = -\,\frac{cx}{d} - \frac{\eta}{d}\,\frac{dx}{dt}$$

oder etwas vereinfacht

$$K\,\frac{d^2x}{dt^2} = -\,c_1 x - \eta_1\,\frac{dx}{dt}$$

die bei Integration $x = Ae^{\alpha t} + Be^{\beta t}$ gibt.

A und B sind Integrationkonstanten, α und β sind die zwei Wurzeln der Gleichung

$$\alpha^2 + \frac{\eta_1}{K}\alpha + \frac{c_1}{K} = 0.$$

Die Summe der beiden Wurzeln ist gleich $-\frac{\eta_1}{K}$, und das Produkt ist $\frac{c_1}{K}$ Werden also α und β aus den experimentellen Daten bestimmt, so lassen sich auch c_1 und η_1 aus den Gleichungen $\alpha + \beta = -\frac{\eta_1}{K}$ und $\alpha\beta = \frac{c_1}{K}$ herleiten, oder wenn wir die Werte von K, η_1 und c_1, einführen, so erhalten wir $\eta_1 = -\frac{mr^2}{2} \cdot d\,(\alpha + \beta)$ und $c = \frac{mr^2}{2} \cdot d \cdot \alpha \cdot \beta$, welche die Konstanten der inneren Reibung und der elastischen Nachwirkung darstellen.

Wir wollen jetzt zusehen, inwieweit die Rückgangskurven der aufgestellten Bewegungsgleichung $x = A e^{\alpha t} + B e^{\beta t}$ folgen. α und β sind hier beide negativ und β von bedeutend grösserer Grössenordnung. Bei grossen t — Werten nähert sich dann $B e^{\beta t}$ Null, und damit x dem ersten Glied $A e^{\alpha t}$, und wir können bei grossen Werten von t annäherungsweise $x = A e^{\alpha t}$ setzen. Nach Logarithmierung erhalten wir: $\log x = \log A + \alpha \cdot \log e \cdot t$, welches die Gleichung einer Geraden ist, wenn $\log x$ anstatt x als variabel angesehen wird. Hieraus lässt sich α berechnen.

Der letzte Teil der Rückgangskurve soll also logarithmisch sein, und wir wollen zusehen, ob dies zutrifft.

Zur experimentellen Prüfung der aufgestellten Gleichung wurden Versuche mit Kieselsäuregel angestellt. Dieses stellt nämlich ein homogenes Material dar und zeigt grosse elastische Verschiebungen. Das angewandte Gel enthielt 8.7. Prozent SiO_2. Das Gel wurde vorher mit stufenweise gesteigertem Gewicht belastet und abgelastet, die hierzu gehörigen Kurven sind jedoch nicht mitgenommen. (Fig. 74). Dann wurde es über Nacht stehen gelassen und direkt mit einem Gewicht von 2.5 kg., entsprechend 32.75 g pro cm² Zylinderoberfläche, belastet.

Die Versuchsergebnisse sind in der Zeichnung wiedergegeben.

Wie man aus den Rückgangskurven sieht, ist die Bewegung nach 100 Minuten noch nicht vollständig abgeschlossen, wenn wir Versuch II ausnehmen, wo der Zylinder nach ca 90 Minuten zur Ruhe gekommen ist. Für die Berechnungen ist es jedoch notwendig, die Ruhelage zu fixieren, und anstatt die Versuche lange Zeit fortgehen zu lassen, was in gewissen Fällen mehrere Stunden oder Tage in Anspruch nehmen würde, habe ich die Ruhelage oder die asymptotischen Werte (fig. 75) der Kurve durch Extrapolieren aufgesucht. Im Versuch III zum Beispiel, wo nach 100 Minuten am Massstab der Wert 2.8 mm abgelesen wurde, habe ich durch Extrapolieren den Wert 2.5 mm gefunden. Dies bedeutet, dass nach unendlicher Zeit der Zylinder sich noch eine kleine Strecke, entsprechend 0.3 mm. am Massstab, dreht. Wenn wir die Verschiebungen von den asymptotischen Werten rechnen und ihre Logarithmen in ein Koordinatensystem einsetzen, ordnen sich die Punkte sehr genau zu einer Geraden, wie aus der Zeichnung hervorgeht (die Geraden rechts) Nur im Gebiet in der Nähe der X-Achse liegen die Punkte über der

Geraden, das heisst, das zweite Glied der Bewegungsgleichung macht sich hier geltend. Der gesuchte Wert von α lässt sich jetzt berechnen. Wir hatten die Gleichnung.

$\log x = \log A + \alpha \cdot \log e \cdot t$, und hier bedeutet $\alpha \cdot \log e$ den Winkelkoeffizienten der Geraden und ist gleich $-\frac{\log A}{T}$, wenn $\log A$ und T die Abschnitte der Achsen bezeichnen. Wir erhalten also die Gleichung $\alpha = -\frac{\log A}{\log e\, T}$.

Wir wollen nun den Wert von β konstruieren. Hierzu zeichnen wir die Kurve des Gliedes $A e^{\alpha t}$, was durch Antilogarithmierung der Werte der vorigen Geraden

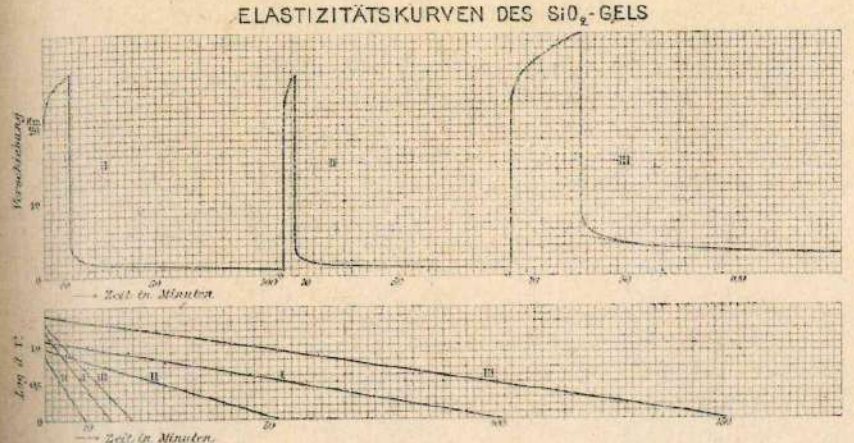

Fig. 75. — Die Kurven zu oberst stellen die elastischen Verschiebungen bei den drei Versuchen dar. Die Geraden zu unterst sind, wie im Text ausgeführt, aus den obenstehenden Kurven durch Logarithmierung derselben erhalten. Die drei Geraden rechts entsprechen dem ersten und die Geraden links dem zweiten Glied der Bewegungsgleichung. Ihre antilogarithmischen Werte sind für Versuch III gestrichelt angeführt.

geschieht. Sie ist an der entsprechenden Rückgangskurve gestrichelt gezeichnet worden (Versuch III). Die Differenz zwischen den beiden Kurven muss das zweite Glied $B e^{\beta t}$ in der Bewegungsgleichung darstellen. Wenn wir hier wie im vorigen Falle die Logarithmen dieser Differenz an der vertikalen Achse und die entsprechende Zeit an der horizontalen abtragen, finden wir, wie aus der Zeichnung hervorgeht, dass die so gewonnene Linie auch geradlinig verläuft. (Die Geraden links). Damit hat es sich gezeigt, dass die Rückgangskurven der aufgestellten Gleichung folgen. Es ist jedoch zu bemerken, dass Abweichungen während der allerersten Minuten oder Sekunden vorkommen können, die jedoch, wie ich glaube, durch allzu plötzliche Ablastung verursacht werden. Man erhält dadurch in den ersten Augenblicken oszillatorische Bewegungen des Zylinders. Aus den Geraden erhält man auf dieselb Weise wie vorher die Gleichung $\beta = -\frac{\log B}{\log e\, T}$.

α und β sollen in cm. und Sekunden ausgedrückt werden. Als Einheit der Länge ist in dieser Zeichnung nur ein zehntel Skalenmillimeter gewählt, und ausserdem sind durch die Spiegelanordnung die Bewegungen vielmals vergrössert. Wir haben mit diesen Konstanten α und β zu multiplizieren[1]. Die so erhaltenen α und β — Werte sind in die früher hergeleiteten Ausdrücke für innere Reibung und elastische Nachwirkung einzusetzen. Die gefundenen Werte sind in der Tabelle verzeichnet. Der Modul (C) der vollkommenen Elastizität ist auch mitgenommen. Alle Werte sind durch absolute Einheiten ausgedrückt.

TABELLE. — *Konstanten der Viskosität und Elastizität.*

	η . 10−6	C . 10−3	C . 10−6
$Si O_2$ — Gel Versuch I	1.94	0.69	0.79
» » II	2.42	1.42	0.77
» » III	1.47	0.46	0.75
Ton I. Rel. Festigkeit 19,7	2,25	0.51	2.27
» » 36,5	6.60	13.70	3.77
» » 70,0	—	—	7.59
Ton II. » 25.0	—	—	4.08
« « 40,0	6.21	4.09	5.51
» » 80,0	24.80	67.40	10.60

Die Werte von C sind einander ungefähr gleich in sämtlichen drei Versuchen, die mit $Si O_2$ — Gel ausgeführt worden sind, und von derselben Grössenordnung, wie vorher von anderen gefunden worden ist, Für die elastische Nachwirkung erhält man dagegen einen sehr kleinen Betrag. Die beiden elastischen Kräfte sind von sehr verschiedener Grössenordnung, was Anlass zu einen Ueberlegung über die Ursache davon geben kann. Die Zeit verbietet mir, hier darauf näher einzugehen. Die Konstante der inneren Reibung ist dem Elastizitätsmodul nahezu gleich. Sowohl η als c variieren sehr beträchtlich in den verschiedenen Versuchen. Je kürzer die Zeit ist, während der das Gel unter Belastung gestanden hat, um so grösser sind die Werte dieser Konstante. Im Versuch II, bei welchem das Gel nur während 5 Minuten belastet war, ist die Konstante c ungefähr dreimal so gross wie im Versuch III mit einer Belastungszeit von 30 Minuten. Es stimmt dies mit früheren Beobachtungen überein. Man hat nämlich beobachtet, dass die Nachwirkungsdeformation der Körper nicht so gross ist bei kurz andauernden Krafteinwirkungen. Es wäre von grösstem Interesse, die Variabilität dieser Konstante näher zu studieren. Ich glaube, dass Chwolson

[1] Die am Massstab abgelesenen Werte sind in den Diagrammen 100 mal vergrössert worden, und der Abstand des Massstabs war bei den Versuchen mit SiO_2-Gel 2 M., in den übrigen Fällen 3 M. Der Radius des inneren Cylinders ist 3,1 cm., das Gewicht desselben 2300 Gr. und die Oberfläche 107,5 Cm^2.

recht hat, wenn er in seinem bekannten Lehrbuch der Physik darüber Folgendes sagt: Eine Untersuchung dieser wichtigen Erscheinungen würde, vollständig aufgeklärt, ein helles Licht auf dei Gesetze, nach denen die Molekularkräfte wirken, werfen und den Bau der festen Körper zu erklären helfen. Besonders glaube ich, dass die technisch sehr wichtigen Erschöpfungserscheinungen dadurch zu erklären wären.

Ich will hier eine Untersuchung der inneren Reibung von Kollophonium und von wasserhaltiger Gelatine, die von Reiger ausgeführt worden ist, kurz erwähnen. Reiger geht von Maxwells Gleichung aus, die folgendermassen lautet: $\eta = T . C.$ T. ist die Relaxationszeit der Spannung und C. wie vorher der Elastizitätsmodul. Er hat das Ausklingen der inneren Spannung einer vorher gedrückten Platte durch akzidentelle Doppelbrechnungsbestimmungen gefunden und daraus berechnet er die Relaxationszeit. Als Wert der inneren Spannung hat er den Elastizitätsmodul gewählt, was nicht richtig sein kann, da die dazugehörige Spannung momentan erlischt. Reiger hat daher allzu grosse Werte für die innere Reibung erhalten. Wie man von der allgemeinen Bewegungsgleichung ausgehend zur Maxwellschen Gleichung kommt, ist in dem Resumee dieser Mitteilung entwickelt, ich kann es daher hier übergehen.

Die entsprechende Konstanten der Tone sind in den letzten Teil der Tabelle eingezeichnet worden. Betreffs der zwei ersten Konstanten gibt meine Untersuchung nur einen Begriff von ihrer Grössenordnung, dagegen keinen Aufschluss darüber, wie sie sich zu verschiedenen Faktoren: Konzentration, Temperatur, Vorgeschichte u. s. w. verhalten. Darüber muss eine besondere Untersuchung angestellt werden, wozu ich noch nicht Zeit gehabt habe.

Das erste Ziel dieser Untersuchung war, eine Relation zwischen der mittels der Konusprobe bestimmten relativen Festigkeit der Tone und einer in physikalischen Einheiten bestimmbaren Eigenschaft derselben zu finden. Wer da suchet, der wird auch finden. Aber erst nach dem Studium der elastischen Spannung und nach der Zerlegung derselben in Komponenten, wie eben gezeigt worden ist, erwies sich die Aufgabe als lösbar. Man muss nämlich den ersten Modul, der zu den kleinen Belastungen gehört, zum Vergleich wählen, um eine einfache Relation zu erhalten. Es war noch eine andere Schwierigkeit zu überwinden. Die Tone wie die Gele haben die Eigenschaft, sich mit der Zeit zu verfestigen. Um mit den Konusproben vergleichbare Resultate zu erhalten, müssen die Tone entweder unmittelbar nach Umrührung untersucht werden, was mit meinem Apparate unmöglich ist, oder auch müssen sie eine gewisse Zeit stehen gelassen werden. Ich habe die Proben drei Stunden im Apparat stehen lassen. Nach dieser Zeit geht die Verfestigung sehr langsam vor sich.

Wie die Verfestigung vor sich geht, habe ich in einer Zeichung (Fig. 76) dargestellt. Die zwei Tone sind bei drei verschiedenen, ursprünglichen relativen Festigkeiten untersucht worden. Die Verfestigung geht im Anfang sehr schnell, verlangsamt sich aber allmählich. Laut einer sehr interessanten Untersuchung über die Verfestigung des Eisenoxydsols, die neuerdings in der Kolloidzeitschrift mitgeteilt worden ist, soll die Verfestigung auf dem Aufhören der Brownschen Bewegung der Teilchen beruhen[1]. Auch dieser Vorgang geschieht logarithmisch oder

[1] E. SCHALEK und A. SZEGVARI. Die langsame Koagulation konzentrierter Eisenoxydsole zu reversiblen Gallerten. *Kolloid-Zeitschrift*. Bd. XXXIII, H. 6, 1923.

annäherungsweise logarithmisch, was auch bei den Tonen zutrifft. Wenn man anstatt der direkten Werte der Zeit die Logarithmen derselben abträgt, erhält man, wie aus der Zeichnung hervorgeht, Gerade. Es scheint mir, als ob die Konusprobe zum Studium dieses Vorgangs sehr geeignet sei.

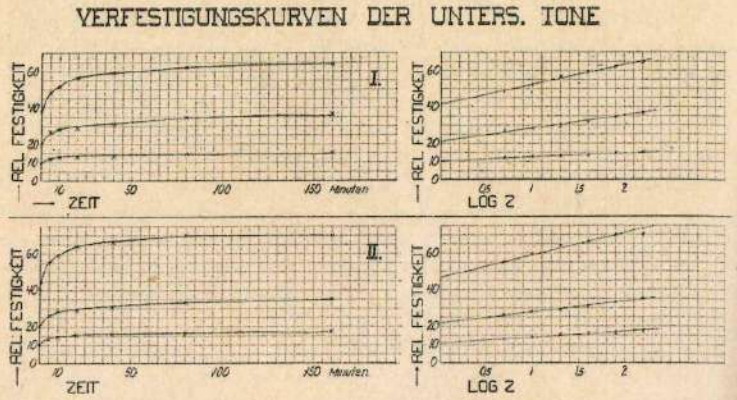

Fig. 76. — Die Kurven links zeigen, wie die Festigkeit mit der Zeit zunimmt; rechts ist anstatt der Zeit der Logarithmus der Zeit als Abscisse genommen.

Es erübrigt noch, die gefundene Relation zwischen der rel. Festigkeit und dem Elastizitätsmodul zu demonstrieren. Ich habe an der Zeichnung (Fig. 77)

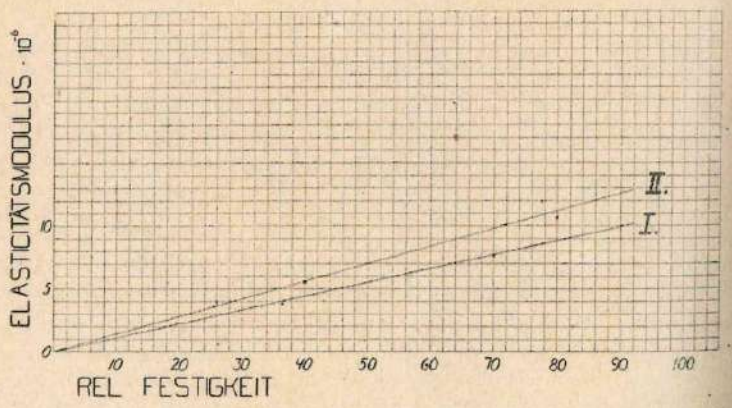

Fig. 77. — Das Verhältniss von Elastizitätsmodul zur relativen Festigkeit der zwei untersuchten Tone. Die Werte sind aus der Tabelle Seite 232 genommen.

den Elastizitätsmodul, in Dyne pro cm² ausgedrückt, vertikal und die zugehörige Festigkeit horizontal abgetragen. Wir finden, dass die Punkte der beiden Tone sehr genau auf Gerade fallen. Die Geraden sind auch sehr wenig voneinander verschieden. Praktisch genommen kann man sagen, dass diese Grössen einander

direkt proportional sind, was hinreichend, aber auch nötig zu wissen ist, um die Konusprobe in der Praxis benutzen zu können. Die rel. Festigkeit 10 bedeutet somit, dass der Modul des betreffenden Tones ungefähr gleich 1 kg pro cm² beträgt.

Und damit haben wir Konstanten erhalten, um die Tragkraft einer Tonschicht zu berechnen. Natürlich muss man auch, um aus dem Elastizitätsmodul die Tragkraft berechnen zu können, die grösste elastische Verschiebung vor dem Eintritt des Bruches bestimmen, was aber mit dem Konus nicht möglich ist. Ausserdem hat die Untersuchung gezeigt, dass wir in dieser Hinsicht bei den Tonen nur mit elastischen Kräften zu tun haben. Die innere Reibung tritt nur auf, wenn der Ton in Bewegung oder ins Rutschen gekommen ist, was die Bautechniker zu vermeiden haben.

Dr. S. Johansson, *Stockholm (Suède)*. — **Viscosité et élasticité des argiles.**

Résumé.

Pour la classification des argiles, Atterberg a utilisé leur consistence. Cependant la méthode de détermination n'est pas très exacte. Nous obtenons une expression meilleure en déterminant le poids nécessaire pour enfoncer un corps conique dans la pâte d'argile à 1 cm. de profondeur. Par ce procédé un certain travail de déformation est effectué, qu'on peut imaginer être en rapport défini avec la viscosité de l'argile.

Le rapport entre le poids du cône et la concentration de la suspension argileuse peut être reproduit (Fig, 70) graphiquement. Cette courbe est, dans tous les cas examinés jusqu'ici, une courbe logarithmique, et suivant ainsi la loi pour les suspensions colloïdales donnée par Arrhenius. Cette loi est ainsi exprimée :

$$\log \eta - \log \eta_0 = \theta\varphi$$

η_0 représente la viscosité de l'eau,
η la viscosité du sol,
φ la concentration de volume,
θ une constante.

Cependant nous n'obtenons avec cette méthode point de valeurs absolues, mais seulement relatives. Dans le but d'obtenir des valeurs absolues, l'Auteur a placé l'argile entre deux cylindres co-axiaux et donné un mouvement de rotation au cylindre intérieur, en le chargeant par un poids convenable. La vitesse de rotation en chargeant et en déchargeant est observée au moyen d'un miroir et d'une lunette. Les courbes obtenues montrent que l'argile est un corps solide et élastique, d'une grande ténacité et ayant une élasticité réactive.

Le problème est devenu ainsi l'étude du frottement intérieur de corps solides, problème très compliqué et peu étudié. Dans le but d'examiner la question l'Auteur a choisi le gel de l'acide silicique, qui a une structure plus simple que le gel argileux, mais qui a les mêmes propriétés élastiques.

L'auteur a trouvé que la partie du mouvement de décharge, causé par l'élasticité réactive, suit l'équation générale de mouvement :

$$(1) \qquad \frac{m\, d^2x}{dt^2} = -\, c\, x - \eta \frac{dx}{dt}$$

m = la masse du cylindre mobile,
c = le module de l'élasticité réactive,
η = la constante du frottement intérieur ou viscosité
x = le mouvement linéaire du cylindre,
t = le temps observé.

En effectuant l'intégration, nous obtenons

$$(2) \qquad x = A\, e^{\alpha t} + B\, e^{\beta t}$$

α et β sont ici les deux racines de l'équation

$$\alpha^2 + \frac{\eta}{m}\alpha + \frac{c}{m} = o$$

A et B sont des constantes.
Au bout de quelque temps la vitesse de mouvement devient si lente, que nous pouvons considérer : $m \frac{d^2 x}{dt^2} = o$, alors l'équation devient :

$$(3) \qquad o = -\, cx - \eta \frac{dx}{dt}$$

Par intégration nous aurons :

$$(4) \qquad x = x_0\, e^{-\frac{c\,t}{\eta}}$$

Ce qui est identique avec le premier terme de l'équation (2).
En cherchant le moment de ralentissement (relaxation) T, c'est-à-dire à quel moment la tension sera devenue $\frac{1}{e}$ de sa valeur originelle, nous trouvons de l'équation (4) que $T = \frac{\eta}{c}$ ou bien $\eta = T\, c$.

Lorsque c (module de l'élasticité réactive) est égal au module de l'élasticité de cisaillement (C), nous avons la même formule pour η que MAXWELL a déduite d'une autre manière.

On peut tirer c et η de l'equation (1) par une méthode graphique démontrée par la Fig. 75 et les valeurs calculées de ces trois constantes η, c et C ont été communiquées dans la table de la page 232. Ainsi nous voyons que c n'est pas égal à C, mais d'une grandeur bien moindre.

La solidité de la pâte d'argile dépend des forces élastiques seulement et point du frottement intérieur ou de la viscosité.

Dr. S. JOHANSSON, *Stockholm (Sweden)*. — **Viscosity and Elasticity of Clays.**

ABSTRACT.

For the classification of clays, ATTERBERG has used their consistency. The method of determination however is not very exact. A more exact expression we get by determining the weight necessary for the sinking of a conical body 1 cm. deep in the clay-dough. By this process a certain work of deformation is done, which may be thought to be in a definite relation to the viscosity of the clay.

The relation between the weight of the cone and the concentration of the clay-suspension has proved to be represented in a curve (Fig. 70), which in every examined case is of a logaritmic form, thus agreeing with the law for colloidal sols given by ARRHENIUS. The law is expressed :

$$\log \eta - \log \eta_o = \theta\, \varphi$$

When η_o is the viscosity of the solvent, η the viscocity of the sol, φ the concentration of volume and θ is a constant.

However we get by this cone-method only relative figures. In order to get absolute figures I have placed the clay between two coaxial cylinders and by loading put the inner cylinder in rotation. The speed of the rotation by loading and by unloading is observed by mirror and tube. The curves obtained (Fig. 72 and 73) show the clay-dough to be a solid elastic body with a great tenacity and with an elastic after-effect.

The problem then, has been to study the inner friction of solid bodies, a very complicated and little studied problem. For examining the question I have chosen silica gel which is of a simpler structure than clay gel, but has the same elastic properties.

That part of the movement by unloading, which is caused by the elastic after-effect, I have found to follow the general equation of movement :

$$(1) \qquad m \frac{d^2x}{dt^2} = -\, cx - \eta \frac{dx}{dt}$$

m = the mass of the mobile cylinder, c = the modulus of the elastic after-effect and η = the constant of the inner friction or viscosity. x is the linear movement (the distance moved by a point on the surface of the cylinder) and t is time observed. By integration we get

$$(2) \qquad x = Ae^{\alpha t} + Be^{\beta t}$$

α and β are here the two roots of the equation

$$\alpha^2 + \frac{\eta}{m}\alpha + \frac{c}{m} = o,$$

A and B are constants.

After a certain time the speed of movement is so slow that we may consider $m \frac{d^2x}{dt^2} = o$ and than the equation (1) goes over in

$$(3) \qquad o = -\, cx - \eta \frac{dx}{dt}$$

By integration we have

$$x = x_0 e - \frac{c t}{\eta} \quad (4)$$

which is identical with the first term in equation (2).

If we ask for the time of relaxation (T), i. e. at what time the tension is $\frac{1}{e}$ of its original amount, we find from equation (4)

$$T = \frac{\eta}{c} \text{ or } \eta = Tc.$$

If then c (modulus of the elastic after-effect) is equal to the modulus of the shear elasticity (C), we have the same formula for η that MAXWELL deduced in another way.

From the equation (1) c and η may be calculated, in a graphical way, as is shown by Fig. 75. In the table on page 8 the calculated figures of the three constants n, c and C are given. As we find from this c is not equal to C, but of a very much smaller order of magnitude.

It has been found, that the strength of the clay-dough only depends upon elastic powers and not upon the inner friction or the viscosity.

Prof. Dr. Ing. F. ZUNKER.

Regierungs- und Baurat, Breslau, Deutschland.

DIE BEDEUTUNG UND BESTIMMUNG DER SPEZIFISCHEN OBERFLÄCHE DES BODENS.

Für *kulturtechnische* Arbeiten ist die Wasserdurchlässigkeit des Bodens besonders bedeutungsvoll,

Die *Wasserdurchlässigkeit* des mineralischen Bodens hängt nun ab von der Oberflächenentwicklung, der Gestalt, Rauhigkeit und Lagerungsweise der Körner, ferner von dem Porenvolumen und der Bodenstruktur.

Die Oberflächenentwicklung ist dabei der ausschlaggebende Faktor.

KRÜGER fand auf experimentellem Wege als Ausdruck für die Durchlässigkeit mineralischer Böden $v = \frac{I}{\eta O_r^2}$ worin bedeutet:

v = Durchflussgeschwindigkeit,
I = Gefälle,
O_r = Oberflächensumme in der Raumeinheit,
η = Beiwert.

Es konnte von mir der theoretische Nachweis erbracht werden, dass diese Formel allen Anspruch auf Zuverlässigkeit hat. Der Untersuchung darüber wurden folgende beide Gesetze zu Grunde gelegt:

1. Es ist der Reibungsverlust des Wassers im Boden verhältnisgleich der benetzten Oberfläche.

2. Es ist der Reibungsverlust verhältnisgleich der Anzahl der Stromrichtungswechsel der Stromfäden auf der Längeneinheit.

Da nun die Raumgewichte der mineralischen Untergrundböden wenigstens für dieselbe Bodenart (Sande, Lehme, Tone) nur in geringen Grenzen schwanken, so ist es für Laboratoriumsversuche zur überschläglichen Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit zweckmässig, anstelle der Raumeinheit die leichter bestimmbare Gewichtseinheit zu wählen.

Es ist nun in einem Gramm Trockensubstanz die Oberflächensumme für ein Gemisch von kugelförmigen Teilchen

$$O = \frac{60}{s}\left(\frac{g_1}{d_1} + \frac{g_2}{d_2} + \frac{g_3}{d_3} + \ldots\right),$$

worin d_1, d_2, d_3 . . . . . die mittleren Korndurchmesser, g_1, g_2, g_3 . . . . . die zugehörigen Gewichte der Korngrössen und s das spezifische Gewicht des Bodens bedeuten.

Wird nun

$$\frac{g_1}{d_1} + \frac{g_2}{d_2} + \frac{g_3}{d_3} + \ldots = \frac{1}{d_w} \text{ gesetzt,}$$

so kann d_w als der wirksame Korndurchmesser des Korngemisches bezeichnet werden, der dieselbe Oberflächenentwicklung und theoretisch bei gleichem Porenvolumen dieselbe Wasserdurchlässigkeit bedingt wie ein Korngemisch.

Die Umkehrung des wirksamen Korndurchmessers

$$\frac{1}{d_w} = U$$

habe ich die *spezifische Oberfläche* des Bodens genannt. Sie ist zugleich *die Zahl, die angibt, wieviel mal so gross die Oberfläche eines Bodens ist wie jene der gleichen Gewichtsmenge Boden von gerade 1 mm mittlerem Korndurchmesser.* Dabei sind die spezifischen Gewichte der Böden gleichgesetzt.

Die Bodenteilchen brauchen keineswegs kugelförmig zu sein, um nach der spezifischen Oberfläche eingeordnet und verglichen zu werden, vielmehr können sie beliebige Formen haben. Unter mittlerem Durchmesser ist dann das Mittel aus den drei Hauptachsen zu verstehen. Bei einem strengen Vergleich der Böden muss aber vorausgesetzt werden, dass die Teilchen dieselbe durchschnittliche Form besitzen.

Zwischen wirksamer und spezifischer Oberfläche besteht bei kugelförmigen Teilchen die Abhängigkeit

$$O = \frac{60}{s} U \text{ qcm/g.}$$

Es ist somit auch die Wasserdurchlässigkeit eines Bodens

$$v = \frac{I}{\mu U^2},$$

worin μ ein von der Oberflächenentwicklung unabhängiger Beiwert ist.

Die spezifische Oberfläche ist eine Verhältniszahl und besitzt alle Vorteile einer solchen. Sie kennzeichnet den Boden in physikalischer Beziehung. Es werden von ihr nicht nur Wasserdurchlässigkeit, sondern auch Luftdurchlässigkeit, kapillare Steighöhe und Geschwindigkeit, Wasserfassungsvermögen, Luftkapazität, Dränungs- und Beregnungsbedürftigkeit des Bodens entscheidend beeinflusst.

Es dürfte zweckmässig sein, die spezifische Oberfläche für die Kennzeichnung der Böden einzuführen und sie beispielsweise auch auf den geologischen Karten zu vermerken.

Nach vorläufigen Untersuchungen [1] haben die Hauptbodenarten folgende spezifische Oberfläche:

Nr.	Bodenart	Spezifische Oberfläche
1	Strenge Tone	> 1000
2	Gewöhnliche Tone	1000 — 730
3	Schwere Lehme	730 — 510
4	Gewöhnliche Lehme	510 — 340
5	Sandige Lehme	340 — 130
6	Lehmige Sande	130 — 30
7	Sande	< 30

Fig. 78 zeigt meinen Apparat zur Bestimmung der spezifischen Oberfläche. Sein Vorläufer ist die Wiegnersche Fallröhre. Die gläserne Fallröhre von 40 mm lichter Weite und 670 mm Gesamtlänge ist oben trichterförmig erweitert und hat unten einen Abfluss mit anschliessendem Gummischlauch und Quetschhahn a. Seitlich besitzt die Röhre in 400 mm Abstand Druckmesserstutzen o und u, in welche hohle Glasstöpsel eingeschliffen sind, die mit der inneren Glaswandung bündig liegende schmale horizontale Schlitze haben. Neuerdings sind die Schlitze nach Anschmelzen der Zweigstutzen unmittelbar in die Wandung der Fallröhre eingeschliffen, was vorteilhafter ist. Die Stöpsel bezw. Stutzen tragen Gummischläuche, die mit Quetschhähnen b und c versehen sind und zum Druckhöhenmesser führen. Der Druckhöhenmesser besteht aus zwei gläsernen Röhren von gleichmässig 8 mm Weite und dahinter befindlichen Milchglasskalen mit genauer $^1/_2$ mm Teilung.

Bei sehr feinen Messungen kann auch ein Druckmesser mit engeren und schräg gelagerten Röhren Verwendung finden (Mikromanometer nach Krell oder Recknagel), wobei Druckunterschiede von 0,01 mm Wasserdruck noch genau abgelesen werden. Der Sedimentierapparat kann also hohe Anforderungen an Genauigkeit erfüllen.

Die Fallröhre wird mit dem konischen Unterteil in einen Ring gesetzt und in senkrechter Stellung oben durch eine Klammer gehalten. Nach sorgfältiger Reinigung wird der Apparat bei geschlossenem Hahn a und geöffneten Hähnen b und c mit destilliertem Wasser etwa bis Horizont 1 gefüllt. Nachdem der Apparat eine gleichmässige Temperatur angenommen hat, werden die Skalen durch die Stellschrauben s_1 und s_2 derart berichtigt, dass die Unterseiten der Meniskenblasen den gleichen Horizont anzeigen. Die Ablesung kann unter Zuhilfenahme eines rechtwinkeligen Zeichendreiecks erfolgen, das mit der einen lotrechten Kathete längs

[1] Siehe den Nachtrag.

der Skala bis zur Meniskenunterseite verschoben wird, während sich das Auge über die horizontale Kathete in den gleichen Horizont wie der Meniskus einstellt.

Jetzt wird der Hahn b geschlossen und das Wasser durch Hahn a bis Horizont 2 abgelassen, der sich je nach der Dichte der Aufschwemmung (1,04 bis 1,05) 2 bis 2,5 cm über der Schlitzöffnung von o befindet. Dann wird auch Hahn c geschlossen und die Fallröhre entleert. In den Druckmesserröhren und den Stutzen verbleibt dabei das destillierte Wasser. Hierauf wird bei geschlossenem Hahn a die vorbereitete Bodenaufschwemmung nach kräftigem Schütteln in die Fallröhre gegossen, die Zeit vermerkt, die Aufschwemmung bis zum Horizont 3, nämlich der Oberkante der Schlitzöffnung von o, abgelassen, Hahn b langsam geöffnet, wobei sichdestilliertes Wasser aus dem Druckmesser als Schutzschicht über Horizont 3 lagert, und schliesslich Hahn c geöffnet.

Am Druckhöhenmesser werden hierauf in bestimmter Zeitfolge die Meniskeneinstellungen abgelesen und die Temperaturen vermerkt. Um Verdunstungsverluste zu vermeiden, sind die Röhren zuzudecken. Erwünscht ist eine möglichst gleichmässige Raumtemperatur. Die Fallröhre ist mit einem Tuchmantel zu umhüllen.

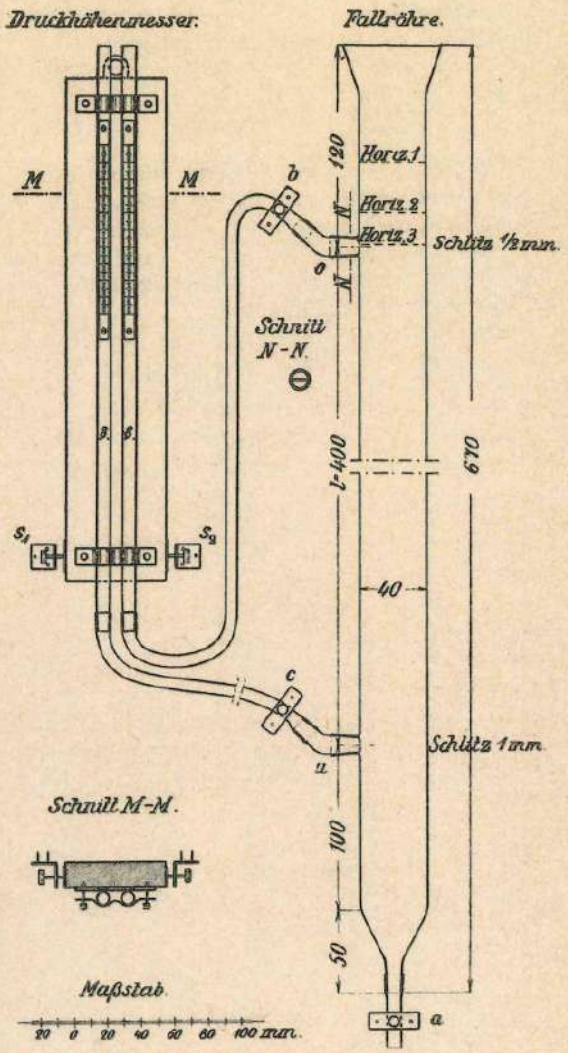

FIG. 78 — Sedimentierapparat.

Die *Berechnung der spezifischen Oberfläche* aus den Beobachtungsergebnisen gestaltet sich, wenn man zugleich auch die Korngrössen ermitteln will, wie folgt:

Befanden sich in der Schüttelflasche, deren Inhalt in die Fallröhre gegossen wurde, W Gramm destilliertes Wasser vom spezifischen Gewicht w_0 und G Gramm Boden vom spezifischen Gewicht s, so ist für 1 mm Abstand der Stutzen o und u die Anfangsdifferenz der Menisken am Druckmesser

$$h_0 = \left(\frac{W + G}{W + G \frac{w_0}{s}} - 1 \right) 1 \quad \text{mm.}$$

Die Bodenteilchen fallen nun unter Wirkung der Schwere zu Boden, und entsprechend ihrem Verschwinden aus der Fallstrecke wird die Dichte der Aufschwemmung und somit der Unterschied der Meniskenstellungen am Druckmesser geringer. Die Fallgeschwindigkeit der Teilchen ist nach dem Stokes'schen Gesetz berechenbar und ist unter sonst gleichen Verhältnissen dem Quadrat des mittleren Durchmessers der Teilchen proportional.

Die Zeit in Sekunden, die vergeht, bis ein Bodenteilchen von 1 mm Durchmesser eine Fallhöhe von 1 m zurückgelegt hat, heisst *Grundfallzeit* T_0. Die Grundfallzeit ist aus der Tabelle 1 zu entnehmen.

TABELLE 1. — *Grundfallzeit* T_0.

Temperatur °C	Grundfallzeit T_0 bei einem spezifischen Gewicht des Bodens von s =						
	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90	3,00
8	1,818	1,697	1,591	1,497	1,414	1,339	1,272
9	1,766	1,648	1,545	1,454	1,373	1,301	1,236
10	1,717	1,602	1,502	1,414	1,335	1,265	1,202
11	1,670	1,558	1,461	1,375	1,299	1,230	1,169
12	1,625	1,516	1,422	1,338	1,264	1,197	1,137
13	1,581	1,476	1,384	1,302	1,230	1,165	1,107
14	1,540	1,437	1,348	1,268	1,198	1,135	1,078
15	1,500	1,400	1,313	1,236	1,167	1,106	1,050
16	1,462	1,365	1,279	1,204	1,137	1,077	1,024
17	1,426	1,331	1,247	1,174	1,109	1,050	0,998
18	1,390	1,298	1,217	1,145	1,081	1,025	0,973
19	1,357	1,266	1,187	1,117	1,055	1,000	0,950
20	1,324	1,236	1,159	1,090	1,030	0,976	0,927
21	1,293	1,206	1,131	1,065	1,005	0,953	0,905
22	1,262	1,178	1,105	1,040	0,982	0,930	0,884
23	1,233	1,151	1,079	1,016	0,959	0,909	0,863
24	1,205	1,125	1,055	0,993	0,937	0,888	0,844
25	1,178	1,100	1,031	0,970	0,916	0,868	0,825

Die Zeit, innerhalb welcher eine bestimmte Korngrösse den Fallweg l zurückgelegt hat, heisst die *Lebenszeit* der Korngrösse. Die Lebenszeit ist für eine Anzahl Korngrössen und l = 400 mm nach dem Stokes'schen Gesetz in der nachfolgenden Tabelle 2 berechnet.

TABELLE 2. — *Lebenszeit* T *der Korngrössen.*

Korndurchmesser *mm*	Fallzeit für 1m Fallhöhe *sek.*	Lebenszeit T für l = 400 *mm*	Korndurchmesser *mm*	Fallzeit für 1 m Fallhöhe *sek.*	Lebenszeit T für l = 400 *mm*
2^{-4}	2^{8} T_0	1,71 T_0 *Min.*	0,1	100 T_0	40 T_0 *Sek*
2^{-5}	2^{10} T_0	6,83 T_0 *Min.*	0,05	400 T_0	2,67 T_0 *Min.*
2^{-6}	2^{12} T_0	27,31 T_0 *Min.*	0,02	2500 T_0	16,67 T_0 *Min.*
2^{-7}	2^{14} T_0	1,82 T_0 *Std.*	0,01	10000 T_0	66,67 T_0 *Min.*
2^{-8}	2^{16} T_0	7,28 T_0 *Std.*	0,005	40000 T_0	4,44 T_0 *Std.*
2^{-9}	2^{18} T_0	1,21 T_0 *Tage*	0,002	2,5. 10^6 T_0	1,16 T_0 *Tage*
2^{-10}	2^{20} T_0	4,85 T_0 *Tage*	0,001	10^6 T_0	4,63 T_0 *Tage*
2^{-11}	2^{22} T_0	19,42 T_0 *Tage*	0,0005	4. 10^6 T_0	18,42 T_0 *Tage*

Trägt man nun die Druckhöhenunterschiede, kurz *Druckhöhen* genannt, als Ordinaten und die zugehörigen Beobachtungszeiten als Abszissen auf, so erhält man die Druckhöhenlinien. Legt man die Tangenten an diese Druckhöhenlinien mit der Lebenszeit der Korngrösse als Abszisse des Berührungspunktes, so schneiden dieselben auf der Ordinatenachse die Gewichtsanteile der Korngruppen ab. Werden dann die Gewichtsanteile in fortgesetzter Summierung als Ordinaten und die Logarithmen der Korngrössen bezw. die Exponentialreihe von 2 als Abszissen aufgetragen, so entstehen die *Kornanteillinien* der Böden, die eine ausgezeichnete Uebersicht über die Korngrössenverteilung eines Bodens geben.

Sobald man die Korngruppen kennt, sind die *spezifischen Oberflächen-Anteile* derselben auf Grund der folgenden Tabelle 3 leicht zu berechnen.

TABELLE 3. — *Spezifische Oberfläche der Korngruppen.*

Korngruppe *mm*	Spezifische Oberfläche	Korngruppe *mm*	Spezifische Oberfläche
2^3 bis 2^1	0,361	4 bis 2	0,361
2^1 „ 2^0	0,721	2 „ 1	0,721
2^0 „ 2^{-1}	1,443	1 „ 0,5	1,443
2^{-1} „ 2^{-2}	2,885	0,5 „ 0,2	3,274
2^{-2} „ 2^{-3}	5,771	0,2 „ 0,1	7,213
2^{-3} „ 2^{-4}	11,541	0,1 „ 0,05	14,427
2^{-4} „ 2^{-5}	23,083	0,05 „ 0,01	49,704
2^{-5} „ 2^{-6}	46,166	0,01 „ 0,005	144,266
2^{-6} „ 2^{-7}	92,332	0,01 „ 0,002	248,520
2^{-7} „ 2^{-8}	184,664	0,005 „ 0,002	327,381
2^{-8} „ 2^{-9}	360,328	0,002 „ 0,001	721,330
2^{-9} „ 2^{-10}	738,656	0,05 „ 2^{-5}	37,824

Die Tabellenwerte berechnen sich aus der Formel

$$\Delta U = 1{,}44266 \frac{2^c - 2^a}{c - a} g,$$

worin ΔU den Anteil der spezifischen Oberfläche der Korngruppe an der spezifischen Oberfläche des Gesamtbodens, g den prozentualen Gewichtsanteil der Korngruppe

und e und a die negativen Exponenten der Korngrössen, die als Potenzen von 2 auszudrücken sind, bedeuten.

Haben wir nun aus der Druckhöhenlinie die Korngruppenanteile eines Bodens wie folgt bestimmt:

G_1 Gewichtsprozent der Korngruppe d_1 bis d_2 mit der spezifischen Oberfläche U_1
G_2 » » » d_2 bis d_3 mit der spezifischen Oberfläche U_2,
G_z » » » d_{z-1} bis d_z mit der spezifischen Oberfläche U_z

so ist die spezifische Oberfläche des Bodens

$$U = U_1 \cdot \frac{G_1}{100} + U_2 \cdot \frac{G_2}{100} + \ldots\ldots U_z \frac{G_z}{100} .$$

Dieser Weg zur Bestimmung der spezifischen Oberfläche erfordert noch zweifellos viel Rechenarbeit, die zwar schon durch die beigegebenen Tabellen erheblich vereinfacht ist.

Ein anderer, erheblich schneller zum Ziel führender Weg ist folgende *unmittelbare Berechnung der spezifischen Oberfläche.*

In ein rechtwinkliges Achsenkreuz werden die beobachteten Druckhöhenunterschiede als Ordinaten und die jeweilig zugehörigen $\sqrt{\text{Standddauer in Tagen}}$ als Abszissen aufgetragen. Dadurch wird die $\sqrt{T}$=Linie erhalten, welche mit den Koordinatenachsen die Fläche F einschliesst. Es wird die spezifische Oberfläche

$$U = \frac{139{,}428 \cdot \frac{G\,\%}{h_0}}{\sqrt{T_0 1}} \cdot F.$$

Hierin bedeutet G % den Gewichtsanteil der für die Sedimentierung verwandten Feinkörnung am Gesamtboden. Wird der ungesiebte Boden verwandt, so ist G = 100 zu setzen.

Die Grundfallzeit T_0 ist aus der Tabelle 1 zu entnehmen. Dabei ist das spezifische Gewicht der Böden genau genug s = 2,70, und als Temperatur ist die mittlere Zimmer-Temperatur einzusetzen. Für eine Reihe von Versuchen bei annähernd gleicher Temperatur und mit demselben Apparat wird dann

$$U = \frac{a}{h_0} \cdot F,$$

worin a eine Konstante ist. Die Anfangsdruckhöhe h_0 wird aus Bodenmenge G und Wasserzusatz W nach der vereinfachten Formel

$$h_0 = \left(\frac{W + G}{\frac{W + G}{2{,}7}} - 1 \right) 1$$

gefunden.

Die Fläche F wird am bequemsten planimetrisch bestimmt. Rechnerich kann sie ermittelt werden nach der Formel:

$$F = \frac{h_0 + h_1}{2} \sqrt{T_1} + \frac{h_1 + h_2}{2} \left(\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1} \right) + \frac{h_2 + h_3}{2} \left(\sqrt{T_3} - \sqrt{T_2} \right) + \ldots$$

Es ist nun nicht nötig, zur Ermittlung von F den Versuch solange auszudehnen, bis die Druckhöhendifferenz gleich Null wird. Es genügt eine Standauer bei leichteren Böden bis zu 2 und bei sehr schweren Böden bis zu 7 Tagen. Bei einer Standdauer von anderthalb Tagen hat man schon den Einfluss der Bodenteilchen bis zu 0,002 mm Korngrösse auf die spezifische Oberfläche voll erfasst und auch noch einen wesentlichen Anteil des Einflusses der feineren Korngruppen. Bei einer Standdauer von 7 Tagen sind sogar die Korngrössen bis zu 0,0008 mm voll erfasst worden und dazu noch ein erheblicher Teil der feineren Korngrössen.

Zur Ermittlung von F bestimmen wir planimetrisch die Teilfläche F $\triangle$, die von dem beobachteten Stück der $\sqrt{T}$-Linie, ihrer Endordinate und den Koordinatenachsen gebildet wird.

Wir berechnen

$$U_\Delta = \frac{a}{h_0} \cdot F_\Delta .$$

Es wird dann die Gesamtfläche

$$F = \alpha\, F_\Delta,$$

worin der Flächenfaktor α ein Erfahrungswert ist. Somit wird dann auch

$$U = \alpha\, U_\Delta .$$

Die α-Werte sind auf Grund vorläufiger Ermittlungen für verschiedene Standdauer und bestimmte Werte von U in Fig. 60 dargestellt.

Der Gang des vereinfachten Verfahrens möge noch an einem *Beispiel* gezeigt werden.

Vom Boden 42 G werden 98,6 g Trockensubstanz mit 801,4 destilliertem Wasser und 40 g 1/20 normal NH_3 drei Stunden lang geschüttelt und im Sedimentierapparat untersucht. Bei einem spezifischen Gewicht des Bodens von s = 2,7 und einer mittleren Temperatur des Raumes von 17° wird T_0 = 1,17 und für l = 400 mm und G = 100 % die Konstante

$$a = 645.$$

Die Anfangsdruckhöhe wird

$$h_0 = \left(\frac{841{,}4 + 98{,}6}{\frac{841{,}4 + 98{,}6}{2{,}7}} - 1 \right) \cdot 400$$

$$h_0 = 27{,}6 \text{ mm}.$$

Die planimetrisch ermittelte Teilfläche nach vier Tagen Standdauer wird

$$F_{\Delta_4} = 6{,}275 .$$

Somit wird

$$U_{\Delta_4} = \frac{645}{27{,}6} \cdot 6{,}28$$

$$U_{\Delta_4} = 147 .$$

Es folgt aus Fig. 79

$$\alpha = 1{,}73,$$

und folglich wird

$$U = 1{,}73 \cdot 147$$
$$= 254 .$$

Für sämtliche Zahlenrechnungen genügt der Rechenschieber. Zur Feststellung der $\sqrt{T}$ - Linie genügen zehn Beobachtungen vollauf, wovon etwa fünf während

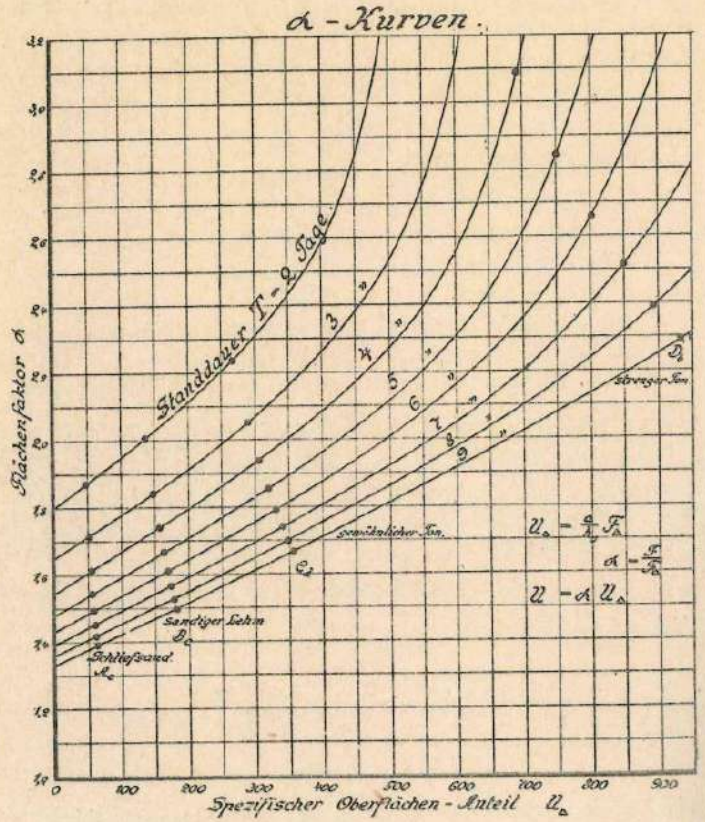

FIG. 79 — Kurven der spezifischen Oberflächen der Mineralböden.

der ersten Stunden, die nächste am Abend des ersten Tages und die folgenden je am Vormittag und Nachmittag der anschliessenden Tage vorzunehmen sind. Nachtbeobachtungen sind nicht erforderlich. Jede Ablesung dauert 1 bis 2 Minuten. Für die Auswertung der Beobachtungen kann man eine halbe Stunde rechnen. Samt Vorbehandlung, Einfüllen, Beobachten und Auswerten nimmt eine Bodenuntersuchung etwa anderthalb Stunden in Anspruch. Das Verfahren ist also für Massenanalysen geeignet.

Noch einige Worte über die *Vorbehandlung* der Böden. Behandlungen mit scharfer Säure oder Kochen der Proben erscheinen mir nicht angängig. Wenn Teilchen durch tonige, humose oder kalkige Bindemittel verkittet sind, so soll man sie m. E. in diesem Zustande untersuchen ; denn das Ziel muss sein, den Boden in der Kornzerteilung zu erfassen, die er in seiner natürlichen Lagerung besitzt. Ebenso ist ein stärkeres Zerreiben oder vielstündiges Schütteln abzulehnen, da dabei mürbe Teilchen in einen höheren als den natürlichen Zerteilungsgrad übergeführt werden. Jedoch ist bei den meisten Böden ohne Elektrolytzusatz nicht auszukommen, weil sonst eine Koagulation der Teilchen eintritt, die ein völlig falsches Bild der Kornzerteilung ergibt. Nach bisheriger Erfahrung genügt es zur Feststellung des geeigneten Elektrolytzusatzes, etwa 6 kleine Standgläser mit der Bodenaufschwemmung anzusetzen. Das eine Standglas bleibt ohne jeglichen Elektrolytzusatz, zum zweiten wird 1/50, zum dritten 1/20, zum vierten 1/10 normal NH_3, zum fünften 1/200, zum sechsten 1/100 normal $Na_2 CO_3$ zugefügt. Nach kräftigem Schütteln wird die Aufschwemmung beobachtet. Diejenige Art der Vorbehandlung, die nach einem Tage noch keine Koagulation zeigt, wird für den eigentlichen Sedimentierversuch gewählt.

NACHTRAG.

Die auf dem vorbeschriebenen Wege unter Benutzung der α — Kurven erhaltenen Werte für die spezifische Oberfläche sind nach meinen neueren Untersuchungen nur als Verhältniszahlen zu betrachten. Die zutreffendere spezifische Oberfläche findet man, indem man die $\sqrt{T}$ — Linie zeichnet, sodann die Teilflächen $F_{\Delta n}$ für eine Standdauer von ½ Tag, 1 Tag, 2 Tagen, 4 Tagen, 8 Tagen durch Planimetrieren ermittelt, diese Werte als Abszissen mit der zugehörigen Standdauer als Ordinaten in logarithmischem Massstabe in ein rechtwinkliges Koordinatensystem einträgt, die erhaltene Kurve gradlinig bis zur Standdauer $10^{6.12}$ Tage ($d = 2\mu\ \mu$) verlängert, das zu diesem Endpunkt gehörige F abliest und nunmehr $U = \frac{a}{h_0} F$ berechnet. Die α — Kurven werden dabei also nicht benutzt, sondern die ganze Grösse der Fläche F zwischen der vollen $\sqrt{T}$ — Linie und ihren Koordinaten wird durch eine Nebenzeichnung ermittelt.

Breslau, im Oktober 1925

LITERATUR :

(1) ZUNKER, "Das allgemeine Grundwasserfliessgesetz". *Journal für Gas und Wasser*, Verlag Oldenburg, München 1920, S. 331.

(2) ZUNKER, "Beziehung zwischen Bodenbeschaffenheit und Entfernung der Sauger von Dränungen". *Landwirtschaftliche Jahrbücher* 1921, Seite 561-603, Verlag Paul Parey, Berlin.

(3) ZUNKER, "Die Bestimmung der spezifischen Oberfläche des Bodens". *Landwirtschaftliche Jahrbücher* 1923, S. 159-203, 58. Band, Heft 2, Verlag Paul Parey, Berlin.

(4) ZUNKER, "Die spezifische Oberfläche des Bodens als Grundlage für die Normung der Dränentfernung" *Der Kulturtechniker*, 1923, Heft 2-3, S. 90-106, Selbstverlag, Breslau 16, Hansastr. 25.

Prof. Dr. Ing. ZUNKER, *Breslau (Allemagne)*. — **La signification et la détermination de la surface spécifique du sol.**

Le développement de *surface* des sols minéraux a une importance notable par son perméabilité pour l'eau. Un point de repère pour ce développement est représenté par la surface spécifique des sols. Cette dernière peut être définie comme suit :

$$U = \frac{g_1}{d_1} + \frac{g_2}{d_2} + \frac{g_3}{d_3} + \cdots\cdots$$

où g_1, g_2, g_3 . . . .représentent les pourcentages en poids de la grosseur des particules du terrain, et d_1, d_2, d_3, d_4 . . . . . la moyenne des diamètres correspondants des mêmes particules.

Le chiffre de la surface spécifique représente aussi combien de fois la surface d'un sol est étendue par rapport à la surface d'un poids égal de sol constitué par des particules de 1 mm. de diamètre.

L'A. décrit un apparat qui permet de déterminer au laboratoire la surface spécifique en question. Le procédé consiste dans le principe que l'épaisseur d'une suspension de sol décroît suivant certaines lois, par suite de la précipitation de ses particules.

L'A. décrit aussi la méthode pour le calcul correspondant de la surface spécifique selon les épaisseurs observées des suspensions. Le procédé se prête pour l'analyse en masse, parce que les opérations préliminaires, les observations et le calcul des données ne demandent qu'une heure et demie de travail.

Prof. Dr. ZUNKER, *Breslau (Germany)*. — **The Importance and the Determination of the Characteristic Surface of the Soil.**

The development of the surface of mineral soils has particular importance with reference to permeability by water. An important factor in this development is that of the characteristic surface of soils, which can be defined as follows: —

$$U = \frac{g_1}{d_1} + \frac{g_2}{d_2} + \frac{g_3}{d_3} + \cdots\cdots$$

where g_1, g_2, g_3 . . . represent the percentage by weight of the larger particles of the soil, and d_1, d_2, d_3 . . . the average corresponding diameter of the same particles.

The figure for the characteristic surface represents also, how many times the surface of the soil is increased as compared with the surface of an equal weight of soil composed of particles of 1 mm. diameter.

The author describes an apparatus for determination in the laboratory of the characteristic surface in question. The procedure is based on the principle that the density of a soil suspension decreases according to certain laws, following the precipitation of its particles.

The author also describes the method for the corresponding calculation of the characteristic surface according to the observed density of the suspension. The method is adapted for analysis on a large scale as the preliminary work, observations and the calculation of the data take only about an hour and a half.

Prof. G. DE ANGELIS D'OSSAT.

Museo e Laboratorio di Geologia, R. Istituto Superiore Agrario, Perugia, Italia.

TEMPERATURA DELL'ARIA E DEL SUOLO A PERUGIA.

Nel 1923 [1] feci conoscere i primi risultati raccolti alla Stazione geotermica di Perugia; ora a quelli unisco i nuovi, ottenendo così un periodo di osservazioni per quattro anni consecutivi.

La Stazione trovasi — per cortese ospitalità del prof. A. VIVENZA — nell'orto agrario, annesso al R. Istituto Superiore Agrario di Perugia. L'impianto risponde alle norme comuni ed a quelle particolari descritte dal GAMBA P. (Sull'andamento della temperatura nell'aria e nel suolo di Pavia nel 1905. Riv. *Astron*, nº 4. Torino, 1907) e da DE GIORGI C. (Relazione sulle osservazioni eseguite nelle Stazioni geotermiche di Lecce, Presicce, S. Pancrazio, Ostuni, nell'anno 1915. *Riv. Meteor. Agr.* XXXVII, nº 14, Roma, 1916).

È intuitiva l'importanza di tal sorta di ricerche tanto allo scopo pedologico, quanto tecnico. Inoltre nel nostro territorio italiano sono scarse le misure geotermiche.

Oltre alle due stazioni citate, delle quali conosciamo due soli anni di osservazione, debbono essere ricordati i dati raccolti dal PAGLIANI L. a Roma ed a Torino (Trattato d'igiene e di sanità pubblica. Vol. I, P. I) e dal DI VESTEA, a Pisa (1893-97). Non meno interessanti sono le osservazioni geotermiche eseguite a Rovigo e particolarmente a Catania (1892-1903), per iniziativa del RICCÒ ed illustrate prima dal TRINGALI E. (La temperatura del suolo all'Osservatorio di Catania nel quinquennio 1892-96. *Accad. Gioenia, Catania*. Vol. X, 3ª Catania 1897), e poi dall'EREDIA F. (Sulla temperatura media del suolo. *Meteor. Pratica*. Anno II, nº 2. Subiaco, 1921), per quanto esse riguardino strati che non eccedono la profondità di — m. 0,60. Lo stesso vale per le misure eseguite dallo stesso EREDIA in parecchie località della Libia (*Boll. econ. Ministero Colonie*, 1916-20). Per l'Italia, dal punto di vista agrario, vanno ricordate le indagini di DE GRAZIA S. (Osservazioni e ricerche intorno alla temperatura del suolo agrario. *Staz. sperim. Agr.* Modena, Vol. XLI, 1908, I-III), che completano le già iniziate dal WAGNER e dal WOLLNY. La conclusione cui perviene il DE GRAZIA

[1] La stazione geotermica di Perugia. *Boll. Bimensuale* N. 46. (Aprile-Giugno) 1923. Mondovì — Gli estremi termici, con il grafico, della ricordata pubblicazione sono riportati nella *Guida all'escursione pedologica nell'Italia Centrale*, 20-23 Maggio 1924. IV Conferenza internazionale di Pedologia. Perugia, 1924.

illumina l'importanza delle ricerche : sono sufficienti differenze anche minime di temperatura per ottenere notevoli vantaggi nel primo stadio d'accrescimento delle radici.

Fuori d'Italia si conoscono molte osservazioni geotermiche raccolte specialmente per scopi agrarî. Fra gli autori che se ne occuparono meritano particolare menzione : SACHS (1860) — BIALOBLOCKY J. (1870) — HABERLANDT F. (1874) — WAGNER F. (1883) — KOPPEN (1884) — GUILLAUME (1886-90) — HOUDAILLE F. (1891) — SCHUBERT J. (1900) — GIGLIOLI I. (1902) — WOLLNY E. (1902) — MORENO y AUDA (1902) — TOLSKY (1903) — KOSSORITSCH (1903) — OKADA T. (1905) — HANN J. (1906) — VUJEVIC P. (1902-06) — TOPOLANSKY M. (1916) ecc. ecc.

La stazione geotermica trovasi presso l'Osservatorio Meteorologico dell'Istituto a m. 450 circa sul livello del mare ed a cavaliere della propaggine meridionale della frastagliata collina sopra cui è fondata la medioevale Perugia. Il terreno è costituito da un conglomerato grossolano (localmente chiamato *tassello*) che si compose nel periodo pliocenico lacustre. I fori incontrarono la roccia alla profondità di un metro, dopo avere attraversato il terreno agrario autoctono : tanto questo come quella sono ben conosciuti per le ricerche speciali del MARCARELLI B. (Studio geo-agronomico della Tenuta del R. Istituto Superiore Agrario di Perugia. *Staz. sperim. agr.* Modena, 1915).

Il conglomerato consta di ciottoli sub-rotondi, di svariate dimensioni, uniti insieme da un materiale cementante molto scarso e spesso grossolano. I ciottoli calcarei e calcareo-marnosi sono i più frequenti e corrispondono alle rocce mesozoiche che affiorano nei vicini monti : Malbe, Tezio, Acuto. Le arenarie a cemento calcareo o calcareo-marnoso trovano riscontro nelle formazioni terziarie inferiori e medie. I selciosi e calcareo-selciosi, di vario colore e meno arrotondati, sono generalmente scarsi e provengono dalle rocce mesozoiche della alta valle Tiberina. Nel materiale sottile cementato più di una volta si è constatata la presenza del gesso. Gli ossidi di ferro diffusi conferiscono a tutto il materiale una colorazione gialla o rossastra. Nella parte sabbiosa, ottenuta con levigazione, si riconobbero i minerali : quarzo, selce, feldspato, miche e raramente glauconite.

Del terreno agrario si conosce un'analisi meccanica eseguita dal MARCARELLI (*l. c.* pag. 250) sopra materiale prelevato nello stesso Orto agrario ed una seconda è riportata nella mia noterella : Ancora sul calcare e le viti americane. (*Staz. sperim. agraria*. Modena, 1902, tav. II.)

I quattro geotermometri si piazzarono corrispondentemente ai vertici di un quadrato di poco più di un metro di lato, raggiungendo le profondità di m. 1; m. 2; m. 3 ; m. 4. Il primo quindi trovasi nello strato inattivo del terreno agrario, nella roccia (*tassello*) i rimanenti.

I termometri centigradi furono appositamente costruiti dalla Ditta Mela di Genova, dietro speciali indicazioni riflettenti specialmente le dimensioni, la suddivisione decimale dei gradi e la relativa grossezza dei bulbi. Essi furono controllati prima dell'installazione.

I geotermometri sono costituiti allo stesso modo di quelli del GAMBA (*l. c.*, p. 3) e del DE GIORGI (*l. c.*, pag. 4) : la sola modificazione che vi ho apportato — e che è riuscita molto pratica — consiste in tre robusti chiodi, di poco sporgenti, nella

superficie di base del cilindro di legno. Le teste di chiodo rimuovono il terreno e lo mettono quindi sempre e meglio a contatto con i bulbi termometrici.

Le letture si fanno giornalmente, una sola volta, alle ore undici, con puntualità e precisione da GIOVANNI DEANGELI — addetto al Laboratorio di Geologia ed al quale spesso sono pure affidate le altre osservazioni meteorologiche — sotto la mia diretta sorveglianza e di quella dell'Aiuto, dott. S. SCIPIONI.

* * *

Nella seguente Tabella I riporto le medie decadiche dei dati raccolti dal 1° maggio 1920 sino a tutto giugno 1924 : in confronto con i valori della temperatura esterna — massima e minima — decadica ; come risultano dal vicino Osservatorio Meteorologico.

Nelle prime quattro colonne (A, B, C, e D) sono elencate le medie decadiche di uno a quattro metri di profondità : nella quinta la differenza tra la temperatura di due metri a tre (B-C) e nelle sesta la differenza geotermica da uno a quattro metri (A-D).

Nelle due ultime colonne sono registrati gli estremi geotermici di ciascuna decade, senza tenere conto della profondità. Intercalata si trova una colonna doppia con le medie decadiche dei massimi e dei minimi della temperatura esterna.

Il grafico della Tavola annessa rende più evidenti i risultati ottenuti e facili i confronti.

TABELLA I.

Anni 1920-1921-1922-1923-1924.

Decadi	Anno e Mese	A 1 metro	B 2 metri	C 3 metri	D 4 metri	Differenze da B a C	Differenze da A a D	Temperatura esterna massima	Temperatura esterna minima	Estremi geotermici massimo	Estremi geotermici minimo
1	1920 Maggio	12,59	11,76	11,30	11,73	+ 0,46	+ 0,86	21,4	11,3	13,10	11,20
2	»	14,00	12,25	11,54	11,82	+ 0,71	+ 2,18	25,1	14,2	14,90	11,30
3	»	16,24	13,00	12,00	11,99	+ 1,00	+ 4,25	27,1	17,1	17,40	11,70
1	» Giugno	17,49	13,68	12,39	12,12	+ 1,29	+ 5,37	21,4	12,5	17,70	12,00
2	»	17,16	14,27	12,96	12,43	+ 2,21	+ 4,73	21,3	12,7	17,30	12,30
3	»	17,43	14,62	13,52	12,71	+ 1,10	+ 4,72	25,7	16,0	17,90	12,50
1	» Luglio	18,72	15,08	13,92	13,06	+ 1,16	+ 5,66	26,6	17,0	19,20	13,00
2	»	19,84	15,78	14,22	13,30	+ 1,56	+ 6,54	29,5	18,4	20,50	13,10
3	»	21,31	16,63	14,87	13,67	+ 1,76	+ 7,64	27,8	16,6	21,50	13,60
1	» Agosto	21,02	17,34	15,22	14,01	+ 2,12	+ 7,01	27,9	17,6	21,40	13,80
2	»	21,22	17,77	15,77	14,32	+ 2,00	+ 6,90	25,4	16,6	21,40	14,20
3	»	20,63	17,99	16,02	14,55	+ 1,97	+ 6,08	22,5	13,6	21,00	14,50
1	» Settembre	19,60	18,00	16,27	14,99	+ 1,73	+ 4,61	22,2	13,9	20,00	14,70
2	»	19,71	17,83	16,37	14,11	+ 1,46	+ 5,60	23,7	14,8	19,80	15,10
3	»	19,65	17,77	16,50	15,20	+ 1,27	+ 4,45	22,4	17,4	19,70	15,20
1	» Ottobre	18,87	17,69	16,50	15,32	+ 1,19	+ 3,55	20,0	12,9	19,50	15,30
2	»	18,01	17,52	16,49	15,41	+ 1,03	+ 2,60	16,4	10,0	18,40	15,40
3	»	16,50	16,92	16,13	15,48	+ 0,79	+ 1,02	11,1	6,0	17,20	15,40
1	» Novembre	14,79	16,24	16,13	15,50	+ 0,11	— 0,71	13,2	6,9	16,60	14,50
2	»	13,95	15,57	15,68	15,48	— 0,11	— 1,53	10,8	3,8	15,90	13,40
3	»	12,59	14,73	15,14	15,29	— 0,41	— 2,70	8,2	3,1	15,30	12,10
1	» Dicembre	12,03	13,99	14,79	15,11	— 0,80	— 3,08	9,2	3,6	15,20	11,90
2	»	11,37	13,21	14,31	14,88	— 1,10	— 3,51	7,3	6,6	15,00	11,00
3	»	10,60	12,71	13,88	14,62	— 1,17	— 4,02	8,1	3,5	14,70	10,30

Segue TABELLA I.

Anni 1920-1921-1922-1923-1924.

Decadi	Anno e Mese	A	B	C	D	Differenze		Temperatura esterna		Estremi geotermici	
		1 metro	2 metri	3 metri	4 metri	da B a C	da A a D	massima	minima	massimo	minimo
1	1921 Gennaio	9,70	12,20	13,36	14,23	— 1,16	— 4,53	9,2	4,0	14,50	9,50
2	»	9,53	11,86	13,03	13,98	— 1,17	— 4,45	7,6	2,3	14,00	9,40
3	»	9,57	11,42	12,72	13,72	— 1,30	— 4,15	9,5	3,5	13,90	9,50
1	» Febbraio	9,46	11,02	12,35	13,41	— 1,33	— 3,95	7,4	2,1	13,50	9,30
2	»	9,09	10,74	12,00	13,17	— 1,24	— 4,08	9,5	1,4	13,30	9,00
3	»	8,96	10,50	11,81	12,98	— 1,31	— 4,02	9,1	0,63	13,00	8,90
1	» Marzo	8,95	10,37	11,55	12,83	— 1,18	— 3,88	10,6	2,7	12,90	8,90
2	»	9,18	10,24	11,33	12,57	— 1,09	— 3,39	12,3	3,7	12,60	9,10
3	»	10,00	10,20	11,20	12,40	— 1,00	— 2,40	13,3	6,1	12,50	9,60
1	» Aprile	10,67	10,50	11,16	12,34	— 0,66	— 1,67	15,3	6,3	12,40	10,30
2	»	11,26	10,73	11,18	12,17	— 0,45	— 0,91	12,7	4,4	12,20	10,60
3	»	10,98	10,99	11,22	11,93	— 0,23	— 0,95	13,8	4,9	12,00	10,90
1	» Maggio	11,28	10,94	11,24	12,00	— 0,30	— 0,72	15,1	6,3	12,00	10,90
2	»	12,39	11,10	11,36	12,00	— 0,26	+ 0,39	21,7	12,8	13,40	11,00
3	»	14,30	11,80	11,50	12,00	+ 0,30	+ 2,30	23,9	13,6	15,10	11,40
1	» Giugno	15,77	12,82	12,05	12,01	+ 0,77	+ 3,66	23,9	14,4	16,30	11,70
2	»	16,49	13,57	12,57	12,17	+ 1,00	+ 4,32	21,5	10,7	16,70	12,10
3	»	16,31	13,90	12,93	12,51	+ 1,03	+ 3,80	24,8	12,9	16,90	12,30
1	» Luglio	17,74	14,35	13,23	12,84	+ 1,12	+ 4,90	22,9	13,4	18,00	12,70
2	»	18,31	14,98	13,54	13,01	+ 1,44	+ 5,30	29,1	17,3	19,00	12,90
3	»	20,63	15,87	14,13	13,16	+ 1,74	+ 8,89	31,7	20,1	20,90	13,10
1	» Agosto	21,24	16,55	14,58	13,56	+ 1,97	+ 7,68	31,1	19,6	21,40	13,30
2	»	21,49	17,24	15,11	13,88	+ 2,13	+ 7,61	27,1	15,9	21,70	13,70
3	»	20,83	17,65	15,57	14,20	+ 1,98	+ 6,63	25,0	16,6	21,00	14,10
1	» Settembre	20,48	17,78	15,94	14,48	+ 1,84	+ 6,00	25,1	15,1	20,50	14,30
2	»	20,28	17,87	16,10	14,90	+ 1,77	+ 5,38	26,4	16,3	20,40	14,70
3	»	20,18	17,80	16,20	15,00	+ 1,60	+ 5,18	20,8	12,4	20,50	15,00
1	» Ottobre	18,86	17,64	16,10	15,17	+ 1,54	+ 3,69	23,3	12,8	19,00	15,10
2	»	18,56	17,50	16,27	15,37	+ 1,23	+ 3,19	22,8	12,7	18,70	15,30
3	»	17,45	17,21	16,30	15,40	+ 0,90	+ 2,05	16,8	9,4	18,40	15,40
1	» Novembre	15,79	16,62	16,16	15,40	+ 0,46	+ 0,39	13,4	7,1	17,00	15,20
2	»	14,20	15,85	15,96	15,40	— 0,11	— 1,20	10,5	4,7	16,10	13,60
3	»	13,04	15,06	15,42	15,34	— 0,36	— 2,30	8,8	2,9	15,50	12,30
1	» Dicembre	11,51	14,23	15,01	15,15	— 0,78	— 3,64	7,6	1,8	15,20	11,10
2	»	10,44	13,38	14,40	14,89	— 1,02	— 4,45	4,9	0,4	15,00	9,80
3	»	9,60	12,57	14,00	14,62	— 1,43	— 5,02	7,5	2,1	14,80	9,60
1	1922 Gennaio	9,14	11,86	13,38	14,69	— 1,52	— 5,55	3,6	2,0	14,40	8,70
2	»	8,27	11,24	12,97	13,99	— 1,73	— 5,72	6,2	1,0	14,10	8,10
3	»	8,20	10,62	12,07	13,60	— 1,45	— 5,40	7,0	1,8	13,90	8,20
1	» Febbraio	8,47	10,37	12,03	13,30	— 1,66	— 4,83	6,1	1,6	13,50	8,30
2	»	8,04	10,02	11,68	13,01	— 1,66	— 4,97	6,8	— 0,2	13,10	7,90
3	»	8,18	9,80	11,30	12,10	— 1,50	— 3,92	11,8	4,6	12,90	8,00
1	» Marzo	8,97	9,71	11,09	12,52	— 1,38	— 3,55	13,1	4,7	12,60	8,60
2	»	9,75	9,98	10,03	12,24	— 0,05	— 2,49	15,2	7,6	12,30	9,50
3	»	10,49	10,23	11,00	12,17	— 0,77	— 1,68	10,9	3,3	12,20	10,10
1	» Aprile	10,51	10,48	11,00	12,04	— 0,52	— 1,53	13,1	5,4	12,10	10,20
2	»	11,00	10,54	11,08	12,00	— 0,54	— 1,00	15,9	6,8	12,00	10,50
3	»	11,57	10,74	11,15	11,96	— 0,41	— 0,39	14,5	6,1	12,00	10,60
1	» Maggio	11,90	11,09	11,23	12,00	— 0,14	— 0,10	17,8	7,6	12,4	11,00
2	»	13,40	11,48	11,46	12,00	+ 0,02	+ 1,40	23,4	12,4	14,2	11,30
3	»	15,70	12,20	11,80	12,00	+ 0,40	+ 3,70	28,1	16,5	16,9	11,70

Segue TABELLA I.

Anni 1920-1921-1922-1923-1924.

Decadi	Anno e Mese	A	B	C	D	Differenza		Temperatura esterna		Estremi geotermici	
		1 metro	2 metri	3 metri	4 metri	da B a C	da A a D	massima	minima	massimo	minimo
1	1922 Giugno	17,64	13,38	12,25	12,24	+ 1,13	+ 5,40	29,4	17,4	18,3	12,00
2	»	18,60	14,33	12,69	12,41	+ 1,64	+ 6,19	24,7	13,6	18,8	12,30
3	»	18,56	10,09	13,39	12,85	+ 1,70	+ 5,71	27,1	15,4	18,9	12,60
1	» Luglio	19,59	15,74	13,86	13,14	+ 1,88	+ 6,45	30,8	17,8	20,3	13,10
2	»	20,94	16,37	14,32	13,34	+ 2,05	+ 7,60	28,8	15,8	21,2	13,20
3	»	21,01	17,10	14,91	13,76	+ 2,19	+ 7,25	28,1	16,3	21,1	13,60
1	» Agosto	21,10	17,54	15,32	14,12	+ 2,22	+ 6,98	32,5	18,6	21,6	64,00
2	»	22,22	17,98	15,77	14,47	+ 2,21	+ 7,75	33,2	20,9	22,6	14,30
3	»	22,46	18,73	16,26	14,74	+ 2,47	+ 7,72	29,7	17,9	22,6	14,60
1	» Settembre	21,60	19,00	16,59	15,04	+ 2,41	+ 6,56	21,2	12,2	22,4	15,00
2	»	19,56	18,68	16,90	15,27	+ 1,78	+ 4,29	19,4	11,0	20,2	15,10
3	»	18,69	18,13	16,96	15,60	+ 1,17	+ 3,09	21,6	13,7	18,8	15,40
1	» Ottobre	17,88	17,72	16,73	15,70	+ 0,99	+ 2,18	17,2	10,2	18,6	15,70
2	»	16,65	17,20	16,59	15,74	+ 0,61	+ 0,91	14,3	8,9	17,4	17,70
3	»	15,61	16,57	16,41	16,01	+ 0,16	— 0,40	15,5	10,4	17,0	16,00
1	» Novembre	14,93	15,97	16,04	15,97	— 0,07	— 1,04	11,8	6,0	16,2	15,80
2	»	13,32	15,30	15,69	15,66	— 0,39	— 2,34	9,1	3,2	15,9	12,80
3	»	11,64	14,83	15,21	15,24	— 0,38	— 3,60	7,1	1,8	15,5	11,00
1	» Dicembre	10,51	13,53	14,66	15,14	— 1,13	— 4,63	6,8	1,1	15,2	10,20
2		9,45	12,76	14,13	14,24	— 1,37	— 5,39	5,6	0,3	14,9	9,00
3	»	9,43	11,90	13,58	14,51	— 1,68	— 5,08	8,2	4,5	14,7	9,10
1	1923 Gennaio	9,65	11,52	13,11	14,18	— 1,59	— 4,53	8,2	2,9	14,3	9,50
2	»	9,17	11,17	12,67	13,83	— 1,50	— 4,66	4,7	1,0	13,9	8,80
3	»	8,20	10,84	12,42	13,56	— 1,58	— 5,36	6,9	0,4	13,7	8,00
1	» Febbraio	8,23	10,31	12,03	13,28	— 1,72	— 5,05	7,9	2,6	13,3	8,00
2	»	8,43	10,12	12,98	12,98	— 2,86	— 4,55	7,2	1,4	13,2	8,30
3	»	8,32	9,81	11,36	12,58	— 1,55	— 4,26	8,8	2,5	12,8	8,20
1	» Marzo	8,82	9,72	10,97	11,98	— 1,25	— 3,16	9,8	2,1	12,5	8,50
2	»	8,95	9,77	10,77	11,74	— 1,00	— 2,79	10,1	2,1	12,0	8,90
3	»	9,48	9,87	10,80	12,00	— 0,93	— 2,52	16,9	6,9	12,0	9,00
1	» Aprile	10,77	10,28	10,89	12,00	— 0,61	— 1,23	13,4	4,6	12,0	10,1
2	»	11,26	10,61	10,93	11,96	— 0,42	— 0,72	14,5	5,9	12,0	10,4
3	»	11,76	10,94	11,18	11,98	— 0,24	— 0,20	16,1	8,7	12,2	10,7
1	» Maggio	12,99	11,43	11,38	12,04	+ 0,05	+ 0,95	22,0	12,2	13,8	11,1
2	»	14,39	11,91	11,63	12,05	+ 0,28	+ 2,34	19,2	8,3	14,6	11,5
3	»	15,15	12,54	12,08	12,22	+ 0,46	+ 2,93	23,4	12,2	15,9	12,0
1	» Giugno	16,45	13,30	12,56	12,44	+ 0,74	+ 4,01	21,4	11,1	16,8	12,3
2	»	16,68	14,03	12,86	12,61	+ 1,17	+ 4,07	22,1	11,1	16,8	12,6
3	»	16,56	14,23	13,18	12,77	+ 1,05	+ 3,79	22,9	12,8	17,0	12,7
1	» Luglio	17,57	14,04	13,00	13,00	+ 1,04	+ 4,48	26,9	16,1	18,2	12,9
2	»	19,22	15,26	13,96	13,27	+ 1,30	+ 5,95	31,6	19,8	20,0	13,2
3	»	20,54	16,12	14,42	13,61	+ 1,70	+ 6,93	30,1	18,2	20,9	13,5
1	» Agosto	21,30	16,97	14,96	13,85	+ 2,01	+ 7,54	33,3	21,8	22,0	13,7
2	»	22,46	17,68	15,47	14,21	+ 2,21	+ 8,25	32,0	20,6	22,7	14,0
3	»	21,88	18,33	16,02	14,55	+ 2,31	+ 7,33	27,8	16,2	22,3	14,3
1	» Settembre	21,04	18,61	16,44	14,92	+ 2,17	+ 6,12	24,1	15,0	21,3	14,8
2	»	19,89	18,22	16,60	15,23	+ 1,62	+ 4,66	22,3	14,0	20,1	15,2
3	»	18,98	18,08	16,70	15,44	+ 1,38	+ 3,54	21,5	12,7	19,4	15,3
1	» Ottobre	18,43	17,72	16,73	15,69	+ 0,99	+ 2,74	19,2	11,1	18,7	15,6
2	»	17,42	17,29	16,52	15,70	+ 0,77	+ 1,72	18,2	10,8	17,7	15,7
3	»	16,82	16,95	16,40	15,74	+ 0,55	+ 1,08	19,5	12,2	17,1	15,7

Segue TABELLA I.

Anni 1920 - 1921 - 1922 - 1923 - 1924.

Decadi	Anno e Mese	A 1 metro	B 2 metri	C 3 metri	D 4 metri	Differenze da B a C	Differenze da A a D	Temperatura esterna massima	Temperatura esterna minima	Estremi geotermici massimo	Estremi geotermici minimo
1	1923 Novembre	16,41	16,50	16,23	16,76	+ 0,27	— 0,35	15,5	9,3	16,8	16,0
2	»	15,18	16,00	16,02	15,63	+ 0,07	— 0,45	12,9	6,8	16,4	14,6
3	»	13,25	15,19	15,59	15,57	— 0,49	— 2,32	11,2	6,5	15,8	12,4
1	» Dicembre	11,56	14,41	15,06	15 19	— 0,65	— 3,63	9,3	3,6	14,4	10,9
2	»	11,65	13,56	14,54	14,80	— 0,98	— 3,15	8,9	4,3	14,8	11,5
3	»	10,63	13,12	14,19	14,71	— 1,07	— 4,08	5,7	— 0,6	14,8	10,0
1	1924 Gennaio	9,21	12,36	13,61	14,48	— 1,25	— 5,27	4,0	— 1,2	14,5	8,7
2	»	8,77	11,44	13,02	14,19	— 1,58	— 5,42	8,7	3,6	14,3	8,7
3	»	8,80	10,82	12,52	13,68	— 1,70	— 4,88	5,0	— 1,3	14,0	8,3
1	» Febbraio	7,91	10,46	12,16	13,29	— 1,70	— 5,38	7,8	1,8	13,3	7,8
2	»	8,25	10,02	11,76	13,16	— 1,74	— 4,91	7,3	2,2	13,2	8,0
3	»	8,12	9,80	11,34	12,73	— 1,54	— 4,61	5,1	— 1,2	12,8	7,8
1	» Marzo	7,84	9,71	11,21	12,41	— 1,50	— 4,57	8,4	1,2	12,5	7,7
2	»	7,94	9,39	10,83	12,04	— 1,44	— 5,10	9,0	0,5	12,2	7,8
3	»	8,94	9,25	10,55	11,73	— 1,30	— 2,79	13,5	7,4	12,0	8,0
1	» Aprile	10,41	9,95	10,41	10,92	— 0,46	— 0,51	12,4	5,8	10,9	9,4
2	»	10,65	10,08	10,22	11,04	— 0,14	+ 0,01	14,0	5,8	11,3	9,8
3	»	11,48	10,30	10,75	11,58	— 0,39	— 0,10	19,3	9,2	12,3	10,2
1	» Maggio	13,28	10,90	11,09	11,70	— 0,19	+ 1,58	21,1	10,8	13,8	10,7
2	»	14,26	11,52	11,46	12,04	+ 0,06	+ 2,42	23,4	12,8	14,9	11,1
3	»	16,11	12,52	11,86	12,84	+ 0,66	+ 4,07	24,5	14,9	16,6	11,6
1	» Giugno	17,25	13 52	12,15	12,33	+ 1,07	+ 4,02	27,3	15,3	17,6	12,2
2	»	18,08	14,30	12,99	12,52	+ 1,31	+ 5,56	25,1	13,6	18,2	12,5
3	»	18,20	14,70	13,30	12,70	+ 1,10	+ 5,50	25,8	14,8	—	—

* * *

1. — La temperatura del suolo da 1 a 4 m. di profondità, rispetto a quella dell'aria, presenta due periodi annuali ben distinti:

a) Dall'aprile o maggio sino ad agosto, settembre od ottobre rimane inferiore; (—)

b) negli altri mesi, cioè dall'ottobre all'aprile seguente, è più elevata. (+)

Nella Tabella II seguente si riportano i segni + e — dei singoli periodi annuali (1920-24), rispetto all'aria, delle temperature delle due sole profondità corrispondenti ad — m. 1; — m. 4: rimanendo ordinatamente intercalate quelle delle profondità — m. 2, — m. 3 in tutte e due le fasi dell'onda annuale. Agrariamente importante è l'andamento della geoterma a — m. 1.

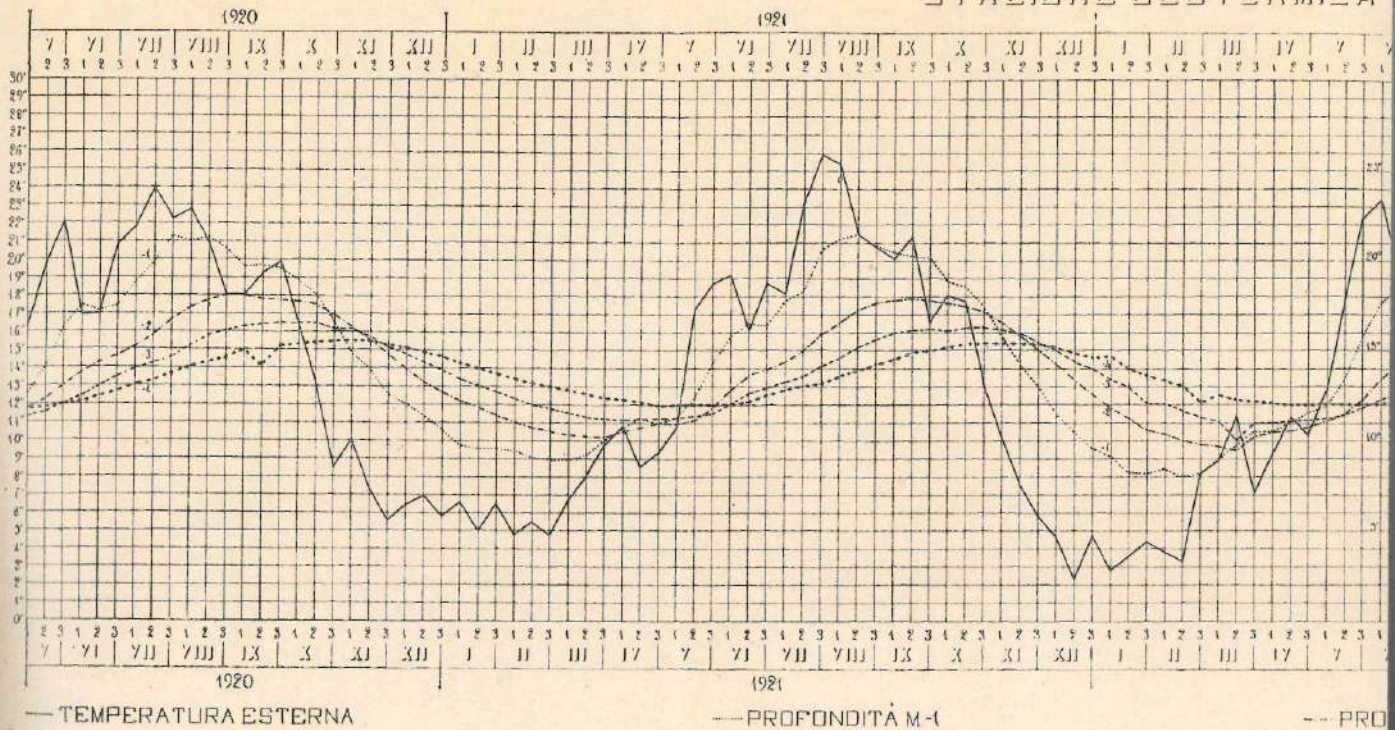

FIG. 80 — Grafici delle medie decadiche delle temperature: esterna e d

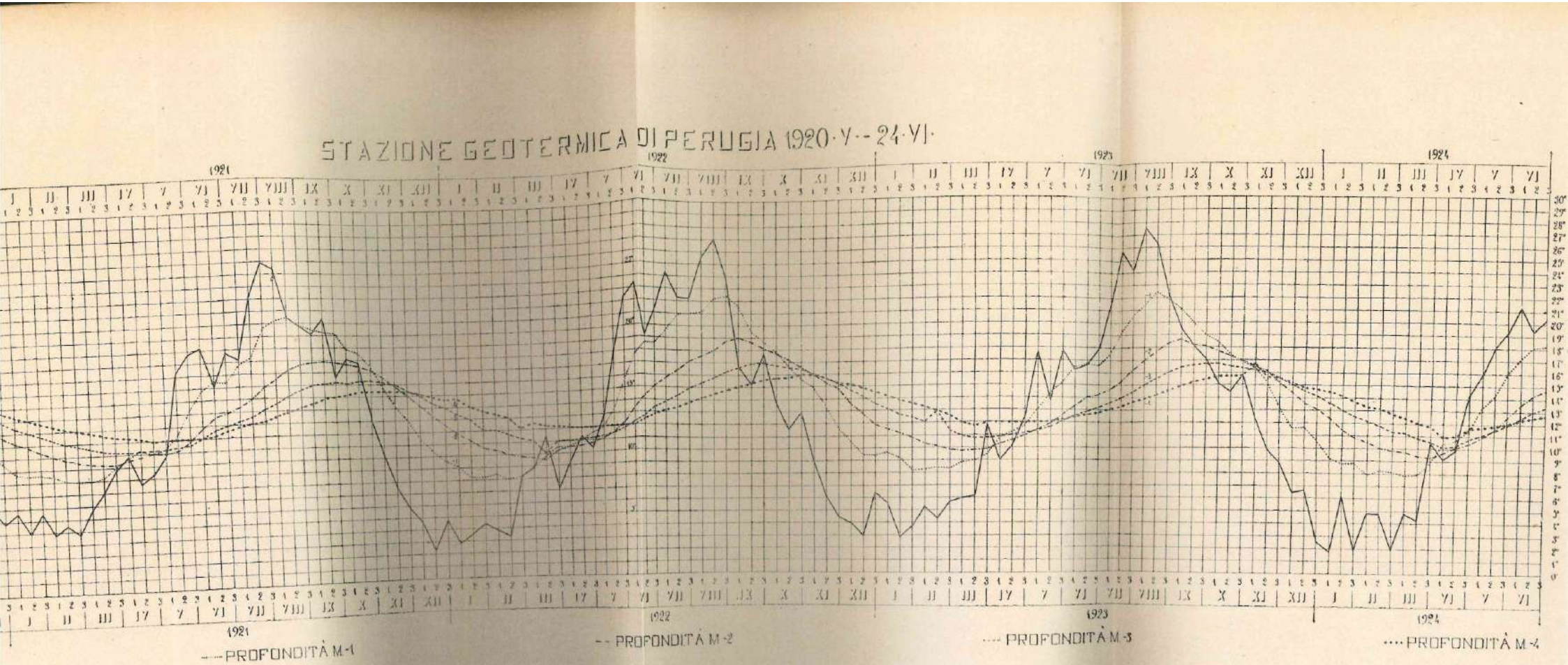

FIG. 80 — Grafici delle medie decadiche delle temperature: esterna e del terreno da uno a quattro metri di profondità nel periodo 1920-1924.

TABELLA II.

Temperatura decadica geotermica superiore + o inferiore — alla decadica dell'aria	Mese e decade del periodo		Numero delle decadi	Differenza massima decadica dalla temperatura dell'aria	
	inizio	fine		In gradi C.	Decade
Profondità m. 1					
—	1920 —	» 2ª Agosto	—	— 5,86	1920 3ª Maggio
+	» 2ª Agosto	1921 2ª Maggio	27	+ 7,95	» 3ª Ottobre
—	» 2ª Maggio	» 2ª Agosto	9	— 5,27	1921 3ª Luglio
+	» 2ª Agosto	1922 1ª Maggio	26	+ 8,19	» 2ª Dicembre
—	» 1ª Maggio	» 3ª Agosto	11	— 6,60	1922 3ª Maggio
+	» 3ª Agosto	1923 3ª Aprile	24	+ 7,19	» 3ª Novemb.
—	» 3ª Aprile	» 1ª Settembre	13	— 6,48	1923 2ª Luglio
+	» 1ª Settembre	1924 3ª Aprile	23	+ 8,08	» 3ª Dicembre
—	» 3ª Aprile	—	—	—	—
Profondità m. 4					
—	1920 —	1920 2ª Ottobre	—	— 10.65	1920 2ª Luglio
+	» 2ª Ottobre	1921 2ª Maggio	21	+ 9,64	» 3ª Novemb.
—	» 2ª Maggio	» 3ª Ottobre	16	— 12,74	» 3ª Luglio
+	» 3ª Ottobre	1922 1ª Maggio	19	+ 12,74	1921 2ª Dicembre
—	» 1ª Maggio	» 1ª Ottobre	15	— 12,58	» 2ª Agosto
+	» 1ª Ottobre	1923 3ª Aprile	20	+ 11,89	1922 2ª Dicembre
—	» 3ª Aprile	» 1ª Ottobre	16	— 13,70	» 1ª Agosto
+	» 1ª Ottobre	1924 2ª Aprile	19	+ 12,78	1924 1ª Gennaio

I due periodi delle geoterme si possono rappresentare cumulativamente per tutte le profondità, rispetto all'aria, come segue:

Aprile o Maggio — a) Inferiore all'aria → Agosto, Settembre od Ottobre
Aprile o Maggio — b) Superiore all'aria ← Agosto, Settembre od Ottobre

Più precisamente per — m. 1.

Aprile o Maggio — a) Inferiore all'aria → Agosto (Settembre)
Aprile o Maggio — b) Superiore all'aria ← Agosto (Settembre)

e per — m. 4.

(Aprile) Maggio — a) Inferiore all'aria → Ottobre
(Aprile) Maggio — b) Superiore all'aria ← Ottobre

I due periodi, nei quattro anni di osservazione, presentano durate abbastanza uguali e non molto oscillanti sono le differenze massime decadiche (ved. tabella I) e cioè:

— m. 1	— a)	Da 9 a 13	decadi	(5°27 a 6°60)
	+ b)	» 23 a 27	»	(7°19 a 8°19)
— m. 4	— a)	» 15 a 16	»	(10°65 a 13°70)
	+ b)	» 19 a 21	»	(9°64 a 12°78)

Le curve delle geoterme si differenziano notevolmente dall'andamento variabile della temperatura dell'aria. L'uniformità delle temperature del suolo aumenta, in modo sensibile, con la profondità. Non solo in altezza, ma anco in ampiezza, diminuiscono con la profondità le variazioni rapide e sentite della temperatura dell'aria a — m. 1 appena si avvertono; a — m. 3 quasi si cancellano.

2. — L'andamento della geoterma — m. 1 si avvicina, più delle altre, a quello della temperatura dell'aria, attenuandone le irregolarità: le altre geoterme più profonde se ne allontanano maggiormente, però con distanze decrescenti. È ovvio comprendere l'eccezione nei due periodi annuali d'intersecazione, cioè dello scambio dei rapporti di posizione.

A — m. 1. Il diagramma della temperatura di questa profondità segue un andamento

ascendente (1920)	sino alla	2ª agosto
discendente	»	2ª marzo (1921)
a	»	2ª agosto
d	»	2ª febbraio (1922)
a	»	3ª agosto
d	»	3ª gennaio (1923)
a	»	2ª agosto
d	»	1ª marzo (1924)

A — m. 1 il massimo della temperatura si raggiunge nettamente e costantemente in agosto, dal quale mese s'inizia la fase discendente. La minore temperatura invece cade in un periodo meno determinato; ad essa si arriva con oscillazioni indecise nei mesi di gennaio e febbraio e talvolta di febbraio e marzo. Se consideriamo il mese di febbraio come quello di mezzo, si può affermare *che lo strato — m. 1 acquista calore da febbraio ad agosto e che ne perde da agosto al febbraio seguente.* Il periodo vegetativo più attivo si verifica quando il terreno — m. 1 immagazzina calore. Con le osservazioni in corso si potrà essere più precisi su questo punto di tanta importanza.

A — m. 2. La linea spezzata corrispondente segue la precedente, attenuandone ancor più le irregolarità e con una oscillazione annua complessiva minore. Anche questa linea

ascende (1920)	sino alla	1ª settembre
discende	»	3ª marzo (1921)
a	»	2ª settembre
d	»	1ª marzo (1922)
a	»	1ª settembre
d	»	1ª marzo (1923)
a	»	1ª settembre
d	»	3ª marzo (1924)

Il massimo è raggiunto sempre a settembre ed il minimo a marzo. Appare chiaro però il ritardo rispetto alla temperatura di — m. 1 di un mese circa, tanto per il massimo che per il minimo, per quest'ultimo con minore evidenza. Delle oscillazioni esterne sono risentite solo le maggiori e le più prolungate: ma vi arrivano ritardate e più attenuate. Gli estremi sono meno lontani dell'oscillazione riscontrata per la minore profondità.

A — m. 3. La linea corrispondente tende a livellarsi maggiormente e non risente quasi le irregolarità esterne di breve durata, anche se di notevole entità.

L'andamento della geoterma — m. 3

ascende (1920)	sino alla	1ª ottobre
discende	»	2ª aprile (1921)
a	»	3ª ottobre
d	»	1ª aprile (1922)
a	»	3ª settembre
d	»	2ª marzo (1923)
a	»	1ª ottobre
d	»	1ª aprile (1924)

Anche gli estremi di questa profondità ritardano di un mese rispetto alla precedente e quindi di due mesi dalla prima — m. 1. Notevole è la costanza del massimo che cade fra la 3ª sett. e 1ª ott. e della minima fra la 2ª marzo e 2ª aprile.

Le irregolarità che cadono nella 2ª marzo 1922 e 2ª febbraio 1923 ed altre minori sono dovute a momentanea infiltrazione nei tubi di acque pluviali abbondanti, richiamate dal vuoto, avendo la quantità di acqua superato la capacità idrica del terreno e della roccia. Questa osservazione spiega le irregolarità analoghe della linea a — m. 4.

A — m. 4. La spezzata corrispondente a questa profondità si livella sempre più e poco sensibile si palesa l'oscillazione annuale. Essa risente solo le oscillazioni stagionali che vi pervengono molto attenuate e con ritardo.

Il suo andamento è

ascendente (1920)	sino alla	1ª novembre
discendente	»	3ª aprile (1921)
a	»	1ª novembre
d	»	3ª aprile-1º maggio (1922)
a	»	3ª ottobre
d	»	2ª marzo (1923)
a	»	1ª novembre
d	»	1ª aprile (1924).

Il massimo cade fra la 3ª ottobre-1ªnovembre; il minimo invece dalla 2ª marzo alla 3ª aprile ed anche alla 1ª maggio. Anche per questa profondità i massimi sono in ritardo di circa uno, due e tre mesi rispettivamente per le altre profondità: però, a causa della tenue oscillazione annua, non è dato essere più precisi.

3. — Le temperature delle diverse profondità si mantengono notevolmente più uniformi di quelle dell'aria e le oscillazioni si attenuano colla profondità in una misura sensibile, come risulta dai dati riportati ed oggettivamente dai grafici e dalla seguente Tabella III. In quest'ultima ho riunito gli estremi geotermici e dell'aria,

TABELLA III.

Estremi geotermici e dell'aria in C.

	Aria	Giornalieri m. 1	m. 2	m. 3	m. 4
1920					
Massimi	32°8 (19,VIII)	21°5 (25-31,VII)	18° (22,VIII-10,IX)	16°5 (20,IX-19,X)	15°5 (23,X-15,XI)
Minimi	—	—	—	—	—
Differenza	—	—	—	—	—
1921					
Massimi	33°2 (11, VIII)	21°7 (14-16,VIII)	17°9 (12-18,IX)	16°4 (21-24,X)	15°4 (14, X-24, XI)
Minimi	— 0°8 (18, I)	8°9 (26, II-5,III)	10°1 (9,III)	11°1 (7-12,IV)	11°9 (23-29,IV)
Differenza	34°	12°8	7°8	5°3	3°5
1922					
Massimi	37° (10,VIII)	22°6 (19-23,VIII)	19°0 (27,VIII-1IX)	17° (19-26,IX)	16°1 (30, X-4, XI)
Minimi	— 7° (15,I)	8° (14-16,II)	9°6 (2 e 3,III)	11° (16, III-12, IV)	11°9 (21-24, IV)
Differenza	44°	14°6	10°6	6°	4°2
1923					
Massimi	36°4 (11,VIII)	22°7 (17e18,VIII)	18°8 (2 e 3,IX)	16°8 (2-4,X)	16°8 (1-6, XI)
Minimi	— 4°6 (18,I)	8° (27,I-3,II)	9°7 (3-13,III)	10°7 (16-18,III)	11°5 (8-9, III)
Differenza	41°	14°7	9°1	6°1	5°3
1924					
Massimi	36° (10,VIII)	— —	—	—	—
Minimi	— 4°6 (1,I)	8°7 (10-15,I)	9°2 (21-27,III)	10° (8-11,IV)	10°9 (2-14,IV)
Differenza	40°6	— —	—	—	—

Segue TABELLA III.

Estremi geotermici e dell'aria in C.

	Aria	Decadici m. 1	m. 2	m. 3	m. 4
1920					
Massimi	29°5 (2,VII)	21°30 (3,VIII)	18°00 (1,IX)	16°50 (3,IX-1,X)	15°50 (1,XI)
Minimi	—	—	—	—	—
Differenza	—	—	—	—	—
1921					
Massimi	31°7 (3,VII)	21°49 (2,VIII)	17°87 (2,IX)	16°30 (3,X)	15°40 (3,X-2,XI)
Minimi	0°63 (3,II)	8°95 (1,III)	10°24 (2,III)	11°16 (1,IV)	11°93 (3,IV)
Differenza	—	12°54	7°63	5°14	3°47
1922					
Massimi	33°2 (2,VIII)	22°46 (3,VIII)	19°00 (1,IX)	16°96 (3,IX)	16°01 (3,X)
Minimi	— 0°2 (2,II)	8°04 (2,II)	9°71 (1,III)	11°00 (3,III-1,IV)	11°96 (3,IV-3,V)
Differenza	—	14°42	9°29	5°96	4°01
1923					
Massimi	33°3 (1,VIII)	22°46 (2,VIII)	18°61 (1,IX)	16°73 (1,X)	16°76 (1,XI)
Minimi	— 0°6 (3,XII)	8°20 (3,I)	9°72 (1,III)	10°77 (2,III)	11°74 (2,III)
Differenza	—	14°26	8°89	5°96	5°02
1924					
Massimi	—	—	—	—	—
Minimi	— 1°3 (3,I)	8°77 (2,I)	9°25 (3,III)	10°11 (1,IV)	10°92 (1,IV)
Differenza	—	—	—	—	—

tanto decadici che giornalieri. Risaltano gli estremi assoluti corrispondenti ai quattro anni di osservazione, dai quali risulta che le escursioni massime riscontrate, fra gli estremi termici nei quattro anni, sono le seguenti:

Valore in gradi C., dell'escursione massima nei 4 anni;

Aria.	— m. 1	— m. 2	— m. 3	— m. 4
44	14,7	9,8	7	5,9

Proporzionalmente facendo uno l'ultimo valore si ha:

7,45 : 2,49 : 1,45 : 1,18 : 1

La differenza in gradi, fra il primo valore e secondo e di seguito, si esprime:

29,3 4,9 2,8 1,1

Proporzionalmente facendo uno l'ultima differenza si ottiene:

26,3 4,45 2,54 1

Sono ovvie le conclusioni che si inferiscono da questi ultimi dati rispetto alla vegetazione delle piante sia erbacee che arboree. Non meno importante è la constatazione che ad un metro di profondità non si hanno temperature sotto zero, anzi la minima assoluta corrisponde a 8° ciò che è accaduto solo due volte nel periodo di osservazione. Anche le massime non si elevano di troppo; esse hanno culminato a 22°7. Quest'ultima conclusione, dal punto di vista agrario, è meritevole di speciale considerazione a causa della intima relazione che intercede fra i caratteri fisici delle terre ed il calore, massime per il comportamento dell'umidità a temperature diverse. Anche di questo argomento si potrà trattare con maggiore positività con i dati che presentemente sto raccogliendo.

Le escursioni degli estremi sono in valore ben diverse: massima è quella dell'aria e diminuenti le altre con la profondità. Le loro proporzionalità, le differenze e la proporzionalità di quest'ultime mettono in evidenza la legge di diminuzione.

Tanto i massimi decadici che giornalieri dell'aria cadono quasi sempre nel mese VIII; mentre che i minimi giornalieri avvengono nel I mese ed i decadici nei mesi I, II e XII.

I massimi invece degli strati del sottosuolo da 1 a 4 m. di profondità, tanto decadici che giornalieri, si susseguono con una certa regolarità come nella seguente tabelletta IV.

TABELLA IV.

	Estremi giornalieri		Estremi decadici	
	Massimi	Minimi	Massimi	Minimi
Aria	VIII	I	(VII) VIII	I, II, XII
— m. 1	VIII	II (III)	VIII	I, II, III
— m. 2	(VIII) IX	III	IX	III
— m. 3	(XI) X	III-IV	X	(III) IV
— m. 4	XI	(III) IV	X	(IV) V

I numeri dei mesi in parentesi non costituiscono la regola nei quattro anni di osservazione.

Con i dati che ora si considerano si può rintracciare il tempo impiegato dalla propagazione del calore in profondità, come del raffreddamento. Se si parte dal giorno di massima assoluta riscontrato nell'aria in confronto con i giorni dei massimi per le diverse profondità si ottengono i seguenti istruttivi valori per l'anno 1922 e cioè:

Massimi 1922

Aria	37° (10 Agosto)		
— m. 1	22°6 (19 agosto)	Giorni 9	= cm. 11 giornalieri
— m. 2	19° (27 agosto)	Giorni 8	= » 13,5 »
— m. 3	17° (19 settembre)	Giorni 23	= » 4,34 »
— m. 4	16°1 (30 ottobre)	Giorni 41	= » 2,44 »

In media circa 5 cm. giornalieri (Giorni 81; cm. 400).

Minimi 1922

Aria	7° (15 gennaio)		
— m. 1	8° (14 febbraio)	Giorni 30	= cm. 3,3 giornalieri
— m. 2	9°6 (2 e 3 marzo)	Giorni 17	= » 5,8 »
— m. 3	11° (16 marzo-12 aprile)	Giorni 12	= » 8,3 »
— m. 4	11°9 (21-24 aprile)		

Non è possibile ottenere dati esatti, però la media è alquanto inferiore alla precedente. In ogni modo i valori si avvicinano molto a quelli calcolati dal Gamba (*l. c.*, pag. 9) nel suolo di Pavia.

4. — In due periodi dell'anno le temperature degli strati considerati si trovano disposte, per valore, in ordine inverso ed a distanze che diminuiscono con la profondità (Vedasi Tavola). Nel passaggio dall'uno all'altro periodo le temperature delle quattro profondità presentano differenze che rimangono comprese fra due gradi e cioè:

1920	Dalla	3ª X	alla	2ª XI,	per decadi	3.
1921	»	1ª IV	»	2ª V	»	5.
»	»	1ª XI	»	2ª XI	»	2.
1922	»	3ª III	»	2ª V	»	6.
»	»	2ª X	»	1ª XI	»	3.
1923	»	1ª IV	»	1ª V	»	4.
»	»	2ª X	»	2ª XI	»	4.
1924	»	1ª IV	»	3ª IV	»	3.

È notevole la coincidenza in cui si verificano i passaggi da una disposizione all'altra. In tesi generale si può stabilire che avvengono nei due periodi:

1ª IV — 2ª V
2ª X — 2ª XI

Nella 1ª XI del 1923 le differenze fra le temperature delle diverse profondità furono le minime osservate. Infatti si riscontrarono i valori decadici per le profondità di m. 1, 2, 3 e 4 le temperature rispettive 16°42 — 16°50 — 16°23 — 16°76; con una differenza massima di 0°53, cioè di circa solo mezzo grado.

Se si fa astrazione delle temperature della — m. 1 e si considerano le più profonde, si ripetono più volte le temperature decadiche che fra loro si distanziano per molto meno di un grado e cioè:

	— m. 2	— m. 3	— m. 4	Differenza massima
1920. 2ª XI	15,57	15,68	15,48	0,20
1921. 3ª V.	11,80	11,50	12,00	0,50
— 3ª XI	15,06	15,42	15,34	0,36
1922. 3ª V.	12,20	11,80	12,24	0,44
— 3ª X	16,57	16,41	16,01	0,56

Alcune oscillazioni evidentemente debbonsi attribuire a cause straordinarie non sempre rimuovibili.

La spezzata corrispondente alla temperatura dell'aria taglia definitivamente — senza tenere conto di eccezionali oscillazioni — le geotermiche corrispondentemente a due periodi annuali che cadono generalmente:

a) aprile-maggio

b) settembre-ottobre-novembre

Il periodo *b*) è più lungo del primo; invero questo è compreso fra due sole decadi; mentre quello cade fra 3 o 4 decadi, negli anni di osservazione.

I due periodi che si possono dire d'intersezione delle onde annuali si verificano a temperature diverse e cioè:

a) aprile, maggio intorno a 11° e 12°

b) settembre-ottobre-novembre fra 15° e 16°.

Le geotermiche si allontanano fra di loro più decisamente dopo il periodo *a*) che non dopo quello *b*).

5. — Il calcolo delle temperature geotermiche medie annuali per gli anni completi 1921, 22 e 23 permettono considerare anche le medie cumulative dei tre anni, come è riportato nella seguente Tabella V.

TABELLA V.

Temperature C. medie geotermiche annue alla profondità:

Anno	m. 1	m. 2	m. 3	m. 4
1921.	14,29	13,46	13,57	13,61
1922.	14,30	13,86	13,65	13,76
1923.	14,74	13,86	13,74	13,72
1921-1923	14,44	13,71	13,65	13,69

Le medie delle quattro profondità sono poco differenti fra loro, tuttavia dal punto di vista agrario e tecnico permettono alcune osservazioni che è prezzo dell'opera rilevare.

Intanto i dati ottenuti sono alquanto inferiori a quelli ottenuti dal DE GIORGI nel Leccese (*l. c.*) per le stesse profondità:

	— m. 1	— m. 2	— m. 3	— m. 4
Leccese (De Giorgi) . .	16,23	16,26	16,34	16,10
Perugia	14,44	13,71	13,65	13,69
Differenza . . .	1,79	2,55	2,69	2,41

I valori in meno di Perugia oscillano fra 1°79 — 2°69.

Le differenze debbonsi attribuire alla diversa latitudine, ma anche alle diversità litologiche in cui sono scavati i pozzi, alle differenze di sensibilità e di graduazione dei termometri.

Però le medie di Perugia sono risultate superiori a quelle calcolate dal GAMBA nel Pavese (*l. c.*) Ecco il confronto:

	— m. 1	— m 2.	— m. 3
Perugia.	14,44	13,71	13,65
Pavia (Gamba)	12,86	13,24	13,42
Differenza . . .	1,58	0,47	0,23

Con differenze tenui non è lecito stabilire confronti fra le due località più dettagliate di quanto si è già affermato.

Non ritengo sia opportuno, la maggior parte delle volte, considerare le medie annue, dacchè queste livellando oscillazioni diverse possono far cadere se non in errori, almeno in inesattezze notevoli che si devono evitare. Così reputo erroneo attribuire al mezzo in cui si trovano le radici delle piante la temperatura media dello strato corrispondente, a causa delle oscillazioni notevoli che presentano le temperature che vi regnano nell'anno. Ciò vale per qualsiasi altra considerazione tecnica. L'errore diminuisce con la profondità sino allo strato a temperatura costante. Si devono invece considerare le medie dei periodi più interessanti a seconda dello scopo a cui miriamo. Per la vegetazione p. es. si possono calcolare le medie dei mesi caldi e di quelli freddi. Quando si possederanno dati negli strati compresi nel primo metro di profondità si potranno calcolare medie diverse, corrispondenti ai periodi fisiologici delle diverse piante, per ora ci contenteremo, a mo' di esempio, della distinzione dei sei mesi caldi e dei sei freddi del 1923 e cioè:

1923	— m. 1	— m. 2	— m. 3	— m. 4
Mesi caldi - Maggio-ottobre	18,82	15,72	14,54	14,42
Mesi freddi - Genn.-Aprile - Nov.-Dic.	10,59	11,86	12,86	13,03
Differenza . . .	8,23	3,86	1,68	1,39

Notevole è la differenza che si ottiene a — m. 1 ; ma non trascurabili sono le altre. Le medie dei due semestri, caldo e freddo, sono ben diverse dalle medie annuali. Nel periodo più attivo della vegetazione troviamo le radici a — m. 1 ad una temperatura media semestrale superiore dell'annuale di 18°82 — 14°44 = 4°38 : ciò che non va disconosciuto, specialmente considerando che la differenza può divenire maggiore se l'andamento dei fenomeni fisiologici richiedono la considerazione di un periodo più breve del semestrale.

Le presenti considerazioni valgono anche per altre ricerche tecniche. Spesso si deve riconoscere a quale profondità nel terreno debbonsi posare le tubature di acqua potabile per evitare il riscaldamento soverchio della medesima o per considerare la funzione della temperatura sull'acqua ad una data profondità. Or bene in questi ed in altri consimili casi è necessario per riconoscere o prevedere i fatti, distinguere almeno il periodo annuale nei due semestri, caldo e freddo. La necessità cresce con la minor profondità che si considera [1].

Non sarebbe difficile istituire un calcolo per riconoscere dalle differenze ottenute colle medie annuali la profondità dove esse si cancellano, cioè lo strato a temperatura costante. Non m'accingo all'impresa dacchè i dati non mi sembrano sufficienti per simili conclusioni.

* * *

Le variazioni di temperatura nelle profondità maggiori di un metro ricorrono; nei quattro anni considerati, entro limiti sufficientemente determinati e quindi non si è ritenuto — anche per il minore interesse diretto pedologico — proseguire le stesse ricerche. D'altra parte, allo scopo agrario, premeva maggiormente conoscere l'andamento della temeperatura negli strati superiori ad un metro di profondità, in relazione alla temperatura esterna. Per questi motivi, presentemente si raccolgono i dati :

a) estremi termici giornalieri per l'aria e per la superficie del suolo, senza vegetazione ;

b) le temperature giornaliere alle profondità di — m. 0,25 ; — m. 0,50 ; — m. 0,75 ; — m. 1,00.

[1] Il ch. prof. G. Fantòli con i nostri dati, comunicati, ha ora calcolato, con la valentia nota, il coefficiente di conduttività interna della roccia della Stazione geotermica di Perugia, ottenendo i seguenti valori, corrispondenti ad una conduttività discreta:

C_1 = 0,003427 (unità sist. cm, gr. secondo)
C_2 = 0,0003427 (m. caloria ord. e secondo).
C_3 = 1,2337 (m. calorie ord. ed ora)

Sul progetto di massima di un nuovo acquedotto per la città di Perugia. 1925 ; pag. 32-37.)

Con questi nuovi dati si mira ad affinare le nostre conoscenze sull'andamento della temperatura del terreno coltivato.

Prof. G. DE ANGELIS D'OSSAT, *Pérouse* (*Italie*). — **Température de l'air et du sol de Pérouse.**

RÉSUMÉ.

Des recherches détaillées effectuées par l'A. sur le sujet de sa communication, ressort que la température du sol de 1 à 4 m. de profondeur présente en comparaison de celle de l'air, deux périodes annuelles bien différentes : *a*) Du mois d'avril ou mai au mois d'août, septembre ou octobre elle demeure inférieure ; *b*) au cours des autres mois elle est, au contraire, plus élevée. Du côte agronomique se montre particulièrement importante la courbe de la géotherme à —m.1. Les courbes géothermiques se différencient notablement de l'allure variable de la température atmosphérique. L'uniformité des températures du sol augmente sensiblement avec la profondeur. L'allure de la courbe géothermique à —m1 est celle qui s'approche le plus a celle de la température de l'air ; les autres courbes plus profondes s'en éloignent bien plus. Il résulte toutefois évidente l'exception lors des deux périodes annuelles d'intersection, c'est-à-dire de l'échange réciproque des rapports de position.

Les températures aux différentes profondeurs demeurent notablement plus uniformes que celles de l'air et leurs oscillations s'attenuent sensiblement au fur et à mesure que l'on s'éloigne au-dessous de la surface du sol.

L'A. par les données nombreuses qu'il a recueillies de ses recherches, fait ressortir quelques renseignements importants au point de vue agricole. A 1 m. de profondeur on ne trouve jamais des températures au-dessous du zéro ; bien plus, la température minime absolue correspond à 8°. Même les températures maxima ne s'élèvent pas beaucoup, atteignant leur point le plus haut a 22°7.

Il ressort en outre, des recherches de l'A. que les températures des couches du terrain montrent, respectivement, une série de valeurs inverses, selon des distances qui diminuent progressivement avec la profondeur.

Enfin l'A. a considéré les températures géothermiques moyennes des trois ans (1921-22-23) qui ont formé l'objet spécifié des recherches en question, mais il admet toutefois que seulement quand on aura des données pour les couches du sol comprises de la surface à 1 m. de profondeur, on pourra évaluer les moyennes correspondantes aux périodes physiologiques des divers végétaux. L'A. se limite à considérer six mois chauds (mai-octobre) et six mois froids (janvier-avril et novembre-décembre). Les moyennes de ces deux semestres sont bien différentes des moyennes annuelles. Pendant la période la plus active de la végétation les racines trouvent a — 1 m. une température moyenne semestrale supérieure à celle annuelle (18°82-14°44 = 4°38).

Prof. G. DE ANGELIS D'OSSAT, *Perugia, (Italy)*. — **Temperature of Air and Soil at Perugia.**

ABSTRACT.

Detailed research studies on this subject gave as a result, the conclusion that the temperature of the soil at the depth of 1 to 4 metres can be divided, in comparison with the temperature of the air, into two different periods : (*a*' from April or May to August-September or October it is somewhat lower, (*b*) during the other months it is, on the contrary, higher than the air temperature. Especially interesting, from the agricultural point of view, is the curve of soil temperature at 1 m. depth. The soil temperature curves vary considerably, according to air temperature variations. The uniformity of soil temperature increases noticeably with the depth. The soil temperature curve at 1 m. approaches that of the air temperature ; the other curves of greater depths become more and more uniform as the depth increases. There still remains the exception for the two annual periods, viz. the reciprocal exchange of the positions of temperatures.

The temperature of the soil becomes more and more uniform as the distance from the surface increases.

Numerous experiments enable the author to come to some conclusions of importance to agriculture. At a depth of 1 m. he never found a temperature below 0° C., the absolute minimum temperature at this depth never being below 8°. The maximum temperature does not become very high and never exceeds 22° C.

Hence, it follows that the temperatures of the soil layers form a series of inverse values, according to the distances, which diminish progressively with the depth.

The author has finally considered the medium soil temperatures during three years (1921-22-23), which form the basis of the studies in question, but he admits that only if the data are available for the layers of soil from the surface to a depth of 1 m., is it possible to evaluate the corresponding averages of the physiological periods of the various plants. The author has limited himself to the consideration of six warm months (May-October) and six cold months (January-April and November-December). The averages of these two seasons are different from the annual averages. During the most active period of plant growth the roots find at 1 m depth an average seasonal temperature higher than the annual average (18°82 - 14°44 = 4°38 C).

Dr. RUDOLF KELLER

DIE DIELEKTRIZITÄTSKONSTANTE DES BODENS.

REFERAT.

Die Dielektrizitätskonstante des Bodens ist eine wichtige Naturkonstante, da nach dem Gesetz von COEHN (1898) bei der Berührung von Nichtleitern verschiedener Dielektrizitätskonstante sich jener mit höherer Konstante positiv lädt. In-

folge dieses Gesetzes zerlegt der Boden während des kapillaren Aufsaugens von Wasser dessen Salze teilweise in seine anionischen und kationischen Bestandteile. (Demonstration).

Dr. RUDOLF KELLER, **La constante diélectrique du sol.**

RÉSUMÉ.

La constante diélectrique du sol est une constante naturelle importante, puisque, d'après la loi de COEHN (1898), le sol se charge de constantes positives plus élevées, lorsqu'il vient à contact de corps non conducteurs. En accord avec cette loi, le sol, durant l'extraction capillaire de l'eau de ses sels, est partagé dans ses constituants anions et cations (Démonstration).

Dr. RUDOLF KELLER. — **The Dielectricity Constant of the Soil.**

ABSTRACT.

The dielectricity constant of the soil is an important natural constant, since according to COEHN'S law (1898), the soil becomes charged with higher positive constants on coming into contact with non-conductors having different dielectricity constants. In accordance with this law, during the capillary extraction of water from its salts, the soil is divided to some extent into its anion and cation components. (Demonstration).

Prof. P. OTOSKY.

Prague (Tchecoslovaquie).

TITRE :

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE, DE LA PRESSION BAROMÉTRIQUE ET DES PRÉCIPITATIONS SUR LE RÉGIME DES EAUX PHRÉATIQUES.

Dr. OLOF TAMM.

Sweden.

TITRE:

DER EINFLUSS DES WASSERS AUF DIE BODENSILIKATE

Ière COMMISSION

Sect. B.

ÉTUDE SUR LES APPLICATIONS DE LA PÉDOLOGIE AUX TRAVAUX DE L'HYDRAULIQUE AGRICOLE

DR. JNG. R. JANOTÀ,
Baurat - Pedologe des tech. Bureaus des Landeskulturrates für Böhmen, Prag.

DIE ARBEITEN DES PEDOLOGEN BEI BODENMELIORATIONEN.

Das grundlegende und unerlässliche Erfordernis für eine rationelle und wirtschaftliche Lösung der Meliorationsarbeiten ist die vollkommene Kenntnis des Bodens sowohl hinsichtlich des mechanischen Baues, der physikalischen Beschaffenheit und des chemischen Gehaltes an Nährstoffen, als auch hinsichtlich seiner Beziehung zu den veränderlichen Witterungseinflüssen. Sämtliche Projekte, die sich auf die Meliorierung des Bodens beziehen, müssen auf eine verlässliche pedologisch-hydrologische Grundlage gestellt werden, die durch die pedologische Durchforschung der Meliorationsgelände von fachlich geschulten Kräften gewonnen wird, um die Ursachen des ungünstigen Zustandes der Böden so sorgfältig als möglich zu erheben und darnach die Mittel zu deren Beseitigung zu wählen. Ausserdem muss die Wirkung und der Einfluss der Meliorationsarbeiten auf die Struktur des Bodens, auf die Menge und Güte der erhöhten Ernten verfolgt werden, damit die Zweckmässigkeit und Rentabilität der Meliorationsunternehmungen genauer ermittelt und Richtlinien für die zukünftigen Baudispositionen abgeleitet werden können. Hiebei ist es notwendig, im pedologischen Dienste die erforderliche Vereinheitlichung (Unifizierung) der Arbeitsmethoden und die Normalisierung eines einheitlichen Vorgehens einzuführen, wodurch die gegenseitige Vergleichung der Ergebnisse und der Austausch der gewonnenen Erfahrungen ermöglicht wird.

Die « čechoslovakische Sektion der internationalen Subkommission für die Anwendung der Pedologie in der Kulturtechnik » hat in ihren Verhandlungen die Forderung nachdrücklich betont, dass alle kulturtechnischen Projekte, die Anspruch auf Unterstützung aus öffentlichen Fonds erheben, mit einem ausführlichen Elaborat über die pedologischen und ev. auch hydrologischen Erhebungen zu belegen sind. Diese Forderung betrifft die Entwässerung und Bewässerung des Bodens, Regulierungen für Meliorationszwecke, Wasserläufe und Wasserbauten, welche eine Veränderung des Grundwasserspiegels in den umliegenden Grundstücken bewirken, die Stabilisierung von Erdrutschungen, Talsperren, Dämme, Teichen, die Mergelung der Grundstücke, die Verwertung der Abwässer und Schlämmwasser usw.; an die pedologischen Arbeiten soll bereits im Kostenvoranschlage zu dem Projekte gedacht werden.

A. Feldarbeiten.

Die Feldarbeiten des Pedologen haben sich zu erstrecken:

a) auf die gesamte Besichtigung des Geländes zur Sicherstellung des geologischen Ursprungs der Böden, der pedologischen, hydrologischen Verhältuisse, der Höhen- und Niederschlagsverhältnisse, sowie der wirtschaftlichen Verhältnisse;

b) auf eine *pedologisch-hydrologische Durchforschung* mittels einer systematischen Sondierung des Geländes, um die Bodenverhältnisse bis in eine entsprechende

Tiefe kennen zu lernen und die *Bodentypen* gleicher Herkunft, Zusammensetzung und Schichtung der Tiefe nach möglichst genau zu begrenzen. Diese Typen sind durch die Bodenproben aus jenen Schichten zu charakterisieren, die für den Zweck der Melioration massgebend sind. Für die Entwässerung des Bodens kommt bei gleichmässiger Schichtung hauptsächlich eine Schichte von 0.4-1.0 m in Betracht. Bei Schichten verschiedener Durchlässigkeit in demselben Bodentypus sind alle Schichten bis auf die Sohle der künftigen Drainagegräben in Betracht zu ziehen und ihr Einfluss auf die Durchlässigkeit ist entsprechend zu bewerten. Jeder *Bodentypus*, also eine grössere Fläche von Grundstücken mit denselben Bodenverhältnissen der Tiefe nach, ist durch eine Probe aus der Ackerkrume, durch Proben aus den einzelnen Bodenschichten und ev. durch eine Probe aus dem tieferen Untergrund (aus hydrologischen Gründen und wegen des Voranschlages für den Aushub) zu charakterisieren.

Die pedologischen Feldarbeiten sollen ein genaues Bild von der Herkunft, der Lagerung und dem Umfang der einzelnen Bodengattungen geben, sowie auch die genauen Grenzen der festgestellten Bodentypen, u. zw. derart, dass aus den Ergebnissen eine dem Zweck der Meliorationsarbeiten entsprechende Bodenkarte hergestellt werden kann.

B. Laboratoriumsarbeiten.

Die *Laboratoriumsarbeiten* zielen auf die Gewinnung einer ziffermässigen Unterlage für die pedologische Untersuchung der Meliorationsprojekte ab, um die pedologische Beurteilung in einer Form auszudrücken, die zu einer Vergleichung mit den anderwärts gewonnenen Erfahrungen geeignet ist. Die subjektive Beschreibung der Bodenverhältnisse genügt nicht zu einer ordentlichen Bewertung; man muss deshalb durch Analysierung der entnommenen Bodenproben nach einheitlichen Methoden die objektive Beurteilung erleichtern. Absolute Ergebnisse können durch die bisherigen Methoden der Bodenanalyse nicht gewonnen werden; durch die Einführung einheitlicher Methoden erzielt man jedoch brauchbare Ergebnisse, die bei der gegenseitigen Vergleichung wertvolle Beziehungen und relative Erkenntnisse ergeben und ein umso sichereres Urteil ermöglichen, je mehr Erfahrungen und Erkenntnisse bereits auf dieser Grundlage gewonnen wurden.

Der pedologische Dienst für die Meliorationspraxis erfordert mit Rücksicht auf die massenhaften Analysen der Bodenproben eine leicht durchführbare und schnelle Methode, die mit genügender Genauigkeit praktisch brauchbare und vergleichbare Ergebnisse liefert. Diese Methode ist die *mechanische Analyse* des Bodens durch das Schlämmverfahren Professor Kopecký's, mittels dessen die verschieden grossen Bodenbestandteile in bestimmten Grössenkategorien perzentuell festgestellt werden, wodurch der mechanische Bau des Bodens zum Ausdruck kommt.

Die Klassifikation der Böden nach den Ergebnissen der mechanischen Analyse ist auch durch die Bezeichnung des Erdmaterials bezüglich der Humus- und Eisenhältigkeit mittels Schätzung und der Kalkhaltigkeit auf Grund der direkten Bestimmung der im Boden enthaltenen Menge des kohlensauren Kalks durch Auflösung in verdünnter Salzsäure (im Mohr-Geissler'schen Apparat) zu ergänzen. Wichtig ist auch die Bezeichnung des Grades der Zusammenhaltbarkeit (Kohäsion), durch welche insbesondere die physikalische Beschaffenheit des Bodens mit Beziehung

auf den Gehalt an Kolloidbestandteilen ausgedrückt wird. In besonders rücksichtwürdigen Fällen ist auch die Menge des sogenannten physikalischen Tons (nach der Methode Atterberg) zu ermitteln.

Für besondere Zwecke (Meliorationsversuchswesen, Forschung, vergleichende Versuche) oder in zweifelhaften Fällen muss an die Feststellung der tatsächlichen physikalischen Beschaffenheit durch die physikalische Analyse (nach der Methode Professor Kopecký's) geschritten werden. Diese erstreckt sich auf die Bestimmung des Porenvolumens, der absoluten Wasser- und Luftkapazität sowie auch auf die Ermittlung des Feuchtigkeits- und Luftgehaltes bei der Entnahme der Bodenprobe im Zustande der ursprünglichen Lagerung. Die physikalische Beschaffenheit ist in diesem Falle im ganzen Bodenprofil zu ermitteln und auch durch die Ergebnisse der betreffenden mechanischen Analysen zu ergänzen. Die Verzeichnisse über die Sondiederung und die Ergebnisse der Analyse der Bodenproben erleichtern die Zusammenstellung einer pedologischen Karte des Meliorationsgebietes (nach dem Entwurf Professor Kopecký's), aus welcher die flächenmässige Verbreitung der einzelnen Bodentypen und der Gebiete gleicher Drainentfernung und Draintiefe klar hervorgehen.

Ueber den pedologischen Befund draussen im Felde ist ein eigenes Verzeichnis nach den einzelnen Sonden zu führen. Nach entsprechender Vergleichung der makroskopischen Klassifikation bei der Sondierung mit der Klassifikation auf Grund der mechanischen Analyse ist dieser ausführliche Ausweis über die Sondierung dem Projekte beizulegen.

Die durchgeführten, ordentlich pedologisch klassifizierten mechanischen Analysen werden in den Ausweis über die mechanischen Bodenanalysen eingetragen, der gemeinsam mit dem vorhergenannten Ausweis eine Beilage des pedologischen Elaborates bildet. Dieses ist ein intergrierender Bestandteil des technischen Berichtes zum Projekte und enthält für Entwässerungsprojekte: Das Protokoll über die Felderhebungen mit dem Sondierungsausweis, das Protokoll über die Laboratoriumsarbeiten mit dem Ausweis über die mechanische Bodenanalyse und dem Antrage für die Tiefe und Entfernung der Drains, den pedologisch-hydrologischen Bericht, eine Situation des Meliorationsgeländes mit einer pedologischen Karte, in welcher die Lage der Sonden eingetragen ist und die einzelnen Bodentypen abgegrenzt sind, und ev. eine Skizze der generellen pedologisch-hydrologischen Profile.

C. Wahl der Draintiefen.

Da eine ordentliche Wirkung der Bodenentwässerung mittels Drainage von der richtigen Auswahl der Saugdraintiefe und von der genauen Bestimmung der Entfernung abhängt, ist die Draintiefe so zu wählen, dass die Abführung des überschüssigen Wassers aus dem Boden so rasch und vollständig als möglich erreicht wird. Zum Unterschied von den anderwärts für alle Böden sowie wirtschaftliche und klimatische Verhältnisse eingeführten Normaltiefen, einigte sich die «Čsl. Sektion der internationalen Subkommission für die Anwendung der Pedologie in der Kulturtechnik» auf Tiefen von 0.8 m bis 1.50, m, wobei die Tiefe von 0.80 bis 1.00 m als seicht, die Tiefe von 1 m bis 1.20 m als mittel und die Tiefe von 1.20 bis 1.40 m max. 1.50 m) als gross gilt.

Die Anwendung dieser Tiefen ist nicht nur durch die verschiedenen Bodenverhältnisse bedingt, sondern auch durch wirtschaftliche und klimatische Einflüsse neben den Ursachen der Versumpfung und dem Zwecke, der durch die Entwässerung erreicht werden soll. Von den landwirtschaftlichen Verhältnissen hängt die Tiefe insofern ab, als bei tiefwurzelnden Pflanzen und stechbarem Bodenuntergrund die Tiefe bis max. 1.50 m zu wählen ist. Für flachwurzelnde Pflanzen kann die Tiefe entsprechend vermindert werden.

Bei den klimatischen Verhältnissen kommt die Menge der atmosphärischen Niederschläge im Verhältnis zur Verdunstung in Betracht. In Ländern, die arm an Niederschlag sind (in unseren Gegenden unter etwa 600 mm jährlich in einem normal feuchtem Jahr), empfiehlt sich tiefere Drainage, damit die Pflanzen die natürliche, in einem grösseren Bodenprofil kapillar zurückgehaltene Feuchtigkeit zur Verfügung haben. Hier handelt es sich in der Regel um Ableitung der Grundwässer oder um Lockerung einer mächtigeren Bodenschicht. In niederschlagsreichen Gebieten (über etwa 600 mm) empfiehlt sich die Anwendung seichterer Drainage, weil es sich da in der Regel um rasche Ableitung des die Böden überstättigenden Niederschlagswassers handelt.

Die Draintiefe ist auch nach der Meereshöhe des Meliorationsgebietes zu wählen, denn von ihr hängen in unseren Gegenden die Witterungsverhältnisse ab, die durch die Menge der atmosphärischen Niederschläge, Temperatur, Verdunstung, Dauer der Vegetationsperiode usw. charakterisiert werden. In niederen Lagen (unter 450 m über dem Meere) mit langer Vegetationszeit und kleineren atmosphärischen Niederschlägen bei stärkerer Verdunstung des Wassers aus dem Boden ist der Zweck der Entwässerung nicht nur, das überschüssige Wasser zeitig im Frühjahre aus dem Boden abzuführen, sondern auch die Winterfeuchte mit Hilfe der Wasserkapazität der tieferen Schichten für die Sommermonate aufzustappeln. Es erweist sich also hier die tiefere Drainage bis 1.50 m als vorteilhafter. In höheren Lagen (über 450 m) mit kühlerem Klima, kürzerer Vegetationszeit, reichlicheren Niederschlägen und geringerer Verdunstung (bei der Kultur flachwurzelnder Pflanzen) ist eine seichtere Drainage vorteilhafter, da hier der Zweck der Entwässerung darin besteht, im Frühjahre das überschüssige Wasser so rasch als möglich abzuführen, um die Vegetationszeit zu verlängern und die Ackerkrume in der Zeit der grossen Sommerniederschläge trocken zu legen.

Die Wirkung des Frostes reicht in unsern Gegenden nicht in eine solche Tiefe, und ausserdem führen die Röhren bei Frost nie im ganzen Profil Wasser, so dass sie auch bei seichterer Drainage nicht beschädigt werden können. Die Verwachsung der Röhren ist durch das in ihnen ständig fliessende Wasser und durch die Schlammablagerungen infolge geringen Gefälles der Drains bedingt.

Der Hauptfaktor bei der Wahl der Tiefe sind die festgestellten Bodenverhältnisse, wobei das ganze für die Vegetation wirksame Bodenprofil hinsichtlich seiner mechanischen Zusammensetzung, seiner physikalischen Beschaffenheit und seines Gehaltes an Pflanzennährstoffen in Betracht zu ziehen ist. Es kommen hiebei in Betracht: Gehalt und Form der Eisenverbindungen, Gehalt an Kalk, Humus, gröberen Bestandteilen usw.

Es empfiehlt sich nicht, die Drainage übermässig (über 1.50 m) tief zu machen, um z. B. eine stark kalkhaltige Schicht (Mergelschicht) zu erreichen, da in einem

so tiefen Profil die Wurzeln genügende Mengen dieses Nährstoffes finden. Desgleichen ist es nicht zweckmässig, die Drainage in eine Schicht sehr schweren, undurchlässigen Tonbodens (sofern sie tiefer als 0.80 bis 1.00 m ist) einzuschneiden, weil der Abzug des überschüssigen Wassers zum Drain von der oberen Kante des undurchlässigen Materials oberhalb der tiefer eingelassenen Drainage abhängig ist, so dass die vergrösserte Tiefe keinen wesentlichen Einfluss auf die Wirkung des Drains hat (verlorene Tiefe). Bei felsigem, grobkörnigem Untergrunde, bei welchem auf einer festeren Unterlage eine durchlässige Schicht felsiger Verwitterungsprodukte liegt, ist es ebenfalls nicht notwendig, die Drainage tiefer in diese Verwitterungsprodukte einzuschneiden. Eine Tiefe von 1.00 m, besonders in höheren, hängigen Lagen, genügt zu Ableitung des Oberflächenwassers; in den festeren Untergrund wird eine Einlassung von höchstens 10 cm empfohlen, nur um die Röhren sicher einzubetten.

Für die einzelnen Bodentypen wird folgende Tiefe der Saugdrains empfohlen:

a) In fruchtbaren, lockeren Böden, bei denen neben der Frage der Entwässerung auch die Vertiefung der Kulturschicht und die Aufspeicherung der Feuchtigkeit in einem grösseren Bodenprofil in Betracht kommt, also in niedrigeren Lagen mit günstigsten wirtschaftlichen Verhältnissen (Rübenkultur) ist tiefe Drainage, (bis 1.40 m, max. 1.50 m) zu wählen.

b) In Lagen mit nährstoffarmem, unfruchtbarem Untergrunde (in der Regel stark eisenhaltig, nicht durchlüftet und fest gelagert, in welchen die Wurzeln infolge Mangels an Luft und Nährstoffen schwer eindringen), in denen also die Vertiefung der Kulturschichte nicht ins Gewicht fällt, ist eine mittlere Drainage zu wählen (1.00 bis 1.20 m). In diesem Falle herrscht die entwässernde und durchlüftende Wirkung vor.

c) In Lagen mit sehr schweren Böden, wo häufig gleich unter der bindigen Ackerkrume undurchlässiger Ton auftritt und die Versumpfung durch Oberflächenwasser (Niederschlagswasser) hervorgerufen wird, bei denen es also auf rasche Entwässerung und Trockenlegung der oberen Schicht ankommt, ist seichte Drainage anzuwenden (0.80 m bis 1.00). Die Draintiefe ist hier von der Mächtigkeit der tonigen Schicht über dem Drain abhängig, insbesondere wenn die Ackerkrume sehr zäh und bindig ist. Zweck der Entwässerung ist bei diesen Böden, durch rasche Ableitung des übermässigen Wassers aus den oberen Bodenschichten und stärkere Durchlüftung der Ackerkrume die Kolloidbestandteile des Bodens in der Krümelstruktur auszufällen, wodurch das grosse Wasserhaltungsvermögen der tonigen Schichten wesentlich vermindert und das Volumen der durchlässigen, nicht kapillaren Poren vergrössert wird; die Krümelung der Ackerkrume wird durch gleichzeitige Anwendung gebrannten Kalkes, auf die rauhe Furche im Winter gegeben, beschleunigt. Die Undurchlässigkeit der tonigen Untergrundschichten verhindert ein tieferes Eindringen der Wurzeln und damit auch die Gefahr des Verwachsens der Röhren

d) seichte Drainage ist auch in Primärböden mit seichtem, felsigem Untergrunde zu empfehlen, besonders in höheren, hängigen und wenig fruchtbaren Lagen, wo es sich bei reichlichen atmosphärischen Niederschlägen immer um rasche Abführung des Oberflächenwassers behufs Verlängerung der Vegetationszeit im Frühjahr und Herbst handelt. Die Kultur flachwurzelnder Pflanzen in diesen höheren Lagen setzt die Gefahr des Verwachsens der Röhren stark herab.

Die Tiefe der Drainage mus auch nach der physikalischen Beschaffenheit der

Untergrundschicht und deren Eignung zur Krümelung beurteilt werden, weil durch diese sich die Struktur des Bodens wesentlich verbessert und der Boden für Wasser und Luft durchlässiger wird. In diesem Falle kann die Drainage auch tiefer als im entgegengesetzten Fane gewählt werden. Die Krümelung des Bodenuntergrundes wird durch einen höheren Gehalt an Kalk und lehmigem Staub (II. Kategorie der mechanischen Analyse), beschleunigt, hingegen durch einen bedeutenden Gehalt an Eisen, Humus (schwarzen Tonboden) und physikalischem Ton (bei hohem Gehalt der I. Kategorie der mechanischen Analyse und sehr spärlichem Gehalt an Bestandteilen der II. Kategorie) verlangsamt und erschwert.

Bei der Wahl der Draintiefe müssen alle angeführten Umstände erwogen und im Bericht begründet werden.

D. Bestimmung der Drainentfernung.

Die Entfernung der Saugdrains ist mit Rücksicht auf die gewählte Tiefe derart zu bestimmen, dass durch die Entwässerung eine rasche, rechtzeitige und gleichmässige Abführung des übermässigen Wassers aus dem Boden, sowie eine hinreichende Durchlüftung, Oxydierung und Lockernng der tieferen Bodenschicht erzielt wird.

Die Entfernung des Drains ist von vielen Faktoren abhängig, von denen manche im positiven Sinne für eine grössere Entfernung und schütterere Drainage, andere im negativen Sinne für eine kleinere Entfernung und dichtere Drainage wirken. Bei Festlegung der Drains müssen alle Umstände erwogen werden, und die Entfernung ist als resultierende der positiven und negativen Einflüsse zu ermitteln, wodurch jedenfalls die richtigste Entfernung der Drains unter den gegebenen Verhältnissen erzielt wird.

Inwieweit die natürlichen Faktoren, in erster Reihe die klimatischen Verhältnisse auf den Grad der Entwässerung Einfluss haben, wurde bereits bei den Draintiefen erwähnt, Bei der Bestimmung der Drainentfernung ist insbesondere zu erwägen :

1) die gewählte Draintiefe derart, dass die Entfernung als Funktion der Draintiefe anzusehen ist (einer geringeren Tiefe entspricht eine geringere Entfernung und umgekehrt) ;

2) die Bodenverhältnisse u. zw.

a) die Herkunft des Bodens, die sich dadurch äussert, dass Primärböden in der Regel fester gelagert und undurchlässiger sind als angeschwemmte. Desgleichen ist die Ausbildung des Bodentypes in der Tiefe zu verfolgen, denn die oberen Bodenschichten sind infolge Auswaschung an feinen Teilchen verarmt, während die unteren Schichten an solchen angereichert sind, wodurch diese bedeutend dichter, schwerer und undurchlässiger werden. In unseren Gegenden tritt diese angereicherte, undurchlässige Schicht in der Regel in einer Tiefe von 0.70 m - 1.00 m auf, in welcher der Boden einen bedeutend grösseren Gehalt an abschlemmbaren Teilchen und Pflanzennährstoffen (Kalk, Phosphorsäure, Eisen, Tonerde usw.) bei auffallend kleiner Gesamtporosität aufweist. Sehr scharf tritt sie insbesondere in Lagen mit sehr schweren Böden auf.

b) die Schichtung der Böden, die im ganzen für die Vegetation wirksamen Profil in Betracht zu ziehen ist ;

c) die mechanische Zusammensetzung der einzelnen Bodenschichten, welche eine relative Beurteilung ihrer physikalischen Beschaffenheit, hauptsächlich der Durchlässigkeit, ermöglicht. Für die Ermittlung der Saugdrainentfernung ist die mechanische Analyse der massgebenden Schicht entscheidend, für welche man betrachten kann :

α) bei homogener Lagerung eines und desselben Bodenmaterials eine Schicht bis zur Tiefe von 0.40 bis 1.00 m, je nach der gewählten Tiefe des Drains (bei tieferer Drainage die Probe aus grösserer Tiefe) ;

β) bei verschiedenartiger Lagerung und bei einem Wechsel der Schichten, sowie bei lockerer Ackerkrume die einzelnen Schichten von 0.40 bis zur Tiefe des Drains (Proben aus der Sohle des künftigen Draingrabens kommen für die Bestimmung der Drainentfernung nicht in Betracht).

γ) bei schwerer, bindiger Ackerkrume und undurchlässiger Unterlage (bis zur Tiefe von 0.4 m) ist auch auf diese Schichten Rücksicht zu nehmen.

Bei der Beurteilung des Charakters und der physikalischen Beschaffenheit der Böden auf Grund der Daten der mechanischen Analyse ist für die Bestimmung der Drainentfernung der Gehalt an feinen abschlämmbaren Teilchen, Körnern unter 0.01 mm Durchmesser (I. Kategorie der mechanischen Analyse) am wichtigsten, da diese ein Bild von der Bindigkeit, Kohäsion und Zähigkeit des Bodens geben. Ein grösserer Gehalt an solchen Teilchen macht den Boden in der Regel weniger durchlässig und bedingt eine dichtere Drainage. Unter diesen Bestandteilen sind die feinsten Bodenteilchen (Kolloide) vertreten und die Tonteilchen, welche mit den vorhergehenden den sogenannten physikalischen Ton bilden, und weiter noch die tonigen Bestandteile. Diese sämtlichen Arten der feinen Partikelchen wirken im negativen Sinne, da sie die Undurchlässigkeit des Bodens vergrössern. Von den Kolloiden sind hauptsächlich Ton, Eisenhydroxyd, Humus und Kieselsäure in Betracht zu ziehen. Gegen ihre verkittende Wirkung arbeiten die atmosphärischen Einflüsse : Trockenheit, Wärme, Frost, Niederschlagsmangel, rasche Austrocknung, sowie die Bodentätigkeit durch den Einfluss der Wirksamkeit der Bodenbakterien. In schweren Lagen mit hohem Gehalt an Kolloidbestandteilen des Bodens ist der Wassergehalt radikal zu vermindern, damit sie nicht so leicht aufquellen können und damit die Nährstofflösungen konzentrierter werden. Dadurch werden die Kolloide leichter gesättigt, sodass sie in Flocken ausgefällt werden, der Boden geht in krümelige, lockerere Struktur über. Dies kann durch seichte und verhältnismässig dichte Drainage erzielt werden.

Feuchtere Lagen mit grösseren atmosphärischen Niederschlägen, wo diese die Verdunstung aus dem Boden übersteigen (humides Gebiet), weisen bei übermässiger Feuchtigkeit die Kolloide in einem sehr ungünstigen Zustande auf. Infolge ihrer unvollständigen Sättigung ist die Ackerkrume zumeist in Einzelkonstruktur und die Untergrundschichten sind sehr undurchlässig. Bei niedrigerer Temperatur und schwächerer Verdunstung erfordern diese Böden immer eine intensivere Entwässerung als dieselben Böden in trockeneren Gegenden, wo die Verdunstung die Niederschläge übersteigt (arides Gebiet).

Der lehmige Staub (II. Kategorie der mechanischen Analyse) ist ein Kennzeichen der Lockerheit, grösserer Porosität und besserer Durchlässigkeit des Bodens ; in angemessener Menge vertreten, wirkt er in positivem Sinne auf die Entfernung der

Drainage. Für die Durchlässigkeit ist der Unterschied zwischen der Kategorie I und II massgebend ; je grösser der Unterschied ist, desto undurchlässiger ist der Boden.

Staubsand (Kategorie III) und grober Sand (Kategorie IV, der mechanischen Analyse), wirken in der Regel ebenfalls im positiven Sinne. Im Verein mit dem physikalischen Ton (bei unbedeutendem Inhalt der Kategorie II) und durch Eisenverbindungen bildet er jedoch lehmig-sandige und sandig-lehmige Bodenarten mit sehr ungünstigen physikalischen Eigenschaften.

Die gröberen Teilchen (über 2 mm Durchmesser) wirken in grobkörnigen Böden positiv. In tonigen und lehmigen Böden tragen sie nicht zu Erhöhung der Durchlässigkeit bei, denn sie vermindern das gesamte Porenvolumen. Ebenfalls ein grösserer Gehalt an Glimmersplittern bewirkt eine Verdichtung und vermindert die Porosität.

Von der übrigen bodenbildenden Faktoren wirkt ein Gehalt an Kalk günstig auf die Durchlässigkeitsverhältnisse, wenn er in Form von Karbonaten vertreten ist. Seine Wirkung auf die Lockerheit, leichtere Verwitterung und Durchlüftung ist umso grösser, je mehr er im Boden vertreten ist. Bei den mergeligen Böden ist besonders bei grösserem Gehalt an kohlensaurem Kalk auch sein Verhältnis zum Gehalt an feinsten, abschlemmbaren Teilchen ins Auge zu fassen, denn er hat einen grossen Einfluss auf die Abschwächung der Wirkung des physikalischen Tons, der Kolloide und Eisenverbindungen, indem er eine Krümelung des Bodens herbeiführt (positiver Faktor).

Einen wesentlichen Einfluss auf die physikalische Beschaffenheit der Böden und damit auf die Durchlässigkeitverhältnisse haben die Verbindungen des Eisens, insbesondere wenn sie in Form von Flecken, Einschlüssen, Streifen usw. auftreten, die durch Eisenhydroxyd herbeigeführt werden. In feuchten, nicht durchlüfteten und nassen Lagen tritt es in kolloidem Zustande auf ; durch Austrocknen wird es ausgefällt und verbindet sich mit dem Ton zu einem festen wie zusammengebackenen Material. Eine andere schädliche Eisenverbindung im Boden ist das Eisenoxyd in nicht durchlüfteten Lagen. Die Eisenverbindungen wirken auch in sandigen Böden ungünstig auf die Durchlässigkeit, in dem sie diese durch Bildung oft stark verkitteter Schichten im tieferen Untergrunde bedeutend herabsetzen ; sie müssen als negativer Faktor bezeichnet werden.

Ein anderer wichtiger Faktor im Boden ist der Humus, der den Boden durch dunkle bis schwarze Schattierungen färbt ; in durchlüfteten, oxydierten und nicht durchnässten Böden tritt sogenannter guter oder absorbtiv gesättigter Humus auf ; er macht leichte Böden bindiger und schwere Böden milder. In diesem Zustande wirkt er im positiven Sinne. In durchnässten, nicht durchlüfteten schweren Böden in Lagen mit hohem Grundwasserstande zeigt sich sogenannter saurer, absorbtiv ungesättigter Humus, dessen Entstehung und weitere Reduktion durch Entwässerung und Durchlüftung des Bodens mittels Drainage einzuschränken ist ; diese saure Form des Humus ist als negativer, die Drainierung verdichtender Faktor anzusehen.

3) Die Neigung des Geländes macht sich in der Grösse der Entfernung der Querdrainage je nach der Beschaffenheit und Zusammensetzung des Bodens geltend. Ein relativ kleinerer Einfluss entsteht bei schweren Böden, eine stärkere Wirkung zeigt sich bei durchlässigeren Böden dadurch, dass bei grösserem Gefälle des Geländes die Drains wesentlich auseinander gerückt werden können. Bei grösserem Gefälle kommt in dieser Richtung schon eine verhältnismässig schwache, zwischen den zäheren Schichten gelagerte Sandschichte zur Geltung. Neben dem Gefälle des Geländes ist auch die Neigung und Wellung der undurchlässigen Untergrundschichten in Betracht zu zühen.

4) Ein hoher Grundwasserstand erfordert eine intensivere Entwässerung mittels dichterer Drainage. Nach Abfangung des fremden, aus den Hängen zufliessenden Grundwassers durch Fangdrains kann das Talgelände schütterer drainiert werden. Das Inundationsgebiet, in dem mit zeitweiligen Ueberschwemmungen gerechnet werden muss, verträgt eine verhältnismässig dichtere Drainage.

Dr. Ing. R. JANOTA, *Prague (Tchécoslovaquie)*. **Extrait du projet d'organisation des travaux pédologiques visant l'amélioration du sol.**

RÉSUMÉ.

Si on veut exécuter rationnellement des travaux d'amélioration, on doit posséder une parfaite connaissance du sol non seulement quant à ses qualités mécaniques et physiques, mais encore en ce qui concerne le contenu des substances alimentaires et les influences météorologiques sur le terrain. Il faut donc éxiger tout d'abord, que tous les projets touchant l'amélioration du sol et subventionnés des fonds publics, s'appuient sur une base solide de connaissances pédologiques et hydrologiques, acquises par des recherches spéciales faites dans le terrain d'amélioration. Il est aussi nécessaire de tenir compte de tous les résultats obtenus par les travaux précédents, qui pourraient être d'importance pour les futures dispositions. Les recherches doivent être faites, autant que possible, méthodiquement, pour faciliter la comparaison des résultats.

En vertu des expériences acquises au cours de longues années par les recherches pédologiques, les membres de la Section tchécoslovaque de la sous-commission internationale pour l'étude des applications de la pédologie aux travaux de l'hydraulique agricole, ont établi les principes qui doivent servir de base à l'organisation des travaux pédologiques et des projets d'amélioration. Ces principes ont été recommandés à l'application générale dans la République Tchécoslovaque.

Tout en faisant les recherches détaillées sur le terrain d'amélioration, le pédologue sonde la nature du sol, prend des échantillons du sol destinés à l'analyse et poursuit ses travaux de manière que ses efforts mettent en évidence l'origine, le gisement et l'étendue de différentes sortes du terrain.

Les travaux du laboratoire exigent, vu que les analyses doivent être collectives, l'application d'une méthode facile à exécuter et rapide, présentant avec assez d'exactitude les résultats pratiquement bien utilisables. On a trouvé cette méthode dans l'analyse mécanique du sol par l'appareil à laver de KOPECKÝ ; en se servant de cet appareil on a déjà fait, en Tchécoslovaquie, 40.000 analyses d'échantillons du sol, établissant les différentes catégories du sol et indiquant en pourcents sa composition mécanique. La classification basée sur l'analyse mécanique doit être complétée par l'indication de différentes sortes du sol quant au contenu de terre végétale (matière noire) et de fer, ce qu'on évalue, et de chaux dont on établit la quantité en fixant celle de chaux carbonique (méthode MOHR-GEISSLER).

En cas de nécessité particulière (observations expérimentales d'amélioration) on doit procéder à l'établissement du vrai état physique du sol par l'analyse physique d'après la méthode de KOPECKÝ, ce qui se fait à l'aide de simples petits tourets d'acier, aiguisés au dehors, comptant 55-60 mm. de jour et 100 cm³ de volume.

Il importe d'établir en même temps l'état physique non seulement de la couche de terre qui nous intéresse spécialement au point de vue d'amélioration, mais aussi de toute la coupe du terrain.

En vertu des recherches d'amélioration faites dehors et basées sur les résultats des analyses du sol on peut tracer une carte pédologique du territoire d'amélioration qui nous fait voir clairement l'étendue des différentes couches. L'ensemble des résultats de tous les travaux faits dehors et de ceux qu'on a faits au laboratoire est la partie intégrante du projet ; il comprend, lorsqu'il s'agit des projets de drainage, aussi la proposition du pédologue concernant la profondeur et la distance des drains.

1) La profondeur des drains doit être telle que le drainage se fasse vite et soit exécuté complètement. En considération des circonstances du sol, des conditions météorologiques et économiques de la République Tchécosclovaque, la Section tchécoslovaque a recommandé la profondeur des drains de 0,80-1,50 m. ; celle de 0,80-1,0 m. est considérée comme peu profonde, celle 1,0-1,20 m. comme moyenne, de 1,20-1,40 (max. 1,50 m.) comme profonde. La profondeur doit se régler d'après les circonstances économiques, car il importe de tenir compte des plantes poussant leurs racines très profondément, des circonstances climatiques, celles de l'altitude à l'égard des quantités des pluies tombées et sa relation à l'exhalaison, à la période de végétation, à la température etc.

Dans les régions de moindre hauteur, pauvres en pluies tombées (au dessous de 600 mm.), les drains plus profonds conviennent mieux, ils sont plus convenables à ramasser et à retenir l'humidité naturelle des couches plus basses. Dans les contrées plus élevées, plus riches en pluies tombées, au climat plus âpre et avec la période de végétation plus courte, les drains moins profonds et moyens sont préférables. Il n'est pas à craindre que les profondeurs proposées puissent faire souffrir par le froid les conduits dans nos régions. La profondeur des drains dépend en premier lieu de la nature du sol.

On propose les profondeurs suivantes :

a) Les sols féconds et légers, dont le sous-sol contient une quantité considérable des substances alimentaires et où, à côté de la question de drainage, il entre en considération la nécessité de retenir l'humidité dans un plus grand profil de terrain et il faut choisir le drain profond, 1,20-1,40 (max. 1,50 m.).

b) Dans les contrées dont le sous-sol est stérile, pauvre en substances alimentaires, fortement ferrugineux et non aéré, dans lequel les racines ne s'enfoncent que très difficilement, il convient de choisir les drains moyens 1,0-1,20 m.

c) Dans les régions au sol très lourd, dont l'humidité provient des pluies tombées et où il importe de drainer et de dessécher au plus vite, il faut choisir les drains moins profonds 0,80-1,0 m.

On propose les mêmes drains pour les régions au sol primaire dont le sous-sol est rocailleux, notamment dans les contrées plus élevées et plus riches en pluies tombées.

2) La distance (l'éloignement) des drains dépend de plusieurs circonstances. Elle doit être considérée comme fonction de la profondeur des drains que l'on a choisie, indiquant à la fois l'influence des circonstances climatiques et économiques. Elle est à déterminer d'après la nature du sol quant à l'origine, la stratification et la formation des différentes sortes du sol sous l'influence des circonstances

climatiques. On prend ici pour base la composition des particules fines et transportables constatées par l'analyse mécanique de l'échantillon du sol de la couche importante pour telle ou telle manière d'amélioration. En ce qui concerne les particules fines du sol, il faut bien tenir compte du contenu d'argile physique et des particules colloïdales. A côté du contenu de chaux, de fer et de terre végétale (matière noire), il faut aussi prendre en considération les autres catégories de l'analyse mécanique. Dans les contrées au sol du même caractère, il importe de connaître surtout la couche dans la profondeur de 0,60-1,0 m. ; cette couche présente le rehaussement remarquable du contenu en particules fines, empiré par l'état physique.

Quant aux sols lourds, la déclivité de la surface du territoire à améliorer n'influence l'agrandissement de la distance des drains obliques que peu considérablement ; son influence sur le sol dont la perméabilité est moyenne, est déjà remarquable et elle est assez grande dans les sols très perméables.

La carte pédologique du territoire à améliorer facilite les travaux du technicien faisant des projets et il lui est aussi possible de limiter les territoires de la même profondeur et de la même distance.

Dr. Ing. R. JANOTA, *Prague* (*Tchécoslovaquie*). **Extract from Scheme of Organisation of Scientific Work from the Standpoint of Soil Improvement.**

ABSTRACT.

Extract from " Scheme of organisation of scientific work from the standpoint of soil improvement ».

If it is intended to execute work relative to soil improvement in a scientific manner, it is desirable to possess a complete knowledge of soil conditions, not only with reference to mechanical and physical properties, but also as regards the proportion of nutritive substances and the effect of meteorological conditions on soil formation. It should therefore be considered essential that all projects dealing with soil improvement and dependant on State subsidies, should be based on a thorough knowledge of soil science and hydrology, acquired through special research carried out on the land. It is equally essential that careful note be taken of all preceding results likely to have an important bearing on future work. As far as possible experiments should be made in a methodical manner in order to assist comparison of results.

Based on the experience of many years of study members of the Tcheko-Slovakia section of the International sub-Committee for the study of soil science as applied to agricultural hydraulics, have established the principles which should serve as a basis in the organisation of soil investigation and improvement schemes. These principles have been recommended for general use in Tcheko-Slovakia.

For detailed work the first step should be to ascertain the nature of the soil, to take samples for analysis and continue the investigation in order to ascertain the origin, mineral content and the extent of the different soil types.

The laboratory work, taken from the collective standpoint, should be limited at a simple and rapid method which will give accurate results of practical importance.

The KOPECKÝ apparatus for mechanical analyses may be quoted as an example, and in Tcheko-Slovakia this has been used for as many as 40 000 analyses of soil samples — indicating the different soil categories and the mechanical composition. Classification based on mechanical analysis should be completed by identification

of various types of soil with reference to humus and iron content, and also of lime (MOHR-GEISSLER method).

In certain cases, a thorough physical analysis should be made, using the KOPECKÝ method.

It is important to determine the physical nature not only of the soil layer with which we are concerned from the point of view of soil improvement, but also of the whole area.

Based on the results obtained both in the field and in the laboratory, a soil chart should be drawn to indicate the arrangement of the different soil layers. It is essential that results obtained, both in the laboratory and outside, be considered as a whole. This holds good also in drainage projects and the suggestions of the soil scientist concerning depth and length of drains.

1) The depth of the drains should be such that the drainage is both quick and effective. Taking into account soil conditions, and existing meteorologic and economic conditions in Tcheko-Slovakia, 0.80-1.50 m. has been recommended as a suitable depth; 0.80-1.0 m. is considered fairly deep; 1.0-1.20 medium; 1.20-1.40 maximum. Due attention should be given to plant habits e. g. plants with a deep rooting system, and climatic influence such as rainfall, temperature, growth period, etc.

In low-lying areas with a low rainfall (below 600 mm.). the drains should be placed deeper, to assist conservation of the natural humidity in the deeper layers of the soil. In higher districts with more rainfall, a colder climate and shorter vegetative period, the drains should be less deep.

There is no reason to believe that the depths proposed are liable to frost damage in the regions concerned. The level of the drain, depends in the first place on the nature of the soil.

The following depths are suggested:—

a) On fertile and light soils with a subsoil containing a high proportion of nutritive substances, and where, quite apart from the question of drainage, conservation of humidity over a wide area is important, the drain level should be 1.20-2.40, max. 1.50 m.

b) In districts where the subsoil is sterile, lacking in nutritive substances, ferruginous and badly aerated, and where the roots penetrate with difficulty, it is well to place the drains at a level 1.0-1.20 m.

c) On very heavy soils where it is necessary to drain and dry the soil more quickly, the drain level should not exceed 0.80-1.0 m. The same depth of drains is recommended in the case of primary soils with a gravel subsoil especially in higher districts and where there is a heavy rainfall.

2) The distance apart of the drains depends on various circumstances. When deciding on the depth at which drains should be placed, climatic and economic conditions must be considered. The nature of the soil, origin, stratification and formation must necessarily be ascertained, based on the composition of the fine particles as determined by mechanical analyses. With reference to the fine particles, due attention should be given to the physical nature of the clay and colloids. Apart from the lime, iron and humus content, the other categories of mechanical analysis should be considered in localities where the soil types are similar; it is especially important to ascertain the properties of the soil layer at a depth of 0.6-1.0 m. This layer is remarkably rich in fine particles and is notable for its physical condition.

As regards heavy soils, the slope of the land has only a negligible effect on the arrangement of drains.

A soil map of the area to be improved will assist the expert in making his plans and will enable him to delimit areas requiring drains of the same depth and distance apart.

Prof. Dr. R. GANSSEN.

Geologische Landesanstalt, Berlin, Deutschland.

NEUE VORSCHLÄGE DER BODENMELIORATION.

Bei der Untersuchung von fruchtbaren Mineralböden, wie sie z. B. bei den Schwarzerdeböden Russlands, den Lössböden, den ariden Böden Nord-Amerikas und den nordwestdeutschen Marschböden vorliegen, hat sich gezeigt, dass sie einen hohen Gehalt an den durch Salzsäure zersetzlichen zeolithischen Bodenkolloiden (Verwitterungskomplex A. VAN BEMMELENS), besitzen; und zwar führen sie die letzteren in annährend neutralem, absortiv gesättigtem Zustande, der durch die Formulierung 3 und mehr Mol. SiO_2 zu 1Mol. Al_2O_3 zu 1 Mol. Base gekennzeichnet wird.

Bei einer Meliorierung wird man somit mit Rücksicht hierauf auch bedacht sein müssen, den Gehalt an zeolithischen Kolloiden in seinem Bestande zu sichern, bzw. zu vermehren.

Wir erhalten uns dadurch nicht nur den Gehalt an leicht assimilierbaren Nährstoffbasen, sondern auch an P_2O_5, der auf der ungeheuer grossen Oberfläche der zeolithischen Kolloide, infolge Umsetzung mit deren Kalk, als Di- oder Tri-Phosphat in feinster Form niedergeschlagen wird. So berichtet HILGARD, dass selbst geringe Mengen an P_2O_5 in den an zeolithischen Kolloiden reichen, ariden Böden Nord-Amerikas leicht den Bedarf der Ernten decken.

Von den drei Bestandteilen der zeolithischen Kolloide - SiO_2, Al_2O_3, Basen- ist bei den bisher üblichen Meliorationen hauptsächlich nur der Ersatz der Basen berücksichtigt, indem man durch Zufuhr von kalkhaltigen Düngemitteln und Mergeln den Gehalt an Basen und damit den absorptiv gesättigten Zustand des Bodens auf der wünschenswerten Höhe erhielt. Es ist aber nicht minder wichtig, dass auch der Gehalt an den hydratischen Gelen der SiO_2 und Al_2O_3 bei den Meliorationen bessere Beachtung findet. Bezüglich der SiO_2 auch aus dem Grunde, weil LEMMERMANN durch seine Versuche die ungemein wichtige Tatsache festgestellt hat, dass die freien SiO_2-Gele die P_2O_5 zum Teil zu ersetzen vermögen.

Bei der humiden als auch bei der semiariden Verwitterung der gemässigten und heissen Zonen gehen mehr oder weniger grosse Teile der SiO_2 und der Basen des zeolithischen Verwitterungssilikates durch Auswaschung verloren. Da nun aber die zurückbleibende Tonerde nur dann ein Mol Base zu binden vermag, wenn sie selbst durch mindestens 3 Mol SiO_2 gebunden ist, bzw. mit 3 Mol SiO_2 innigst gemischt ist, so werden dem Boden SiO_2-Hydratgele zugeführt werden müssen, damit die zeolithischen Kolloide nicht an Basen verarmen.

Die SiO_2-Hydratgabe wird man auch durch feinste SiO_2-reiche Sande ersetzen können, man wird dann allerdings mit einer langsameren Wirkung rechnen müssen.

Ist der SiO_2-arme Boden neutral, so ist die Zugabe eines Bodens mit SiO_2-reichem Verwitterungssilikat empfehlenswert, bei *alkalischer* Reaktion des Bodens werden saure Verwitterungssilikate zuzugeben sein, bei *saurer* Reaktion ausserdem noch kalkhaltige Stoffe.

Bei Al_2O_3-armen, *alkalischen* Böden mit geringem SiO_2-Gehalt, wie sie bei der Verwitterung von SiO_2-armen, basischen Muttergesteinen entstehen, werden wir unter gleichzeitiger Gabe von SiO_2-reichen Verwitterungssilikaten tonerdereiche Verwitterungsböden verwenden, wie wir sie, in ihrer empfehlenswertesten Form, in lateritischen Böden vorfinden. Aber ebenso wirksam werden auch die SiO_2-reichen Podsolböden sein.

Bei Al_2O_3-Armut aber und bei höherem SiO_2-Gehalt im Verwitterungssilikat können die sauer reagierenden, SiO_2-ärmeren, jedoch Al_2O_3-reicheren Verwitterungssilikate dienen, wie wir sie in humiden Gebieten vorfinden.

Bei der bisherigen Form der Meliorierung alkalischer Böden vermittels der Salze anorganischer Säuren ($CaSO_4$ usw.) tritt der Nachteil ein, dass durch Umsetzung lösliche Alkalisalze in die Böden übergehen, die ebenfalls eine ungünstige Wirkung auf die Struktur der Bodenkolloide ausüben.

Dieser Uebelstand tritt bei der vorgeschlagenen Meliorationsart nicht ein. Der Ueberschuss an SiO_2- und Al_2O_3-Gelen bindet sowohl die Alkalibasen der Karbonate, als auch die der Sulfate und Chloride, die häufig neben den Karbonaten in Alkaliböden vorhanden sind. Die restierenden anorganischen Säuren, insbesondere die SO_3, werden in unlösliche basische Al- bezw. Fe-Salze übergeführt, sodass lösliche Alkalisalze nicht oder nur in geringerem Grade entstehen können.

Die Art der vorgeschlagenen Melioration dürfte nicht daran scheitern, dass sich zwei Bodenarten mit verschiedenem Gehalt an SiO_2- und Al_2O_3- Gelen nicht in wirtschaftlich genügender Nähe beieinander finden. Es ist zu bedenken und analytisch erwiesen, dass nach RAMANN nicht das Luftklima allein die Bodentypen erzeugt, sondern dass das Bodenklima, bzw. das Wasserfassungs- und Verdunstungsvermögen der Böden, einen ausschlaggebenden Anteil daran besitzen und dass weiter auch die Zusammensetzung des Muttergesteins die Reaktion und den Gehalt an SiO_2- und Al_2O_3- Gelen im Verwitterungssilikat bestimmt.

Der hauptsächlichste Vorteil der vorgeschlagenen Melioration der Alkaliböden vermittels der Zufuhr von hydratischen Gelen der SiO_2- und Al_2O_3 liegt somit darin, dass sie die löslichen, in alkalischen und neutralen Salzen gebundenen Alkalibasen in *wasserunlösliche* hydratische Tonerdesilikate d. h. in zeolithische Kolloide überführt, die die Fruchtbarkeit der Böden erhöhen.

Prof. Dr. R. GANSSEN, *Berlin (Allemagne)*. — **À propos des améliorations des terrains.**

De l'examen des sols minéraux fertiles, tels que le *tchernoziom* de Russie, le *loess*, les terrains arides de l'Amérique du Nord et les terrains marécageux de l'Allemagne nord-occidentale, il ressort qu'ils contiennent des pourcentages élevés

de colloïdes zéolithiques décomposables par l'acide chlorhydrique (complexe de désintégration de A. VAN BEMMELEN), parce que ces colloïdes sont presque neutres, saturés par absorption et indiqués par la formule : 3 et plus mol. SiO_2 pour 1 mol. Al_2O_3, pour 1 mol. de base.

Dans les cas d'amélioration du sol, il faut apporter l'attention au contenu des colloïdes zéolithiques et éventuellement augmenter ce contenu lui-même.

De cette manière, on ne conserve pas seulement les pourcentages de bases facilement assimilables des aliments, mais aussi le pourcentage de P_2O_5, qui précipite sur la surface énorme présentée par les colloïdes zéolithiques sous forme pulvérulente très fine, par suite de sa transformation en phosphate dicalcique et phosphate tricalcique, due à la chaux des zéolithes eux-mêmes. HILGARD rapporte que des quantités mêmes minimes de P_2O_5 dans les sols arides de l'Amérique du Nord qui se montrent si riches de colloïdes zéolithiques, suffit aux besoins des cultivations.

Jusqu'à présent, en ce qui concerne les méthodes d'amélioration du sol, on a pris en considération — des trois éléments des colloïdes zéolithiques : SiO_2, Al_2O_3, bases — seulement l'élément de substitution de ces bases, car, par l'administration au terrain d'engrais calcaires et de marne, on maintient le pourcentage des bases et, par cela, les conditions de saturation due à l'absorption, au degré désiré. Aussi il n'est pas moins important de faire un peu plus d'attention aux hydrogels de SiO_2 et Al_2O_3, et cela même par la raison — en ce qui concerne SiO_2 — que LEMMERMANN a établi le fait très important que les gels libres de SiO_2 peuvent partiellement substituer l'acide phosphorique.

En ce qui concerne la désagrégation humide et celle semi-aride, qui ont lieu dans les zones tempérées et torrides, des quantités plus ou moins grandes de SiO_2 et des bases des silicats de désagrégation zéolithique sont perdues par l'érosion. Et puisque considérant que l'alumine qui reste est capable de se combiner seulement avec une molécule de base, quand elle est déjà combinée avec trois autres mol. de SiO_2 ou mêlée intimément avec trois mol. de SiO_2, on doit ajouter au sol des hydrogels SiO_2, pour éviter qu'il s'appauvrisse en colloïdes zéolithiques.

On peut substituer les hydrogels SiO_2 par du sable très fin et riche en SiO_2 ; toutefois on obtient dans ce cas une action plus lente.

Si le sol pauvre en SiO_2 est neutre, on peut recommander l'addition de silicates de décomposition riches en SiO_2. Dans le cas de réaction alcaline, on devra ajouter des silicates acides et dans le cas de réaction acide il faudra en outre ajouter des substances calcaires.

Dans le cas de sols pauvres en Al_2O_3 et qui contiennent une quantité faible de SiO_2, comme c'est le cas dans la désagrégation des roches mères basiques, pauvres en SiO_2, on devra effectuer, en même temps que l'addition de silicates riches en SiO_2, l'addition de terre riche en alumine, ainsi qu'on la rencontre dans les terrains latéritiques. En tout cas, on aura une action efficace même de l'usage des *podsol* qui sont riches en SiO_2.

Dans le cas de silicates de désagrégation qui contiennent seulement une quantité faible de Al_2O_3, mais une quantité plus grande de SiO_2, on peut employer des silicates à réaction acide, contenant peu de SiO_2 et riches, au contraire, en Al_2O_3, ainsi qu'on les rencontre dans les sols humides.

La méthode employée jusqu'ici pour améliorer les terrains alcalins (addition de sels d'acides inorganiques, tels que $CaSO_4$, etc.) ne s'est pas démontrée utile, car les sels alcalins solubles pénètrent dans le sol à la suite de transformations et exercent une influence défavorable sur la structure des colloïdes du terrain.

On évite cet inconvénient en employant la méthode que nous avons décrite plus haut. L'excès de gels de Al_2O_3 et SiO_2 se combine soit avec les bases alcalines des carbonates, soit avec les bases alcalines des sulphates et des chlorures, qui sont même souvent présents dans le sol. Les autres acides organiques et principalement SO_3 sont réduits à des sels basiques insolubles de Al ou Fe et de cette manière il n'y a pas de formation de sels alcalins solubles ou du moins seulement en faible quantité.

Cette méthode d'amélioration des sols n'échouera pas par le fait que deux sols à contenu différent de gels Al_2O_3 et SiO_2 ne se trouvent assez réciproquement voisins au point de vue de l'économie agricole. On doit considérer le fait analytique établi que, d'après RAMANN, ce n'est pas seulement le climat atmosphérique qui produit les différents types de terrain, mais aussi le climat du sol, c'est-à-dire sa capacité hydrique et son pouvoir d'évaporation jouent un rôle décisif à cet égard.

En outre, c'est la composition de la roche mère qui détermine la reaction du terrain et les pourcentages des colloïdes SiO_2 et Al_2O_3 dans les silicates de désagrégation.

Ainsi le principal avantage de cette méthode d'amélioration des sols alcalins par l'addition des hydrogels de SiO_2 et Al_2O_3 consiste dans le fait qu'elle transforme les bases alcalines solubles combinées sous forme de sels alcalins ou neutres, en silicates d'alumine hydratés, insolubles dans l'eau, c'est-à-dire, en colloïdes zéolithiques, qui ont la propriété d'accroître la fertilité du sol.

Prof. Dr. R. GANSSEN, *Berlin (Germany)*. — **New Suggestions for the Amelioration of Soils.**

On examining fertile mineral soils as f. i. the Tschernosiom of Russia, the Löss-soil, the arid soil of North America, and the fens of North-West Germany, it became evident that they contain a high percentage of zeolitic colloids decomposable by muriatic acid (complex of disintegration of A. VAN BEMMELEN), these colloids being in an approximately neutral, absorptively saturated state characterised by the formulation 3 and more mol. SiO_2 to 1 mol. Al_2O_3 to 1 mol. base.

Thus in case of an amelioration, it will have to be our concern to secure the percentage of zeolitic colloids or to increase it respectively.

By doing that we do not only keep up the percentage of easily assimilable bases of nutrients but also that of P_2O_5, which settles down as diphosphate or triphosphate in a very fine form on the enormously large surface of the zeolitic colloids on account of conversion with lime. Thus HILGARD states that even small quantities of P_2O_5 in the arid soils of North America, which are so rich with zeolitic colloids, cover the wants of the crop.

As regards the methods of amelioration practised up to the present, of the three components of the zeolitic colloids — SiO_2, Al_2O_3, bases — only the substitute of the bases has been taken into consideration by feeding the earth with calcareous manure and mark, and thus causing the percentage of bases and accordingly the absorptively saturated condition of the soil to remain on the desired standard. It is hardly less important though to observe more extensively in connexion with amelioration the percentage of the hydrate-colloids of the SiO_2 and Al_2O_3. As regards SiO_2, chiefly for the reason that LEMMERMANN has by his experiments established the excessively important fact that the free SiO_2 colloids are able to partly replace the P_2O_5.

Regarding the humid as well as the semiarid disintegration of the temperate and torrid zones, smaller or larger parts of the SiO_2 and the bases of the zeolitic decomposition silicate are lost by arosion. But considering that the remaining alumina is only able to bind 1 mol. base if it is bound itself by at least 3 mol. SiO_2 or thoroughly mixed with 3 mol. SiO_2, SiO_2 hydrate colloids will have to be added to the ground in order to prevent the zeolitic colloids from becoming poor.

The addition of SiO_2 hydrate may be substituted by very fine SiO_2 sand rich in silicic acid, which, however, will take a slower effect.

If the soil containing little SiO_2 is neutral, it is advisable to add earth with a rich SiO_2 decomposition silicate. In case of alcaline reaction of the soil, sour decomposition silicates will have to be added and in case of sour reaction, calcareous substances besides.

In case of alcaline soils poor in Al_2O_3 and of a small percentage of SiO_2, as they result from the decomposition of basic gangues containing little SiO_2, we shall add decomposition silicates rich in SiO_2 and at the same time use decomposition-soil rich with alumina as they are found in a most commendable form in lateritic soils. But the " Podsol "-soils which are rich in SiO_2 will be just as effective.

In case of decomposition-silicates of but a small percentage of Al_2O_3 and a greater percentage of SiO_2, sour reacting silicates cotaining little SiO_2 but being rich in Al_2O_3 may be employed, silicates as they are found in humid ground.

The formerly practised method of ameliorating alcaline soils by adding salts of inorganic acids ($CaSO_4$ etc.) has proved disadvantageous, since soluble alcaline salts enter the soil on account of conversion whih produces the same detrimental effect on the structure of the ground colloids.

This drawback is avoided by applying the proposed method of amelioration. The excess in SiO_2 and Al_2O_3 colloids binds the alcaline bases of the carbonates as well as those of the sulphates and chlorides, which are frequently found in alcaline soil besides the carbonates. The remaining inorganic acids, chiefly the SO_3 are reduced to insoluble basic Al- or Fe-salts, so that soluble alcaline salts cannot be formed at all or only to a smaller extent.

The ways and means of the proposed amelioration will not fail for the reason that two kinds of soil with a different percentage of SiO_2 and Al_2O_3 colloids are not to be found near enough to each other from an economical point of view. The analytically established fact has to be considered, according to which after RAMANN the air climate does not alone produce the various types of soil, but the climate of the soil or the water capacity and the evaporating power of the soil take a decisive part in it, and in addition it is the composition of the gangue which determines the reaction and the percentage of SiO_2- and Al_2O_3-colloids in the decomposition silicate.

Thus the chief advantage of the above suggested amelioration of alcaline soils, by means of adding hydratic colloïds of SiO_2 and Al_2O_3, consists in the fact that they reduce the soluble alcaline bases bound in alcaline and neutral salts to hydratic alumina-silicates insoluble in water i. e. to zeolitic colloids, which have the property of increasing the fertility of the ground.

Prof Dr I. ZAVADIL,

Böhm. Tech. Hochschule, Brno, Cekoslovakei.

BEITRAG ZUR DRÄNTHEORIE.

In den letzten Jahrzenten hat die Dränung in erfreulicher Weise zugenommen. Sie wird überall dort durchgeführt, wo sie dringend notwendig ist, und ein günstiger Erfolg pflegt auffallend rasch ersichtlich zu sein. Bisher ist es jedoch nicht gelungen, eine streng theoretische Aufklärung zusammenzustellen. Der Grund hiefür liegt in der grossen Kompliziertheit des ganzen Problems. Bei diesem ist das Verhältnis zwischen Tiefe und Entfernung der Sauger von grösster Wichtigkeit. In der Regel wird damit begonnen, die Ursachen der überschüssigen Bodennässe festzustellen. Auf Grund der mechanischen Zusammensetzung des Bodens werden die Bodenarten in Vergleich gezogen und es wird eine Entfernung in Antrag gebracht, welche sich in ähnlichen Fällen bewährt hat. Die Angaben der Fachleute gehen aber auseinander. Dies lässt sich durch den Einfluss von Faktoren erklären, welche sich bei der Wertbestimmung geltend machen, in der Skala jedoch nicht zum Ausdruck kommen. Um in die ganze Frage einzudringen, wollen wir einige vereinfachende Voraussetzungen treffen.

Nehmen wir eine gleichartige Filtrationsschicht von nicht zu grobkörnigem Sande an, deren Poren nur mit Wasser gefüllt sind, das infolge der Wirkung der Schwere von selbst hindurchsickert. Denken wir uns diese Schicht an den Seiten unbegrenzt und aufruhend auf einer undurchlässigen, horizontalen Grundlage, in deren Mitte ein kugelförmiger Seiher zur Regelung des Abflusses angebracht ist. Zuerst nehmen wir an, dass der Seiher geschlossen und die Sandschicht bis zur Höhe *a*. wassergetränkt ist. Wird der Abfluss frei gemacht, fliesst das Wasser ab und die ursprüngliche horizontale Wasserfläche sinkt. Wählen wir uns ganz willkürliche Wasserteilchen *A, B, C, . . .*, welche sich ursprünglich in dem ungestörtem Wasserspiegel befunden haben, und verfolgen wir diese auf ihrer Bahn. Prof. SPÖTTLE [1] hat angenommen, dass alle geradlinig in den Ablauf, also in die Richtung der Verbindungslinien *AO, BO, CO, ...* gelangen. Auf Grund dieser Annahme ist leicht zu berechnen, dass der herabgesetzte Wasserspiegel, nach und nach die Form von verschiedenen Kissoidalen annehmen wird, [2] Prof. MACKU [3] weist darauf hin, dass eine so vereinfachende Voraussetzung nicht geschaffen werden kann (fig. 81 [4])

In Wirklichkeit verlaufen die Bahnen der Wasserteilchen senkrecht auf die Aequipotentialflächen, wie das versuchsweise Direktor PENNINK nachgewiesen hat.

[1] Handbuch der Ingenieurwissenschaften 3. Teil, Band. VII. Ausgabe 2.
[2] ZAVADIL; Wesen und Lauf des Wassers in der Erde. 1915.
[3] ZAVADIL: Das Wasser und sein Kreislauf in der Natur. 1923.
[4] Die Länge und die Höhe sind in denselben Masstabe, was für beide Bilder gilt.

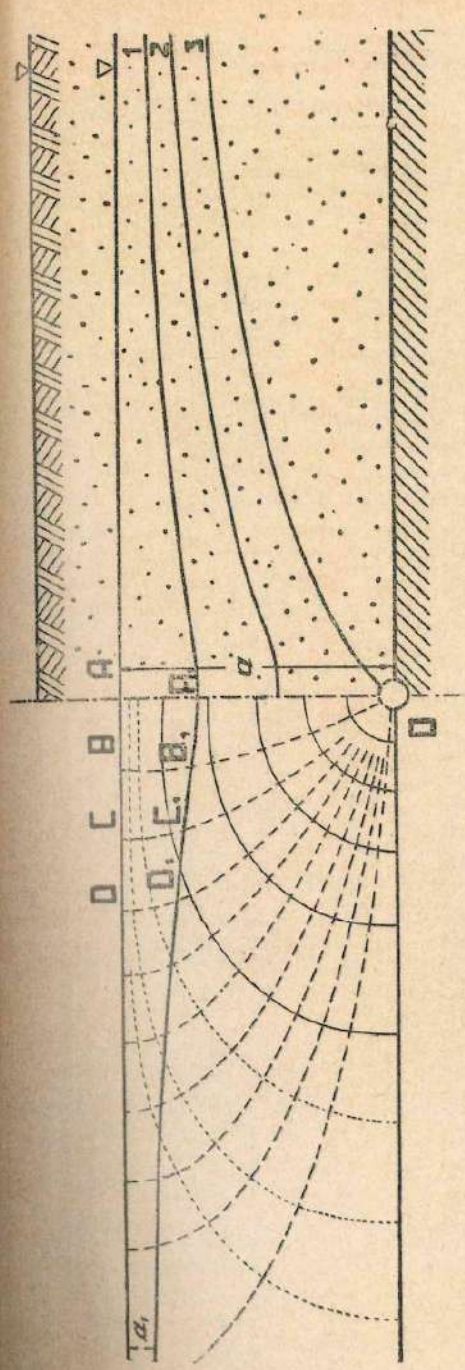

FIG. 81. — KONSTRUKTION DER DEPRESSIONSKURVEN.

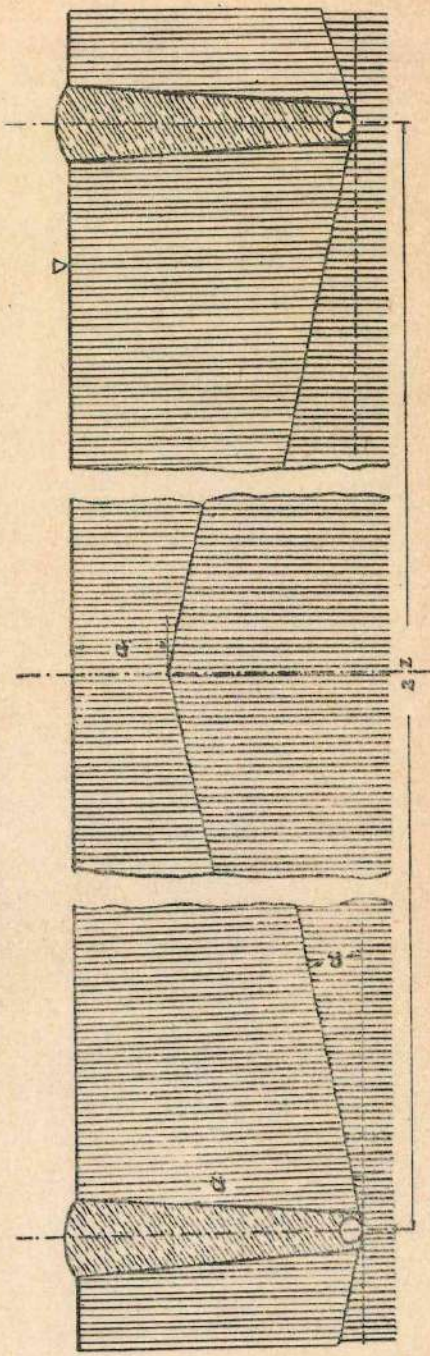

FIG. 82. — AUFLOCKERUNG DER TOXBÖDEN.

In dem gegebenen Falle ist eine dieser Flächen der ursprüngliche Wasserspiegel, die zweite die halbkugelförmige Oberfläche des Seihers. Es ist sonach, möglich, die Bahnen der einzelnen Wasserteilchen annähernd graphisch ersichtlich zu machen. Das Teilchen A bewegt sich mit der Geschwindigkeit v. In der Zeit t gelangt es in die Lage A_1. Es hat die Bahn zurückgelegt:

$$A\,A_1 = s_o = v_o t \quad \ldots\ldots\ldots \text{I.}$$

In derselben Zeit gelangt das Teilchen B nach B_1. Die Bahn

$$s_B = v_B t = v_o t \frac{AO}{BO} = \frac{a}{BO} s_o \quad \ldots\ldots \text{II.}$$

wenn $A\,O = a$ angenommen wird.

Nach den gewählten Voraussetzungen geht also die Bewegung mit der durch das DARCY-DUPUITsche Gesetz gegebenen Geschwindigkeit vor sich.

$$v = K\,J \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{III.,}$$

wobei $K = v_o$ = senkrechte Geschwindigkeit ohne Überdruck bedeutet. Das relative Gefälle J ist gleich dem absolutem Gefälle, geteilt durch die Bahn, sonach nach dem Bilde

$$J_B = \frac{a}{BO} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{IV.,}$$

desgleichen

$$s_c = s_o \frac{a}{CO} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{V.,}$$

allgemein

$$s_n = s_o \frac{a}{NO} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{VI}$$

Zu dem gegebenen a, dem gewählten s und dem auf dem Plane abgemessenen BO, CO, ... stellen wir graphisch die Grösse von s_o, s_o u.s.w. fest. Messen wir diese Abschnitte auf den bezüglichen Bahnen ab, erhalten wir so die Punkte $B_1, C_1 \ldots$ und durch Verbindung derselben die Senkungskurve 1. In gleicher Weise, wie die Kurve 1., konstruieren wir die Kurve 2 u. s. w. bis wir zur Senkungskurve gelangen, welche der gegebenen Zeit t entspricht, oder sich in der verlangten Tiefe befindet. Der entwässerte Raum ist begrenzt durch die ursprüngliche Fläche und jene, welche durch Drehung der Senkungskurve um die eigene Achse AO entsteht. Handelt es sich um einen Sauger, so tritt an Stelle des Entwässerungspunktes (Halbkugel) die Entwässerungslinie. Der Entwässerungskörper ist hier gebildet durch die ursprüngliche Fläche und jene, welche durch die Bewegung der Senkungskurve in der Richtung der Entwässerungsanlange entsteht. Wenn der Abfluss gegenüber dem Zuflusse vorherrscht, wird sich die Senkungsfläche in einer gewissen Gleichgewichtslage stabilisieren und keine Änderung erfahren, solange der Zufluss konstant bleibt.

Aus der Depressionskurve ersehen wir, dass mit der Entfernung vom Abflusse die Senkung abnimmt. Bei grösserer Entfernung wird zu geeigneter Zeit diese Absenkung so klein, dass diese für die gepflanzte Fruchtgattung nicht ausreicht. Nach Prof. SPÖTTLE soll die geringste Absenkung wenigstens 25 cm. in 10 Tagen betragen. Die Ermittlung der für die einzelnen Bodenprodukte unter verschiedenen Verhältnissen passenden Werte ist eine wichtige Aufgabe der Meliorationsversuche.

Der Punkt, in welchem in der verlangten Zeit die notwendige Minimalabsenkung a_1 erreicht ist, liegt in einer Entfernung (x) von dem Wasserabzuge. Die Distanz der einzelnen Dräns beträgt dann $e = 2\,x$.

Die Dränentfernung ist, wie vorher erwähnt, eine sehr wichtige Grösse. Nach ihr richtet sich die Menge der Drängräben und infolgedessen die Höhe des Aufwandes für die Entwässerungsanlage. Aus der Konstruktion der Depressionskurven (Gleichung VI) ist ersichtlich, dass der Senkungslauf abhängig ist von der Dräntiefe. Diese wird im Felde höchstens 1-5 m, ausnahmsweise grösser gemacht. Ein solcher Fall tritt ein, wenn die Pflanze gewinnen kann, sobald sie die Wurzeln bis in diese Tiefe treibt und falls die Ausführung der Drängräben nicht zu kostspielig ist, etwa infolge Rutschungen beim Graben. Wenn sich eine undurchlässige Schicht tiefer befindet, sind die Sauger in die durchlässige Schicht zu lagern. Das Wasser dringt da im ganzen Umfangsbereich in die Röhren ein. (Die Äquipotentialfläche bildet eine Kugel). Wie da der Zufluss gegenüber dem Abfluss vor sich geht, zeigen die erwähnten Versuche PENNINKS. Befindet sich eine undurchlässige Schicht in geringer Tiefe, dann werden die Dränröhren in diese so eingelegt, dass sie nicht einfrieren oder verwachsen können und durch dieselben nicht viel von den Nährstoffen des Bodens herausgeschwemmt wird. Die geringste Tiefe pflegt nicht unter 0.80 zu sein. In diesem Falle ist für die Dränentfernung nicht deren Tiefe entscheidend, sondern die Entfernung der Grenze der durchlässigen Schicht von dem nicht gesenkten Wasserspiegel [1].

Liegt die undurchlässige Schicht oben, dann wird das überschüssige Sammel- bzw. oben zufliessende Wasser in die Gräben abgeleitet. Bei Entwässerung in die Tiefe, kommt in einem solchen Falle eher der Durchbruch der undurchlässigen Schicht an einzelnen Stellen in Betracht. Das undurchlässige Material verliert durch Entwässerung zum Teile das Kapilarwasser, insoweit seine Menge das Mass übersteigt, welches bei freier, senkrechter Durchsickerung festgehalten werden kann. Bei feinkörnigem, daher nicht durchlässigem Boden ist auch die Auflockerung von grosser Bedeutung, die man durch das Dränen erzielt. Bei Festsetzung der Dränenentfernung wird hier statt der Senkungskurve mehr das natürliche Gefälle des betreffenden Materials zur Geltung kommen und statt der minimalen Senkung, die geringste Tiefe, in welcher die Durchlüftung wünschenswert erscheint.

Die Auflockerung des Tonbodens ist das Wichtigste, was man bei ihm erzielen kann. Mit der Wasserzunahme vergrössert er dann sein Volumen nicht nur in die Höhe, sondern auch auf die Seiten gegen die Drängräben. Es ist dabei notwendig, dass die Möglichkeit der Koagulation beständig bleibt.

Das Angeführte weist auf nachstehende Grundzüge für die Bodenuntersuchung zum Zwecke der Entwässerung hin. Der untersuchte Boden muss klassifiziert werden, d. h. es ist festzustellen, in welche Kategorie er gehört, wie er entstanden ist, was die Ursache seiner Fehler ist, wie die weitere Entwicklung nach Durchführung der Dränung sein wird. Bei der Untersuchung ist daher Rücksicht zu nehmen, auf die Gesteinsart, aus welcher der Boden entstanden ist, auf die petrographische und

[1] KRÜGER: Kulturtechnischer Wasserbau, S. 126, 1921.

disperse Zusammensetzung, auf den Wassergehalt und den Kreislauf des Wassers, auf die lokalen Verhältnisse d. i. die Gliederung des Geländes, die Grösse und Richtung des Gefälles, auf den Einfluss der Fauna und das Eingreifen des Menschen in die natürliche Bodenentwicklung.

Um zu einem Fortschritt in der angedeuteten Richtung zu gelangen, ist es erforderlich, dass diese Voraussetzungen erfüllt werden :

1) Ausarbeitung einer genetischen Bodenklassifikation mit Detailbeschreibung der einzelnen Bodenkategorien.

2) Einführung eines systematischen Meliorationsversuchswesens zum Zwecke der Beobachtung und des Studiums jener Grössen, und Umstände, von welchen oben die Rede war.

Prof. Dr. J. ZAVADIL, *Brno (Tchécoslovaquie)*. — **Contribution à la théorie du drainage.**

RÉSUMÉ.

Le problème du drainage présente deux cas principaux :

1) On abaisse le niveau de l'eau dans le gravier.

2) On rend meuble le sol argileux.

Dans les deux cas la conséquence est l'aération du sol.

1) Supposons le gravier (grains de la même grandeur et forme) avec les pores non capillaires. Au milieu du fond horizontal imperméable sur lequel repose la couche aquifère, est placé un crible hémisphérique, fermé au commencement. Désignons par a la hauteur de la surface de l'eau au-dessus du fond. Au moment où le crible s'ouvre et l'eau peut écouler, la surface du crible forme un niveau équipotentiel ; un autre niveau est la surface occupée par l'eau avant l'écoulement: Les chemins des particules de l'eau, p. ex. A, B, C . . traversent ces niveaux équipotentiels rectangulairement. La vitesse est exprimée par la loi de DARCY-DUPUIT.

$$v = kJ.$$

Au temps désigné t ces particules suivent les voies :

A . . . . . $s_0 = v_0 t = AA_1$

B . . . . . $s_B = v_B t = BB_1 = s_0 \frac{a}{Bo}$ *e t c.*

Si l'on joint les points recherchés A_1, B_1, C_1, . . . on reçoit la surface abaissée 1). Nous considérons que l'affluence n'existe pas.

En sortant de la surface 1 on construit la courbe 2. etc. jusqu'à l'abaissement au temps donné T.

L'eau ainsi entraînée exprime el volume des pores non capillaires entre le niveau original et celui abaissé. Le sol est caractérisé par la vitesse de conductibilité verticale v_o. Pour déterminer v_o, il faut élaborer une méthode spéciale.

Au lieu du crible hémisphérique, on peut considérer un autre cylindrique à axe presque horizontal.

M. PENNINK examine les problèmes plus compliqués.

La distance des drains résulte de la profondeur possible et de l'abaissement minimum par unité de temps nécessaire.

2) Si l'argile absorbe de l'eau, son volume augmente (avant le drainage) vers le haut et (après le drainage) aussi du côté des rigoles de drainage. Les pores non capillaires, nouvellement formés, sont stables, si la supposition de la coagulation est acceptée. En rendant meuble le sol par le drainage, il faut considérer la pente naturelle ; elle détermine en partie la distance des drains.

Les expériences sont absolument indispensables dans les deux cas pour éclairer le problème du développement convenable des types de sol.

Prof. Dr. J. ZAVADIL, *Brno (Czechoslovakia)*. — **Contribution to the Theory of Draining.**

ABSTRACT.

In the problem of draining there are two principal cases :

1) The water level is lowered into the gravel.

2) The clay-soil is made friable.

The consequence of both cases is soil-aeration

1) Suppose the gravel (grains of the same size and form) has non-capillary pores. In the middle of the unpermeable horizontal bottom, on which lies the water table, we place a hemispherical sieve, closed at the outset. Suppose a is the height of the water surface above the bottom. At the moment of the opening of the sieve the water runs away and the surface of the sieve forms an equipotential level ; another level is the surface of the water before the running away.

The course of the water particles, i. e. $A, B, C,$ . . crosses these equipotential levels rectangularly. The speed is expressed by the DARCY-DUPUIT law :

$$v = k J.$$

At the time t these particles follow the course

A . . . . . $s_0 = v_0 t = A A_1$

B . . . . . $s_B = V_B t = B B_1 = s \frac{a}{B\text{-}o}$ etc.

In uniting the points $A_1, B_1, B_1,$ . . . we obtain the lowered level 1). We consider the flow as non-existant. Starting from the surface 1), we construct the curve 2) etc., until the lowering at the required time T.

The water thus drained away, expresses the volume of the non-capillary pores between the original and the lowered level. The soil is characterised by the speed of the vertical conductibility v_0. In order to determine V_0, it is necessary to elaborate a special method.

Instead of the hemispherical sieve we can consider a cylindrical sieve with a nearly horizontal axis.

M. PENNINK studies the more complicated problems.

The distance of drains depends upon the possible depth and upon the minimal lowering in the time required.

2) If the clay absorbs water, its volume is increased in the upper layer before draining, and after draining in the direction of the drains.

The newly formed non-capillary pores are stable if the supposition of coagulation is accepted. In rendering the soil loose by draining we must consider the natural slope, as it partially determines the distance of the drains.

Experiments are absolutely necessary in both cases to throw light on the question of a proper development of soil-types.

Prof. Dr. J. ZAVADIL

Böhm. Techn. Hochschule, Brno, Tschechoslovakei.

EINFLUSS DER MELIORATIONEN AUF DIE ENTWICKLUNG DER BODENTYPEN.

Die Pedologie ist eine theoretische, konkrete Wissenschaft. Wenn ein Ingenieur sich mit ihr befasst, so fragt er, wie in jedem andern Falle, wozu er die speziellen Kentnisse brauchen wird; umgekehrt hat er bei der Lösung von verschiedenen Problemen, z.B. wasserwirtschaftlicher und kulturtechnischer Art, viele bodenkundliche Fragen zu beantworten, die noch nicht gelöst wurden. In der Tschechoslovakei wurde das Studium der Wasserwirtschaft und der Kulturtechnik nach dem Kriege so organisiert, dass es sich nicht nur auf mechanische, sondern auch auf naturwissenschaftliche Grundlage stützt, wobei der Bodenkunde eine wichtige Rolle zufällt.

Da bei uns die Kulturingenieure schon Jahrzente lang in der Pedologie arbeiten, so haben sie es mit Genugtuung begrüsst, als bei der 3. internationalen Konferenz für Bodenkunde in Prag eine Kommission für die Anwendung der Bodenkunde in der Hydrotechnik gegründet wurde. Unsere Subkommission hat gleich mit den Arbeiten begonnen. Wir haben gerade von den Herren Dr. R. JANOTA und Ing. ŠPIŠEK gehört, wie es in der Praxis mit der Frage bestellt ist, und daraus ergibt es sich auch, was noch weiter zu tun wäre.

Bis jetzt haben wir bei der Anwendung der Bodenkunde nur die Zusammensetzung des Bodens berücksichtigt. Das ganze Problem ist aber nicht so einfach. Ich habe mir deshalb die Aufgabe gestellt, es auch von einem anderen Standpunkte zu beleuchten, um rascher zu einem genaueren Resultate zu kommen. Dies ist nun leicht möglich. Wir brauchen nur zu berücksichtigen, dass durch die Meliorationsanlagen die gegebenen Bodentypen in andere übergeführt werden. Wenn wir nun weiter verfolgen wollen, wie das Ganze vor sich geht, müssen wir zuerst wissen, wie sich die Bodentypen entwickeln.

Die Entstehung der Bodentypen ist eine komplizierte Erscheinung. Es bleibt nichts übrig, als die Faktoren, die sich dabei beteiligen, zu erwähnen. Es handelt sich um 1) das Muttergestein, 2) das Klima, 3) die Ortslage, 4) die biologischen Faktoren, 5) das Eingreifen des Menschen.

Was das *Muttergestein* anbelangt, so ist es von einer grossen Bedeutung, ob es

a) kompakt oder locker [1], *b*) fertig oder in der Entwicklung [2], *c*) seicht oder tiefgründig [3], *d*) einfach oder zusammengesetzt [4], *e*) leicht oder schwer veränderlich ist [5].

Das *Klima* wird bestimmt durch 1) Wärme; 2) Luft und; 3) Wasserverhältnisse. Dass dem Wasser und seiner Zirkulation dabei die grösste Aufgabe zufällt [6], braucht nicht erst begründet zu werden [7].

Die *Ortslage* spielt im kupierten Terrain eine wichtige Rolle. Die Lage zum Meere sowie die Meereshöhe kommen schon im Klima zum Ausdruck, so dass wir hier nur die Grundformen der oberflächlichen Gliederung zu berücksichtigen haben und zwar: 1) die Ebene; 2) den Abhang; 3) den Talkessel.

Wenn über die Ortslage keine Voraussetzung gemacht wird, so wissen wir, dass es sich um eine Ebene handelt. Am Abhange kann sich kein normaler Bodentypus entwickeln, da sowohl oberflächliche als auch unterirdische Abschwemmung eintritt. In einem Talkessel, der einen ungenügenden Abfluss besitzt, wird der Boden durch die aus der Lösung ausgeschiedenen Salze bereichert [8].

Die *biologischen Einflüsse* kommen immer zur Geltung.

Die Flora ändert das Bodenklima. Sie beeinflusst den Boden durch ihre Lebenstätigkeit, und nach ihr richtet sich die Zusammensetzung des Humus. Der neutrale Humus verringert, der sauere vergrössert die Auslaugung. Die Natur des Humus entspricht dem Einflusse aller bodenbildenden Faktoren. Er kann also als Indikator dienen zur Schätzung des resultierenden Einflusses, zu dessen direkten Messungen wir bis jetzt keine geeignete Methode besitzen. Die Fauna spielt nicht eine so wichtige Rolle wie die Flora, da jene nicht in solchen Massen vorkommt und weil ihre Reste sich sehr schnell zersetzen; trotzdem entscheidet sie stellenweise über den Charakter des Ortsbodens. (Marschboden).

Die kulturellen Einflüsse sind sehr gross. Der Mensch greift in die natürlichen Verhältnisse der Bodenbildung in verschiedener Weise ein. 1) Er erntet bloss-

[1] Stellen wir uns vor, dass durch eine Katastrophe alles verwitterte Material abgetragen und am Fusse des betreffenden Felsens abgelegt wurde. Wir sehen leicht ein, dass es beim Felsen eine Entwicklungsphase mehr gibt. Die Anschwemmung bildet ein neues Alluvialgestein. In beiden Fällen werden die Böden oft sehr verschiedene Natur zeigen, obzwar sie den gleichen Ursprung besitzen. Darin liegt der Grund, dass sehr oft schlechtweg über Böden in der primären oder sekundären Lage gesprochen wird. Der Boden kann sich nur in der ursprünglichen Lagerung befinden.

[2] Der Boden entsteht auf dem Gestein, das sich zuerst entwickelt hat, (Eruptivgestein, Moränen), oder sich erst in der Entwicklung befindet, wie es z.B. im Inundationsgebiete der Fall ist.

[3] Sehr oft gibt es dünne geologische Schichten, so dass Aenderungen in zwei oder mehreren Schichten stattfinden, also diese im Bodenprofil eingeschlossen werden.

[4] Konglomerate Letten, Kalksteine, Sandsteine, geben verschiedene Verwitterungsprodukte. Man siecht darum leicht ein, dass der mechanischen, petrographischen, chemischen Zusammensetzung eine wichtige Aufgabe zufällt.

[5] Der Kieselsand oder der reine Ton ändert sich sehr wenig. Wir sind gewöhnt, solche Gesteine als Böden zu betrachten. Ohne das künstliche Eingreifen kann man aber hier vom landwirtschaftlichen Standpunkte nicht viel erwarten.

[6] Ueber das Wasser und seine Zirkulation in der Natur handelt das Buch des Autors, welches 1923 in Brünn erschienen ist.

[7] Den momentanen Zustand der Atmosphäre drückt das Wetter aus. Eine kontinuierliche Reihe dieser Zustände gibt den Verlauf des Wetters an, mit welchem sich ununterbrochen einzelne Klimafaktoren ändern. Die Bodenentwicklung verläuft also nicht geradlinig. Wenn die Bodentype dem Klima das Gleichgewicht hält, so ist sie entwickelt. Auch dann unterliegt der Boden weiteren aber reversiblen Aenderungen. Wenn sich die Bedingungen des Gleichgewichtes (Klima) ändern, so tritt eine neue Entwicklung ein und es entsteht eine sekundäre oder terziäre Bodentype.

[8] Wir betrachten hier nicht den Fall, wo sich durch die Ausschwemmung die Oberfläche erhöht, also eine neue geologische Schicht bildet.

2) verändert die Kultur, 3) bebaut, 4) düngt, 5) verbessert den Boden durch Meliorationsanlagen. Jedes Eingreifen hat den Zweck, die Ertragsfähigkeit des Bodens zu vergrössern, also den Boden zu verbessern, oder wenigstens ihn im gegebenen Zustande zu erhalten und einer zufälligen Bodenentwertung entgegenzuarbeiten.

Die Meliorationsanlagen, durch die man den Boden dauerhaft zu verbessern sucht, sind sehr verschiedener Natur. Nennen wir die wichtigsten von ihnen:

1) Offene Gräben dienen zur Abführung des überschüssigen Regenwassers, oder auch des Grundwassers.

2) Dränanlagen durchlüften den Boden, was im Sande durch Absenkung des Wasserspiegels, im Tone durch Auflockerung erzielt wird.

3) Bewässerung ist die Zuführung des Vegetationswassers. Der Boden soll sich in diesem Falle möglichst wenig ändern.

4) Kolmation dient zur Herstellung einer passenden alluvialen Schicht.

5) Mergelung vergrössert die Wasserkapazität des Bodens und hemmt die Auslaugung.

6) Kommassation hat einen grossen Einfluss auf die Zirkulation des Wassers im Boden.

7) Die Bauten im Flusslaufe ändern den Gehalt und die Zirkulation des Wassers im benachbarten Boden und dadurch diesen selbst.

8) Neue Schichten werden hergestellt z.B. bei der Kultivierung von Torfböden.

9) Bei der Rekultivierung des durch den Bergbau vernichteten Bodens, handelt es sich in erster Linie darum, auf den planierten Flächen biologische Einflüsse einzuleiten.

10) Durch das Entfernen von Steinen wird die wirtschaftliche Oberfläche vergrössert und die Bebauung erleichtert.

Nachdem die bodenbildenden Faktoren angeführt wurden, können die Haupttypen der Böden angegeben werden.

I) *A*) Die Mineralböden werden nach Prof. GLINKA [1] eingeteilt in

a) Endodynamorphe, welche den Charakter des Muttergesteines tragen. Hierher gehört das lockere Gestein, das an der Oberfläche erscheint, oder sich hier entwickelt, und gegen die Verwitterungseinflüsse so resistent ist, dass der Boden lange den Charakter des Muttergesteines behält.

b) Ektodynamomorphe, welche dem Klima entsprechen. Die entwickelten Böden der Ebene sind normale Klimaböden.

Wir haben sehr oft Bodentypen vor uns, die erst in der Entwickelung begriffen sind. Als entwickelt können wir diejenigen Bodentypen bezeichnen, welche sich in einer längeren Zeit (30 Jahren?) nicht merklich ändern und den Charakter des Muttergesteines nicht mehr tragen.

c) Die Talkesselböden werden durch die von anderen Lagen gebrachten Salze bereichert.

d) Die Böden der Abhänge bestehen nur aus dem Skelette des Muttergesteines.

Jedem Bodentypus entspricht eine Pflanzendecke, welche sich nach dem Muttergesteine und den Klimaverhältnissen richtet. Wenn das Bodenklima wechselt [1], so gewinnt eine andere Vegetationsart das Uebergewicht, da sich auch der Bodentypus geändert hat. Die Pflanzendecke wirkt langsam auf den Boden, so dass er mit der Zeit fähiger wird, eine andere Vegetation zu tragen.

[1] GLINKA: Die Typen der Bodenbildung, 1914.

B) Die organogenen Böden, in denen das organische Material die Bedeutung der mineralischen Bestandteile in den Hintergrund zurückdrängt, werden nach der Zusammensetzung und auch danach klassifiziert, wie sie entstanden sind [2].

II) Der Kulturboden entwickelt sich aus allen natürlichen Bodentypen. Er zeichnet sich durch ein spezielles Bodenprofil (Ackerkrumme, Untergrund) aus. Man kann in ihm auch Merkmale finden, welche angeben, aus welchem natürlichen der neue Bodenypus entstanden ist. Das charakteristische Merkmal der Kultivierung liegt im schnellen Verlaufe der angeführten Aenderungen.

Wenn sich aus einem Bodentypus ein anderer, schlechterer entwickelt, so spricht man mit den russischen Pedologen von der Degradation. Durch eine Meliorationsanlage wird dagegen eine bessere Bodentype herbeigeführt.

Handelt es sich im gegebenen Falle um eine Bodenverbesserung, so hat der Kulturingenieur folgende Fragen zu beantworten: I) Was für ein Bodentypus liegt vor? II) In welchen kann man ihn überführen? III) Durch welches Mittel geschieht es am besten?

Bei den Bodentypen, welche den Charakter des Muttergesteines tragen, kann man durch Meliorationen die Entwickelung eines passenden Typus einleiten oder beschleunigen, indem man z. B. das Material durch Dränung auflockert und durchlüftet. Manchmal müssen neue geologische Schichten künstlich erzeugt werden, um dann ein entsprechendes Bodenprofil zu erhalten, was z. B. sehr oft bei der Kolmation der Fall ist.

Die klimatischen Bodentypen, welche extrem sind, sucht man durch Meliorationsanlagen den mittleren, für die Kulturpflanzen besseren Typen zu nähern. Betrachten wir den extremhumiden Bodentypus — Podsol. Wenn sich dieser noch entwickelt, so kann man durch Meliorationen seine weitere Degradierung einstellen. Das geschiecht dadurch, das wir das Wasser, welches von den anschliessenden Lagen zufliesst, abfangen und wegführen. Wir können das sauerreagierende Wasser, welches sich auf dem Boden selbst oder in ihm befindet, entweder abführen, oder neutralisieren. Mit der Dränung suchen wir die illuviale Schicht zu durchbrechen, aufzulockern und durchzulüften. Wir verbessern Podsol dann, wenn es uns gelingt, die von oben ausgeschwemmten Bodenteilchen durch das in die Dräns eingeführte reine Wasser wieder in die Höhe zu bringen. Der Podsol wird auch durch Mergeln, oder durch Kolmation, das ist durch Erzeugung einer neuen geologischen Schicht und Einführung einer neuen Entwickelung, verbessert. In jedem Falle handelt es sich darum, dass die Anlage wirtschaftlich bleibt. Die ariden Böden werden haptsächlich durch Bewässerung melioriert. Dadurch wird am Anfange die Abschwemmung der überschüssigen Salze und die Vertiefung des Bodenprofils erzielt. Später handelt es sich um die Zuführung des Vegetationswassers.

[1] Das Bodenklima kann sich leicht auf natürlichem oder künstlichem Wege, das Klima der freien Atmosphäre dagegen nur sehr wenig ändern.

[2] RAMANN: Bodenbildung und Bodeneinteilung, 1918, S. 66.

Von den Lokalböden leidet derjenige, welcher sich in einer stärker geneigten Lage befindet, infolge des Abtragens der Bodenteilchen. Hier soll eine entsprechende Wasserzirkulation erreicht werden, was durch die Komassation, Kulturänderung, durch Meliorationsanlagen zum Abfangen, Ableiten, oder Verteilen des Wassers geschehen kann. Eine Vergrösserung der Auslaugung darf dabei nicht erscheinen.

Die Talkesselböden verlangen in erster Linie eine Verbesserung des Wasserabflusses und damit die Abschwemmung der überschüssigen leichtlöslichen Salze.

Alle Wasserbauten haben als Folgeerscheinung eine Verschiebun des anliegenden Bodentypus in mehr aride oder humide Verhältnisse, was zum Schaden der Sache nicht immer vorausberücksichtigt wird.

Vom Altertum bis zum heutigen Tage haben sich hauptsächlich nur die Mittel zur Durchführung der Meliorationen verbessert. Wenn wir auch eine Besserung der Anlagen selbst erzielen wollen, so müssen wir zuerst den natürlichen Verlauf der Bodenentwickelung gründlich kennen. Dann wird auch die Frage des Einflusses der Meliorationen nicht so grosse Schwierigkeiten bereiten.

Prof. J. ZAVADIL, *Brno (Tchécoslovaquie)*. — **L'influence des améliorations sur le développement des divers types de sol.**

RÉSUMÉ.

En appliquant la pédologie aux travaux de l'hydraulique agricole, on considère principalement la composition du sol. Pour le drainage des sols, on ne se base chez nous que sur le degré de dispersité (sols sableux, argileux). On prend successivement en considération aussi les autres facteurs tels que: le contenu en chaux et en fer, la quantité et le caractère de l'humus, l'inclinaison de la surface du terrain et la culture même. Il nous reste encore beaucoup à travailler suivant les directions indiquées, pour atteindre des résultats plus précis.

Il est bon de considérer la naissance et le développement du sol. Par conséquence, nous pourrons expliquer ensuite le problème des améliorations d'un autre point de vue.

Le sol amélioré change ses rapports climatiques. Ce sont des types nouveaux, qui prennent naissance peu à peu des types naturels. Le type en voie de développement naturel (pour nous désavantageux) reçoit par suite des améliorations une direction convenable pour les transformations futures.

Il faut classer les sols d'après les améliorations nécessitées par leur génétique. Les types culturaux sont régulièrement secondaires et il reste encore à déterminer, s'ils prennent naissance du type climatique, local ou géologique, c-à-d. de celui qui se trouve au premier degré du développement. L'humus sert à l'indication plus précise des types de sol. On doit respecter la dispersité du sol. Il importe de savoir si le degré de dispersité existait déjà peu après la formation (à partir de la roche mère) ou si elle n'a résulté qu'au cours du développement du type du sol. Selon la composition pétrographique dans certaines circonstances, nous pouvons juger ce qu'on doit s'en attendre.

Par ex. le sable silicieux pur, juste déposé, semble pareil au sol, mais il ne convient pas pour le labour. Il faut toujours bien préciser le stade du développement (le commencement, la fin) et en même temps déterminer la vitesse de la transformation.

Le podzol (le type extrémement humide) p. ex. peut exiger un empêchement de la dégradation pour l'avenir. Cela peut être effectué au moyen de l'amoindrissement des influenctes des eaux du voisinage et selon les circonstances, aussi par le chaulage. L'amélioration a pour but de produire dans le sol la structure granuleuse et d'aérer au moyen de drains. Les drains peuvent amener éventuellement de eaux pures qui transporteraient les substances nutritives auparavant lessivées de nouveau en haut. La couche supérieure peut être améliorée par le marnage ou le colmatage. En général, c'est le dessèchement qui prédomine pour le podzol et au contraire, l'irrigation pour les types arides. On munit de cette manière les plantes de l'eau nécessaire, on approfondit la couche de terre et on lessive les sels en excès. Il faut toujours rapprocher les types extrêmes des moyens. Pour cette raison la méthode et l'exécution de l'irrigation sont très importantes.

Les sols en pente qui souffrent de l'entraînement des particules fines, sont améliorés quelquefois automatiquement par comassation et par le changement de la culture. Par la comassation des fonds on peut régler le captage des eaux de pluie et ainsi changer la circulation de l'eau dans la terre. Toutes les opérations doivent être fondées sur la considération du but et de la façon dont on veut améliorer le sol. Très souvent la répartition des cultures est dirigée par des intérêts économiques et ne correspond pas aux nécessités du sol. Dans le cas où le changement de la culture peut élever le bénéfice du sol et l'améliorer, il doit être appliqué, quand même on devrait invoquer les lois. L'exploitation d'une terre, surtout au moyen du labourage, peut être considérée comme une amélioration. Il faut prendre aussi en considération les détails de la rectification des rapports de l'écoulement de l'eau dans les limites des bassins des fleuves. Cela a la même importance que de résister au courant de l'eau, déjà concentrée dans les fleuves.

Les types caractérisés par l'écoulement insuffisant de l'eau en excès, ont besoin principalement d'une décharge convenable. C'est la correction du lit et des constructions diverses, qui stimulent la transformation des types de sol adhérents. Il est impossible de réaliser de tels travaux seulement en considérant le point de vue mécanique car il pourrait en résulter une dégradation imprévue du sol.

Quant aux types géologiques, venant de prendre leur naissance, on peut à l'aide de l'amélioration, accélérer remarquablement leur développement. Le colmatage, le marnage et les autres interventions artificielles dans la création des couches géologiques ont une importance spéciale pour la couche de terre arable. Selon l'intensité de ces facteurs, le type du sol passe plus ou moins de l'influence du climat aux types locaux.

Il faut toujours considérer quel type du sol nous possédons, connaître ses propriétés et puis déterminer la méthode de l'amélioration la plus convenable pour conserver la condition principale c.-à.-d. la rentabilité de l'exploitation.

Prof. J. ZAVADIL, *Brno (Czechoslovakia)*. — **The Influence of Amelioration on the Development of Different Soil-Types.**

ABSTRACT.

In the application of pedology to agricultural hydraulics we especially consider the soil composition. In draining soils, we take into account only the degree of dispersion. (sand and clay soils). Other factors ought to be considered also: the

chalk and iron content, the amount and character of the humus,t he inclination of the surface and the drops. A great amount of work remains to be done still in this direction.

It is necessary to consider the origin and the development of the soil. We may then explain the problem of improvement from another point of view.

The improved soil changes its climatic conditions. These are the new types that result at a later stage from the natural types. The soil type in natural development (useless for us), by improvements is given direction for future advantageous alterations.

Every soil, requiring improvements has to be classified according to its origin.

The cultural soil types are generally secondary and we have to decide whether they descend from the climatic local or geological type. i. e. from the type of soil in its first development. Humus gives exact indications as to the soil-types. It is necessary to consider the soil dispersion. It is important to know, whether the degree of dispersion existed already in the mother rock, or if it results from the development on the soil type. We can judge from the petrologic composition, what is to be expected.

For instance, pure silica sand, freshly deposited, resembles soil, but it cannot be ploughed. It is always necessary to define the stage of development (beginning or end) and also to measure the rate of transformation.

Podzol (the extremely moist type) may require to be kept from future degradation. This can be done by decreasing the influence of neighbouring water and sometimes by lining. The object of amelioration is to produce a granular structure and to produce aeration of the illuvial horizons with drains.

Drains can eventually bring pure water, transporting nutritive matter, which was formerly leached. The surface layer can be improved by marling or raising of the soil.

Generally drying predominates for podzols, and on the contrary irrigation for arid types. In this way plants are provided with the necessary amount of water, the soil layer is deepened and excessive salt is leached. We ought always to draw extreme types nearer to the average. For this reason the method and the application of irrigation, are very important.

Local soils on a slope, suffering from washing away of the finer part of the soil, can be sometimes automatically improved by " comassation " or by varying the crops. By " comassation " of the bottom it is possbile to control the retention of rainwater and also to change the circulation of the water in the soil. We must always consider, why and how the soil must be improved. Very often the distribution of crops depends on economic interests and does not correspond to the requirements of the soil itself. In this case, if a variation in cropping can improve the soil, it ought to be practised. Ploughing is certainly an improvement. The details of rectification of the conditions of the water evacuation at the extremities of the river basin, must also be considered.

Soil types characterised by an insufficient evacuation of the superfluous water, want a proper discharge. The correction of the water bed and the different constructions will cause a transformation of the adherent soils.

It is impossible to carry out these improvements, considering only the mechanical point of view, for an unexpected degradation of the soil might result.

Geological types in the nascent state, may develop much more rapidly through these improvements. The raising of the soil, marling and other artificial interventions in the creation of the geological layers have a special importance for the layer of arable soil.

We must always consider, what type of soil is before us, we must know its properties and then determine the methods of improvement, most suitable to the conservation of the principal condition, that is to say : the lucrativeness of the exploitation.

Ing. E. GIOVANNONI.

Roma.

SUL MODO PER OVVIARE ALLA SICCITÀ NEL TAVOLIERE DI PUGLIA.

Nella nostra mente l'immagine dell'immenso Tavoliere di Puglia è associata al concetto di siccità. Forse a causa della tradizionale scarsezza di acqua potabile, scarsezza che ora, grazie ai grandiosi lavori dell'acquedotto pugliese, è quasi dappertutto scomparsa, noi non possiamo immaginarci una Puglia ricca di acque correnti, solcata da ruscelli e da fiumi, resa fertile da pioggie abbondanti. Ed un tale concetto è ancor più radicato dal fatto, che la produzione media agricola per unità di superficie è in Puglia di gran lunga inferiore a quella di molte altre regioni d'Italia.

E difatti, per fissare le idee sul prodotto agricolo più importante delle Puglie, ossia sul grano, dalle preziose statistiche pubblicate dal Ministero dell'Economia Nazionale a cura dell'Ing. GIUSEPPE ZATTINI, se mettiamo a confronto la produzione cerealifera delle due provincie di Ferrara e di Lecce nel dodicennio 1909-1920, rileviamo che nella provincia di Ferrara il prodotto massimo del grano in questo dodicennio è stato di q.li 24,8 per ha. (1919), il minimo di 15,9 (1917) ed il medio di 19,5. Invece nella provincia di Lecce il massimo è stato di q.li 9,4 (1918) il minimo di 4,1 (1914) ed il medio di q.li 6,6. Da ciò si deduce, che il minimo assoluto nella prima provincia è superiore di circa il 70 % al massimo assoluto della seconda, e che la produzione media nel Ferrarese è quasi tripla dell'analoga produzione nel Leccese.

Per uno strano fenomeno d'interpendenza fra causa ed effetto, questa enorme differenza nella produzione viene dalla coscienza universalmente diffusa, attribuita alla deficienza delle precipitazioni atmosferiche. Eppure questa spiegazione semplicista è profondamente errata. Difatti, riferendoci sempre alle due provincie summenzionate, troviamo, che la precipitazione media annua nella provincia di Ferrara è di mm. 668 con 96,4 giorni di pioggia ed in provincia di Lecce di mm. 618 con 100,5 giorni di pioggia all'anno. La piccola differenza in più, di circa 1'8 %, dell'altezza di pioggia caduta nel Ferrarese, è compensata dal fatto che questa pioggia è ripartita in un numero minore di giorni con una differenza del 4 %. Non è quindi la mancanza di pioggia la causa di questa minor produzione, bensì il modo con cui detta pioggia è ripartita durante l'anno. Ed anche ammesso

che si adottino in Puglia i metodi di coltivazione piú perfezionati e le maggiori profondità di aratura usati nel Ferrarese, mai potremo ottenere la produzione sopra citata a causa appunto della diversa distribuzione nelle varie stagioni dell'acqua di pioggia.

Il Prof. Gerolamo Azzi nel suo ben noto lavoro di ecologia agraria (Il clima del grano in Italia, *Nuovi annali del Ministero di Agricoltura*, a. II n. 3), studiando con profonda analisi l'influenza dei fattori meteorologici sulle condizioni bio-ambientali dello sviluppo del grano, giunge alla conclusione, per quanto riguarda l'influsso della precipitazione atmosferica, che debbonsi distinguere nella vita della pianta alcuni periodi critici relativamente brevi e cioè il periodo della semina, quello dell'accestimento, quello della ripresa dello accrescimento in primavera, e quello intercorrente dalla spigatura alla maturazione, nei quali periodi le precipitazioni atmosferiche hanno sul prodotto un'influenza ben piú grave che non durante il tempo rimanente. Così il periodo più importante per lo sviluppo del grano cade nelle due decadi avanti la spigatura. Se in questo periodo la somma totale delle precipitazioni risulta inferiore al minimo richiesto dallo sviluppo della pianta, il raccolto sarà scarso, anche se per tutto il resto del periodo vegetativo si ebbero pioggie abbondanti, e viceversa, sarà buono, se in queste due decadi cadrà una pioggia sufficiente, anche se per il resto del periodo vegetativo si ebbe a lamentare siccità.

Con analisi geniale il Prof. Azzi è riuscito a discriminare la influenza dei varî fenomeni meteorologici in rapporto al prodotto, ossia la temperatura, l'abbondanza di pioggie, le nebbie ecc.; e per quanto si riferisce al fenomeno della pioggia ha fissato sul territorio italiano tre zone differenti, nelle quali le perdite del prodotto dovute alla siccità si differenziano fra loro. In una prima zona, limitata alla parte della Valle Padana appartenente al Piemonte ed alla Lombardia e ad una striscia, che comprende il crinale dell'alto Appennino fino al Gran Sasso d'Italia, le perdite in un decennio non raggiungono i 5 q. per ha. in rapporto al prodotto massimo. In una seconda zona, che comprende la Liguria, il Veneto, la Romagna, le due zone costiere — Adriatica fino al Gargano e Tirrena fino al Golfo di Paola — ed inoltre la Piana di Palermo, le dette perdite di aggirano fra 5 e 20 q. per ha. ed infine nella zona rimanente, che abbraccia la Sicilia meno la Piana di Palermo, la Sardegna, il Tavoliere di Puglia e le due Penisole Calabra e Salentina, la detta perdita supera i 20 q.

Sono quindi più di 20 q. per ha. che nella Puglia vanno in media perduti a causa non della siccità, ma della distribuzione delle pioggie durante le varie stagioni. Non è chi non veda l'importanza di questa cifra e le sue conseguenze catastrofiche. Basterebbe poter disporre al massimo di un'altezza d'acqua di 150 mm. corrispondente quindi a 1500 mc. per ha. da distribuirsi, sul terreno seminato a grano, nei periodi critici e più specialmente nelle due decadi antecedenti alla spigatura e durante la stretta, per avere il prodotto assicurato in tutte le evenienze. E quanto abbiamo detto per il grano, si può ripetere più o meno per tutte le altre coltivazioni. Abbiamo fatto i suesposti ragionamenti per il grano in quanto che, per detta specie di coltivazione, diponevamo di tutti gli elementi statistici. Siamo però ben lungi dall'asserire, che la Puglia si adatti solamente alla produzione cerealifera. Molte altre colture sono per essa consigliabili, di gran lunga più adatte alle esigenze del clima ed anche alle differenti qualità del terreno, alle condizioni altimetriche, alle richieste del mercato ed alla distribuzione demografica, come la coltura di prati artificiali, la vite, gli alberi da frutto, gli ortaggi, il tabacco, i pomodori ecc.

Alcune esperienze classiche eseguite in Puglia ci dimostrano che là, dove si è tentato di usufruire le acque freatiche per le varie colture intensive, si sono create delle vere oasi feraci, tanto più promettenti e redditizie, in quanto che esse sono a contrasto con l'aridità del deserto che le circonda.

Il problema quindi per la Puglia prende un doppio aspetto:

1) Studiare se le acque del sottosuolo sono sufficienti per servire a scopi irrigui.

2) In caso affermativo come queste acque possono essere in modo pratico e redditizio utilizzate per l'irrigazione.

Il primo problema, per quanto studiato in modo teorico da molti scienziati, tanto che possediamo su di esso una voluminosa bibliografia, venne affrontato in modo magistrale dal Sottocomitato della Commissione Reale per le Irrigazioni, composta da illustri colleghi, i quali recatisi sul posto ed esaminata la questione dal punto di vista pratico, hanno consegnato le loro deduzioni in una magistrale relazione, che costituisce un vero caposaldo per la nostra tesi. Essi dimostrano nel modo più efficace, che a causa della mancanza di osservazioni e di misure dirette non è possibile per ora impiantare un vero bilancio idrologico del bacino idrografico delle Puglie e non si possono quindi impiantare anche approssimativamente i termini dell'equazione che lega la precipitazione con la portata apparente dei vari corsi d'acqua del bacino, dalla quale, deducendo le perdite dovute all'evaporazione ed all'imbibizione, si può stabilire per differenza la portata delle acque freatiche. Ad onta di ciò, risulta in modo indubbio, che tutto il Tavoliere è percorso a poca profondità da vene di acque sotterranee alimentate dal disperdimento per l'alveo dei corsi di fiumi quando questi incidono i materiali permeabili del quaternario. Questa conclusione teorica è convalidata dal fatto, che in una zona di circa 3 500 kmq. si trovano circa 4 000 pozzi, quasi tutti in efficienza, nei quali le acque dolci si rinvengono alla profondità di pochi metri dal suolo. È fuori dubbio, che il sottosuolo delle Puglie è quasi dappertutto ricco di acque sotterranee adattatissime all'irrigazione, sia per la loro qualità, che per la loro temperatura e portata.

Certamente queste deduzioni non sono sufficienti ad affrontare il problema dell'utilizzazione delle acque freatiche con perfetta sicurezza di riuscita, senza conoscere esattamente il loro regime. A far ciò occorrerebbe impiantare uno studio sistematico di tutti i pozzi esistenti e di quelli da eseguirsi con opportune trivellazioni in località adatte, determinare per ognuno di essi la portata massima e la zona di assorbimento, studiare l'influenze reciproche dei vari pozzi fra loro, determinare le oscillazioni del pelo freatico, ed infine assodare l'effettiva provenienza delle acque, per stabilire i diagrammi di relazione fra le portate di piena, di magra e l'accumulazione subalvea.

Però tutti questi lavori richieggono spese relativamente ingenti e la opera di un personale specializzato fornito degli opportuni strumenti e mezzi di ricerca. È impossibile quindi, che questi studi indispensabili vengano compiuti per opera di semplici privati. Essi devono essere eseguiti o direttamente dalle autorità go-

gernative oppure da un ente appositamente adatto a questo genere di studi. Venne diggià avanzata la proposta di incaricare di tali ricerche l'Ente Autonomo dello Acquedotto Pugliese, il quale, per la sua natura, per i mezzi dei quali esso dispone e per le persone che lo dirigono, è senza dubbio il più adatto all'uopo. Occorre inoltre, che la questione giuridica della proprietà e dello sfruttamento delle acque sotterranee, da tanto tempo dibattuta, venga finalmente risolta e che un apposito disegno di legge derimi tutti i dubbi e le incertezze in proposito.

Stabilito così in modo incontrovertibile la presenza di acque freatiche utilizzabili per l'agricoltura al fine di rimediare ai danni della siccità, se pur non possiamo a priori stabilire quanta sia effettivamente la riserva delle acque freatiche stesse e per conseguenza fino a qual punto sia possibile spingere il loro pratico sfruttamento, passiamo ad esaminare il secondo problema, come cioè possiamo servircene a scopo d'irrigazione.

Gli impianti classici irrigatori dei quali va giustamente orgogliosa la Valle Padana, hanno quasi dappertutto fatto il loro tempo. Essi richiedono l'impiego di enormi capitali per i necessari movimenti di terra, per lo spianamento dei terreni, per le grandiose opere d'arte, lavori tutti, che a causa dell'avvenuto aumento delle mercedi e dei materiali da costruzione sono ai giorni d'oggi difficilmente eseguiti per assicurare all'opera il necessario utile finanziario. La tecnica moderna però mette a nostra disposizione un mezzo efficacissimo, mediante il quale il problema dell'irrigazione può essere affrontato con altri criteri, e cioè l'elettropompa. Questa macchina semplice, relativamente leggera, che non richiede speciali cure e manutenzione, che può essere fornita in tutte le dimensioni e per tutte le condizioni di portata e di prevalenza, può essere collocata nelle posizioni più opportune senza che siano necessari ingenti movimenti di terra per la costruzione dei canali adduttori e distributori e per il preventivo spianamento del terreno. Date le piccole prevalenze che in generale si riscontrano nelle Puglie, un'elettropompa di pochi cavalli,in alcuni casi anche di una frazione di cavallo, sarà sufficiente ad irrigare un'estesa superficie di terreno, opportunamente scelta per le sue condizioni di pendenza e di scolo. Queste elettropompe possono essere moltiplicate a piacere ognuna per il servizio della relativa zona, in modo che ogni proprietario od affittuario possa agevolmente adacquare i propri terreni a seconda delle singole esigenze e delle colture adottate.

Di più negli ultimi tempi si vanno diffondendo gli speciali sistemi d'irrorazione con tubazioni mobili a condotta forzata, i quali, per certe speciali coltivazioni, dànno i migliori risultati utilizzando le acque sollevate dalle elettropompe in modo completo sotto forma di pioggia artificiale. Certamente questi impianti non si prestano per colture estensive a causa del loro costo, trattandosi però di colture intensive e grandemente redditizie esse possono senz'altro in molti casi venire praticamente adottati.

Inoltre con le elettropompe possono essere eseguite le irrigazioni così dette di fortuna, destinate a fornire alle colture anche estensive quel certo quantitativo di acqua sufficiente a salvare il prodotto in caso di siccità nei periodi critici.

Di più, con le elettropompe possiamo agevolmente procedere alla costituzione di prati artificiali ed impiantare quindi l'industria zootecnica specializzata, che fino ad ora nelle Puglie è completamente ignorata e provvedere inoltre al nutri-

mento del bestiame da lavoro col quale procedere ai lavori di aratura profonda, mentre che fino ad ora, data la mancanza di abitazioni e di stalle e la conseguente scarsezza di foraggi e di bestie da tiro, l'aratura praticata in Puglia è solamente superficiale, con conseguente diminuzione del prodotto e maggior pericolo di perdita per la siccità.

Con la elettropompa sarà possibile avere dappertutto acque potabili e rendere quindi abitabili distese regioni ora completamente deserte ; si risolverà così il problema demografico ed igienico, perchè col diffondersi delle colture intensive e col propagarsi e moltiplicarsi dei centri abitati, a poco a poco si vincerà la malaria, che è il flagello che più si oppone alla redenzione delle Puglie ; si spezzerà il latifondo, in una parola una nuova era di prosperità si aprirà per questa nobile regione.

E siccome insieme col diffondersi delle elettropompe saranno rese possibili anche le altre applicazioni elettro-agricole, come la aratura elettrica, l'azionamento delle idrovore per il prosciugamento delle zone pantanose, nonchè quello delle macchine da raccolto e delle industrie secondarie agricole, a poco a poco spariranno gli enormi pascoli naturali, che dànno ora nutrimento a zolo 7 capi di bestiame ovino per ha. e la Puglia diverrà il vero giardino d'Italia.

Per ottenere questo supremo scopo occorrerà vincere molti pregiudizi secolari, fra i quali il più importante è quello che si oppone ad attuare l'aratura profonda. Occorrerà inoltre, che nelle classi agricole si formi una nuova coscienza per ben comprendere ed apprezzare l'importanza dei nuovi procedimenti elettro-agricoli e la necessità d'industrializzare l'agricoltura abbandonando vieti sistemi di coltura antiquati e non più confacenti alle moderne esigenze. A raggiungere questo fine confidiamo nell'opera intelligente ed oculata dei cattedratici locali, i quali facciano attiva propaganda in favore dei metodi moderni e più ancora nella molla onnipotente costituita dal proprio interesse.

Fino ad ora questo sviluppo dell'agricoltura in Puglia quale venne da noi prospettato e profetizzato, basato esclusivamente sulla diffusione dell'elettropompa non ha potuto aver luogo a causa della mancanza di energia elettrica. Le poche centrali termiche ivi esistenti erano appena in grado di sopperire a prezzi proibitivi alle esigenze della illuminazione. Fra poco però un'epoca nuova si inizierà. I due grandiosi idroelettrici del Matese e della Sila sono prossimi al loro compimento e magnifiche linee di alimentazione ad altissime tensioni addurranno alle Puglie migliaia di cavalli a buon mercato destinati al loro risorgimento economico. Non è però a credersi che con questo solo fatto il problema sia completamente risolto. Occorre studiare e risolvere anche la questione importantissima della distribuzione locale dell'energia elettrica e della costruzione di una fitta rete di linee elettriche a medio e basso potenziale, che, alimentata dalle linee principali adduttrici dell'energia, previa un'opportuna trasformazione in apposite cabine, rechi l'energia in ogni più remoto angolo della regione. Sopratutto nel periodo iniziale, nel quale le utenze agricole saranno relativamente rare ed a grande distanza fra loro, la costruzione di una rete di distribuzione non può essere redditizia in modo tale da coprire le spese di esercizio ed assicurare il servizio d'interessi e di ammortamento delle ingenti spese di impianto. Dall'altro lato, senza la costruzione di una rete di distribuzione, è impossibile la diffusione dell'energia elettrica nelle

campagne. Ci troviamo quindi di fronte ad un circolo vizioso, che può essere solamente rotto mediante l'intervento statale. Come diggià ha attuato la Francia con una legge recentissima in forza della quale essa mise a disposizione degli agricoltori la somma di 600 milioni di franchi per la concessione di mutui a bassissimo interesse per la costruzione di reti elettro-agricole, occorrerà fare in Italia qualche cosa di analogo. Il Governo Nazionale, così geloso tutore degli interessi del nostro Paese, ha in una recente occasione promesso formalmente e solennemente di studiare con la maggiore diligenza una tale questione, con speciale riferimento alle peculiari condizioni delle Puglie. Siamo sicuri, che questa non sarà una vana promessa, in modo che fra poco si possa attuare l'esecuzione di queste opere così necessarie alla redenzione del Mezzogiorno in generale e delle Puglie in particolare.

Dobbiamo infine fare un ultima considerazione egualmente importante. La distribuzione dell'energia elettrica agli utenti rurali deve venire eseguita, come la pratica insegna, non direttamente dalle grandi società produttrici dell'energia elettrica, che hanno interessi più generali da perseguire, nè da speciali consorzi costituiti dagli utenti e che difficilmente si adattano alla mentalità degli agricoltori meridionali, ma da speciali enti appositamente costituiti per acquistare in blocco l'energia e ripartirla per usi agricoli. Siccome una delle difficoltà che più si oppongono alla diffusione dell'energia elettrica nelle campagne, è costituita dall'insufficiente diagramma di utilizzazione di detta energia, un ente apposito può studiare ed esercire il proprio impianto in maniera di ovviare in parte ad un tale inconveniente mediante uno speciale studio di tariffe e delle possibili applicazioni, in guisa di ottenere un diagramma complessivo relativamente costante. Inoltre le applicazioni elettro-agricole richieggono uno speciale corredo di cognizioni, di esperienze e di studi, come pure uno speciale sistema di propaganda, del quale in genere non dispongono le ordinarie società elettriche. L'esperienza fatta in molte parti d'Italia ed all'estero dimostra, che la costituzione di questi enti speciali elettro-agricoli, veri pionieri di penetrazione, è il mezzo più efficace per diffondere le applicazioni dell'elettricità all'agricoltura.

Ci siamo specialmente diffusi su queste considerazioni nelle quali l'elemento economico ha la prevalenza su quello tecnico, per il grande interesse che ha per il Paese la redenzione delle Puglie per mezzo dell'elettricità. Quando le elettro pompe saranno colà impiantate a migliaia, quando sarà possibile per loro mezzo ovviare ai danni provenienti come vedemmo, più che dalla siccità, dall'ineguale distribuzione delle pioggie durante il ciclo agricolo, sarà possibile sfruttare le ricchezze latenti del suolo e la Puglia completamente trasformata, potrà offrire pane e lavoro a quella esuberanza di braccia, che fino ad ora era costretta ad espatriare per rendere feraci col suo sudore le regioni straniere e di oltre mare. La Puglia mediante l'elettropompa potrà divenire il vero giardino d'Italia, destinato non solo a risolvere completamente il problema dell'alimentazione del nostro paese mediante esclusivamente la produzione nazionale, ma a conseguire anche il pareggio commerciale, in modo che l'esportazione dei prodotti del suolo, come gli erbaggi, le primizie, il tabacco, il vino, le frutta fresche e conservate, i latticini ecc., venga a compensare completamente la forzata importazione di quelle materie prime, come il carbone ed il ferro, delle quali la natura ci fu avara. La intensificazione dell'agricoltura, mediante l'elettricità; di quella immensa e ferace pianura costituita dal Tavoliere e dalla Penisola Salentina, costituisce il mezzo più efficace per il risorgimento economico del nostro Paese.

ING. ERNESTO GIOVANNONI, *Rome (Italie)*. — **La lutte contre la sécheresse dans les Pouilles.**

RÉSUMÉ.

Selon les statistiques officielles, la production moyenne de blé dans les Pouilles atteint environ le 30 % de la production moyenne de la Prov. de Ferrara, quoique la quantité annuelle moyenne de pluie tombée dans les deux provinces soit à peu près la même. Par conséquence cette énorme différence ne doit pas être recherchée dans la sécheresse, mais dans la distribution des pluies pendant le cycle agricole.

Selon les études d'écologie de M. le Prof. AZZI, on peut distinguer dans la vie du blé des périodes critiques dans lesquelles la quantité de pluie a une influence prépondérante sur la quantité et la qualité de la production. La période la plus importante est celle des deux ou trois semaines entre l'épiaison et la maturité. Surtout pendant une telle période on constate dans les Pouilles le manque de pluie et par conséquence on peut expliquer le défaut et, maintes fois, le manque absolu de production.

D'un autre coté, selon les études de la Commission Royale pour les irrigations, quoiqu'il ne soit pas possible d'établir dans les Pouilles, à cause du manque d'observations exactes, une vraie balance hydrologique, on peut conclure que la différence entre la quantité de pluie tombée et celle transportée à la mer par les fleuves et les torrents, avec déduction des pertes dues à l'imbibition du sol et à l'évaporation est une quantité non négligéable. Cette différence représente la quantité des eaux souterraines. En fait, on a constaté dans les Pouilles la présence de plus de 4000 puits la plus part avec une profondeur très faible et qui rarement s'épuisent. Là où on a pratiqué l'élévation mécanique des eaux souterraines, on a créé des oasis merveilleuses et florissantes.

Jusqu'à présent l'utilisation des eaux du sous-sol a éte très difficile à cause du manque d'énergie électrique à bon marché. Maintenant une nouvelle époque va s'ouvrir pour les Pouilles. L'énergie hydro-électrique de la Sila va être transportee jusqu'au milieu de cette province et par conséquence l'installation de pompes électriques va être rendue d'usage commun. Afin que cette application de l'électricité puisse se répandre partout il sera nécessaire :

1) Que parmi les cultivateurs se forme une nouvelle conscience pour bien comprendre et évaluer l'importance des applications électro-agricoles.

2) Qu'on combatte les préjugés séculaires contre l'usage de la charrue profonde.

3) Qu'on procède à la constitution de sociétés pour la distribution de l'énergie électrique pour les usages agricoles.

4) Qu'il soit economiquement possible de bâtir un réseau agricole très répandu pour la distribution et la répartition de l'énergie électrique.

5) Qu'avec l'aide du Gouvernement on procède à l'étude systématique et diligente des eaux souterraines de la province.

Ing. ERNESTO GIOVANNONI, *Rome (Italy)*. — **Control of Drought in Puglia.**

ABSTRACT.

According to official statistics, the average production of grain in Puglia attains about 30 % of the average production of the province of Ferrara, although the annual rainfall in both provinces is about the same. Consequently this enormous difference cannot be due to drought, but to the distribution of rains during the agricultural cycle.

According to the ecological studies of Prof. AZZI, we must distinguish critical periods in the life of grains. During these periods the rain quantity has a special influence on the quantity and quality of the crop. The most critical period is the period of 2 or 3 weeks between the shooting into ear and the ripening.

In Puglia it is especially during this period that rain is wanting, which explains the less good crops, and sometimes the total waste.

On the other hand the studies of the Royal Irrigation Committee allows us to conclude that the difference between the quantity of rain fallen and the quantity taken to the sea by rivers (not considering the losses through absorption in the soil and evaporation) is not at all to be neglected. This difference expresses the quantity of subterranean water. In fact there are in Puglia over 4000, generally with very little depth and rarely ever drying up. On places where the subterranean waters have been raised artificially, splendid oasis have been created.

Until now the utilisation of the water of the subsoil has been very difficult, because of the lack of cheap electrical power. Now a new period is starting, with the transport of hydro-electric power from Sila, and the establishing of electrical plants will become common.

1) Agriculturists must be made to understand the importance of electro-agricultural applications.

2) The old traditions of deep ploughing must be put aside.

3) Special societies for the distribution of electric energy must be created.

4) It must be made economically possible to establish a large agricultural electric net for the distribution of electrical energy.

5) A systematical study of the subterranean waters of the province must be started with the aid of the Government.

Ing. DEL PELO PARDI.

Roma.

INFLUENZA DELL'ECCESSO DI UMIDITÀ DEL SOTTOSUOLO SUL TERRENO AGRARIO E NELLA PRODUZIONE DELLA MALARIA E LA BONIFICA IDRAULICA DEGLI ANTICHISSIMI ABITATORI DEL LAZIO.

L'acqua, elemento indispensabile per la vegetazione delle piante, ed essenziale anzi di tutta la vita, per una di quelle fatali inversioni che sono leggi fondamentali della natura, diviene dannosa appena sorpassati i limiti assegnati incontrovertibilmente alla sua attività utile, fino a divenire elemento di morte.

Anche per l'acqua dunque, per quanto riguarda la sua funzione a vantaggio delle piante coltivate, ossia per il grado di umidità del terreno agrario, deve esistere quel *optimum* che teoricamente si può esprimere in modo vago: *il giusto mezzo*; ma che in pratica occorre determinare, più che con formule rigidamente scientifiche, con lunghe, pazienti ed amorose osservazioni, prove, controlli, che non possono mai assumere un'universalità e nemmeno una generalità, ma debbono essere diligentemente riferite al *caso per caso*, naturalmente stabilendo delle grandi suddivisioni dei diversi casi, da generali a specifici.

L'eccesso di umidità del terreno agrario è causa di profonde modificazioni di esso, determinando condizioni di ambiente sfavorevoli allo sviluppo della flora utile, e favorevoli per contrario allo sviluppo della flora dannosa; ma è anche causa di profonde alterazioni delle condizioni igieniche della regione nella quale si manifesta.

Dei danni prodotti dall'eccesso di umidità per quanto riguarda l'alterazione dello stato fisico del terreno ed il conseguente sparire della flora utile (piante coltivate) e dell'apparire della flora dannosa, nelle sue molteplici specie ben note, è inutile intrattenersi, trattandosi di cosa universalmente conosciuta.

È opportuno invece analizzare ampiamente i danni prodotti alle condizioni igieniche della regione.

***

È necessario anzitutto prospettare una distinzione ben netta fra eccesso di umidità del soprasuolo ed eccesso di umidità del sottosuolo; e bisogna subito dire che, generalmente, il primo non esiste se non in quanto esiste il secondo, ossia esiste un sottosuolo impermeabile.

Se il sottosuolo è permeabile, l'acqua viene tutta assorbita da esso e non può rimanere sulla superficie.

Una speciale e transitoria condizione di umidità superficiale si può riscontrare solamente durante il periodo delle pioggie, e più quando queste sono frequenti e violente, e specialmente nei terreni compatti, poichè il terreno superficiale, per la saturazione del suo potere assorbente, non può lasciare passare ulteriore acqua, e perciò questa scorre in superficie.

Ma all'infuori di questo caso, giova ripeterlo, non può esistere eccesso di umidità superficiale che non dipenda da eccesso di umidità del sottosuolo, prodotta dalla impermeabilità di questo.

Da ciò chiaro apparisce che dei due eccessi di umidità, quello che veramente ha importanza, e che è la causa vera delle alterazioni sia dello stato fisico del terreno, sia dello stato igienico della regione, è il secondo ossia quello del sottosuolo.

E di questo quindi che occorre occuparsi, tanto più poi che mentre a tutti è noto l'eccesso di umidità dei terreni piani, che è come detto, conseguenza assoluta del sottosuolo impermeabile e tutti sanno che esso è eliminabile con un razionale sistema di canali e fossi che siano capaci di dare sufficiente scolo alle acque fino ad una certa profondità, e per conseguenza asciugare anche il sottosuolo, poco si è studiato invece sull'eccesso di umidità di questo e specialmente negli altipiani, di cui un esempio caratteristico è dato dall' Altipiano del Lazio prodotto in epoca quaternaria dai due sistemi vulcanici, il Sabatino ed il Laziale.

***

Giova premettere che l'immediato esodo dell'eccesso d'acqua del terreno era ritenuta cosa di capitalissima importanza, vorremmo dire anzi di religiosa importanza, dagli antichissimi abitatori del nostro paese, anche di epoca protostorica e preistorica, dei quali diremo in appresso; ma anche i georgici di epoca storica, hanno sempre dato la più grande importanza alla cosa.

Degli antichi scrittori latini è necessario riferirsi principalmente a CATONE, poichè in esso è l'ultima eco di quella prisca Agricoltura laziale che già al suo tempo aveva cominciato a retrogradare e della quale negli scrittori successivi non troviamo più che il rimpianto.

CATONE dunque nel Cap. CLVI, in un passo che richiameremo anche più tardi, dice: « per hiemen aquam de agro depelli oportet. In monte fossas inciles puras « habere oportet. Prima autumnitate cum pluvia est tum maxime ab aqua peri- « culum est. Cum pluere incipiet, familiam cum ferreis sarculisque exire oportet, « incilia aperire, aquam diducere in vias, et sègetem curare oportet, uti fluat... Per « sègetem in frumentis, aut in sègete, aut in fossis sicubi aqua constat, aut aliquid « aquae obstat, id emittere, patefieri removerique oportet ».

Crediamo inutile insistere sull'importanza e fermarci sulla categoricità dei precetti di CATONE. Giova però fissare molto bene l'attenzione sulla chiarezza e la sottigliezza anche con la quale CATONE esprime il concetto fondamentale che l'acqua non deve fermarsi affatto sul terreno, appunto perchè una quantità eccessiva non sia portata nel sottosuolo, e distingue nettamente perciò « *per* sègetem in frumentis » « aut *in* sègete » ossia il campo seminato a frumento ed il campo lavorato, ma senza alcuna coltivazione. Nel primo caso CATONE dice « *per* ségetem » poichè la sistemazione del campo seminato deve essere tale che permetta all'acqua di scorrere regolarmente su di esso, ed è solo necessario far sì che non ristagni nei fossi già aperti e regolarizzati: « id emittere, aut infossis sicubi aqua constat ». Per il campo non seminato dice invece « *in* ségete » per significare come l'acqua potendosi fermare ovunque ci siano ostacoli che la trattengano è necessario « patefieri removerique aut aliquid aquae obstat ».

Sull'espressione: « in monte fossas inciles ecc. » ritorneremo più tardi: per ora basti notare come CATONE si occupi in modo speciale del monte, mentre per l'Agro Romano, oggi degli scoli del monte non si occupa più nessuno (non tenendo conto dei lavori di sistemazione superficiali che si eseguono a semina ultimata) e poi si odono lamentele continue contro l'acqua che trasporta la terra al piano, ed anche al mare, nel l'inanità di opporre qualunque rimedio. Oggi non solo non si ha più alcuna idea dell'importanza di un immediato esodo da qualunque terreno di un eccesso di acqua affinchè essa non rimanga in eccesso nel sottosuolo; ma si va diffondendo il concetto contrario che bisogna cioè immagazzinare la maggiore quantità di acqua negli strati profondi; ed abbiamo enormemente peggiorato tutte le condizioni negative dipendenti da ciò, con le lavorazioni profonde e specialmente con quelle meccaniche.

Dai miei studi risulta che è da quanto sopra abbiamo detto che dipende esclusivamente l'infezione malarica quando essa, per condizioni speciali dalle quali appresso si vedrà, non sia spontanea.

Esponendo questi miei studi mi riferisco più specificatamente ai terreni di altipiano, con particolare esame dell'altipiano tufaceo del Lazio.

***

Quantunque da qualche anno l'orientamento dello studio della malaria sia completamente cambiato, è certamente assurdo il ciclo chiuso anofele-uomo-anofele, prescindendo, anzi escludendo completamente l'ambiente, o considerandolo esclusivamente come produttore dell'anofele o come preparatore di una speciale condizione patologica dell'uomo; che un organismo idebolito per qualunque causa sia più facilente attaccato dal male è una legge generale per tutti gli esseri viventi e per tuttm le malattie.

Coloro che studiarono precedentemente la malaria dell'Agro Romano dal DI TUCCI al TOMMASI CRUDELI, al KLEBS ed al LANCIANI, tutti arrivano alla conclusione che essa dipende non già dalle acque stagnanti nel senso comunemente inteso, bensì dalle condizioni di impermeabilità del sottosuolo tufaceo, per le quali un eccesso di umidità è trattenuto negli strati sottostanti al terreno vegetale.

Il prof. DE ANGELIS D'OSSAT in una sua memoria « I TERRENI ACQUITRINOSI DELLA CAMPAGNA ROMANA » pubblicata nel 1907, circa la natura geologica di questi terreni, nei qu ali sotto ad uno strato di pozzolanelle è uno strato di tufo litoide che presenta piccole irregolarità e grandi ondulazioni nelle quali ristagna l'acqua, così scriveva:

« Nel caso in cui le pozzolanelle costituiscono un banco di notevole spessore, « l'acqua, che inferiormente ristagna, si manterrà più a lungo, essendo efficacemente « sottratta all'azione della evaporazione. Nella circostanza in cui le pozzolanelle « sono sottili allora l'acqua soffermandosi vicino alla superficie esterna si prosciu- « gherà, relativamente con maggiore sollecitudine: ma indurrà altresì alla roccia « ed al terreno agrario molte profonde modificazioni. La soverchia umidità va a danno « delle coltivazioni ».

Nell'epoca in cui il prof. DE ANGELIS D'OSSAT scriveva la vecchia teoria che la causa prima della infezione risiedesse comunque nel terreno, era già in decadenza; ma, tornando ad essa, come si dimostrerà, è chiaro che, stando a quanto asserisce il D'OSSAT, la malsania di tutto il nostro territorio, e fin dove le condizioni esposte esistono, è fatalmente insita nella natura stessa geologica del suolo, e perciò essa si deve essere manifestata fin da quando le condizioni suddette sono divenute stabili, ossia per lo meno alla fine del periodo quaternario se non anche prima. Questo è quindi un caso tipico di malaria spontanea.

***

Dai miei studi risulta confermato che la malaria si può ritenere un « quid » nocivo (che non è possibile esprimere con parole già note per non ingenerare erronee interpretazioni) che si produce nel terreno in determinati climi, quando il sottosuolo impermeabile non permette un facile esodo delle acque sotterranee. Questo ristagno d'acqua altera profondamente la costituzione fisica della terra vegetale e costituisce

una diversità tra il sottosuolo ed il suolo che acquista maggior significato nell'estate, quando il suolo si dissecca completamente, mentre il sottosuolo rimane più a lungo più o meno umido.

Questo speciale stato del terreno, che, sotto un certo punto di vista si può considerare come una *calda-fredda* a rovescio, è la condizione necessaria e sufficiente perchè si produca questo « quid » sconosciuto che forse non potremo conoscere, e non sarà necessario conoscere, che nell'anofele si trasforma in infezione per l'uomo.

Per comprendere esattamente ciò è necessario riferirsi alla nuova teoria dei « Minimi fisici » e « Minimi biologici determinanti », esposta nella Comunicazione che precede.

Nel terreno, attraverso le formazioni colloidali ed in presenza dell'azoto, si produce un « Minimo biologico determinato » che potremo senza altro chiamare *malarico*, il quale assume nell'anofele la forma vitale dalla quale comincia il ciclo del plasmodio della malaria.

Non è possibile ora nemmeno tentare una trattazione, anche sommaria di questi concetti nuovi ed è giuoco-forza limitarsi alla sola enunciazione.

Tutto ciò però non deve confondersi con l'ipotesi di una provenienza diretta di germi dall'ambiente e l'ingresso di essi nel sangue umano, o nell'anofele, e tanto meno con l'ipotesi più generica di una mutazione, ossia di una trasformazione che avverrebbe nel terreno di *organismi* in plasmodi della malaria in una qualunque delle forme in cui essi si presentano nella malattia.

Si tratta di concezione del tutto nuova che mi permetto di enunciare qui solo come una nuova finestra attraverso la quale mi auguro che i dotti vogliano spingere lo sguardo, tanto più che è tutt'altro che difficile fare degli esperimenti pratici che portino alla conferma della teoria.

Per mio conto sto tentando qualche cosa, ma potrei arrivare sollecitamente a risultati positivi, se mi sovvenisse l'appoggio di enti e di autorità.

Certamente per arrivare a concepire questo « Minimo Biologico » prodotto dal « Minimo Fisico Primordiale » sotto l'azione di « Minimi Fisici o Biologici Determinanti » è necessario sgombrare la mente dalla confusione fra vita ed anima.

Del resto il concetto della produzione di forme elementari di vita è già apparso sull'orizzonte della scienza ufficiale.

Nel congresso dell'Associazione per il progresso della Scienza a Londra, il prof. Alten, Presidente della Sezione di Zoologia ha esposto recentemente una sua teoria sulla generazione spontanea nel fondo delle acque marine. Egli ha potuto ottenere delle forme di « flagellati » esponendo una bottiglia d'acqua ben chiusa all'azione di raggi ultra violetti che sviluppano da prima l'aldeide formica e l'ossigeno puro, poi l'azoto.

La generazione non avviene in un ambiente che non contenga alcuna traccia di materia organica.

La funzione dell'anofele quindi sarebbe un fatto secondario e di una importanza perciò solo relativa. La natura, per raggiungere un determinato fine, sceglie sempre i mezzi più adatti e più semplici, i quali rappresentano le cause determinanti, che non debbono essere confuse con le cause efficienti ; ma, fino ad un certo punto, è assolutamente indifferente per noi quali questi mezzi siano.

Sarebbe però ingiusto non riconoscere l'omaggio dovuto a tutti gli insigni studiosi dell'anofelismo, sia per l'importanza scientifica di tali studi, sia, per il contributo che la lotta contro l'anofele, parallelamente ad una bonifica idraulica ispirata ai concetti esposti, della quale si parlerà appresso, può forse affrettare la vittoria sulla malaria poichè può anche essere certo che l'infezione una volta prodotta si possa trasmettere in un certo periodo ed in determinate condizioni direttamente tra l'anofele e l'uomo, come è logico pensare che le condizioni favorevoli alla formazione del « Minimo Biologico Malarico » siano favorevoli anche allo sviluppo della speciale varietà di zanzare alla quale è devoluto l'incarico di elaborare e propagare l'infezione. Tutto ciò spiega assai meglio molti fatti attualmente non spiegati o spiegati in modo non esauriente, riguardo appunto all'apparire dell'anofele.

Fissata che sia la linea generale di questa nuova concezione è facile comprendere perchè la palude non sia mai causa di infezione malarica in sè e per sè, ma lo divenga quando il suo livello è variabile e le gronde sono a volta bagnate ed a volta asciutte superficialmente, mentre nello strato inferiore rimane sempre un eccesso di umidità, tanto se il sottosuolo è impermeabile, tanto se è permeabile, poichè in questo caso l'eccesso di umidità è costituito dal velo di acqua che si stende nel sottosuolo a livello dello specchio della palude.

Nelle paludi a livello costante, se, altre circostanze non intervengono, non esiste malaria. È utile, onde comprendere meglio questo fatto, citare quanto è stato ripetutamente osservato nelle bonifiche delle valli nel Ferrarese.

Queste valli (così si chiamano le bassure impaludate dall'acqua marina) sono a livello costante ed in esse non esiste malaria. Dopo eseguiti i lavori di bonifica, che consistono nel prosciugamento a mezzo di idrovore, la malaria si sviluppa ; ed in seguito, a mano a mano che, per la sistemazione agraria del terreno e degli scoli, anche il sottosuolo viene ad essere prosciugato, la malsania scompare e le condizioni igieniche tornano ottime, malgrado la quantità enorme di zanzare, anofele compresa, che infestano le regioni, come è certamente a tutti noto.

Lo stesso fenomeno si è verificato nel prosciugamento del Lago Fucino. In un pregevole lavoro « Paludismo ed Anofelismo senza malaria » (Portici 1912) del prof. Giacomo Rossi della Stazione agricola anti-malarica della R. Scuola Superiore di Portici è riportata una tabella riassuntiva delle risposte che gli ufficiali sanitari diedero ad alcune domande loro indirizzate. « Tutti sono concordi nell'ammettere che vi è stato un periodo in cui la malaria ha infierito e questo coincide con i lavori di prosciugamento ».

« Attualmente la regione è anofelica, e lo stato anofelico anzi, in molti luoghi, è tale da rammentare quello delle peggiori zone malariche ; ma non esiste malaria ».

È opportuno anche riferire quanto si è verificato nel Brasile quando fu creato un lago gigantesco della capacità di oltre 800 milioni di metri cubi, sbarrando con una diga alta 33 metri un tratto montano del letto del Rio Das Lages per l'impianto idroelettrico della Light and Pover C°, che fornisce luce e forza alla città di Rio de Janeiro.

La creazione di questo lago fu un vero disastro igienico per tutta la zona circostante. Avendo la valle una pendenza non eccessiva, per ogni abbassamento di livello, anche minimo, restano all'asciutto centinaia di metri della gronda del lago, i quali tornano poi a sommergersi quando il livello riaumenta.

Questo bagna-asciuga di vaste superfici di terreno, sotto il sole tropicale, fece

scoppiare localmente una così forte epidemia di malaria che, nelle vicinanze del lago, *morirono tutte le persone che vi abitavano.*

***

Tutto ciò fu perfettamente noto agli antichissimi abitatori del nostro paese ed essi eseguirono lavori per mantenere costante il livello di laghi, paludi, e di qualunque sorta di acque stagnanti, lavori che alle volte sono grandiosi ed anche colossali.

Alcuni di tali lavori sono tuttora efficienti e funzionanti innanzi ai nostri occhi dopo migliaia di anni, come ad esempio l'opera grandiosa che esiste sotto l'Ansedonia, dove era l'antichissima Cosa, e che va sotto il nome di Tagliata Etrusca e Bagno della Regina e che fu eseguita appunto per ridurre a minori proporzioni ed a livello costante un lago che per la sua grande estensione e per il suo poco fondo aveva un livello così variabile da lasciare in secco parecchi chilometri di gronde.

A questa stessa categoria di lavori bisogna ascrivere l'emissario del lago di Albano ed i canali dei laghi di Paola fino a quello di Fogliano ecc. ; i canali dell'Incisa presso Signa, le Fosse Filistine alle bocche del Po, il canale che fu poi la cloaca massima di Roma, e chissà quanti e quanti altri lavori che non sono ancora conosciuti o studiati.

Anche l'emissario eseguito da Claudio per il lago di Fucino ebbe per scopo non il prosciugamento completo, ma di mantenere costante il livello.

Ma ciò che sorpassa di gran lunga ogni immaginazione per la grandiosità della concezione e del lavoro compiuto, e che ci lascia attoniti di fronte alla constatazione che questi antichissimi abitatori della regione avevano esattamente determinato le cause della malsania, e la bonifica attuata per l'altipiano vulcanico del Lazio.

Gli antichissimi bonificaatori, nei punti più opportuni, scavarono dei pozzi i quali immettevano in cunicoli scavati nel banco di tufo impermeabile sottostante allo stato di pozzolanella. Questi cunicoli avevano lo scopo di smaltire sia l'acqua ristagnante nelle grandi ondulazioni e nelle piccole irregolarità del tufo litoide, sia le acque degli scoli superficiali raccolte dai pozzi suddetti, convogliandole nelle valli di erosione sottostanti o, più certamente, in luoghi di utilizzazione, sia per la grande applicazione che aveva l'irrigazione nell'antichità remota, sia per il maggior bisogno di acqua per la densa popolazione ed il numeroso bestiame.

Moltissimi di questi pozzi sono ancora superstiti e si possono riscontrare in molte di quelle buche che si chiamano *lucernari.*

Il sistema di bonifica per pozzi assorbenti, in queste particolari condizioni, fu anche proposto dal prof. DE ANGELIS D'OSSAT citato, in un suo importante lavoro « I terreni Acquitrinosi dell'Agro Romano » (Roma 1907) ed anche dal prof. C. F. PARONA nel suo volume « Il Terreno » della Nuova Enciclopedia Agraria Italiana (Torino 1918). Ma un tale sistema di bonifica a mezzo di pozzi assorbenti non può essere completo senza i cunicoli che li allaccino.

I lavori di cui sopra furono eseguiti in epoca remotissima e forse anche prima della cessazione del vulcanismo laziale e sabatino, come dimostrano i numerosi cunicoli trovati a profondità di 17-19 e fino a 24-30 metri in banchi di tufo

compatto al di sotto di altri banchi pure perforati da cunicoli, i quali sarebbero di formazione posteriore.

Quando questi ultimi furono scavati, dopo la cessazione dell'attività vulcanica, le erosioni erano molto meno accentuate e perciò le condizioni del suolo corrispondevano meglio a quanto il prof. DE ANGELIS D'OSSAT dice nell'opera citata e cioè: « ai pozzi assorbenti dovrà ricorrersi quando la zona acquitrinosa trovasi isolata nel mezzo dell'Altipiano troppo costando lo scavamento e la manutenzione di lunghissimi fossati o dreni principali ».

Il sistema dei cunicoli attuato dagli antichissimi, se fu un grave e duro lavoro, non ebbe però bisogno di alcuna manutenzione. Questi cunicoli, anche del tutto interrati, potrebbero ancora corrispondere allo scopo quando funzionassero i pozzi assorbenti.

I pozzi, come si è detto, servivano a smaltire le acque superficiali impedendo il lungo scorrimento di esse sul terreno e la conseguente erosione di questo.

Abbiamo visto già sul principio dal passo di Catone l'importanza che l'acqua non resti nel terreno. Occorre qui richiamare il passo citato poichè è probabile che in esso l'espressione : « fossas inciles in monte » si riferisca alla superstite funzionalità dei pozzi assorbenti... e spiacemi che il tempo non mi consenta trattare ampiamente quest'argomento.

L'orifizio dei pozzi poteva essere protetto da opportuni manufatti allo scopo di trattenere la terra eventualmente trasportata dalle acque. Di tali manufatti non è possibile trovare più alcuna traccia per i mutamenti subiti dal suolo, come non è possibile trovare traccia dei manufatti nei quali i cunicoli sfociavano a causa delle profonde erosioni avvenute.

La quantità di questi cunicoli conosciuti è veramente enorme e sorpassa ogni immaginazione, si tratta di centinaia di kilometri, e continuamente se ne scoprono dei nuovi, specialmente con gli attuali lavori di dissodamento con le macchine a vapore i quali lavori, disgraziatamente, distruggono i bracci ancora superstiti che vengono alla superficie.

Non tutti però i numerosissimi cunicoli che attraversano il sottosuolo del Lazio appartengono a questo lavoro di bonifica. Una grande quantità di essi, e di altre escavazioni sotterranee, erano destinate a scopi diversi e furono eseguiti in epoche diversissime. È stato possibile identificare 12 specie diverse di queste antiche escavazioni sotterranee ; ma ci limiteremo qui ad accennare solamente alle 2 prime specie poichè esse sole interessano il nostro argomento [1].

1) Cunicoli scavati nel tufo litoide impermeabile che costituiscono appunto la bonifica che stiamo illustrando e sono perciò i veri cunicoli di drenaggio, mentre questa denominazione è stata data indifferentemente a tutti gli altri cunicoli creando quella confusione che ha maggiormente ostacolato una esatta visione del vero stato dei fatti.

2) Cunicoli scavati nel tufo granulare ed in altri terreni permeabili, per captazione e raccolta di acqua filtrante.

I cunicoli della prima specie e fino ad un certo punto insieme a quelli della 2°

[1] Per l'elenco completo delle 12 categorie di escavazioni sotterranee vedi in fondo il « *Résumé* ». Aggiungerò che per gli ulteriori studi è stato possibile identificare anche quelli della categoria 12a. Ciò sarà ampiamente trattato nella pubblicazione « BONIFICHE ANTICHISSIME » che uscirà quanto prima.

fanno parte quindi di una grandiosa bonifica igienica ed agraria attuata dagli antichissimi abitatori del Lazio.

Autorizzano queste conclusioni:

1) I cunicoli sono il mezzo più logico di provvedere allo scolo di terreni di altipiano per la forma di esso che cade a picco sulla valle. Diversamente si dovrebbero scavare collettori profondissimi i quali richiedono costose manutenzioni mentre i cunicoli non ne richiedono alcuna. Questo fatto era certamente molto più accentuato nell'epoca remotissima di cui trattasi, a causa della diversa corografia dovuta alle erosioni molto meno accentuate.

2) Tali cunicoli non possono servire a raccolta d'acqua essendo scavati in pieno nel tufo litoide che ha minima capacità all'acqua ed è chiaro inoltre che i cunicoli per raccolta di acqua sono quelli della 2ª categoria scavati nel tufo granulare ed in altre rocce permeabili.

3) Non sono acquedotti perchè le acque dovrebbero loro pervenire da sorgenti o da cunicoli d'altra specie anche lontani, nè le une nè gli altri esistono.

4) Non esistono cunicoli nei tufi litoidi fessurati poichè in questi la loro funzione è perfettamente sostituita dalle fessurazioni stesse della roccia, come non esistono dove il suolo è permeabile e composto di roccie o sedimenti a frattura o a tessitura idrofore, a meno che non si tratti di quelli per raccolta di acqua ai quali si è accennato, i quali a loro volta mancano sempre quando l'acqua era fornita comunque in modo diverso.

Questo lavoro che per le minime dimensioni dei cunicoli e per la irregolarità delle linee generali è da ritenersi individuale e non collettivo ed eseguito in un periodo lunghissimo di secoli, appartiene ad una antichissima civiltà agricola sviluppatasi nella nostra regione in un'epoca certamente molto anteriore a quella dalla quale si fa cominciare attualmente la nostra protostoria, che non interessa determinare, essendo del tutto indifferente che si tratti di diecimila o di cinquantamila, od anche più anni.

Se si pensa che tutta un'immensa regione malsana per le sue speciali condizioni geologiche divenne un paese celebre per la ricchezza del suo suolo nel quale, a causa di questa ricchezza, fiorirono le più elevate civiltà, si comprenderà benissimo come un così grandioso lavoro, per quanto duro ed incomprensibile ai giorni nostri, sia invece anche al di sotto dei risultati ottenuti.

Tale lavoro, giova ripeterlo, poichè questo è un elemento assolutamente nuovo nello studio di così importante argomento, fu compiuto attraverso lunghi secoli e per l'opera personale dei singoli proprietari, come dimostrano le dimensioni dei cunicoli ridotti al minimo indispensabile perchè un uomo potesse lavorarvi diritto, con uno speciale scalpello impugnato nella mano. Dimensioni maggio risarebbero state assolutamente inutili.

Se si pensa che una delle caratteristiche della infezione malarica è quella di presentare differenze grandissime di intensità in zone diverse, anche limitrofe, sembra logico ritenere che appunto il lavoro ha potuto essere compiuto in lunghi secoli poichè ogni proprietario compiendo il suo lavoro bonificava la sua zona.

Se noi pensiamo poi che l'apparire della malaria nell'Agro Romano in periodo storico è caratterizzata dall'accendersi di centri di infezione i quali sono andati via via stringendosi, sembra anche logico ricostruire il decorso degli avvenimenti nel

senso che tutta la regione malsana, come detto, per la sua natura geologica, sia stata via via bonificata attraverso i secoli in epoca remotissima; che questi lavori di bonifica abbiano continuato a funzionare per altri lunghi secoli senza alcun bisogno di manutenzione e che le generazioni successive, trovandosi ad abitare in una regione sana e fertile, abbiano perduto completamente la cognizione delle cause cui tale nuovo stato era dovuto e che successivamente a mano a mano che il sistema completamente abbandonato ha cominciato a retrogradare, (chissa che già in epoche molto lontane da noi non si siano deliberatamente ostruiti i pozzi come inutili e pericolosi appunto come ancora a giorni nostri si fa con i così detti lucernari) abbiano incominciato a manifestarsi centri di infezione, onde l'apparire dalla malaria in periodo storico dovrebbe dirsi riapparire.

L'Ing. Pacifico Di Tucci nel suo importante lavoro « Dell'antico e presente stato della campagna romana » dichiara di avere riscontrato che zone di maggior o minor infezione malarica corrispondono ancora oggi alla superstite funzionalità di alcuni vecchi cunicoli. L'osservazione dell'ing. Di Tucci sostanzialmente giusta, non è però corrispondente esattamente al vero stato dei fatti, in quantochè i cunicoli che ancora funzionano, e molti dei quali alimentano ancora la massima parte dei fontanili dell'Agro Romano, sono quelli scavati nel tufo granulare e segnati nella seconda categoria, ed è appunto per la permeabilità di questa roccia che mancano le condizioni per le quali l'infezione malarica si sviluppa.

Da tutto quanto detto sopra si può facilmente spiegare il fatto che nessun accenno di tali lavori si trova negli scrittori e nei ricordi di periodo storico e che i cunicoli furono anzi manomessi continuamente con altri lavori e specialmente con le cave e forse anche con le catacombe senza che mai nessuno se ne occupasse e preoccupasse.

***

Occorre subito dire qui che quantunque in qualche caso, dove fosse possibile, e con spesa non eccessiva, sarebbe certamente utile rimettere in efficienza gli antichi pozzi e cunicoli. Sarebbe però certamente pazzesco pensare a rimetterli in efficienza tutti come vagheggiò già l'Ing. Di Tucci.

Oggi è possibile arrivare alla stessa finalità di provvedere all'immediato scolo delle acque sugli altipiani mediante una speciale sistemazione del terreno che verrà ampiamente illustrata a tempo e luogo.

È necessario però dire che per risolvere sollecitamente il problema dell'acqua potabile nel nostro Agro una via sicura è quella di rimettere in efficienza i cunicoli della 2ª categoria. Parecchi intelligenti ed animosi agricoltori hanno già cominciato a farlo, con risultati sorprendenti. Bisognerebbe incoraggiare e generalizzare tali lavori

***

Per quanto riguarda il contributo portato dalle lavorazioni, fatte con gli aratri moderni e specialmente quelle profonde, a produrre un eccesso di umidità nel sottosuolo (dato lo stato nel quale esso viene lasciato) ed alla creazione, perciò delle condizioni favorevoli allo siluppo della malaria, mi riferisco a quanto è accennato nel-

l'altra mia comunicazione sullo stato fisico chimico e microbiologico del terreno agrario (vedi pag.). E utile però ricordare qui che in una memoria del 7 dicembre 1879 letta dal TOMMASI CRUDELI all'Accademia dei Lincei era detto : « L'aratura « di un terreno bonificato e tenuto a pascolo può convertirlo in un potente focolare « d'infezione malarica ; come è avvenuto in quest'anno nelle tenute di Valchetta « e di Prima Porta, dopo che alcuni vasti terreni della Valle del Cremera e della Valle « del Tevere (nei quali le acque sono state perfettamente sistemate) furono la prima « volta arati onde coltivarli a grano ».

Anche in America fu osservato qualche cosa di simile come attestò il dott. I. H. SALISBURY di Cleveland Ohio ; ed il dott. GIUSEPPE LINOLI osservò fatti analoghi anche in Val di Chiana.

Il TOMMASI CRUDELI, sempre nella memoria citata, aggiungeva : « Il punto « di partenza della bonifica dell'Agro Romano non può quindi consistere nell'imporre « piuttosto questa o quella coltura ; ciò nello stato attuale delle cose non approde- « rebbe ad altro che a sperperare grande parte del terreno rimasto sui colli, smuo- « vendolo imprudentemente, ed a generare una umidità maggiore nei terreni delle « bassure ».

Questi concetti, come già detto, sono stati ora del tutto abbandonati e ciò tanto più deve meravigliare in quanto che il TOMMASO CRUDELI non solo espose deduzioni, frutto di lunghi ed amorosi studi e di osservazioni intelligenti ; ma si basò su un fatto specifico che può essere probatorio, per quanto egli non ne abbia veduto che solo in parte le vere ragioni.

Non è in alcun modo possibile affermare che gli « studi successivi abbiano fissato principi contrastanti le argomentazioni e le ipotesi del passato, nè chiarificato la questione malarica. Si può dire anzi che questi nuovi principi siano stati bensì enunciati, ma tutt'altro che fissati. Ed infatti mentre esiste una forte corrente, che questi nuovi concetti propugna, c'è un'altra grande schiera di valenti uomini che è ad essi contraria, e le recenti, e tutt'ora accese, polemiche sull'argomento possono dimostrarlo.

Sta di fatto che le condizioni malariche vanno peggiorando nel nostro Agro e ciò è incontroverti bile.

Se questo fatto si vuol attenuare, o si attribuiscono ad esso altre cause, queste stanno sempre nel campo delle ipotesi.

Nell'esporre queste teorie che si scostano profondamente dall'attuale orientamento delle idee, ed in un argomento sul quale, in ogni modo, non è stato detta l'ultima parola, mi conforta e mi incoraggia il pensiero che anche per le vaccinazioni, per le quali (e da circa un secolo !) sembrava che l'ultima parola fosse detta, si cominciano ad avanzare teorie contrarie... e non destituite di valore !

***

Quanto alla questione agronomica si possono ripetere analoghe argomentazioni per ciò che riguarda le attuali conoscenze circa le lavorazioni e le sistemazioni dei terreni di piano e di colle : nulla ancora di assoluto si è affermato al riguardo.

I risultati più o meno favorevoli ottenuti qua e là da alcuni volenterosi ed intelligenti agricoltori, non possono dire nulla di positivo se non dopo un lungo periodo di tempo atto ad assodare se essi rappresentino veramente qualche cosa di definitivamente acquisito, in senso quanto più possibile generale, anzichè eventuali fenomeni effimeri o speciali che bisogna analizzare caso per caso.

I lavori di scasso con i grandi apparecchi meccanici delle zone collinari, tufacee, come quella del Lazio, a causa dello stato irregolare nel quale lasciano il sottosuolo impermeabile, aumentando il ristagno di acqua su di esso, contribuiscono in modo più accentuato degli aratri tirati da buoi a peggiorare le condizioni di ambiente favorevoli allo sviluppo della malaria.

Ora se si pensa che c'è chi sostiene la tesi che i proprietari terrieri debbano essere ritenuti responsabili civilmente dei casi di malaria dei propri dipendenti, non è chi non veda quale potrebbe essere la situazione nella quale verrebbe a trovarsi un proprietario fra disposizioni che l'obbligassero all'esecuzione di lavori dai quali può derivare un peggioramento delle condizioni malariche ed altre che della malaria lo tenessero responsabile.

***

Anche qualche parola sull'irrigazione non è inutile dire, oggi che le malsane teorie dell'*alidore*, della *fotosintesi* e di tutti gli altri strani concetti espressi con più strani neologismi e sui quali si fonda ciò che si chiama *aridocoltura*, *neocultura*, ecc. fanno vedere in un miraggio assolutamente falso la redenzione delle terre così dette siccitose a mezzo della irrigazione.

L'Ing. PACIFICO DI TUCCI in un altro suo pregevolissimo studio pubblicato nel 1886 sotto il titolo : « Della opprtunità di introdurre la irrigazione nell'Agro Romano » nel quale esaminò, da quello studioso che era, l'importante problema, esponendo i danni che deriverebbero da una generalizzazione, ad occhi chiusi, dell'irrigazione, così si esprime : « Da quanto esposto adunque, si deduce che non in tutti i terreni « dell'Agro Romano può essere introdotta la irrigazione la quale deve essere qui « preceduta da studi così minuziosi della conformazione delle campagne da irrigare « e governata con disciplina tanto severa, da porsi al sicuro che l'igiene della nostra « regione non sia in alcun modo compromessa e peggiorata... Ma più grave pericolo « può derivare alla regione della introduzione su larga scala delle acque irrigue, « per le infiltrazioni che la loro circolazione in superficie può generare nei sottosuoli ».

L'Ing. DI TUCCI dice anche che condizione indispensabile di successo per le irrigazioni è la più grande facilità di scolo nel terreno e che non si deve dimenticare che a conseguire completamente questo successo « il faut etre maitre de l'eau ».

Noi aggiungeremo che prima di poter utilizzare l'acqua bisogna imparare a temerla.

L'irrigazione da sola non accresce lo sforzo della vegetazione, ecco l'errore ; quando si pratica l'irrigazione altri importanti fattori concorrono all'aumento del prodotto e l'irrigazione non fa che integrare questi fattori. Principalissimo di questi fattori è l'abbondanza di humus, e le culture ortive irrigue possono dimostrarlo.

Non sembri esagerato affermare che se si attuasse l'irrigazione in grande stile nell'Italia Meridionale, nelle condizioni nelle quali si trovano i terreni attualmente, senza provvedere allo scolo del sottosuolo, senza ricostituire nella terra un'ampia riserva d'humus, in pochi anni essa sarebbe devastata.

* * *

Il problema malarico è veramente uno dei più colossali problemi che interessa tutto il mondo. Milioni di vite umane sono ancora sacrificate, ed immense superfici di terreno vengono sottratte del tutto alla produzione o non consentono un'agricoltura progredita e condizioni di vita umanamente civili per gli agricoltori. Sta di fatto che questo problema lungi dall'essere risoluto, non è nemmeno avviato in modo da lasciare fondata speranza per una soluzione in un avvenire più o meno prossimo.

Ciò abbiamo il coraggio di confessarlo è una vergogna del secolo nostro che pure si fregia col nome pomposo di Progresso.

Io non voglio dire qui che i sistemi ora seguiti per la lotta contro la malaria siano tutti e dapertutto condannabili, mi sono solo permesso di additare un orizzonte nuovo nel quale m'auguro che i dotti vogliano spingere lo sguardo e vedere che il problema malarico è problema squisitamente pedologico.

Permettete quindi ad un feticista della terra madre di esprimere il voto più vivo ed ardente che sia riservata ai pedologi la gloria della vittoria completa su questo terribile nemico dell'umanità e dell'Agricoltura e nemico perciò della pace del mondo.

Ing. G. Del Pelo Pardi, *Rome*. — **Influence de l'ecès d'humidité du sous-sol sur le terrain agricole et dans la génèse du paludisme, et la bonification hydraulique des plus antiques habitants du Latium.**

Résumé.

L'excès d'humidité du sous-sol influence sur l'état physique du terrain agraire déterminant des conditions défavorables au développement de la flore utile et favorisant le développement de la flore nuisible.

Cet excès, pour une grande partie du plateau volcanique du Latium est déterminé par le fait qu'au dessous de couches de terrain perméables plus ou moins profondes se trouve une couche de tuf lithoïde imperméable même affleuri, présentant de grandes ondulations et de petites irrégularités dans lesquelles l'eau stagne.

Dans cette région le sous-sol est traversé par des galeries dont le nombre dépasse toute imagination et continuellement en apparaissent des autres, surtout grâce aux grands travaux de défrichement.

On a pu identifier douze espèces diverses de « *cunicoli* » et autres excavations souterraines exécutées en de très diverses époques et pour des buts divers.

1) « *cunicoli* » creusés dans le tuf lithoïde imperméable (drainage).

2) « *cunicoli* » creusés dans le tuf granulaire et autres terrains perméables (captation récueil d'eau filtrate).

3) Emissaires (buts hygiéniques et agraires).

4) « *Cunicoli* » et galeries de dérivations d'eaux de sources, antres d'acqueducs, etc.

5) Conserves d'eau, réservoirs et citernes pour puits.

6) Égouts (*cuniculus deductorius*).

7) « Cunicoli » pour buts militaires et galeries stradales.

8) « Cunicoli » et galeries pour servir de recoin, passages, lieux de culte, etc.

9) Grottes pour abriter les animaux.

10) Caves de matériaux divers.

11) Catacombes.

12) Divers indéterminables (« Cunicoli » sous le Capitole).

Les « cunicoli » dont nous parlons sont ceux de la première cathegorie et nous affirmons qu'ils constituent une réelle et grandieuse bonification hygiénique et agraire créée par les plus antiques habitants du Latium.

Dans ces « cunicoli » débouchent de nombreux puits (« lucernari ») lesquels étaient ouverts dans les lieux les plus opportuns afin de permettre l'exode de l'eau ammassée dans les irrégulatités du tuf et dans lesquels étaient conduites les eau superficielles qui étaient réservées des « cunicoli » dans les vallées d'érosion se trouvant au dessous ou dans les lieux d'utilisation.

Autorisent cette conclusion :

1) Les « cunicoli » sont le moyen le plus sûr de pourvoir à l'écoulement des terrains de plateau, par sa forme même tombant à pic sur la vallée. Autrement on serait contraint de creuser de très profonds collecteurs lesquels exigent de coûteuses manutentions tandis que les « cunicoli » n'en exigent aucune.

Ce fait était certainement beaucoup plus accentué aux époques très lointaines dont il s'agit, à cause de la diverse chorographie due aux érosions moins accentuées.

2) Les « cunicoli » ne peuvent servir à l'ammassement d'eau étant creusés en plein tuf lithoïde lequel présente une moindre capacité d'eau (Sestini).

3) Ce ne sont pas des acqueducs, car ils devraient recevoir l'eau emanant de sources ou de galeries d'autres espèce très lointaines et ni les unes ni les autres existent.

4) Ils n'existent pas dans le tuf lithoïde crevassé.

Ce travail qui pour les minimes dimensions des « cunicoli » et pour l'irrégularité des lignes générales est à considérer individuel et non pas collectif, est antérieur à tous les autres, et appartient à une très antique civilisation agricole.

C'est à sa fonction que l'on doit le fait que toute la région, malsaine à cause de sa nature géologique même, ait été au fur et à mesure bonifiée à travers les siècles. Cette bonification a continué à fonctionner durant d'autres longs siècles sans aucun besoin de manutention et les générations successives se trouvant à habiter une région saine et fertile ont complètement perdu la connaissance des causes auxquelles ce nouveau état était dû.

Successivement et au fur et à mesure que le système abandonné a commencé à rétrograder, des centres d'infection de malaria ont recommencé à se manifester, d'où l'apparition de cette dernière dans la période historique devraitê tre dite réapparition.

Ing. G. Del Pelo Pardi, *Rome*. — **Influence of the Excess of Subsoil Moisture upon Agricultural Land and Malaria growth. Hygienic and Rural Improvement of the most ancient Inhabitants of the Latium.**

Abstract.

Excess of moisture in the subsoil influences the physical state of agricultural land and brings about conditions unfavourable to the growth of useful plants and favourable to the spread of obnoxious plants.

This excess, chiefly associated with the volcanic plateau of the Latium, is determined by the fact that beneath the permeable soil layers, comparatively deep down, may be found a layer of stony tufa which is quite impermeable and showing marked undulations and small irregularities in which the water stagnates.

In this area the subsoil is interspersed with innumerable passages which are constantly being brought to view owing to clearing and cultivation of the land.

Twelve different types of " cunicoli " and other underground excavations carried out at various times, have been discovered :—

1) " Cunicoli " hollowed out of impermeable lithoid tufa (for drainage).
2) " Cunicoli " hollowed out of granulated tufa and other permeable material (for collection of filtrated water).
3) " Channels (for sanitary and agricultural purposes.)
4) " Cunicoli " underground channels of water-courses, others for acqueducts, etc.
5) Conservation of water, reservoirs, cisterns.
6) Sewage. (*Cuniculus deductorius*).
7) " Cunicoli " for military purposes and highways.
8) " Cunicoli " for secret passages and religious meeting places, etc.
9) Grottoes for shelter of animals.
10) Caves of various descriptions.
11) Catacombs.
12) Miscellaneous use (" Cunicoli " under the Capitol).

The " Cunicoli " to which we refer, belong to the first category and we consider that they constitute a real and remarkable system of hygienic and rural improvement constructed by the most ancient inhabitants of the Latium.

Several wells have been found embedded in these " Cunicoli ", known as the " lucernari ", placed in well chosen positions to allow a free outlet for the water collected in the tufa hollows and connected also with the superficial streams where the lie of the land caused the running back of the water into the " cunicoli ".

The following conclusions have been drawn :

1) The " Cunicoli " are the best means of disposing of excess water on the plains, owing to the sharply defined incline of the slope above the valley. Otherwise it would be necessary to construct deep reservoirs, a very costly proceeding, which the " cunicoli " make unnecessary.

This problem was certainly much more accentuated in the past ages as a result of variation in chorography due to less clearly defined erosion.

2) The " cunicoli " are not able to collect water indefinitely owing to the anture of the lithoid tufa which possesses a low water capacity (SESTINI).

3) These cannot be mistaken for acqueducts, or they would receive water coming from other sources or by passages of another type situated at a distance, and neither of these exist.

4) Crevices are not to be found in the lithoid tufa.

This work which from the small size of the " cunicoli " and the irregularity of construction may be considered to have been the work of simple owners rather than communal, is older than any other known and belongs to a prehistoric agricultural age.

It is, thanks to this work, that the whole region, unhealthy owing to its geological formation, has probably improved little by little throughout the centuries. This improvement has continued to function for many a century without need of further attention and the inhabitants have lived under healthy conditions

on a fertile land, but have completely lost sight of the causes to which these conditions are due.

Later, however, and as the " cunicoli " began gradually to break up, the malaria returned and conditions similar to those existing in ancient times begin to reappear.

Ir. J. G. BIJL',

Chief-engineer of the Haarlemmermeerpolderr-corporation, Hoofddorp, Holland.

SOIL AND WATER IN THE HAARLEMMERMEERPOLDER, HOLLAND.

GEOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL SITUATION.

Before coming to our subject of soil and water in the Haarlemmermeerpolder, it is necessary to give an idea of the geological and geographical situation of that polder, therefore we shall start our essay with a short epitome of these matters.

After the Tertiary had been deposited, the most recent layers of which are alternate deposits of sea and river, the soil rose above sea-level. After this period only the rivers could cause deposits and in this way the so-called gravel diluvial aceretion was formed, which is described as Preglacial Fluvial Southern Diluvium (P.F.S.D.). The extremely permeable soil was exposed to the action of fresh water which must have penetrated to a great depth. Underneath the Haarlemmermeerpolder (H.M.P.) the P.F.S.D. is found at a depth of 33 feet (10 meters) in the southern part, of 330 feet (100 meters) below N.A.P. (New Amsterdam level) in the northern part.

Lateron a part of the present H.M.P. was covered with land-ice. Also in that period, fresh water acted on the soil. After this the soil sank again, and a layer chiefly consisting of fine and very fine sand, loom and clay — called by LORIÉ sand diluvium B — having here deposited, the ground sank under the sea-level and a penetration of salt-water took place. A parcel principally consisting of sand-layers comparatively rich in coarse and very coarse gravel was formed, in which we find some remains of a fauna, which was examined first by HARTING and, following this scholar, people now-a-days speak about the Eem-sea, Eem-fauna, Eem-oysters and Eem-layers. On Plate I the southern coast-line of the Eem-sea is marked by a dotted line. To the south of this coast-line neither clay-loom or boulder-clay nor northern gravel has been found. In the area of the former Eem-sea boulder-clay occurs locally, and the coarse Eem-layers are mixed with northern and southern gravel. The information received from well borers give the impression that in H.M.P. boulder-clay may be found as well as in the dunes—sources of the Amsterdam Water supply—and in the area to the north of the line Amsterdam-Haarlem. We have no knowledge of a systematic research of the appearance on boulder-clay having been made in H.M.P.

Later on the sphere of the Eem-sea rose above the sea level, a new river-deposit was formed chiefly consisting of fine sand, called by LORIE sand-diluvium or post-glacial, fluvial diluvium.

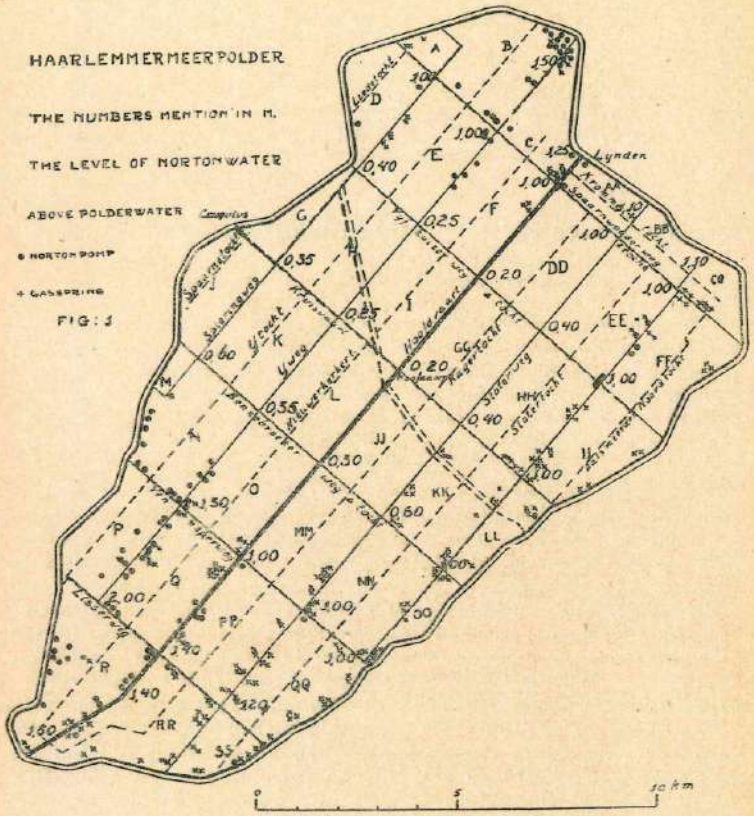

FIG. 83. — Numbers showing the level in m. of Northonwater above Polderwater

After another lowering of the soil, peat was formed in many dried out river-valleys in consequence of the insufficient drainage, after that the present sea covered once more the Western part of the Netherlands in consequence of the continuous sinking of the soil. Under the influence of the tides and the currents caused by wind a bank (Nehrung) was formed at a distance of about 25 miles (40 kilometers)

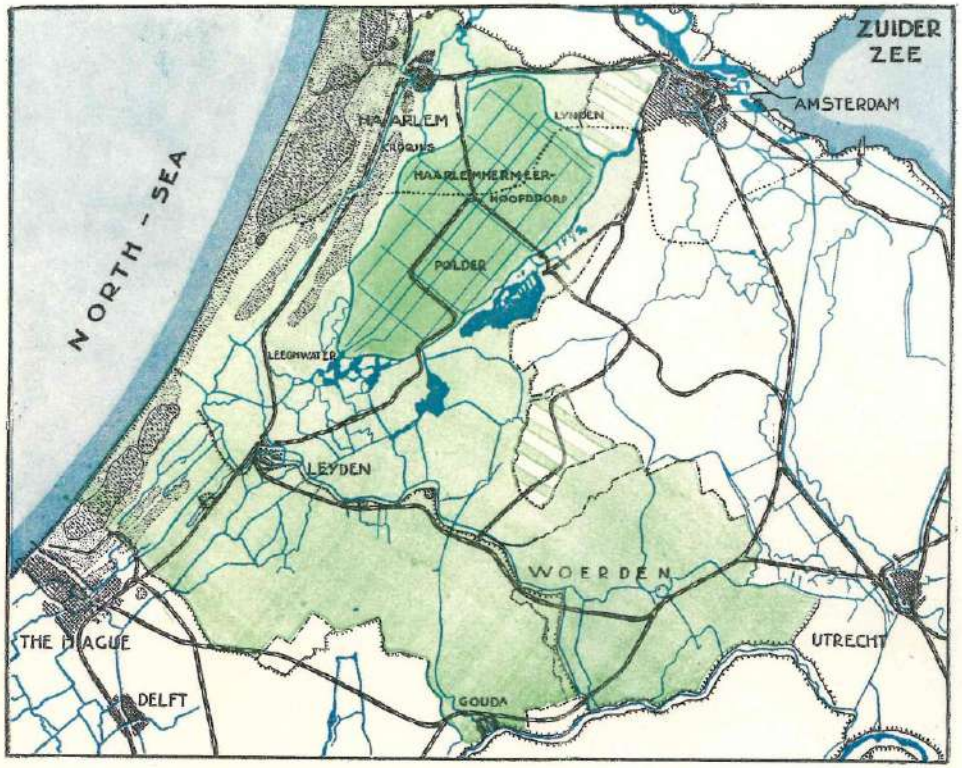

FIG 84 – Map of Rynland and the Haarlemmermeerpolder.

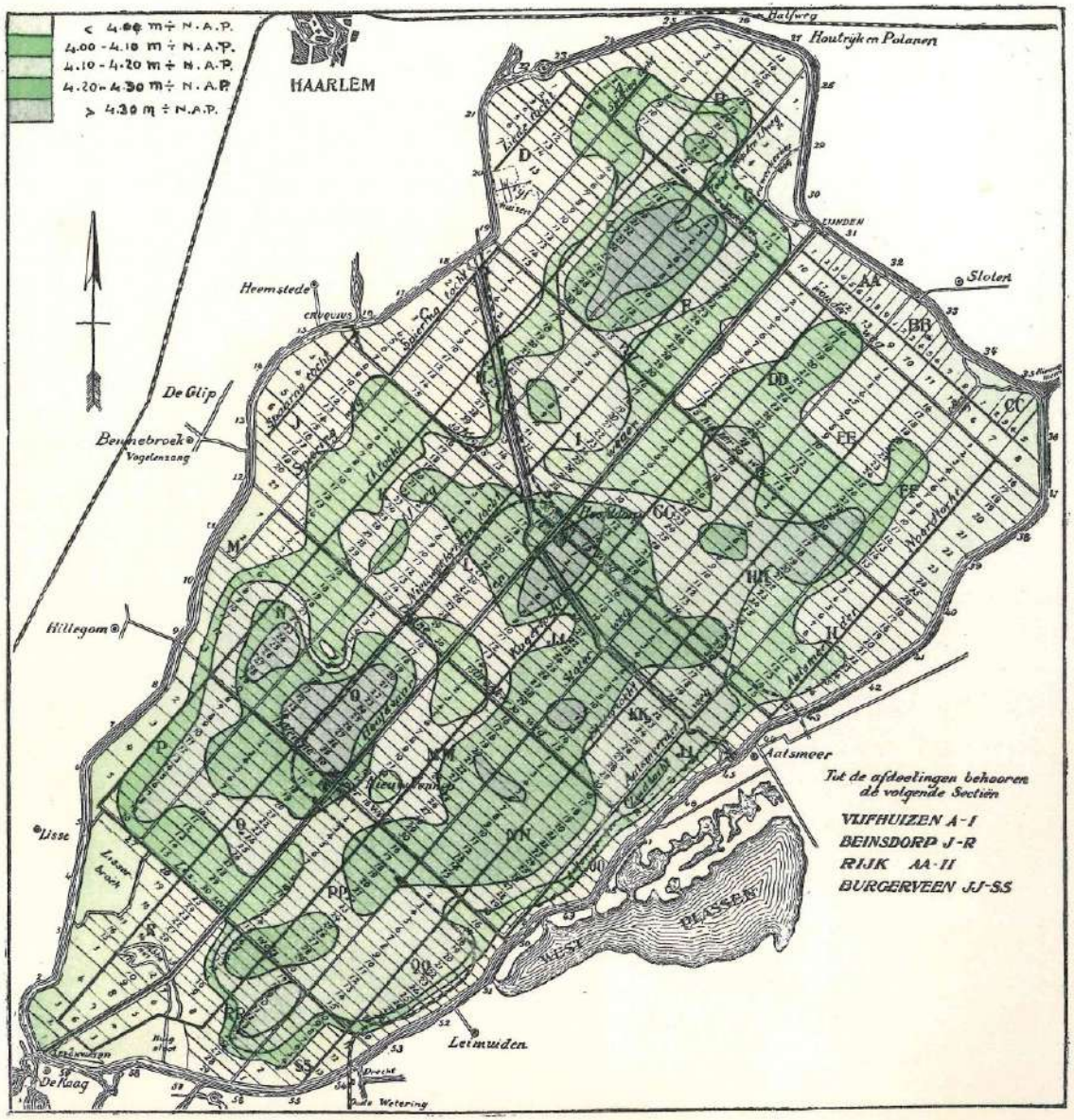

FIG. 85 — Depth map 1866
(Map of the Haarlemmermeerpolder, scale 1 : 75000).

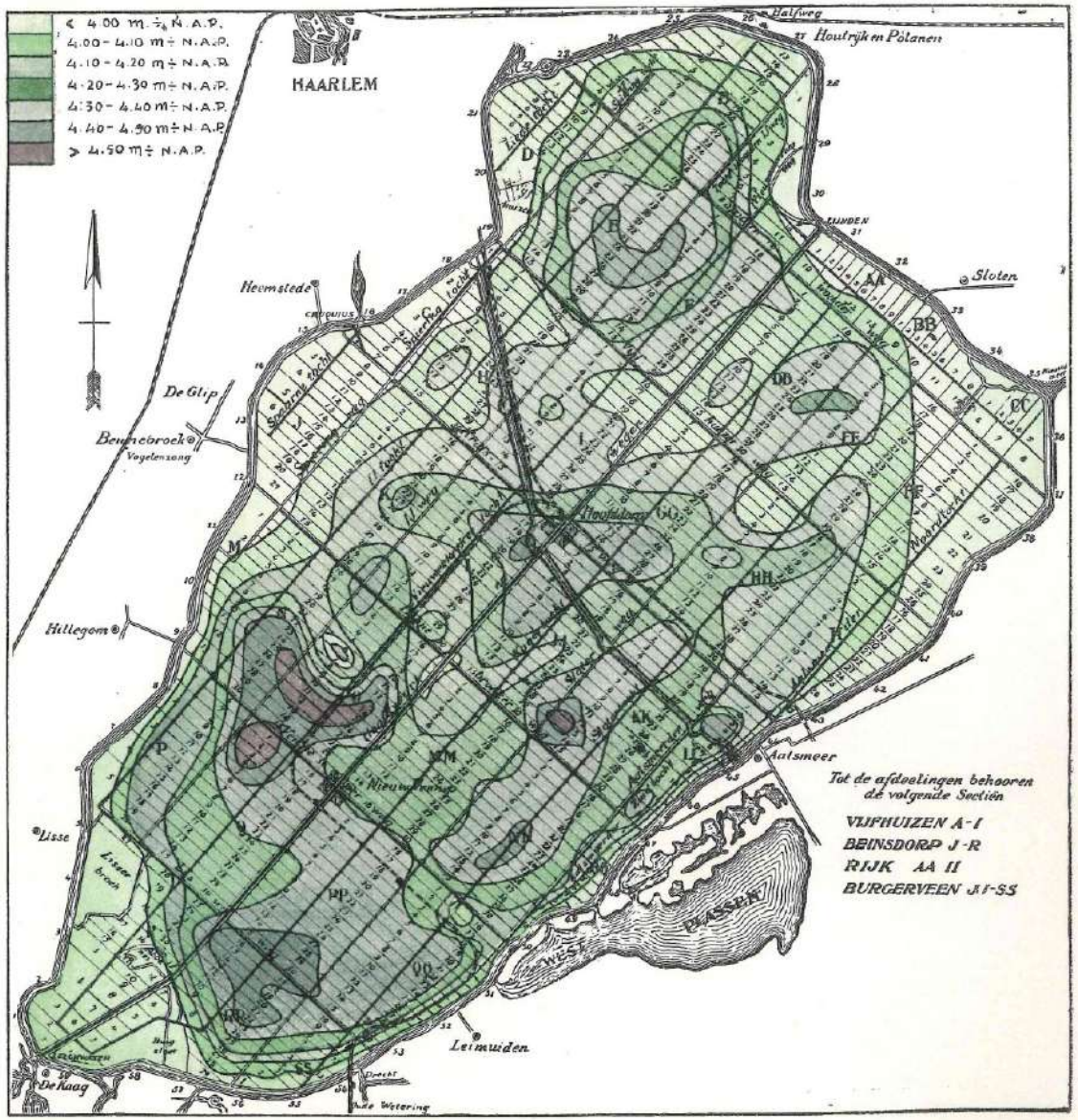

FIG. 86 — Depth map 1883
(*Map of the Haarlemmermeerpolder, scale 1 : 75000*).

from the diluvial coast. Dunes were formed on the bank, which bordered a water-basin (haff). At first this haff contained salt water, later on brackish and lastly fresh water, supplied by the rivers, when the dune-formation on the bank had separated it from the sea. In this way the alluvial layers come upon the diluvium ; first the peat at a large depth — not everywhere — and later on the remaining halocen, consisting of sea-sand and clay layers mixed with peat.

As well the underground of the dunes as the deposits of the brackish water behind them are chiefly sand and are permeable for water.

The above is a short sketch of the geological history, but it is necessary to go a little bit closer into a few particulars related to our subject.

When the present sea overflowed the diluvial layers, these contained fresh water, which was driven upwards by salt-water as a consequence of the latter's higher specific weight. Thus columns of salt water must have sunk downwards in the ground, but the direction was altered in some instances by the clay and loomlayers.

The two invasions of the sea being over, the fresh water of the inondated area had been probably pushed away, but at various places fresh water-enclaves remained in well enclosed clay or sand-layers.

With the formation of the dunes the rainwater was overlying and drove away the salt water in the permeable ground, subject to the increasing pressure, as the dunes became higher. We have to bear in mind that the depth to which the fresh water penetrates into the underground not only depends on the weight of the dunes, but also on their age. The fresh water collects on the surface, wants a superpressure for deeper penetration. It tries to spread horizontally in, which it succeeds best in coarse and permeable layers. These fresh water runners are called by Dr. J. VERSLUIS fresh water pophyses [1].

The direction of the dotted line on plate VII — mentioned above — was concluded from the existing boring data. Further investigationsof the soil will undoubtedly show their course to be slightly different. Even now there are areas below the surface of which we know nothing or next to nothing. The limit to which the landice penetrated, and to which the boulder-clay — an excellent barrage against the water — is found, is of much importance for the following speculations.

Taking into consideration the geological formation in connection with the influence of the inhabitants, we now go back to the time of the dune formation.

The oldest dunes, formed on the bank or schoornal, are situated on the east side and are at present called inner-dunes. The sea dunes, more to the west, were formed during a more recent period. These dunes were inhabited at an earlier date than the few behind them. The number of inhabitants increasing, these moors were forced into continuous habitation and then arose the care for the defence against inondation. People started building low embankments, which could only stop the daily high water. Afterwards " Summerquais " were built, which kept the land above water only in summer, but allowed the higher floods of winter to penetrate. With these banks being made high enough to stop the water even in winter the first dykes came into existance. In order to get rid of the superfluous water sluices were

[1] See Dr. J. VERSLUIS, Hydrologie van het Nederlandsche Kunstgebied Water, 1918.

Dr. J. F. STEENHUUS kindly gave me some geological data.

built. Now it was possible to lower the level of the water in the interest of agriculture but that again caused the lowering of the soil which in its turn caused the lowering of the level of the water a.s.o., which was increased by the above mentioned secular lowering of the soil level. Very soon it became impossible to get rid of the water in the natural way. It was then that the first Dutch windmills appeared.

To make these things clearer let us give some data. About the year 1000 there was already a fairly good system of dykes, the first dunes are mentioned in 1226, the first windmill in the year 1452.

The land surrounded by the dykes which have been mentioned so far is called "boesemland" and the waters that surround it are called the "boesemwater". The turfground of this boesemland produced for centuries the material for a very prosperous peat industry. This industry caused the appearance of lakes, storms assisted to extend these lakes, which thus sometimes grew to considerable size. The largest and most dangerous of these lakes was the Haarlemmer Lake, of which the water was in the year 1544 28.000 acres (11.700. h.a.) and at the time of the recovering in 1840 it was 44.500 acres (16.800 h.a.). This continuous loss of land together with the peril, which the large lake was for the towns of Amsterdam, Haarlem and Leyden fostered the idea of reclaimation. This work was completed in 1852.

We mentioned the difference in altitude of the soil of Holland during the early centuries. In recent times there is a general tendency to lowering, but apart from this general movement there is a relative lowering of the soil of the H.M.P. about which we give some data.

The depth map of the lake made from the soundings carried out before the reclaimation are almost worthless for our purpose, as on the firm bottom a layer of very fine silt — meermolm — existed which probably has disappeared. The first depth map made after the reclaimatiòn in 1856 by the surveyor of Rynland G. A. DE GENS is probably not exact in every detail. Better is the map made in 1866 by the surveyor VAN EGMOND (Plate VIII). Comparing this map with the map (Plate IX) made with the results obtained in 1883 by ELINK STERK a map was composed showing the lowerings of the soil from 1866 till 1883 (Plate X).

A new breaking took place in 1923-24, from the results of which the depth map (Plate XI) was made; by comparison other maps are made showing the lowerings of the soil during the periods 1887-1924 (Plate XII) and 1866-1924 (Plate XIII). The map (Plate XIV) makes us clear that the depth map of 1856 is probably not exact.

Plate XV shows the geological situation of the soil now after reclaiming. It is reprinted from STARING'S geological map. Plate XVI is a survey by Dr. P. TESCH, of the Royal Dutch Geological Service 1920-22 and kindly provided by this Service.

In comparing the above mentioned maps, the alteration caused by human agency in the condition of the soil in half a century is striking. Along the border of the polder large areas of peat have been dug out and the clay came to the surface. Also some parts, which were formerly indicated as consisting of sand, are now qualified as clay. These farms were originally sandy clay, but were improved by the owners, either by breaking their ground deeply, which brought the layer of clay to the surface, or by spreading gradually, but continuously, the clay from the ditches over the land. Perhaps however STARING has called a sandy clay — "sand" — and TESCH the same soil — "clay".

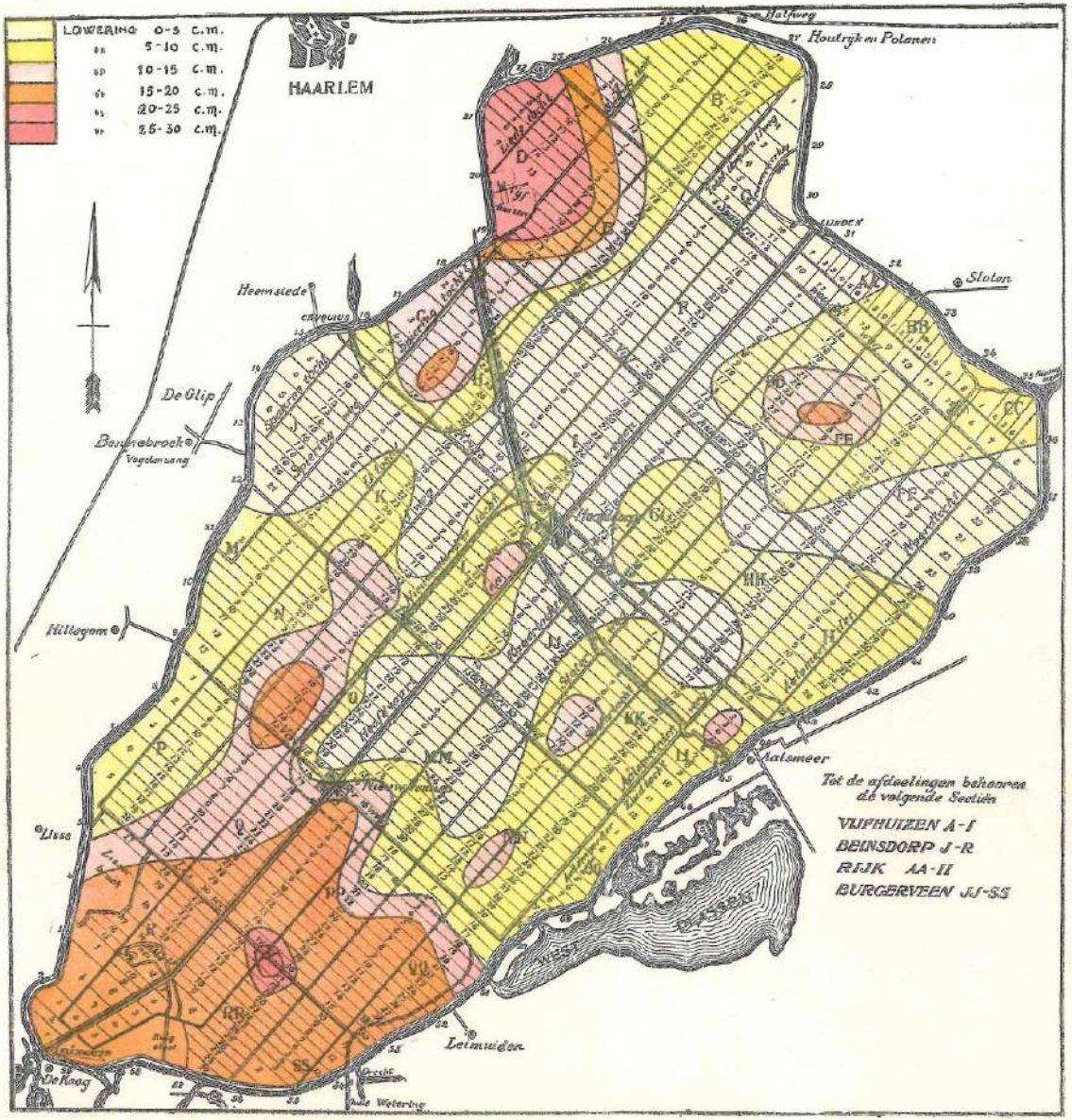

FIG. 87 — Lowerings of the soil from 1866 till 1883.
(Map of the Haarlemmermeerpolder, scale 1 : 75000).

built. Now
ture but that
ing of the l
secular lowe
water in the

To mak
there was al
1226, the fir

The lan
" boesemlan
The turfgrou
prosperous p
assisted to e
largest and
water was in
vering in 184
with the peri
Leyden foste

We men
centuries.
this general
which we gi

The dep
reclaimation
of very fine
depth map
DE GENS is
1866 by the
(Plate IX) n
posed showi

A new
(Plate XI) w
the soil duri
map (Plate

Plate X
reprinted fr
of the Royal

In comp
in the condi
polder large
some parts,
as clay. Th
either by bre
or by spread
Perhaps hov
same soil —

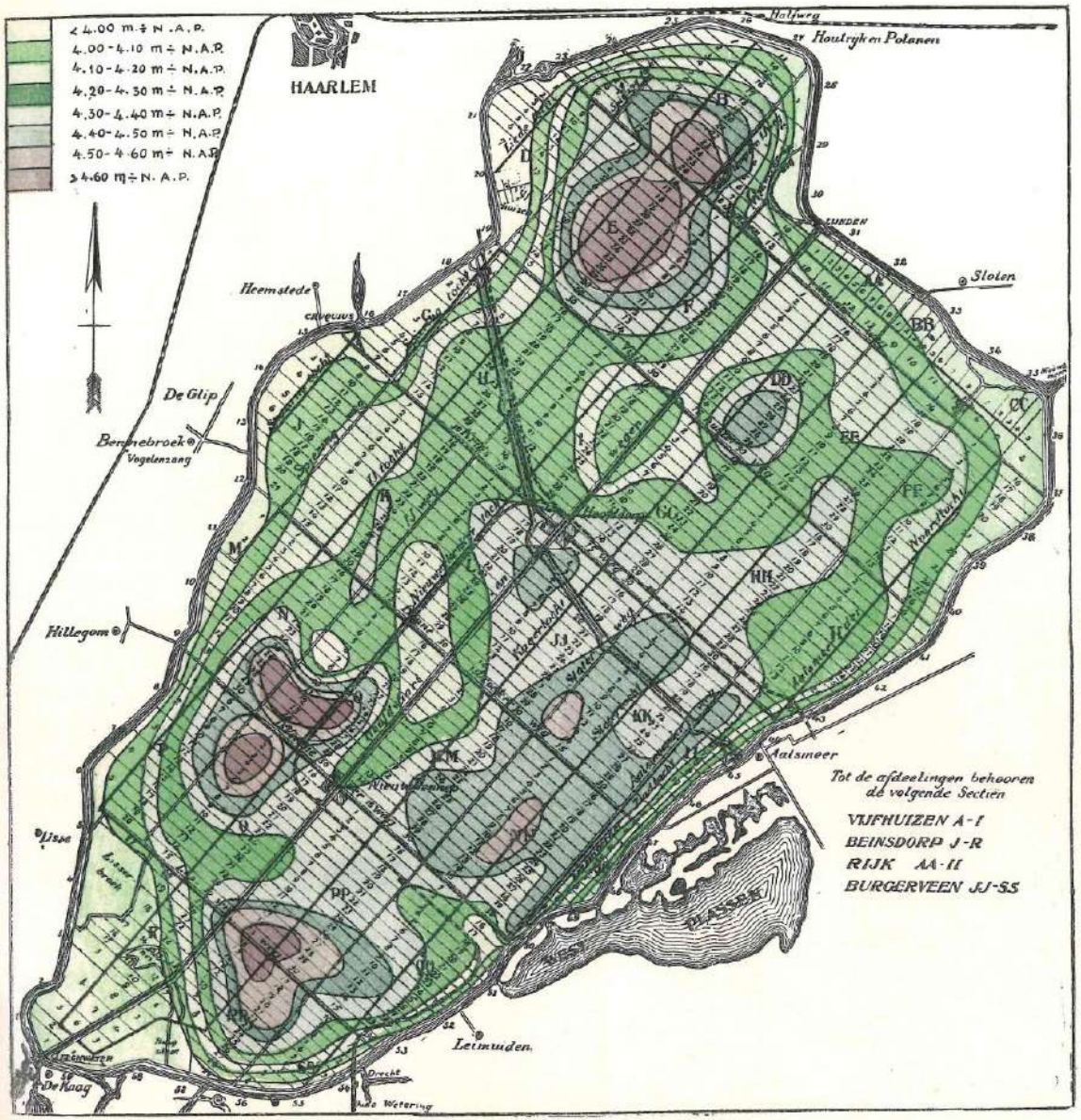

Fig. 88 — Depth map 1924
(Map of the Haarlemmermeerpolder, scale 1 : 75000).

built. No
ture but th
ing of the
secular low
water in th
To ma
there was
1226, the
The la
" boesemla
The turfgr
prosperous
assisted to
largest and
water was
vering in 1
with the p
Leyden fos
We m
centuries.
this genera
which we
The d
reclamatic
of very fin
depth map
DE GENS i
1866 by th
(Plate IX)
posed show
A new
(Plate XI)
the soil du
map (Plate
Plate
repriated
of the Roy
In con
in the con
polder larg
some part
as clay.
either by b
or by spre
Perhaps h
same soil

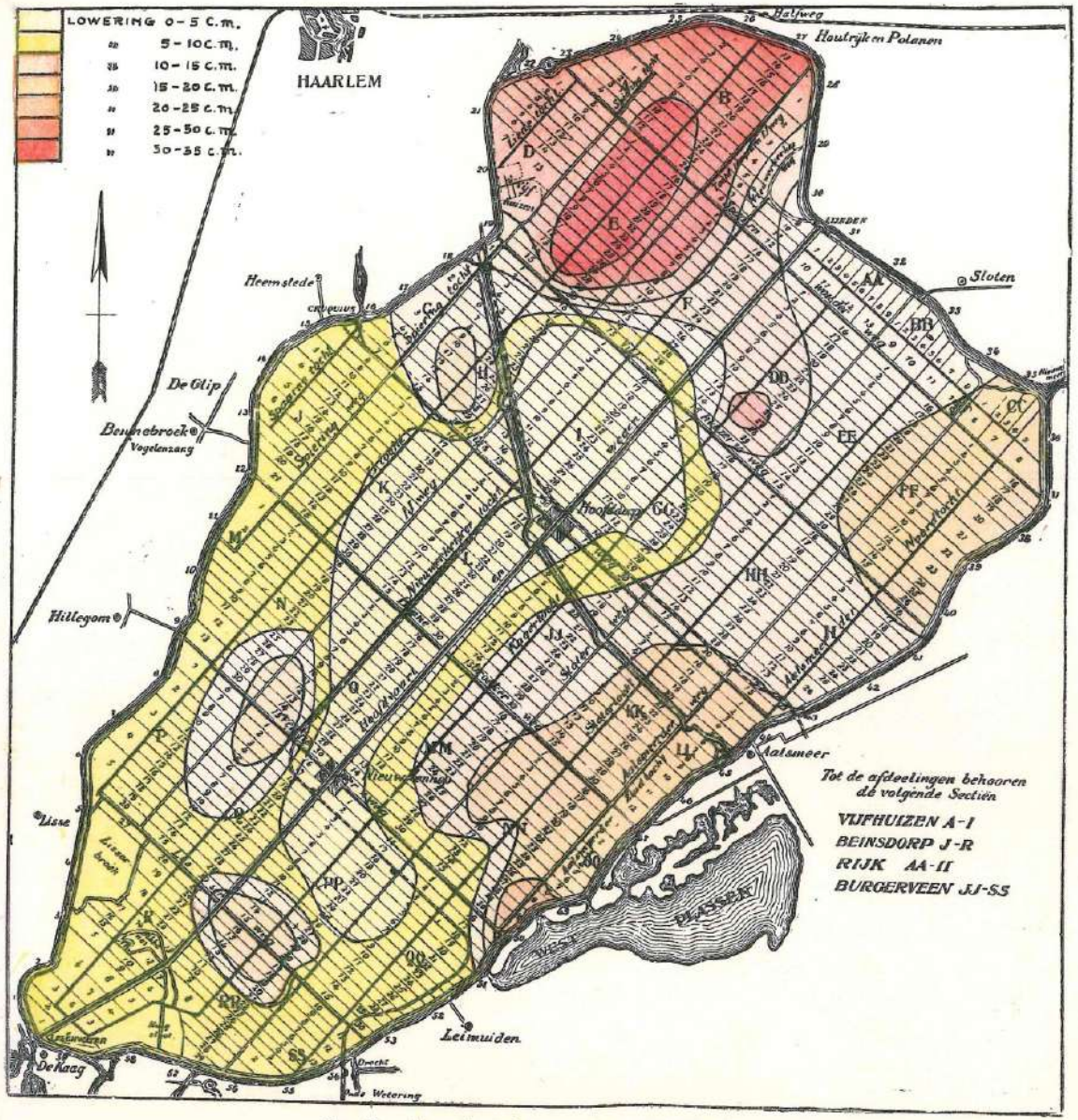

FIG. 89 — Lowerings of the soil from 1883 till 1924.
(Map of the Haarlemmermeerpolder, scale 1 : 75000).

The area of the polder is about 44.500 acres — 18.000 h.a. — of which only 690 acres — 280 h.a. — is water. The level of the estates is from 13 to 16 feet (4 m. - 4.80 m.) below N.A.P. The water level in the polder was gradually lowered, At the present time it can be as much as 20 feet (6.10 m) below N.A.P.

The superfluous water is pumped out by the pumping stations, called Lynden, Crugnius and Leegh-water into the boesem of Rynland and from there discharged along various ways by sluices and steampumps directly or indirectly into the sea.

THE INFILTRATION IN THE HAARLEMMERMEERPOLDER.

The quantity of water coming into the H.M.P. from the subsoil " wellwater " [1] calculated by subtracting from the quantity of water pumped out the rainfall minus the evaporation. The starting point is the quantity of water pumped out by the enginesa nd as this could only be accurately determined in recent years, the basis of the older calculation was wrong.

For those times a higher value is to be put to those calculation which were based upon the rising of the water level in winter during different rainless periods, when the engines were not pumping. In this manner in 1857 the infiltration or wellnumber was found to be 164 mm., and twenty years afterwards to be 135 mm.

The waterlevel of the polder was lowered continuously, whereby the soil became higher above the water and the water area smaller. In consequence of this the soil drains out much longer, the quantity of water absorbed by the soil varies more and small inaccuracies have greater influence upon the result, hence this method is not applicable with the present lower waterlevel.

As it was now possible to determine the delivery of the pumps more accurately, ELINK STERK made a new calculation on the basis of the quantity of water pumped out [2].

He took for granted that the rainfall minus the evaporation is the same for H.M.P. as for Rynland, whereof H.M.P. form a part (see Plate VII), He found an infiltration number of 150 mm. per annum. He neglected however the quantity of water taken from Rynland for the water supply of Amsterdam and the Hague. If we take this and some other corrections into account we get an infiltration number of 116 mm. per annum for the year 1887.

If we apply ELINK STERK's formula at present we may conclude that during the years 1903 till 1923 the average wellnumber was 90 mm. per annum.

As a control, the wellnumber is determined by using the relation between rainfall, drainage and evaporation discovered by KELLER [3].

[1] Infiltration or wellnumber is the calculated quantity of water coming from the subsoil per annum divided by the total area of the polder.The infiltration is in this case thought to be a layer of water 164 mm. thick, which would spread yearly over the total area of the polder.

More particulars are given in : Jr. J. G. BYL « Het kwelwater in den Haarlemmermeerpolder. *De Ingenieur* 1925 No. 7.

[2] A. ELINK STERK, Proceedings of the Royal Institution of Dutch Engieners 1897-1898.

[3] H. KELLER, Niederschlag, Abfluss und Verdunstung in Mittel Europa. *Jahrbuch für die Gewässerkunde Nord-Deutschlands, Besondere Mitteilungen*, Bd. I, No. 4.

He says that a flat country has a low evaporation, the minimum being 350 mm. The draining of the estates in H.M.P. being excellent and quick we have this minimum here.

The difference between the water pumped out and the rainfall to which is added the irrigation water — very little — must be over longer periods the same as the evaporation minus the infiltration water.

From this difference, calculated separately per summer and winter half year, periods of ten years are formed starting by turns 1st April and 1st October. The periods thus formed (as mentioned in Tabel I) show that independent of the rainfall, the evaporation minus the infiltration is, since April 1908, almost a constant: 262 mm. per annum. If we assume the infiltration a constant during the period 1908-1923, the evaporation must have been a constant too. Now t is remarkable, that KELLER finds a constant value for minimum evaporation in different riverbasins, where the yearly average rainfall varies, whilst a constant evaporation in Haarlemmermeerpolder is found during the decades since 1908 with different rainfall, but when the draining was excellent.

For the reasons above mentioned the infiltration number for H.M.P. will be about 0 5 mm per annum, a number, which shows a remarkable small difference from the 90 mm. found by the ELINK STERK's methode. In the same manner as ELINK STERK did, we have it to diminue with, 30 mm. for lock water a s. o.

We found as the most probable wellnumbers

for 1857	165 mm.,	decrease 4.3	mm. per annum
for 1864	135 mm.,	decrease 2.3	mm. per annum
for 1887	95 mm.,	decrease 1.7	mm. per annum
for 1915	60 mm.		

A decrease of the infiltration could be proved also by direct measurement of the quantity of water by the spaarnetaint brought in the Polder,

This quantity was calculated in July 1857 on 57.370 m³ per 24 hours, in 1890 20.000 m³ after heavy rainfall and 2500 to 3000 m³ per 24 hours during summer dryness. In 1922 we found for this eduction 925 m³ per 24 hours during summer dryness.

In order to get an explanation of the decrease of the infiltration, we must go back to its origin.

The infiltration is largely coming from the dunes. In 1851 the Amsterdam water supply was here established and two circumstances acted together for the decrease of the infiltration, i. e. as well the draining of the recovered land itself, then existing for some years as the new draining of the dunes in the heat. In this way we may explain how it is possible that the decrease was greater during the first years than later.

But the infiltration water does not alone come from the dunes, but also from the other sides. Worth noting is that for which we are indebted to Capt. SAR of the Royal Dutch Flying Corps. He saw from his flying-machine rains run over the polder, probably these rains indicate the sources of the water coming from the subsoil. In the western part of H.M.P. the land is sandy and there is no clay layer, therefore the soil itself is always wet and the whole land is a source of water. If however

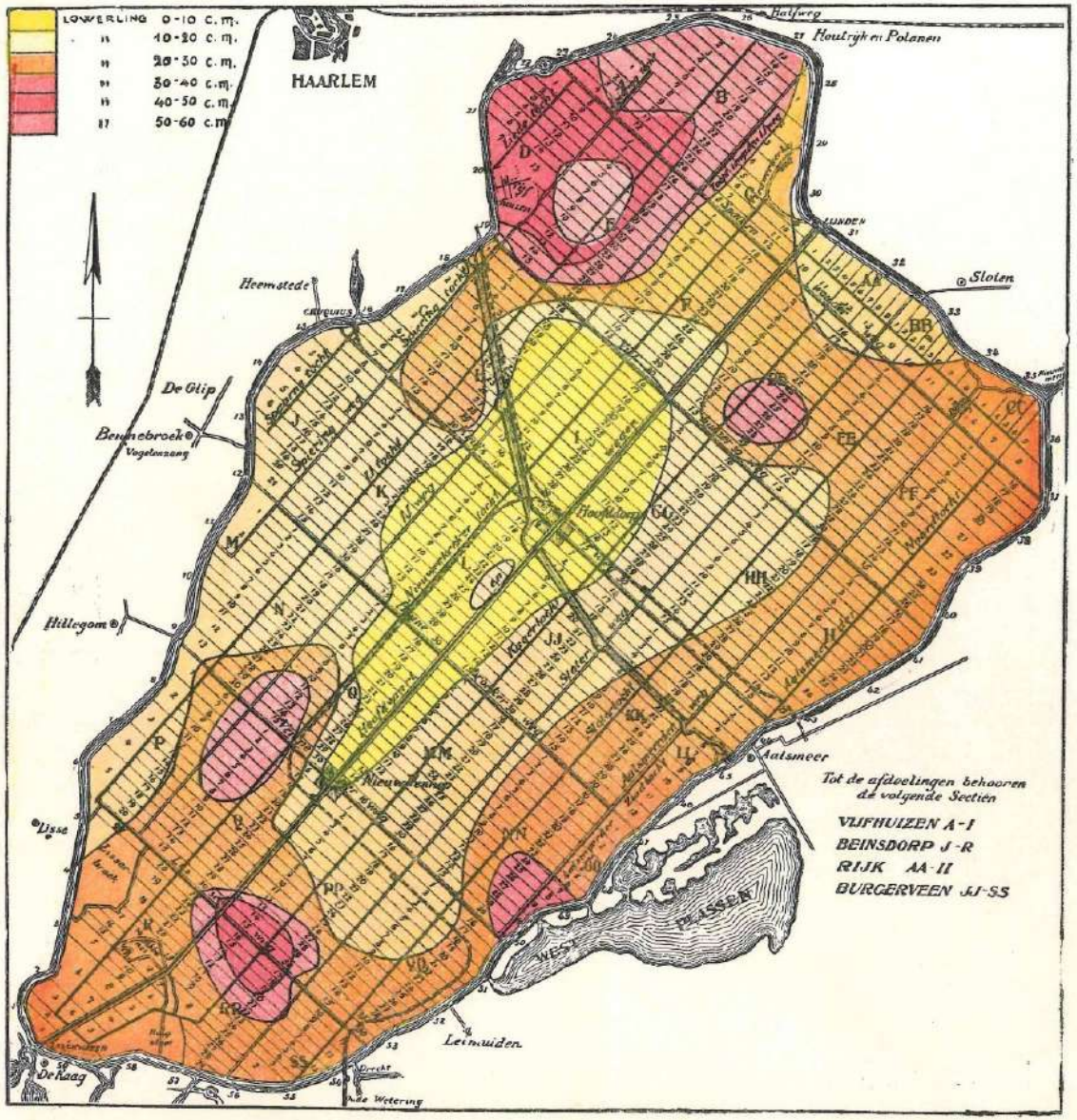

FIG. 90 - Lowerings of the soil from 1866 till 1924.
(Map of the Haarlemmermeerpolder, scale 1 : 75000).

He says tha
350 mm. The
this minimum
The differer
the irrigation wa
poration minus
From this
periods of ten ye
thus formed
the evaporatio
262 mm. per a
1908-1923, the
that KELLER fi
sins, where the
lemmermeerpol
but when the
For the re
about 0 5 mn
from the 90 n
ELINK STERK
We found
for 1
for 1
for 1
for 1
A decreas
the quantity
This qua
20.000 m³ aft
dryness. In
dryness.
In order
back to its o
The infil
dam water s
the decrease
then existin
way we may
years than 1
But the
the other sid
the Royal D
polder, proba
soil. In the v
refore the so

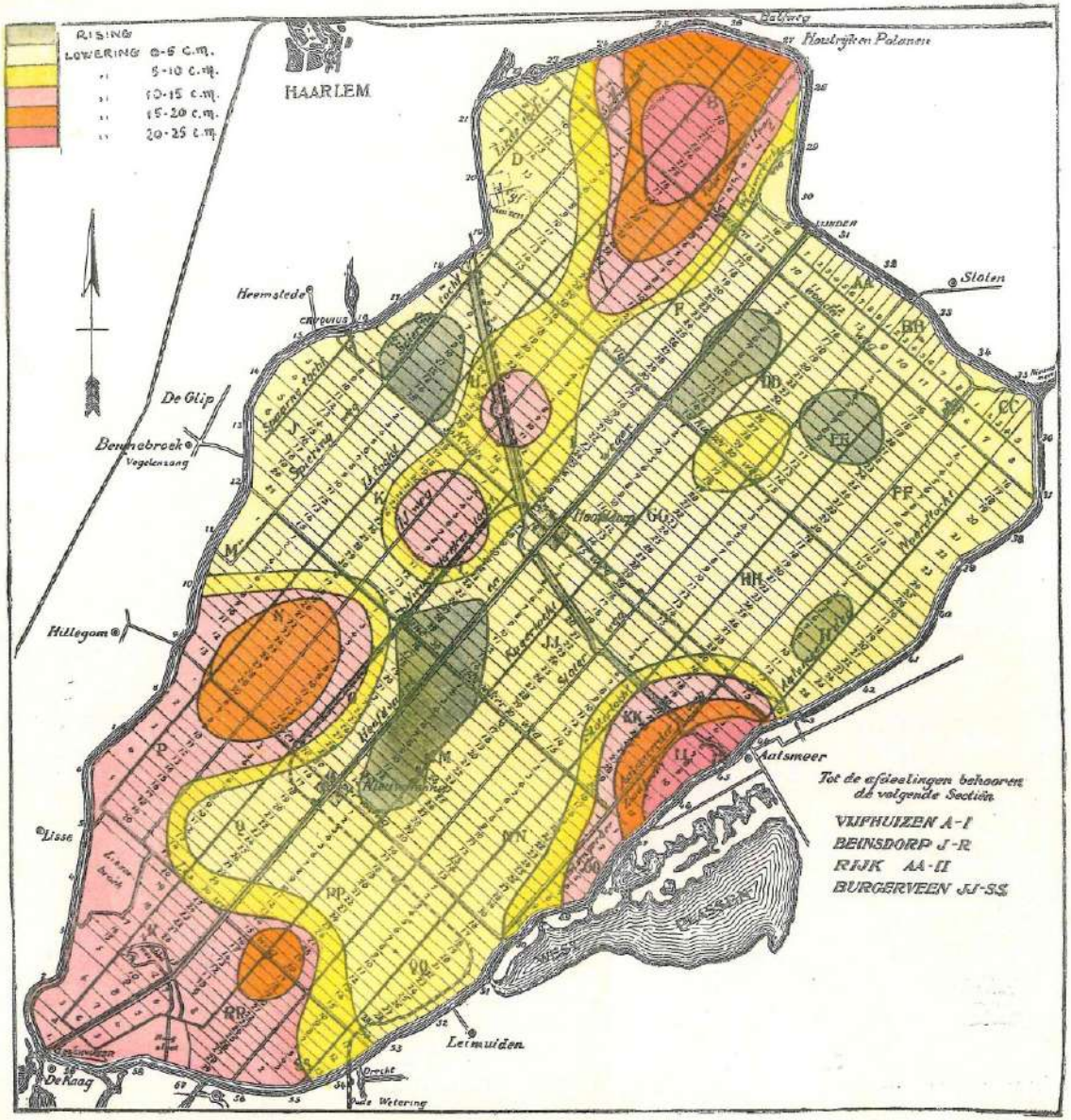

FIG. 91 - Lowerings of the soil from 1856 till 1866.
(Map of the Haarlemmermeerpolder, scale 1 : 75000).

He says th
350 mm. The
this minimum
The differe
the irrigation w
poration minus
From this
periods of ten y
thus formed
the evaporatic
262 mm. per
1908-1923, the
that KELLER
sins, where th
lemmermeerpo
but when the
For the
about 0 5 m
from the 90
ELINK STERR
We foun
for
for
for
for
A decre
the quantity
This q
20.000 m³ a
dryness. I
dryness.
In orde
back to its
The in
dam water
the decreas
then existi
way we ma
years than
But th
the other s
the Royal
polder, pro
soil. In the
refore the

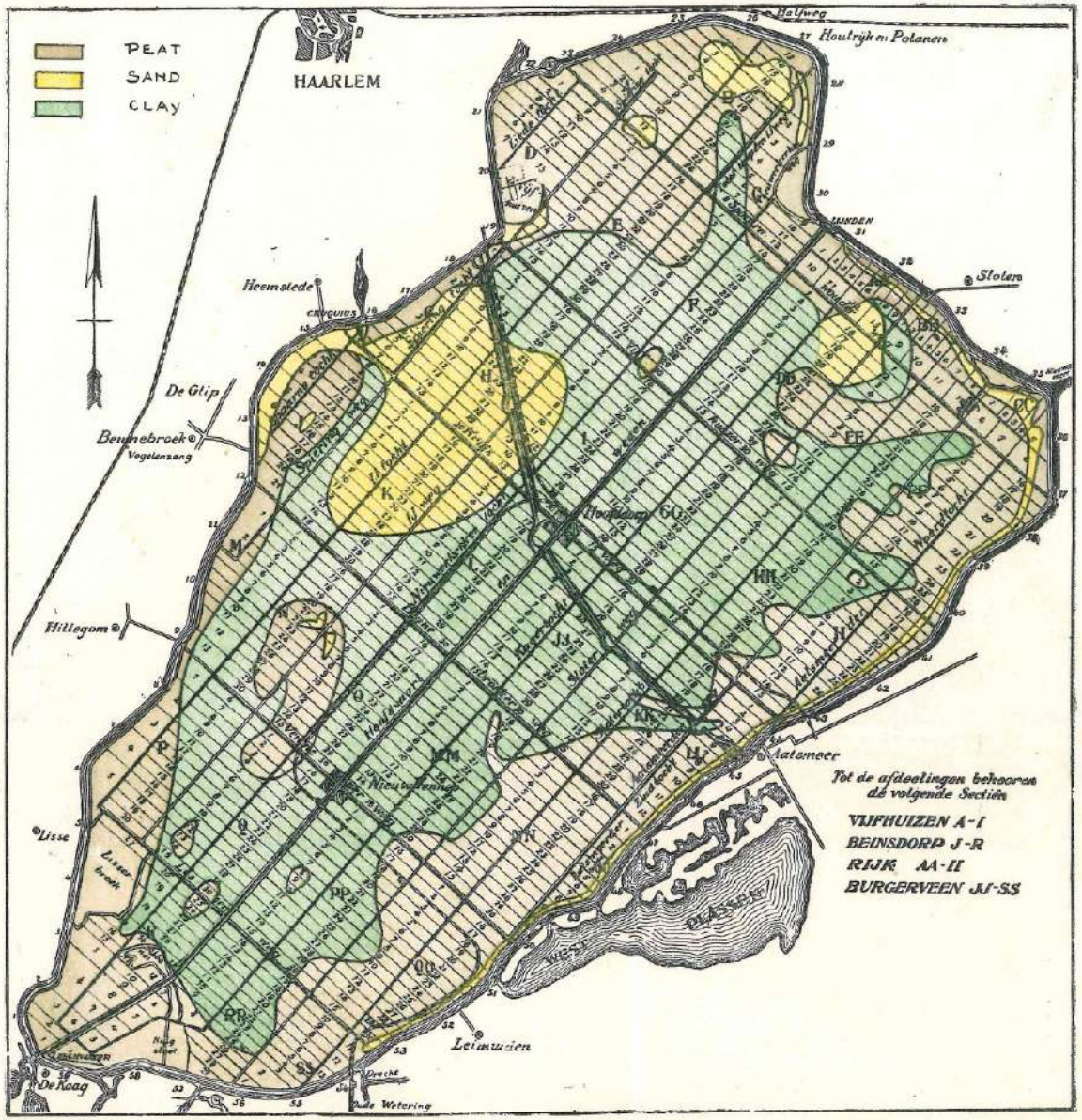

FIG. 92 — Geological map **Staringh.**
(Map of the Haarlemmermeerpolder, scale 1 : 75000).

a clay layer appears, the rains are more distinctly visible. At a place where infiltration springs in the polder may be found to the west near Aalsmeer the composition of the subsoil was found by boring, and so we know that the clay layer is wanting locally. Here the water from the lake near Aalsmeer can enter through the subsoil in the H.M.P. (see plate XVII).

The most remarkable appearances of local infiltration are the nortons and gassprings. In 1922 205 gassprings were found with a total effect of 1387.4 liter of water per minute and 100 nortonpumps with a water effect of 459.6 liter of water per minute, corresponding to a total well number of about 42 mm. per annum calculated over the total area of the polder.

As we saw the total wellnumber being about 60 mm. per annum, the water brought in by the norton and gasspring is a preponderating part of it, and the infiltration water coming directly in to the soil is about 18 mm. It will be seen that this wellnumber corresponds with.

The influence of the infiltration on the flora.

A. J. van Rossum, Managing Director of a sugar factory, was kind enough to give us some data about the average percentage of sugar found during a period of years at the factories situated at Halfweg, Vierverlaten, Geldermalsen and Steenbergen. These factories get their beetroots from the surrounding agricultural districts and make a so-called amount-contract with the farmers, both parties having an interest in a high percentage of sugar. For the comparison with the quantities of rainfall during different periods and at different places, use was made of the data of the meteorological yearbooks. The data from the factories Halfweg, Vierverlaten, Geldermalsen and Steenbergen were compared with the data of the meteorological stations in their neighbourhood Hoofddorp, Groningen, Ryswyk and Oudenbosch.

Using these data no relation was found between the rainfall and a short period out of the time of development of the sugar beet, not even for the critical time of germination. In a general way we may say that the beetroots stand a period of severe dryness during the spring better on the lighter soils than on the heavier clay, where a hard crust may be formed as in the years 1911, '12, '14, '17, and '19.

The best way of investigation was by taking into account the total rainfall during the five months of spring, commencing May 1 st. (Table II).

A linear relation was calculated for each factory of the form :

$$S_o - S = P\ (R - R_o)$$

Where :

S — the percentage of sugar corresponding to

R — the rainfall during May-October ;

S_o — the average percentage of sugar for a certain factory ;

R_o — the average rainfall at the same factory ;

P — the ratio according to which the percentage of sugar increases if the rainfall decreases.

The following table was compiled using the method of the least squares.

Factory	S in %	Ro in mm.	P	Probable error
Halfweg	15.97	325.7	0.00459	0.00181
Vierverlaten	16.76	330.3	0.00368	0.00206
Geldermalsen	16.01	309.0	0.00074	0.00218
Steenbergen	16.44	310.3	0.00191	0.00191

From the values of the P to their probable error follows that:

(1) We can conclude that a relation exists between the percentage of sugar and the rainfall for Halfweg.

We find a decrease of the percentage of sugar with increasing rainfall.

(2) A similar relation is likely but not certain to exist for Steenbergen and Vierverlaten.

(3) A similar relation can not be ascertained for Geldermalsen. This can be explained from the hydrological condition of the surroundings — the Betuwe, situated between the large Dutch rivers. Some investigators have shown that here the rivers Rhine, Lek and Waal cause an infiltration which differs much and depends on the water-level of those rivers.

It is remarkable that Geldermalsen had a lower percentage of sugar than the other factories during the years 1903 and 1907, when the average river-level was high, and that good percentages of sugar coincide with a low average river-level during the years 1904, '13, '18 and '19. During the dry summers of 1911 and 1921 the average river levels were low and the infiltration in the Betuwe could not fill up the deficit of rainwater. The percentage of sugar was rather low. In the case of Geldermalsen another important factor still complicates the already complicated question.

In fig. 95 the values of S-So of each factory are plotted out as ordinate against the rainfall R of the years 1901-1924.

We may conclude that in connection with the climate the sugarbeets nearly always get too much water in Holland.

Only to a certain extend can decrease of rainfall give increase of percentage of sugar. In order to find out what quantity of rainfall is the most favourable under average circumstances, a parabolic relation has been calculated for the factory Halfweg Haarlemmermeerpolder in the form:

$$So' - So = P'(R\text{-}Ro) + Q(R\text{-}Ro)^2;$$

	So'	P'	Q
	16.04	0.00524	0.0000143
probable error	0.161	0.00204	0.0000183

Under average circumstances the highest percentage of sugar for the factory Halfweg would be 16.5 %, if the rainfall is 142 mm. in H.M.P. during the five summer months. The value of the factor $Q(R\text{-}Ro)^2$ is not certain, as is shown by the probable error, moreover no true conclusions for very dry years can be drawn from measurements taken during very wet years.

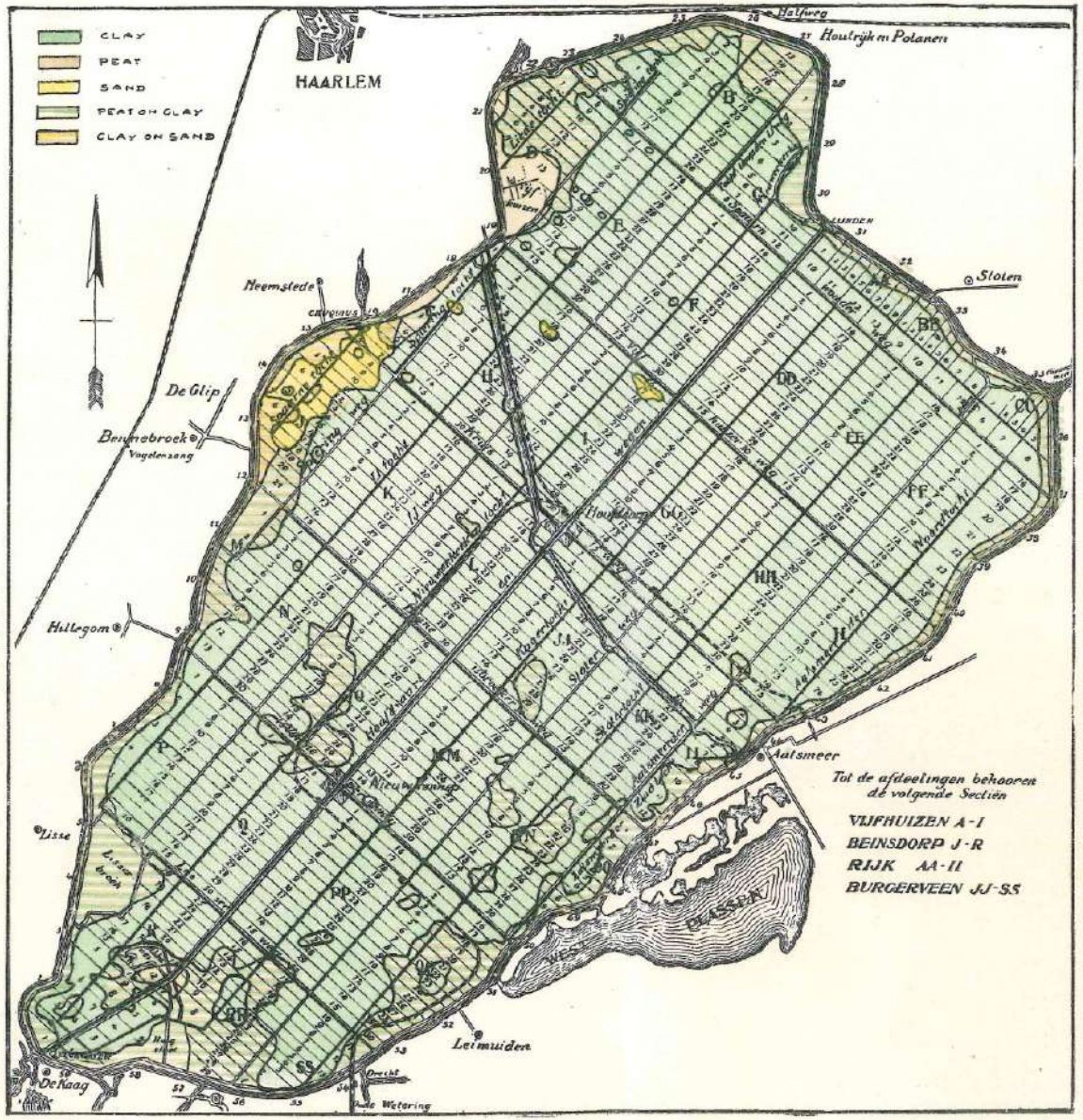

FIG. 93 — Geological map Dr. P. Tesch. Survey 1920 - 1922.
(Map of the Haarlemmermeerpolder, scale 1 : 75000).

The follow

Facto
Halfweg. . . . .
Vierverlaten. . .
Geldermalsen . .
Steenbergen . . .

From the
(1) We
the rainfall fo
We find
(2) A s
Vierverlaten.
(3) A s
explained fro
tuated betwe
the rivers Rh
on the wate
It is ren
other factorie
and that goo
years 1904,
river levels
of rainwater.
sen another
In fig. 9
the rainfall
We ma
always get
Only to
sugar. In
average circ
weg Haarle

prob

Under
Halfweg wo
months.
error, mor
rements ta

PLANCHE XVII.
PLATE XVII.
TAFEL XVII.
TAVOLA XVII.

FIG. 94. — Aerial Map of the Haarlemmermeer-polder showing infiltration water coming from the subsoil. (*By kind permission of* J. W. SAR, *Capt. of Royal Dutch Air Corps.*)

A better idea about the optimum quantity of rainfall is obtained as in the following way. On the same plate a parabola is drawn for each factory through three corresponding points, so that all other points lay under this parabola.

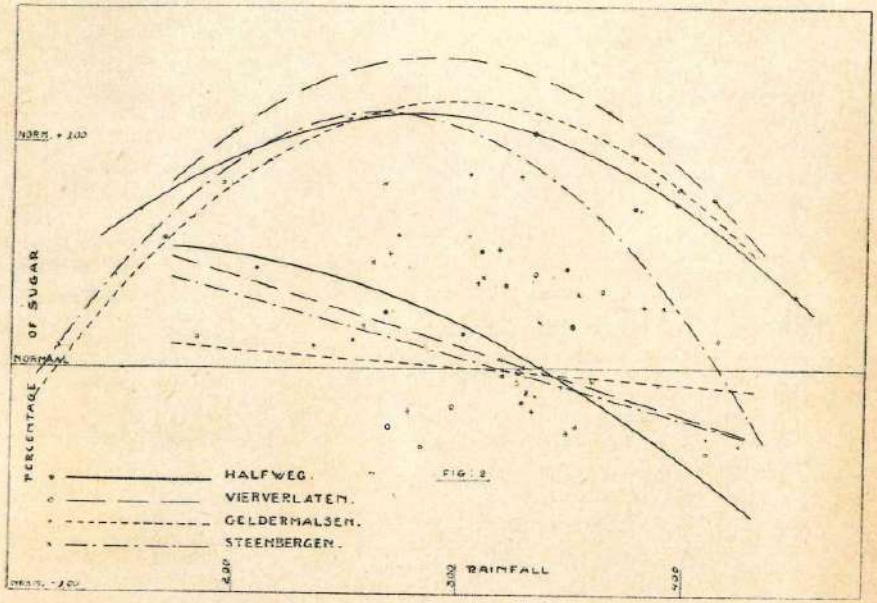

FIG. 95. Curve of the percentage of sugar of 4 factories in relation to rainfall.

The equations of these parabolae are

$$S_t - S = A\ (R\text{-}R_t)^2$$

Where

S_t — the percentage of sugar expressed by the top ;
R_t — the rainfall corresponding with the top ;
A — twice the parameter of the parabolae.

We found for these parabolae :

Factory	S_t	R_t	A.
Halfweg	17.09	279	0.000029
Vierverlaten	18.03	207	0.000040
Geldermalsen	17.18	296.5	0.000037
Steenbergen	17.57	164	0.000049

It would be bold to conclude from these calculations that the most favourable rainfall for H.M.P. Halfweg is 8 mm. lower during 5 months than for Groningen

(Vierverlaten) where there is no infiltration water, whereof for H.M.P. could be concluded to an infiltration numer of $\frac{12}{5} \times 8$ mm. = 18.2 mm. per annum.

We have seen that the infiltration differs locally in H. M. P. Therefore the relation between rainfall and percentage of sugar has been computed for different parts of the polder. We owe these data to some thirty prominent farmers. The numbers proved that at many farms the highest percentage of sugar was obtained with a rainfall of about 335 mm. That there a higher number is found for the most favour rable rainfall than for the entire polder is easy to explain. For the calculations, concerning single farms, the results of the crops of the ablest farmers were taken, farmers who really look after their plants. The rule found by HELLREIGEL, VON SEELHORST, WILLFARTH and many others, is confirmed once more that dumping is more benificial with a liberal water supply [1].

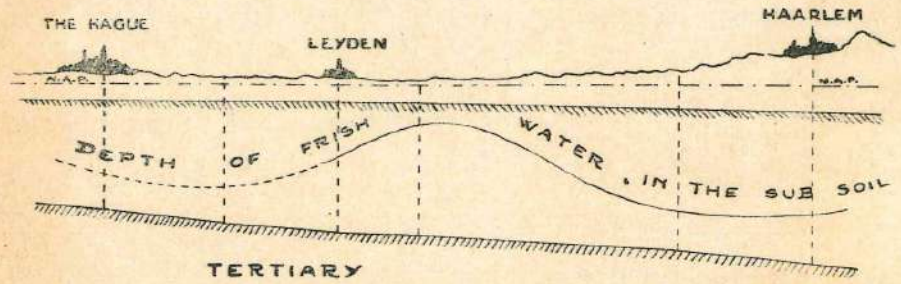

FIG. 96. — Section of the soil between the Hague and Haarlem.

Some apparent exeptions to the rule found in H.M.P. are important enough to be mentioned separately. Mr. GEERTSMA gets the highest percentage of sugar during dry summers, 1921 with 167.2 mm. and 1911 with 156.9 mm., but his land has a rather high infiltration. The average percentage was not high in those years because the farms with sandy soil gave a bad percentage. If we take the wet summr of 1923, with a low percentage of sugar, we find that some farms suffered more, some less from the abundance of water. It was very unfortunate for Mr. GEERTSMA in consequence of the infiltration, it was however less unfavourable for the permeable sandy ground.

The results on the harvest of Mr. SLOOTEN's farm are not easy to explain. Favourable years were 1915 and 1922 with a rainfall of 376.8 mm. and 332.5 mm. The dry summer of 1911 was unfavourable, the percentage of sugar was below the average, in rather wet years as 1916 and 1920 the percentage was good. An explanation may perhaps be found in the percentage of chlorine found in the water in this part of the polder. J. VAN DER HOEVEN draws our attention to this phenomenon. It is not yet sufficiently studied, but the following may be mentioned.

[1] Ir. J. G. BYL, De invloed van het hueiwater op de Land-Bouwgrassen in de H.M.P. *Landbouwkundig Tijdschrift* 1924, No. 433.

We have seen that a remarkable decrease of the quantity of the infiltration water took place, furthermore that formerly this water came chiefly from the dunes, whilst now the greater part is brought from the deeper layers by the norton and gassprings. At the counting of these in 1922 a determination of the percentage of

TABLE I. — *Difference between the water pumped out and the rainfall.*

Periods of ten years.

Starting point of the period	Yearly average in m.m.	Starting point of the period	Yearly average in m.m.
1. April 1870	401	1. April 1892	355
1. October 1870	400	1. October 1892	356
1. April 1871	403	1. April 1893	354
1. October 1871	405	1. October 1893	356
1. April 1872	395	1. April 1894	354
1. October 1872	387	1. October 1894	356
1. April 1873	385	1. April 1895	360
1. October 1873	375	1. October 1895	367
1. April 1874	370	1. April 1896	366
1. October 1874	360	1. October 1896	359
1. April 1875	360	1. April 1897	366
1. October 1875	348	1. October 1897	351
1. April 1876	345	1. April 1898	355
1. October 1876	344	1. October 1898	356
1. April 1877	344	1. April 1899	351
1. October 1877	339	1. October 1899	344
1. April 1878	343	1. April 1900	338
1. October 1878	345	1. October 1900	337
1. April 1879	345	1. April 1901	324
1. October 1879	349	1. October 1901	310
1. April 1880	348	1. April 1902	302
1. October 1880	352	1. October 1902	299
1. April 1881	353	1. April 1903	294
1. October 1881	345	1. October 1903	280
1. April 1882	340	1. April 1904	280
1. October 1882	342	1. October 1904	284
1. April 1883	344	1. April 1905	274
1. October 1883	344	1. October 1905	268
1. April 1884	340	1. April 1906	264
1. October 1884	343	1. October 1906	265
1. April 1885	343	1. April 1907	258
1. October 1885	340	1. October 1907	262
1. April 1886	344	1. April 1908	254
1. October 1886	337	1. October 1908	255
1. April 1887	332	1. April 1909	250
1. October 1887	342	1. October 1909	250
1. April 1888	345	1. April 1910	256
1. October 1888	338	1. October 1910	263
1. April 1889	340	1. April 1911	262
1. October 1889	339	1. October 1911	261
1. April 1890	343	1. April 1912	264
1. October 1890	337	1. October 1912	266
1. April 1891	338	1. April 1913	266
1. October 1891	345		

chlorine also took place. It was found that the springs bring from the deeper layers rich in salt besides 14.334 liter of water also 14.263592 mgr. chlorine into H.M.P.

The total amount of this water and that being of influence on the flora, giving a well numbe r of 60 mm, corresponds exatly with our physical researches.

Considering the results from the year 1922 we may conclude with certainty to the existance of a diffusion or mixing-zone of the water in the subsoil. OLDENBOUGH thinks the depth of the fresh water under dunes near Haarlem to be upwards of 100 metres and at Noordwyn about 30 metres, in other words the diffusion-zone is here only 30 metres below N.A.P. (fig. 96) [2].

If we now bear in mind that people complain of being oversalted the water in Holland it is eas y to see how important a fresh water barrier under the dunes must be for the ireclaimed lands. The loomlayer of Scandinavian origin as shown on the map

TABLE II.

Year	Halfweg			Vierverlaten			Steenbergen			Geldermalsen			Average River level May-Oct.	
	percentage of sugar	departure of percentage from the normal	Rainfall in m.m. May-Oct. Hoofddorp	percentage of sugar	departure of percentage from the normal	Rainfall in m.m. May-Oct. Groningen	percentage of sugar	departure of percentage from the normal	Rainfall in m.m. May-Oct. Oudenbosch	percentage of sugar	departure of percentage from the normal	Rainfall in m.m. May-Oct. Rijswijk	Cuijkenberg	Zalt-Bommel
1901	15.15	— 0.82	367.4	16.26	— 0.50	229.8	15.65	— 0.79	259.2	13.32	— 0.69	310.7	3.056	2.852
1902	16.15	+ 0.18	344.9	17.09	+ 0.33	362.8	15.75	— 0.69	415.1	15.20	— 0.81	386.3	3.110	3.055
1903	14.46	— 1.51	437.4	15.27	— 1.49	449.8	14.76	— 1.68	372.1	13.83	— 2.18	294.4	2 887	2.910
1904	16.56	+ 0.50	272.7	17.80	+ 0.04	198.5	17.55	+ 1.11	262.4	16.45	+ 0.44	208.7	2.533	2.547
1905	15.59	— 0.38	354.5	16.50	— 0.26	268.2	16.10	— 0.34	425.0	15.72	— 0.20	247.5	2.823	2.806
1906	16.12	+ 0.15	301.3	16.70	— 0.06	325.8	16.48	+ 0.04	318.0	15.82	— 0.19	277.3	2.983	3.022
1907	15.42	— 0.55	236.6	15.90	— 0.86	283.1	15.97	— 0.47	261.7	15.21	— 0.80	285 7	2.948	2.977
1908	16.33	+ 0.36	320.0	16.75	— 0.01	326.5	16.84	+ 0.40	309.8	16.20	+ 0.19	257.1	3.167	3.209
1909	15.17	— 0.80	350.1	15.52	— 1.24	399.0	16 —	— 0.44	339.5	15.93	— 0.08	345.5	2.631	2.666
1910	16.82	+ 0.85	303.0	16.87	+ 0.11	414.6	16.70	+ 0.20	389.9	16.27	+ 0.20	381.7	3.684	3.839
1911	16.67	+ 0.70	156.9	17.37	+ 0.61	182.7	16.57	+ 0.13	252.0	16.11	+ 0.10	234.8	2.092	2.320
1912	16.28	+ 0.31	449.7	17.50	+ 0.74	412.7	17.10	+ 0.66	360.5	16.52	+ 0.51	268.5	2.811	3.330
1913	16.22	+ 0.25	267.8	16.59	— 0.17	297.2	16.33	— 0.11	330.0	16.87	+ 0.80	326.8	2 648	3.088
1914	15.94	— 0.03	319.5	16.38	— 0.38	410.4	16.32	— 0.12	334.1	16.38	+ 0.37	307.7	3.314	3.743
1915	16.68	+ 0.71	376.8	17.54	+ 0.78	345.7	16.34	— 0.10	330.5	16.73	+ 0.72	395.4	2.709	2.006
1916	16.40	+ 0.43	346.6	17.17	+ 0.41	333.4	16.64	+ 0.20	335.0	16.53	+ 0.52	317.5	3.088	3.172
1917	16.48	+ 0.51	309.0	17.17	+ 0.41	346.4	16.76	+ 0.32	352.2	15.75	— 0.26	352.1	2.833	2.929
1918	15.17	— 0.80	365.4	16.71	— 0.05	359.7	16.45	+ 0.01	329.2	15.82	— 0.19	332.0	2.241	2.392
1919	15.82	— 0.15	327.7	16.41	— 0.35	283.4	16.90	+ 0.46	260.7	16.94	+ 0.93	214.1	2.496	2.688
1920	15.40	— 0.57	370.0	17.26	+ 0.50	345.7	17.25	+ 0.81	265.1	16.95	+ 0.94	378.6	2.376	2.629
1921	16.54	+ 0.57	167.2	17.54	+ 0.01	193.4	16.53	+ 0.09	120.3	16.02	+ 0.01	120.4	1.109	1.444
1922	17.00	+ 1.03	332.5	17.88	+ 1.12	305.4	16.02	+ 0.58	303 6	16.02	+ 0.01	337.2	2.789	3.257
1923	14.90	— 1.07	415.3	15.20	— 1.56	410.1	16.01	— 0.43	351.7	15.70	— 0.31	410.1	—	—

[2] The lines showing the situation of the tertiary beds and the depth of the fresh water in the subsoil are borrowed from his paper in *De Ingenieur* 1916.

(Plate VII) by a dotted line, gives a strong certainty against oversalting, if the fresh water barrier in the dunes extends to that layer. Where this layer fails or is interrupted the danger of oversalting is greater.

Finally we may mention that some people suggested that the withdrawal of gas and water from the subsoil may cause local lowerings, and others that the infiltration may be the reason for a displacement of soil. By studying the map (Plates X, XII, XIII, XIV) mentioned above, we can not support any of these suggestions.

ING. BIJL. *Hoofddorp (Pays-Bas).* — **Le sol et l'eau dans le Haarlemmermeerpolder.**

RÉSUMÉ.

Le Haarlemmermeerpolder occupe une superficie de 18.000 hectares et est situé en Rynland, dont il est dépendant en ce qui concerne l'évacuation des eaux. Son niveau s'établit à 4 jusqu'à 4,80 mètres, en moyenne 4,30 mètres au-dessous du niveau de la mer à Amsterdam.

On peut établir l'infiltration en faisant une comparaison entre la quantité d'eau produite par les chutes de pluie et l'évaporation dans le Polder avec des régions analogues.

L'eau, évacuée en plus, indique l'infiltration.

Suivant cette méthode ELINK STERK, en 1897, a établi une comparaison avec Rynland et a constaté comme chiffre d'infiltration à peu près 150 millimètres pour l'année 1887.

Cette méthode fut appliquée durant les années 1903-1923 et seulement un chiffre de 90 mm. a été constaté : chiffre pas tout à fait exact par suite de circonstances variées.

En faisant encore une fois une comparaison avec l'évacuation calculée par KELLER pour de différents cours d'eau dans l'Europe centrale, un chiffre d'infiltration dans le Haarlemmermeerpolder a été constaté de 88 mm. par année.

Les chiffres doivent être diminués de 30 mm pour l'eau de l'escluse.

L'infiltration totale est donc diminuée.

Les infiltrations pour une longueur de digue déterminée s'élevant en 1897 à 2900 à 3000 m³ par 24 heures, tandis qu'en 1922 celles-ci n'atteignaient même pas 1000 m³ pour une même durée de temps.

Les causes de cet amoindrissement provenaient de l'envasement et du colmatage des digues, mais principalement du drainage des dunes voisines, effectué par le Service des eaux d'Amsterdam.

A différentes époques il a été établi des graphiques donnant les abaissements inégaux des terrains du Polder durant les soixante dix dernières années.

Il fut procédé de même pour l'indication des sources et leur quantité d'eau émise, dont le titrage de chlore a été déterminé.

Aucune relation n'a pu être établie entre les abaissements des terrains et les infiltrations.

Des sondages faits à des couches plus profondes ont prouvé l'existence d'infiltrations d'eau salée ainsi que d'une zône de diffusion.

L'influence des infiltrations sur l'état de l'eau est démontrée par une série d'expériences effectuées à différents endroits du Haarlemmermeerpolder.

D'autre part l'influence des infiltrations sur les céréales est reconnue par le titrage moyen obtenu lors de la récolte des betteraves dans le Haarlemmermeerpolder, comparativement aux mêmes récoltes d'autres régions.

Une même comparaison du titrage des betteraves a été établie pour différents endroits du Polder, en tenant compte de la situation tant au point de vue de l'eau du Polder que des infiltrations.

ING. BIJL. *Hoofddorp (Netherlands).* — **Infiltration in the Haarlemmermeerpolder.**

ABSTRACT.

The Haarlemmermeerpolder covers an area of 44,500 acres and is situated in Rynland, on which it depends for the clearance of its water. The level of the polder is from 18 to 16 feet below the level of the sea at Amsterdam.

It is possible to calculate the degree of infiltration by comparing the quantity of water given by the rainfall and the evaporation in the Polder with the figures for similar areas.

The surplus water evacuated indicates the extent of infiltration.

In 1897 ELINK STERK worked out by this method a comparison with Rynland and ascertained that the figure for infiltration was about 150 millimetres for the year 1887.

When the same method was employed in 1903-1923 the figure was 90 mm. only, though for various reasons this result could not be regarded as absolutely accurate.

When a further comparison was made with the estimate for evacuation made by KELLER for the various water courses of Central Europe, the infiltration figure for the Haarlemmermeerpolder was found to be 88 mm. per year.

This nombres include 30 mm lock water.

Hence there has been a reduction in the total infiltration.

Infiltrations for a determined length of dyke rose in 1897 to 2900-3000 cubic metres in 24 hours, whereas in 1922 they only reached 1000 cubic metres during the same period.

The reasons for this reduction are to be found in the silting up and warping of the dykes but more especially in the drainage of the neighbouring dunes carried out by the waterworks at Amsterdam.

Charts have been prepared on different occasions showing the inequalities in the settlement of the Polder lands during the last 70 years.

Charts have also been drawn up showing the sources and quantity of the water given off for which the chlorine content has been estimated.

No connection has been shown between settlement and infiltration.

Soundings made at lower levels have proved the existence of infiltrations of salt water and of a certain area of diffusion.

The influence of the infiltrations on the condition of the water has been proved in a series of tests made in different parts of the Haarlemmermeerpolder.

Further the influence of infiltration on cereal crops is recognized by the average content obtained at the time of the beet harvest in the Haarlemmermeerpolder as compared with the figures for the beets of other districts.

A similar comparison of the content of beets has been made for different districts in the Polder with due regard both to the water in the Polder as well as to the infiltrations.

II^{ÈME} COMMISSION

ÉTUDE CHIMIQUE DU SOL

Ing. P. WAGUET,

Professeur de Géologie, Institut Agricole, Beauvais, France.

ORIGINE ET FORMATION DES TERRES ARABLES.

« C'est parce que la Science n'est sûre de rien qu'elle progresse toujours ». DUCLAUX.

INTRODUCTION.

La question de l'origine et de la formation des terres arables semble bien être l'une des plus négligées, l'une des plus souvent oubliées, même, par les auteurs d'articles ou d'ouvrages scientifiques.

En effet, que l'on veuille ou non en faire, sous le nom d'*Agrogéologie* (ou sous tout autre nom), une science spéciale, elle se trouve située à la limite de deux sciences extrêmement importantes : la *Géologie*, d'une part, et la *Chimie agricole*, de l'autre, en sorte qu'elle est presque toujours considérée, par les géologues aussi bien que par les chimistes, comme une question accessoire, très rapidement signalée, et parfois même complètement laissée de côté.

Et de fait, les indications relatives à la culture que l'on peut trouver dans les ouvrages de géologie proprement dits (même ceux intitulés : *Géologie agricole*) sont, à de rares exceptions près, très sommaires, insuffisantes pour présenter quelque valeur pratique, et souvent même entachées d'erreurs. D'autre part, les ouvrages de chimie agricole ne consacrent en général à l'origine du sol que quelques lignes, ou tout au plus quelques pages, la majeure partie du texte devant être réservée à l'étude de l'analyse et des propriétés physiques, chimiques et biologiques des terrains et des plantes.

C'est que le géologue se place à un point de vue presque toujours beaucoup trop étroit : il ne se préoccupe le plus souvent que de minéralogie et de stratigraphie, sciences un peu stériles si on les envisage seulement en elles-mêmes, et ressemble en quelque sorte au préparateur qui dissèque un cadavre sans bien se rendre compte des fonctions et des rapports mutuels des différents organes : les cartes géologiques me font toujours songer à ces atlas d'anatomie, où l'on dépouille les sujets de leur peau pour mieux faire voir leurs muscles, ou de leurs muscles pour mieux faire voir leur squelette. Et en effet, le sol superficiel, la terre arable, non seulement intéresse peu, mais *gêne* réellement le géologue, qui doit deviner sous ce manteau uniforme la nature et la position des roches profondes ; aussi, dans les cartes, le supprime-t-il délibérément, ce qui est d'ailleurs indispensable s'il veut présenter, surtout à échelle moyenne, un document clair et lisible. Mais nous voilà loin du point de vue agricole.

Par ailleurs, aujourd'hui où l'on demande à l'astronomie elle-même (la plus inutile de toutes les sciences, disait Aug. COMTE) de fournir des résultats pratiques et utilisables, on ne comprendrait pas que la géologie puisse demeurer une science purement spéculative, plongée dans l'étude ingrate des convulsions anciennes du globe.

Et si elle s'est montrée depuis longtemps capable de rendre de grands services à plusieurs industries importantes, telles que l'extraction de la houille, des pétroles, des métaux et des matériaux de construction, on peut affirmer qu'elle est loin d'avoir rendu à l'agriculture en général tout ce que celle-ci est en droit d'en attendre. Combien de géologues, j'entends de ceux qui travaillent réellement *sur le terrain*, ont-ils une connaissance réelle, même assez sommaire, de la science et de la pratique agricoles ?

On voit donc qu'il y a lieu d'insister sur ce point de vue. Les ouvrages, cartes et documents de toute nature mis à notre disposition par les géologues professionnels ont souvent une très grande valeur ; mais il importe de savoir les utiliser, les interpréter, les compléter par l'observation directe sur le terrain, pour les faire servir aux besoins de la pratique agricole raisonnée. Il y a là toute une méthode à créer, qui dépasse de beaucoup le cadre de la géologie proprement dite, et qui doit s'appuyer sur des principes encore assez obscurs.

Sans prétendre exposer aucune découverte nouvelle, nous nous efforcerons de dégager ces principes, en considérant à la fois quels sont les matériaux que nous offre la science géologique, et quelles sont les questions soulevées par les faits agricoles ; peut-être trouverons-nous dans ceux-là, au moins partiellement, la réponse à celles-ci.

Ce faisant, nous pourrons sans doute rendre service, d'un autre côté, à l'agronomie rationnelle ; car si la géologie manque parfois son but, au point de vue de la connaissance de la terre arable, il faut constater que la chimie agricole manque en bien des points d'une base solide, ou reste difficilement compréhensible, faute de s'appuyer suffisamment sur les enseignements de la géologie.

Entre ces deux sciences s'ouvre encore un large fossé. Comme dans tous les cas semblables, il faudra du temps et de nombreux chercheurs pour arriver à le combler. Nous pouvons toujours commencer, à l'aide de quelques réflexions et observations personnelles, par y jeter une légère, mais solide passerelle.

Nous étudierons successivement les *éléments primitifs du sol*, puis leurs *transformations physiques et chimiques*, la *nature* et les *propriétés* des divers *sols et sous-sols* résultant de ces transformations, et enfin les *conclusions* que l'on en peut tirer au point de vue la pratique agricole.

Naturellement, les exemples sur lesquels nous nous appuierons, chemin faisant, seront empruntés presque exclusivement à la géologie de la France.

* * *

I. — LES ÉLÉMENTS PRIMITIFS DU SOL.

« La terre arable est une roche superficielle discontinue (et par cela même accessible à la culture), formée d'espèces minérales diverses, partiellement décomposées ou en voie de décomposition ».

Cette définition, due à J. DUMONT, est à la fois très scientifique, très simple et très précise ; elle nous montre que, pour étudier rationnellement la terre arable, il est indispensable de savoir, au moins sommairement, comment s'est formée l'écorce terrestre et quelle en fut la composition primitive.

Remarquons tout d'abord que nos connaissances à cet égard sont très insuffisantes, au point de vue géologique. Les calculs basés sur l'augmentation de la chaleur avec la profondeur assignent à l'écorce terrestre une épaisseur de 60 kilomètres environ, alors que les sondages les plus profonds atteignent à peine 2.000 mètres. Il reste donc environ les $29/30^{es}$ de la masse de cette écorce dont nous ignorons à peu près tout. Mais au point de vue agricole, peu nous importe, puisque la terre arable dérive des roches superficielles ; ce sera donc celles-là seulement que nous devrons étudier.

Origine des roches superficielles.

La meilleure explication de leur origine nous est donnée par la célèbre hypothèse de LAPLACE. Cette hypothèse, fortement battue en brèche aujourd'hui au point de vue cosmogonique, demeure cependant, au point de vue géologique, la meilleure interprétation des faits connus.

Elle aboutit, on le sait, à démontrer que la terre fut à l'origine un amas sphéroïdal de matériaux fluides, par conséquent superposés par ordre de densité, et à la surface desquels le refroidissement progressif fit apparaître une mince pellicule solide, isolant une atmosphère externe, restée gazeuse, d'un noyau interne à haute température, resté liquide, si tant est que les pressions qui doivent y régner puissent être compatibles avec ce que l'on appelle ordinairement l'état fluide.

Comment les matériaux de cette écorce primitive se sont-ils disposés, dans quel ordre ont-ils cristallisé, quelles influences physiques et chimique ont-ils exercées les uns sur les autres ? Ici commence le domaine proprement dit de la géologie.

Les minéraux.

Albert DE LAPPARENT, l'éminent géologue, a donc repris l'hypothèse au point où la laissait LAPLACE, et a tiré de l'examen des faits connus sa belle *Classification des minéraux*, qui a pour base « le rôle joué par les espèces minérales dans la constitution de l'écorce terrestre », et les étudie dans l'ordre de leur formation à la surface du globe. C'est donc une classification naturelle, qui se trouve être en même temps la seule classification chimique rationnelle, c'est-à-dire la meilleure qui puisse convenir à l'étude de la géologie *appliquée*, soit à l'art des mines, soit surtout à l'agriculture, comme nous le montrerons par la suite.

DE LAPPARENT distingue ainsi :

1) Les *éléments des roches fondamentales*, ou *minéraux de scorification*. — Les éléments qui se sont solidifiés les premiers à la surface du globe, lorsqu'il était encore à l'état liquide, sont évidemment ceux qui étaient à la fois les plus réfractaires et les plus légers ; aussi les roches qu'ils ont formées sont-elles composées surtout de *silice*, soit pure, soit combinée avec les oxydes des métaux les moins lourds, en particulier *l'alumine*.

Les premières roches apparues, très riches en silice, sont dites *légères* ou *acides* (gneiss, granit, etc...) ; les éléments essentiels de ces roches appartiennent à trois familles :

a) Le *quartz*, ou silice plus ou moins pure, plus ou moins bien cristallisée (quartz, calcédoine, opale).

b) Les *feldspaths*, silicates d'alumine contenant en outre de la potasse, de la soude, de la chaux, et plus rarement de la magnésie (orthose, albite, labradorite, oligoclase, anorthite).

c) Les *micas*, silicates d'alumine moins riches en métaux alcalins, mais contenant davantage d'oxydes de fer et de magnésium (biotite, muscovite, lépidolite, séricite).

Les roches formées ensuite, moins riches en silice et en alumine, sont dites *lourdes* ou *basiques* (basaltes, trachytes, etc...) ; leurs éléments sont essentiellement formés de silicates d'oxyde ferreux, de magnésie et de chaux, dans lesquels l'alumine n'intervient plus que par exception (pyroxènes, amphiboles, péridots, etc).

Enfin, les transformations physiques et chimiques accomplies au sein des roches déjà formées par l'action des roches éruptives, par les mouvements de l'écorce terrestre, par les émanations hydrothermales, etc., ont donné naissance à des roches nouvelles, qui sont dites *métamorphisées*. Le groupe le plus important de cette série est celui des *argiles* (silicates d'aluminium hydratés), dont la plupart proviennent de la décomposition des feldspaths. On peut y ajouter les grenats, la chlorite, le talc, la magnésite, etc...

En résumé, parmi les minéraux qui constituent les roches fondamentales, et qui sont des silicates, on doit distinguer :

A) Les silicates des roches acides.
B) » » » » basiques.
C) » » de métamorphisme.

La composition centésimale moyenne des plus importants de ces minéraux est la suivante :

	SiO^2	Al^2O^3	K^2O	Na^2O	MgO	CaO	FeO
Quartz	100,00	—	—	—	—	—	—
Feldspath orthose	64,20	18,40	17,00	—	—	—	—
Id. albite	68,00	19,60	—	11,80	—	0,70	0,20
Mica muscovite	47,50	30,00	8,00	1,50	—	—	—
Pyroxène augite	49,00	15,00	—	—	27,00	15,00	20,00
Amphibole hornblende	39,00	3,00	—	—	10,00	10,00	3,00
Péridot olivine	41,00	—	—	—	49,20	—	9,80
Argile kaolin	44,92	37,77	0,90	0,55	0,30	0,68	0,28
Id. à poterie	61,40	21,30	0,30	—	0,62	0,89	2,09
Talc	61,50	1,70	1,80	—	31,70	—	2,50

2) Les *éléments des gites minéraux*, ou *minéraux de précipitation chimique*. — Formés à une température moins élevée que les premiers, ils sont dus à la condensation, dans les océans, des éléments encore gazeux de l'atmosphère, à leurs évaporations, précipitations et décompositions successives sur les parties superficielles de l'écorce terrestre, ainsi qu'à la dissolution des éléments minéraux par les eaux de ruissellement. Ce sont principalement des *carbonates*, *sulfates*, *phosphates*, *nitrates*, *chlorures* et *fluorures*.

3) *Les minerais métalliques*, ou *minéraux d'émanation*. — Ils sont formés surtout de métaux lourds, empruntés aux éléments du noyau interne, et qui, à la faveur des *corps minéralisateurs* (oxygène, soufre, sélénium, tellure, arsenic, antimoine), se sont déposés dans les fissures de l'écorce terrestre. On peut en distinguer autant de groupes qu'il existe de métaux.

4) Les *combustibles minéraux* ou *minéraux d'origine organique*. — Ils sont dus à l'activité des êtres vivants, et surtout des végétaux, qui ont fixé dans l'écorce terrestre une partie de l'oxygène, de l'hydrogène, de l'anhydride carbonique, et même de l'azote, primitivement contenus dans l'atmosphère.

Ces minéraux ne forment pas un grand nombre d'espèces naturelles, mais leurs gisements occupent parfois des étendues considérables. Les principaux groupes de cette série sont :

a) Le *carbone* (diamant, graphite).
b) Les *charbons fossiles* (anthracite, houille, lignites, tourbes).
c) Les *carbures d'hydrogène* (naphtes, bitumes, résines et cires minérales).

Constitution chimique de l'écorce terrestre.

Comme on le voit, la nature chimique des minéraux est extrêmement variable. Ceux-ci sont rarement formés de corps simples ; citons cependant, parmi les éléments qui se rencontrent à l'*état natif* : le soufre, le carbone, l'arsenic, l'antimoine, le bismuth, le fer, le cuivre, le mercure, l'argent, l'or et le platine. Les *métaux légers* se trouvent en combinaison avec la silice, l'oxygène, ou les haloïdes (fluor, chlore, brome, iode) ; les *métaux lourds*, avec l'oxygène, le soufre, le sélénium, le tellure, l'arsenic, l'antimoine (corps minéralisateurs). Les minéraux de beaucoup les plus nombreux dans la constitution de l'écorce terrestre sont les *silicates*.

DE LAPPARENT fait observer [1], en conséquence, « combien le nombre des éléments fondamentaux de la croûte du globe est petit, et quelle place y tient l'oxygène, combiné soit avec le silicium, soit avec le carbone et les métalloïdes, soit enfin avec les métaux ».

« On peut dire, ajoute-t-il, que l'*oxygène* constitue à lui seul la moitié en poids de la croûte terrestre, ou du moins de la partie de cette croûte accessible à nos investigations [2] ; après lui vient le silicium, qui forme 28 % de toutes les masses cristallines d'origine ignée. Le groupe *oxygène*, *silicium*, *aluminium*, *magnésium*, *calcium*, *potassium*, *sodium*, *fer* et *carbone* constitue les 977/1.000es de l'écorce ; dans ce qui reste, la prédominance appartient à l'ensemble : *soufre*, *hydrogène*, *chlore* et *azote*.

« On a fait observer que la *silice*, saturée comme elle est d'oxygène, et rebelle à toute altération, est par excellence l'instrument de la *conservation* de l'écorce terrestre, car lorsque par exception elle se laisse attaquer par les eaux alcalines, c'est le plus souvent pour aller se déposer dans des fissures dont elle cimente les parois,

[1] DE LAPPARENT, *Traité de Géologie*, p. 585.

[2] On pense, en effet, que plus on s'enfonce dans le sol, plus la proportion d'oxygène combiné dans les roches diminue, en sorte que les silicates font peu à peu place aux *siliciures*. D'autre part, il est probable que les roches superficielles s'appauvrissent lentement, mais progressivement, en oxygène. Celui-ci s'accumule de plus en plus dans l'atmosphère qui, au moment où sa température tomba au-dessous de 100°, devait être constituée presque uniquement d'azote et d'anhydride carbonique.

ou dans des roches meubles, dont elle agrège les particules. Au contraire, l'élément fondamental du monde organique est le *carbone*, caractérisé par l'*instabilité* de ses composés, instabilité particulièrement favorable aux perpétuelles variations que comportent les phénomènes physiologiques.

« Il est remarquable que des fonctions aussi dissemblables, qui placent le silicium et le carbone aux deux pôles opposés de la série des corps, soient remplies par deux éléments simples que l'ensemble de leurs propriétés a depuis longtemps fait classer par les chimistes dans une même famille naturelle (métalloïdes tétravalents) ».

D'autre part, D'ORBIGNY estime que les éléments primitifs essentiels des roches superficielles de l'écorce terrestre se répartissent comme suit :

Feldspaths	48 %
Quartz	35 »
Micas	8 »
Talc	5 »
Amphiboles	1 »
Carbonates terreux	1 »
Minéraux divers	2 »

On peut en conclure, abstraction faite des espèces minérales rares, que « *la partie inorganique du sol est constituée presque exclusivement par un mélange de feldspaths, de quartz et de micas, avec leurs dérivés immédiats* ». (J. DUMONT).

Les roches agricoles.

Mais nous devons pousser plus loin cette analyse, car les diverses espèces chimiques qui constituent les minéraux ne présentent pas les mêmes propriétés, ou la même importance, selon la nature des différentes roches qui résultent de leurs associations mutuelles.

D'autre part, certaines roches sont abondamment répandues dans la nature et contribuent, par leur désagrégation, à constituer de grandes surfaces de terres arables ; d'autres, au contraire, sont assez rares, ou ne se rencontrent que sur des espaces limités, ou encore sont presque absolument stériles, telles que certaines laves. Aux premières nous réserverons le nom de *roches agricoles*, et nous les étudierons exclusivement.

La classification des roches, dans tous les traités, est toujours une chose fort compliquée et obscure. A proprement parler, c'est la bouteille à l'encre, car en raison du grand nombre de minéraux existants et de l'infinie multiplicité de leurs associations possibles, dans les proportions les plus variables, on aboutit à ranger les roches dans des cadres d'une complication inouïe et d'un arbitraire absurde, si l'on veut bien considérer toutes les transitions possibles entre les types nettement définis ; qui osera, par exemple, tracer une ligne de démarcation, je ne dis pas entre le *granit* et le *gneiss*, mais entre le *granit gneissique* et le *gneiss granitoïde* ? Quiconque a tant soit peu pratiqué les cartes géologiques des pays de formation ignée doit se souvenir du casse-tête qu'impose l'étude (surtout sur le terrain) de ces innombrables subdivisions, conséquence du casse-tête auquel ont dû se livrer les auteurs eux-même d'une carte qu'ils n'ont souvent laissé imprimer qu'avec de multiples points d'interrogation.

Par contre, si nous considérons seulement les roches agricoles, telles que nous les avons définies plus haut, la situation s'éclaircit immédiatement. Nous bornant aux *types essentiels*, capables de donner naissance à des types de terres arables bien définis, nous pouvons aboutir à une classification élémentaire, sans doute, mais claire et utilisable dans la pratique, ce qui n'empêchera évidemment pas de la faire reposer sur une base strictement scientifique.

On peut ainsi diviser les roches en deux grandes séries :

1) *Roches ignées ou endogènes* (d'origine interne). — Ce sont des roches silicatées, formées, comme leur nom l'indique, à très haute température ; elles sont en général bien cristallisées, non régulièrement stratifiées, et ne renferment évidemment jamais de fossiles. On les divise en deux classes :

A) Roches primordiales (ou archéennes, ou primitives, ou cristallophylliennes). — Ce sont les premières qui se solidifièrent au sein de la masse liquide constituant primitivement le globe. On ne distingue trois types essentiels :

a) Les *gneiss*, formés de quartz, mica et feldspath, avec structure généralement feuilletée, quelquefois granuleuse.

b) Les *micaschistes*, formés de quartz et de mica, avec fort peu ou pas du tout de feldspath, et très fréquemment de l'oxyde de fer.

c) Les *talcschistes*, *chloritoschistes* et *amphiboloschistes*, formés de mélanges de quartz avec de la séricite, de la chlorite ou de l'amphibole, et divers minéraux accessoires.

B) Roches éruptives, se divisant en deux séries : anciennes ou plutoniques (granits, porphyres, mélaphyres), et modernes ou volcaniques (basaltes, trachytes, laves).

a) Les *granits* ont pour type le *granit commun*, formé d'un assemblage homogène de quartz, de feldspath et de mica ; la *granulite*, la *pegmatite*, la *protogine*, la *syénite*, la *diorite*, la *diabase*, l'*euphotide*, le *gabbro*, etc., sont des variétés de granits où feldspaths et micas sont remplacés en proportions variables par d'autres minéraux du même groupe (pyroxènes, amphiboles, etc).

b) Les *porphyres* sont constitués par une pâte microgranulitique, souvent d'apparence amorphe à l'oeil nu, et dans laquelle sont englobés des cristaux de quartz ou de feldspaths (cristallisation en deux temps). Leur aspect physique et leur composition sont extrêmement variables.

c) Les *mélaphyres* sont des porphyres de couleur foncée et de composition très complexe, constitués généralement par des cristaux de pyroxènes et de péridots, englobés dans une pâte feldspathique.

d) Les *basaltes* sont des roches lourdes, de couleur foncée, très souvent découpées en prismes assez réguliers (orgues géologiques) ; ils sont composés de feldspaths plagioclases, associés à des pyroxènes et très souvent au péridot olivine et à la magnétite ; cette dernière peut élever leur teneur en oxyde de fer jusqu'à 15 % ; il en existe plusieurs variétés (basalte prismé, dolérite, etc.).

e) Les *trachytes* sont constitués par une pâte microfeldspathique contenant des cristaux de feldspaths, de micas, d'augite et de hornblende. La *liparite*, la *phonolite*, la *domite*, l'*andésite*, etc. en sont des variétés.

f) Les *laves* récentes sont de composition extrêmement variable, selon les volcans qui les rejettent, et même dans les diverses éruptions d'un même volcan ;

les principaux types se rattachent à l'une des roches éruptives déjà citées ; elles sont assez souvent amorphes (obsidienne, pierre ponce) ou pulvérulentes (cendres volcaniques ou cinérites).

Un caractère très important des roches ignées est leur *acidité*, définie par leur teneur en silice. On appelle *roches acides* celles qui contiennent plus de 65 % de silice SiO^2 ; *neutres*, de 55 à 65 % ; *basiques*, moins de 55 %.

Le gneiss et le granit commun sont les types des roches acides, avec 68 à 72 % de silice. Les roches primordiales sont toujours acides ; les granits, presque toujours (granit, granulite, pegmatite) ; cependant il en est de neutres (syénites), et même de basiques (diorite, diabase, euphotide) ; on peut en dire autant des porphyres ; les mélaphyres sont généralement basiques ; mais le type des roches basiques est le basalte (43 % SiO^2) ; les trachytes et les laves sont neutres ou basiques.

Les analyses montrent que si la proportion de chaux dépasse celle des alcalis, la teneur de la roche en silice s'abaisse au-dessous de 65 % ; elle descend au-dessous de 50 %, quand c'est la magnésie qui l'emporte sur la chaux ; dans ce dernier cas, en même temps, l'alumine et les alcalis tendent vers zéro.

Voici la composition centésimale de quelques échantillons de roches ignées :

	SiO^2	Al^2O^3	K^2O	Na^2O	CaO	MgO	Fe^2O^3
Gneiss (Bretagne)	71,0	14,0	3,0	2,0	5,0	—	—
Granit commun (Cotentin)	67,5	14,5	3,0	4,3	1,8	1,2	—
Pegmatite (Hte-Vienne)	71,2	18,8	8,2	0,9	1,1	—	—
Porphyre (Etats-Unis)	68,1	15,0	2,9	3,4	3,1	1,1	0,2
Basalte (Massif Central)	45,0	16,0	1,1	4,5	13,0	0,6	0,8
Trachyte (Id.)	61,0	19,5	4,1	10,3	1,3	0,7	—
Lave (Vésuve)	47,8	18,0	7,4	2,7	9,0	4,1	0,6

2) *Roches sédimentaires ou exogènes* (d'origine externe). — Ces roches proviennent de la transformation des roches ignées sous l'action des agents physiques, chimiques ou biologiques ; elles ont été ordinairement déposées en couches à peu près horizontales (strates ou sédiments) par l'action des eaux ou des vents ; elles sont presque toujours d'apparence amorphe, et contiennent souvent des fossiles. On les divise en trois classes :

A) Roches détritiques. — Formées par une simple désagrégation physique des roches ignées ; ce sont les roches *siliceuses*, meubles (sables, graviers, galets) ou agrégées (grès, brèches, poudingues).

B) Roches chimiques. — Provenant d'une décomposition des éléments minéraux primitifs de la roche, et de la précipitation de substances dissoutes dans les eaux marines, lacustres ou souterraines. Ce sont principalement les *roches argileuses*, tendres (kaolin, argiles, glaises, marnes, ocres, limons, etc.) ou dures (schistes divers, gaize), auxquelles il faut ajouter la *geysérite*, la *meulière*, le *gypse*, le *sel gemme*, et certains *calcaires* (travertins).

C) Roches organiques. — Dues à l'activité physiologique des êtres vivants, végétaux ou animaux. Ce sont la plupart des *roches calcaires*, *dolomitiques* et *phosphatées*, ainsi que les *combustibles minéraux* : pétrole (?), houille, lignite, tourbe, etc.

Les roches sédimentaires, provenant de la transformation des roches ignées, ne sont plus des *éléments primitifs* de l'écorce terrestre, mais on peut encore les considérer comme tels par rapport à la terre arable, dont elles constituent le sous-sol profond sous d'immenses étendues.

Nous devons étudier à présent le mode d'action des différentes influences qui ont abouti d'abord à leur formation aux dépens des roches ignées, et qui agiront ensuite sur elles-mêmes pour les transformer en un milieu favorable à la nutrition et à la vie des végétaux.

* * *

II. — Transformations des éléments primitifs du sol.

Les transformations des éléments primitis du sol peuvent être dues à trois causes :

1) Actions physiques et mécaniques.
2) » chimiques.
3) » biologiques.

Il faut y ajouter l'influence énorme des actions de transport et de sédimentation, qui sont à la fois la conséquence des changements d'état accomplis au sein des roches et la cause de nouvelles transformations [1]. On voit ainsi combien peut se compliquer la suite des phénomènes qui aboutissent à la formation de la terre arable telle que nous l'observons en place aujourd'hui.

On trouvera dans tous les traités de géologie la description détaillée, souvent agrémentée de nombreuses histoires et de belles gravures, de tous ces phénomènes. Nous nous contenterons de les rappeler sommairement en insistant seulement sur les principes scientifiques essentiels, trop souvent absents des ouvrages classiques.

1) *Actions physiques et mécaniques.*

L'action des agents physiques est sinon la plus importante au moins la plus rapide, et par conséquent la plus aisément observable, de celles qui s'exercent sur toutes les roches.

a) A ce point de vue, l'*action de l'eau* est certainement la plus remarquable. L'eau agit par la force vive de ses molécules, qui produisent des effets d'érosion intenses sur les rivages de la mer, dans le lit des cours d'eau, et surtout sur le parcours des torrents ; et l'on sait que les effets du ruissellement, en particulier, furent beaucoup plus accusés autrefois qu'à l'heure actuelle. L'eau agit encore à l'état de glace, soit en faisant éclater, par suite de l'augmentation de volume qui accompagne sa congélation, les roches qu'elle a pu pénétrer, soit par le travail considérable de désagrégation que produit l'écoulement des glaciers, véritables « torrents à marche lente », comme on les a justement appelés, et qui furent si nombreux et si étendus au début de l'époque quaternaire. L'eau agit enfin par son pouvoir dissolvant,

[1] On donne parfois les noms de : *diagénèse* aux phénomènes commencés sous la mer aussitôt après la sédimentation et poursuivis longtemps en profondeur ; *métasomatose*, à ceux qui se localisent actuellement au voisinage de la superficie continentale ; *métamorphisme*, à ceux beaucoup plus intenses dans lesquels sont intervenues des conditions exceptionnelles de température, de pression ou d'apports minéraux extérieurs.

et entraîne au loin les éléments naturellement solubles des roches, ou ceux qui sont devenus solubles par suite d'une décomposition chimique antérieure.

Tous ces phénomènes aboutissent d'abord à la production de cailloux, de graviers, de sables plus ou moins grossiers, dont la composition est identique à celle de la roche primitive : s'il s'agit de granit, par exemple, chaque fragment contiendra à la fois du quartz, du mica et du feldspath. Mais si l'action désagrégeante se poursuit plus longuement, elle finira par réaliser l'*analyse immédiate* de la roche : chaque grain, à partir d'un certain degré de finesse, sera composé exclusivement ou de quartz ou de mica, ou de feldspath ; c'est alors seulement que le granit sera, à proprement parler, *détruit* dans sa nature même. La mode de cristallisation influe également sur la plus ou moins grande résistance des roches à l'action des agents physiques ; les roches compactes, comme le basalte, sont beaucoup plus longues à se désagréger que les roches bien cristallisées, comme le granit.

Les recherches de DAUBRÉE [1] sur la formation des sables et des limons ont montré que des fragments anguleux de différentes roches granitiques, mis en mouvement dans un cylindre horizontal, en présence de l'eau, avec une vitesse d'environ un mètre par seconde, s'arrondissent rapidement et sont convertis en galets après un parcours moyen de ving-cinq kilomètres. Les fragments ont alors perdu les 4/10es de leur poids, soit 1/62,5 par kilomètre ; ensuite les galets arrondis ne perdent plus que quelques millièmes par kilomètre. « Le principal produit de l'action mutuelle des fragments rocheux qui se dégradent au sein de l'eau n'est pas du *sable*, comme on l'a souvent prétendu, mais du *limon* ».

b) L'*action des vents* est également assez intense, surtout dans certains pays. Le vent, en entraînant à une vitesse parfois considérable les éléments fins du sol (composés surtout de silice et de silicates), use les roches les plus dures et les creuse profondément (on sait que l'on peut graver le verre et les métaux les plus résistants par l'action d'un jet de sable projeté par l'air comprimé). Les éléments ainsi arrachés se déposent derrière les obstacles qui arrêtent le vent, et constituent des monticules ou dunes sableuses, dont l'importance est considérable dans les régions où les conditions climatériques leur permettent de se former (Landes, Sahara).

c) L'*action de la température* peut aussi concourir à la désagrégation du sol primitif. Même en l'absence de l'eau, le refroidissement ou l'échauffement brusques des roches, dont les divers éléments présentent des coefficients différents de conductibilité et d'absorption par rapport à la chaleur, suffisent à les faire éclater. C'est ainsi que la marne (craie, argile et silice), répandue en gros blocs dans les champs à l'automne, se pulvérise pendant l'hiver, même (contrairement à une opinion très répandue) s'il n'y a pas eu de gelées.

Lorsque l'action de la température se combine avec celle d'une pression élevée, elle peut produire des phénomènes de métamorphisme très importants, tels que la fusion et la recristallisation de certaines roches ignées, la transformation des argiles en schistes, etc.

d) Enfin, les *mouvements du sol* contribuent aux changements d'état physique des roches. Si les mouvements brusques, dus aux tremblement de terre ou aux éruptions volcaniques, produisent des effets impressionnants à nos yeux, ils sont

[1] A. DAUBRÉE, *Géologie expérimentale* (Dunod, édit.), pp. 248 et ss.

cependant loin de présenter l'importance des mouvements lents, provoqués par la contraction progressive de l'écorce terrestre, et grâce auxquels se sont accomplis les changements dans la configuration des continents et des mers que nous révèle l'étude de la stratigraphie (paléogéographie). Ainsi les assises calcaires, qui constituent aujord'hui le sous-sol d'une grande partie des terres arables, ont été formées au sein de mers relativement profondes, puis amenées ensuite à l'état de surface continentale par de puissants mouvements d'émersion. C'est pourquoi L. DE LAUNAY a pu dire que la géologie est, en quelque sorte, « l'océanographie du passé » [1].

2) *Actions chimiques.*

Les transformations dues aux agents physiques sont relativement peu importantes par rapport à celles, beaucoup plus intenses et plus extensives, produites par les agents chimiques, soit dans le passé, soit actuellement. Mais il ne faut pas oublier que la désagrégation mécanique des roches prépare et facilite leur décomposition chimique, en augmentant la surface de contact entre les corps en présence.

Les principales actions que l'on doit envisager à ce point de vue sont celles de l'eau pure, des acides forts, des sels, et enfin des gaz (oxygène et anhydride carbonique) contenus dans l'atmosphère ou en dissolution dans l'eau.

a) *Action de l'eau pure.* — Outre les phénomènes de dissolution directs, dont nous avons déjà parlé, l'action de l'eau, même très pure, peut provoquer une décomposition partielle de certaines roches.

DAUBRÉE a montré que des fragments de feldspath orthose, immergés dans l'eau pure et longuement triturés dans un pulvérisateur à boulets, abandonnent à l'eau, au bout d'un certain temps, une quantité dosable de potasse, et se transforment en un limon très ténu, dont les caractères physiques rappellent ceux de l'argile ; la quantité de potasse qui entre en dissolution représente 2 à 3 % de celle contenue dans le résidu limoneux [2].

D'autre part, J. DUMONT, ayant étudié plus à fond ce phénomène, aboutit aux importantes conclusions suivantes [3].

1) Les poussières rocheuses, épuisées par l'eau pure, abandonnent généralement, au début, un résidu minéral appréciable (5 à 20 milligrammes), *dont la composition chimique est sensiblement différente de celle de la roche initiale.*

2) Les épuisements successifs fournissent un résidu soluble dont la proportion décroît très vite, ce qui tendrait à prouver que les principes solubles proviennaient, selon toute vraisemblance, d'une désagrégation superficielle et préalable de la masse rocheuse.

3) Certains minéraux silicatés, riches en alcalis, porphyrisés au sein de l'eau, cèdent surtout de la silice, de la potasse et de la soude, *comme s'ils contenaient, à l'état d'inclusion, des silicates alcalins solubles.* Toutefois, la proportion d'alcalis soluble à l'*eau pure* est toujours très faible, et seules les roches profondément altérées en fournissent des quantités appréciables. Les résultats sont bien différents quand on opère en présence de l'*anhydride carbonique.*

[1] L. DE LAUNAY, *Où en est la Géologie ?* (Gauthier-Villars, édit.), p. 3.
[2] A. DAUBRÉE, *op. cit.*, pp. 271 et ss.
[3] J. DUMONT, *La terre arable* (Amat. édit.), pp. 16 et ss.

4) Les éléments micacés et ferro-magnésiens, après lavage à l'eau, sont à peu près insolubles, et n'abandonnent aucune trace de fer décelable par les réactifs les plus sensibles.

En résumé, on peut dire que « l'action *dissolvante* de l'eau pure ne se manifeste presque jamais directement (au moins d'une façon apparente) à l'égard des polysilicates naturels n'ayant subi aucune action décomposante antérieure ».

Par contre, l'action *hydratante* est incontestable à l'égard de certains éléments : des espèces minérales pures (quartz, orthose, etc...), finement porphyrisées, tamisées, puis immergées dans l'eau pure, restent en suspension au sein du liquide. Si l'on dose l'humidité dans la matière primitive, puis dans les produits de décantation avant et après précipitation, on trouve des différences considérables : les particules minérales subissent une hydratation profonde, changent de densité, et acquièrent les propriétés caractéristiques des colloïdes minéraux ; comme l'argile, on peut les précipiter par les acides ou les dissolutions de sels alcalino-terreux.

« Le limon produit par des matériaux feldspathiques est en général impalpable et d'une ténuité telle qu'il reste plusieurs jours en suspension dans l'eau. Il est très plastique : par la dessiccation, il se prend en masses si solides qu'on ne peut pas toujours les briser au marteau. Ordinairement, il ressemble beaucoup aux argiles schisteuses du terrain houiller, et quand il provient de la destruction du granit, il est, comme ces derniers, parsemé de petites parcelles de mica. D'un autre côté, le limon de trituration paraît avoir fixé une certaine quantité d'eau, ce qui porterait à conclure que celle-ci est entrée dans quelque combinaison nouvelle comparable aux argiles. Ce qui domine cependant dans cette boue plastique, ce sont les anciens éléments du granit, car elle reste fusible au chalumeau » [1].

En conséquence, sans que l'on puisse dire exactement si, dans ces expériences, il s'agit simplement d'*orthose hydraté* (et à quel degré?) ou d'*argile* véritable, il est important de remarquer que la production des *éléments colloïdaux* du sol n'implique pas nécessairement une décomposition chimique préalable sous l'influence de l'*anhydride carbonique*, bien que celle-ci soit ordinairement prépondérante, comme nous le verrons un peu plus loin, lors des transformations de ce genre qui s'accomplissent dans la nature.

b) Action des acides forts. — Les acides forts n'existent pour ainsi dire plus aujourd'hui à l'état libre, sauf dans certains produits volcaniques, mais il n'en a pas toujours été de même. Si nous suivons l'évolution de la terre d'après l'hypothèse de LAPLACE, exposée plus haut, les vapeurs atmosphériques qui se précipitèrent, au fur et à mesure du refroidissement, sur la croûte solide déjà formée, devaient être très riches en acides forts (surtout acides chlorhydrique et sulfurique) ; ceux-ci, se dissolvant dans la nappe liquide qui, en se retirant dans les parties basses, forma plus tard les océans, exercèrent une action corrosive intense sur les roches superficielles, jusqu'à saturation de l'acidité. Telle est l'origine des énormes quantités de sels (surtout chlorures et sulfates) que l'on retrouve dans les eaux marines.

Ainsi s'explique d'une manière simple, et sans faire intervenir autrement que par exception les manifestations geysériennes et volcaniques, l'existence au milieu des terrains sédimentaires de gisements de sel gemme, dus à l'évaporation de l'eau

[1] A. DAUBRÉE, *op. cit.*, pp. 251 et 252.

chargée de chlorure de sodium dans des cuvettes à fond imperméable, analogues aux marais salants, ou aux lagunes larges et peu profondes comme il en existe encore actuellement [1], dans lesquelles la mer n'entre que par intermittence, tandis que la chaleur solaire pompe constamment l'eau douce. Il suffit qu'après la cristallisation du sel une autre couche imperméable vienne à le recouvrir pour qu'il reste intact à l'abri des eaux d'infiltration, au cours de plusieurs périodes géologiques.

L'origine des gisements de potasse est absolument la même, à cette différence près que l'évaporation y a dû être poussée à l'extrême, la potasse restant en dissolution longtemps après que tout le chlorure de sodium a été précipité. Ce qui le prouve, c'est la proximité à peu près constante des dépôts de sel gemme et de sels de potasse, et même leur coexistence au sein du même gisement, comme dans les *sebkhas* de El-Melah et de Bou-Djemel (Tunisie), où les couches superposées de gypse, de chlorure de sodium, de sels potassiques, de bromures et d'iodures sont surmontées d'une nappe liquide à 26/28° B., contenant en dissolution à la fois des sels de sodium, de potassium, de calcium, et de magnésium [2]. Il se produit là des réactions analogues à celles que l'on utilise dans certaines industries (celle des salins de betteraves, par exemple), pour séparer les différents constituants d'une masse saline par dissolution, puis évaporation et cristallisations fractionnées.

c) Action des sels. — Il est bien évident, en outre, qu'au sein d'une masse liquide, les différents sels en dissolution réagissent constamment les uns sur les autres, tendant à réaliser, d'après les lois de BERTHOLLET et de BERTHELOT, un état d'équilibre, à chaque instant rompu par les changements de température et de pression qui modifient la solubilité, et par suite la concentration, de tel ou tel élément.

C'est surtout au sein de la mer, ce vaste laboratoire chimique, que s'accomplissent ces réactions et que l'on peut le mieux les étudier.

Les études récentes d'océanographie ont démontré un fait capital, assez inattendu, et extrêmement curieux au point de vue agricole. Ceci n'est point un paradoxe ; appuyons-nous d'ailleurs sur une citation d'un géologue des plus distingués [3] :

« Le premier fait frappant manifesté par l'océanographie actuelle est l'*élimination rapide qui se produit parfois pour la chaux*. Des carottes de sondage recueillies au centre de l'Atlantique contenaient moins de chaux dans leur partie profonde, depuis longtemps soumise à ces réactions, que dans la partie superficielle, tout récemment déposée. En même temps, toujours comme à la surface, la proportion de magnésie augmente avec la durée des réactions. Il se fait en outre des concentrations de silice, fer, manganèse, etc., et, finalement, quand cette altération a eu le temps de s'achever, il reste, sur les fonds des mers, une argile rouge ferrugineuse ou manganésifère, *analogue à celle que, sur nos plateaux calcaires de Normandie, nous appelons argile de décalcification* ».

Le déplacement de la *silice* au sein des eaux marines paraît encore plus étonnant, du moins pour les chimistes, qui ont pris l'habitude de considérer cette substance comme insoluble, dans leurs expériences de laboratoire, alors que sa dissolution facile se manifeste à chaque pas dans les phénomènes géologiques, beaucoup

[1] Par exemple la lagune marine de Mar-Chica (Maroc espagnol). Voir *Revue Scientifique*, Année 1921, n. 1, p. 18.

[2] Voir *Revue des Produits Chimiques*, Année 1919, n. 17, p. 453.

[3] L. DE LAUNAY, *op. cit.*, p. 17.

plus complexes et plus prolongés. La silice peut ainsi « tantôt rester disséminée au sein d'une masse calcaire, en y formant un ciment d'opale qui la rend plus consistante, tantôt se concentrer à l'état de silex noirs, tantôt émigrer vers les terrains sous-jacents. Ici encore nous retrouvons, dans l'ensemble, l'équivalent des métasomatoses qui ont produit très récemment, à la superficie, ou bien des rognons siliceux empâtés dans l'argile d'altération, ou encore de véritables meulières ou bancs de silice, substitués à des calcaires » [1].

Les phénomènes de concentration, en ce qui concerne le phosphore et le fer, ne sont pas moins remarquables.

Lorsqu'on examine attentivement au microscope les *phosphates de calcium* sédimentaires, on constate qu'ils sont formés soit d'animalcules très divers enchevêtrés, soit d'une seule carapace calcaire microscopique (de foraminifère, le plus souvent) remplie et entourée de phosphate. Il est hors de doute que ces organismes ont été le centre de concentration du phosphate en dissolution dans l'eau de mer, où il avait été introduit par les cours d'eau apportant dans la masse des océans les débris des minéraux phosphatés (apatite, etc.), provenant soit directement des roches cristallines primitives, soit de roches sédimentaires préexistantes.

Or, quand on cherche, dans les mers actuelles, dans quelles conditions peuvent se produire de pareils dépôts phosphatés, on constate que c'est aux endroits « où les eaux sont exposées à de brusques écarts de température, comme à la rencontre d'une courant chaud et d'un courant froid » [2]. Cette observation permet d'une part de rechercher d'une manière plus méthodique les gisements de phosphates, en général très difficiles à prospecter, et d'autre part de préciser les conditions de formation géologique et la « paléogéographie » des régions où l'on trouve ces gisements.

Quand au *fer*, si son origine est surtout intéressante au point de vue des accumulations de cet élément assez importantes pour constituer des minerais industriels, elle n'est pas indifférente non plus au point de vue des terres arables, où le fer joue un rôle absolument indispensable à la production végétale [3].

Nous avons vu qu'un certain nombre de roches ignées, telles que les micaschistes, les basaltes, etc., sont assez riches en fer. Celui-ci fut entraîné dans les eaux marines lors des périodes d'érosion intense qui suivirent chacun des grands plissements terrestres, puis précipité, sous forme d'hématite ou de limonite, principalement à la surface des fonds calcaires (calcaire oolithique, calcaire à entroques, etc.), où il a remplacé, peu à peu et plus ou moins complètement, le calcium ; en sorte que l'on rencontre le fer, non pas exclusivement dans tel ou tel étage déterminé, mais plutôt comme un *faciès* particulier de niveaux tantôt calcaires, tantôt ferrugineux, et où domine tour à tour l'un ou l'autre élément. Ainsi s'explique que les sols provenant de l'altération d'un calcaire, comme l'argile à silex, dont nous parlerons plus loin, soient toujours assez riches en fer.

d) Action des gaz. — Parmi les gaz de l'atmophère capables d'agir sur les roches, deux seulement sont assez actifs pour exercer une influence appréciable : l'oxygène et l'anhydride carbonique.

[1] *Ibid.*, p. 18.
[2] *Ibid.*, p. 21.
[3] *Revue des Produits Chimiques*, Année 1920, n. 12, p. 338.

Leur action dans l'air est peu importante, du moins à l'atmosphère libre, car on a reconnu que l'atmosphère confinée des sols pouvait contenir jusqu'à 1,8 % en volume d'anhydride carbonique gazeux. Mais leur solubilité dans l'eau, bien que faible, comunique à celle-ci des propriétés chimiques assez puissantes pour permettre la dissolution, la circulation et la précipitation de substances insolubles ou peu solubles dans l'eau pure, comme la silice, le sulfate de baryum, le sulfate et surtout le carbonate de calcium.

Toute eau qui pénètre dans le sol tend donc à épuiser rapidement les principes actifs de celui-ci, pour devenir inerte dès qu'elle en est saturée. Il faut distinguer, à ce point de vue, deux zones dans l'épaisseur de l'écorce terrestre :

1) Zone voisine de la surface (ou épipolhydrique), où circulent assez rapidement des eaux constamment alimentées d'oxygène et de gaz carbonique.

2) Zone profonde (ou bathydrique), où l'eau est inerte au point de vue chimique, et où ses mouvements, très lents, n'ont aucun rapport avec la nature du relief du sol.

La surface de contact de ces deux zones est appelée surface hydrostatique ou *nappe phréatique* ; c'est la limite supérieure des eaux permanentes. Sa forme, grossièrement parallèle à la surface du sol, est naturellement très irrégulière, et sa profondeur varie avec l'état de sécheresse ou d'humidité de la région considérée. Elle est en moyenne très voisine de la surface du sol dans les pays plats, et peut descendre jusqu'à plusieurs centaines de mètres dans les pays accidentés.

Les effets chimiques de l'*oxygène* gazeux ou dissous sont essentiellement les suivants :

1) Transformation de l'oxyde ferreux en oxyde ferrique (oligiste), puis en hydrate (limonite). En conséquence, décomposition et désagrégation, par oxydation du fer, des minéraux et des roches riches en cet élément : micaschistes, basaltes, etc.

2) Oxydation du soufre, et transformation des sulfures en sulfates. Par exemple : transformation des pyrites argileuses en *cendres pyriteuses*, contenant des sulfates de fer, d'aluminium et de calcium, et utilisées soit comme amendement, soit pour la fabrication du sulfate de fer ou de l'alun (Oise, Aisne, etc).

3) Décomposition des matières organiques par oxydation.

Quant à l'action de l'*anhydride carbonique*, ses deux résultats principaux : décomposition des roches ignées et formation de l'argile à silex, méritent d'être étudiés avec quelques détails.

1) *Décomposition des roches ignées.* — Après les premières expériences de Fournet (1833), un grand nombre de chimistes, notamment J. Dumont et Aurousseau, ont montré nettement l'influence de l'anhydride carbonique dissous dans l'eau sur le pouvoir décomposant de celle-ci ; dans les *mêmes* conditions, on a obtenu les résultats suivants : [1].

Voici comment il est vraisemblable que les choses se passent. L'anhydride carbonique s'empare de toutes les baseses, potasse, soude, chaux, agnésie, oxyde de fer, et les entraîne à l'état de carbonates. Seule l'alumine résiste reste combinée à la silice, et le silicate d'aluminium ainsi isolé s'hydrate pour former de l'argile (sili-

[1] J. Dumont, *op. cit.*, p. 21.

Roches	Potasse dosée		Différences
	Eau pure	Eau chargée de CO^2	
Gneiss leptynisé	0,31	7,72	7,41
Leptynite pure	0,32	7,90	7,58
Granit (Morvan)	0,54	6,24	5,70
Granit altéré	1,32	7,64	6,32
Porphyre syénitique	0 62	6,24	5,62
Porphyre quartzifère	0,93	6,56	5,63

cate d'aluminium hydraté). Ce phénomène a reçu le nom de *kaolinisation*, parce que c'est ainsi que se forme le kaolin (argile pure ou terre à porcelaine) aux dépens des feldspaths de certaines pegmatites.

Une analyse de BERTHIER montre bien le déplacement des diverses substances dans cette transformation :

	Feldspath %	Kaolin %
Silice	64,2	46,8
Alumine	18,4	37,3
Potasse	17,0	2,5
Eau	0,0	13,0
	99,6	49,6

En admettant que l'alumine du kaolin représente la totalité de celle que contenait le feldspath, on peut, en prenant une quantité de kaolin telle qu'elle renferme la même proportion d'alumine que le feldspath, calculer les quantités des éléments perdus ou acquis pendant la décomposition. On trouve ainsi :

	Feldspath	Kaolin	Différences
Silice	64,2	23,1	— 41,1
Alumine	18,4	18,4	0,0
Potasse	17,0	2,5	— 15,9
Eau	0,0	6,4	+ 6,4
Total	99,6	49,4	— 50,6

D'autre part, DUMONT a observé un bel exemple du même phénomène dans un sol granitique en voie de décomposition (terre de la Creuse), dont il avait séparé le sable grossier, le sable fin et l'argile [1] :

	Sable grossier	Sable fin	Argile
Chaux %	0,806	0,357	0,208
Potasse %	1,330	0,580	0,510

Ainsi les différents éléments du sol contiennent d'autant moins d'oxydes alcalins et alcalino-terreux qu'ils représentent un stade plus avancé de la désagrégation de la roche primitive sous-jacente.

La comparaison de la composition du basalte avant et après son altération conduit à des résultats analogues ; d'ailleurs, le basalte altéré se rapproche beaucoup de l'argile par ses propriétés. Dans tous les cas, on constate que la roche décomposée a perdu une grande quantité de silice et d'oxydes alcalins et alcalino-terreux ; cependant, elle retient toujours une certaine proportion de ces derniers, et en particulier on trouve dans toutes les argiles de faibles doses d'alcalis, qui indiquent nettement l'origine et le mode de formation de cette substance.

La chaux et la magnésie combinées au gaz carbonique restent en dissolution, sous forme de bicarbonate, tant que la proportion de gaz est suffisante. Au fur et à mesure qu'il se dégage de l'eau, ces bases se déposent à l'état de carbonates neutres : telle est l'origine des dépôts calcaires et dolomitiques de nature chimique. Le fer entre également en dissolution sous l'influence de l'anhydride carbonique, mais lorsque celui-ci se dégage, le carbonate ferreux subit l'action de l'oxygène ambiant et passe à l'état d'oxyde ferrique. Quand aux carbonates alcalins, très solubles et très diffusibles, ils sont entraînés par l'eau. Cependant, en ce qui concerne le carbonate de potassium et les sels de potassium en général, ils peuvent être absorbés directement par la terre arable, qui en retient ainsi une très grande partie [2].

D'autre part, il est bien évident que les minéraux et les roches ne se décomposent pas tous de la même façon ni avec la même vitesse : c'est ainsi que, d'après MÜLLER, l'oligoclase se montre moins résistant que l'adulaire, l'amphibole hornblende se décompose encore mieux, mais c'est le péridot olivine et l'apatite qui sont les plus rapidement attaqués, etc.

La décomposition des roches silicatées, avec formation d'argile, est parfois même plus complète, ce qui est fréquent dans les régions tropicales. L'argile, au fur et à mesure de sa formation, abandonne la majeure partie de la silice qu'elle contient, et laisse un mélange très compact d'hydrate d'aluminium (hydrargyllite) et d'hydrate ferrique, auquel on a donné le nom de *latérite* [3], et qui se montre remarquablement infertile.

[1] *Ibid.*, p. 23.
[2] G. ANDRÉ, *Propriétés générales des sols* (Colin édit.), p. 22.
[3] De *later*, brique.

Il faut ajouter que, dans les conditions naturelles, les eaux qui circulent au contact des roches ne contiennent pas seulement de l'oxygène et de l'anhydride carbonique, et que leur pouvoir dissolvant peut être singulièrement accru lorsqu'elles renferment elles-mêmes en dissolution certains acides ou certains sels. Quelques auteurs pensent en outre qu'il faut attribuer à la matière organique, lorsqu'elle est présente, un rôle très important (sans doute à cause de la réaction acide de l'humus).

Au point de vue expérimental, on a constaté que les poussières rocheuses immergées dans les solutions acidulées ou salines sont presque toujours attaquées plus aisément que par l'eau ne contenant que du gaz carbonique ; elles abandonnent parfois un résidu minéral deux ou trois fois plus élevé.

Il semble qu'il y ait à la fois dissolution et épigénisation ; ces substitutions chimiques modifient la structure moléculaire et facilitent la décomposition des minéraux. C'est ainsi qu'une solution à 10 % de chlorure de calcium agit d'une façon très active sur le kaolin et le feldspath orthose : la chaux se substitue à la potasse, et celle-ci entre partiellement en dissolution dans l'eau. Avec l'orthose, en particulier, on observe une solubilisation de la potasse très supérieure à celle que l'on obtient par l'eau chargée d'anhydride carbonique (2,3 au lieu de 0,9) [1]. Il est hors de doute que de pareilles influences doivent agir dans la nature, et s'ajouter les unes aux autres en une suite de réactions très complexes. On voit ainsi l'importance des amendements calcaires dans les sols provenant de roches ignées riches en potasse, en vue de la mobilisation de ce précieux élément.

Par contre, DAUBRÉE [2] a montré que le feldspath, trituré dans l'eau chargée de chlorure de sodium, se décompose plus lentement même que dans l'eau pure. On sait d'ailleurs que le chlorure de sodium en excès dans les terres arables nuit à la fertilité.

2) *Formation de l'argile à silex.* — Dans les régions où le limon des plateaux repose sur la craie, il est presque toujours séparé de celle-ci par une argile foncée, ferrugineuse et contenant un grand nombre de silex noirs, aux angles un peu émoussés, mais non roulés. Pour certains géologues, cette argile à silex est une formation intermédiaire, régulièrement stratifiée entre le crétacé et les premières assises tertiaires, et que l'on doit rattacher au thanétien inférieur. Pour d'autres, c'est le résidu de l'altération de la craie par les agents atmosphériques pendant les périodes d'émersion postérieures à la fin du crétacé : les eaux de ruissellement et d'infiltration, chargées d'anhydride carbonique, auraient solubilisé et entraîné la partie supérieure de la craie, tandis que les silex, l'argile et l'oxyde de fer qui se trouvaient primitivement contenus dans cette craie auraient été précipités sur la partie inférieure restée intacte.

Dans cette dernière hypothèse, comme la craie a pu, depuis la fin du crétacé jusqu'à la période actuelle, être mise à nu à des époques différentes et rester plus ou moins longtemps à découvert, l'argile à silex doit être elle-même d'âge et d'épaisseur très variables, ce que l'on constate en fait : partout où la craie a pu être soumise à l'action prolongée de l'érosion (par exemple, sur la majeure partie de la plaine

[1] J. DUMONT, *op. cit.*, p. 25.
[2] A. DAUBRÉE, *op. cit.*

picarde), l'argile à silex sous-jacente au limon des plateaux est épaisse, parfois de plusieurs mètres, et suit toutes les ondulations de la surface de la craie, au sein de laquelle elle pénètre sous forme de poches, ou puits naturels, plus ou moins profonds ; tandis qu'aux endroits où la craie a été ou est encore recouverte par les sédiments tertiaires, l'argile à silex est réduite à une épaisseur de quelques centimètres, ou même n'existe pas du tout. En raison de ce mode de formation, l'argile à silex est aussi appelée *argile chimique*. Elle peut ainsi se superposer à un grand nombre d'assises calcaires, notamment celles du crétacé supérieur et du jurassique moyen.

Les calcaires siliceux de Brie et de Beauce peuvent donner naissance à une formation analogue. Lorsqu'ils sont soumis à la décalcification, les parties du calcaire qui sont silicifiées résistent, et demeurent englobées dans le résidu argileux, constituant l'*argile à meulières*, également d'origine chimique.

Au sein de ces assises siliceuses peuvent cristalliser d'autres éléments plus rares, tels que la fluorine, la barytine, la pyrite de fer, le phosphate de calcium, etc. En outre, on peut rattacher au même groupe de phénomènes la concentration locale de certaines substances utiles, notamment du fer en grains, de l'alumine à l'état de bauxite, du bioxyde de manganèse (pyrolusite), de la phosphorite, et même plus exceptionnellement du silicate de nickel (garniérite de la Nouvelle-Zélande).

Enfin, il faut noter que le carbonate de calcium contient toujours une certaine proportion de carbonate de magnésium, ces deux substances étant isomorphes ; par suite, la seconde étant beaucoup moins soluble que la première, les argiles provenant de la décalcification des roches crayeuses seront toujours assez riches en magnésie, fait très important pour la culture.

3) *Actions biologiques.*

Les êtres vivants contribuent à la fois à la destruction des roches déjà existantes et à la formation de nouvelles roches. A ce double point de vue, leur action est très lente, mais extrêmement importante.

a) Destruction des roches. — Il est remarquable que la vie organique manifeste une tendance très nette à s'installer le plus tôt possible sur les matières minérales brutes : Muntz a constaté la présence des microbes dans les roches en voie d'altération, et la moindre fissure, le moindre creux assez abrité et assez bien disposé pour retenir un peu d'eau permettent le développement des organismes inférieurs capables de se développer presque exclusivement aux dépens de l'atmosphère : algues, champignons, mousses, lichens, dont la décomposition donnera un peu d'humus, permettant l'installation progressive d'espèces plus perfectionnées.

Or, tous les végétaux, depuis le brin de mousse jusqu'à l'arbre, facilitent eux-mêmes la décomposition de la roche qui leur sert de support. Ils agissent d'abord physiquement : les racines pénètrent dans les fissures et, en grossissant, les élargissent à la manière d'un coin. Mais l'action chimique est encore plus importante :

La végétation favorise le dédoublement par hydrolyse des silicates complexes, par conséquent la formation de l'argile (expérience de F. SESTINI) ; les racines s'emparent des bases alcalines dont les plantes ont besoin pour leur nutrition minérale ; elles secrètent des sucs acides qui agissent sur les minéraux, principalement sur les calcaires ; enfin, il faut tenir compte de l'action de l'anhydride carbonique,

produit par la respiration des organes souterrains et par la combustion lente de tous les débris organiques, aboutissant à la formation de l'humus.

L'humus, à son tour, contribue également à la désagrégation des espèces minérales, et cela certainement grâce à l'infinité de microbes auxquels il sert du support et d'aliment ; on a constaté, en effet, dans plusieurs expériences, que la proportion d'argile produite croît avec la dose d'humus, et surtout en milieu *non stérilisé*.

L'humus, enfin, se minéralise de nouveau et fournit, par sa destruction, de l'anhydride carbonique et de l'azote, ce dernier sous une forme permettant la nitrification, lorsque sont réalisées certaines conditions favorables. Ainsi s'établissent les *cycles* des divers éléments des plantes, tels que les étudie la chimie agricole.

Ajoutons que certains animaux peuvent contribuer également à l'attaque chimique des particules siliceuses et à la production de l'humus. Ce sont surtout les vers de terre (lombrics), qui ingèrent et rejettent constamment les éléments les plus fins du sol, leur faisant ainsi subir une véritable mouture. DARWIN a constaté, dans une pâture crayeuse, que la totalité de ces éléments, jusqu'à une profondeur de 0 m. 25, pouvait ainsi passer dans le tube digestif des vers en une cinquantaine d'années. Dans une expérience de onze jours, WOLLNY a vu l'influence des lombrics tripler la quantité d'azote ammoniacal et quintupler la quantité des matières minérales solubles, par rapport à un sol témoin. Mais naturellement, c'est surtout dans les régions tropicales que ces effets se manifestent avec le plus d'intensité : « En Guinée, écrit M. MILLSON, d'immenses plaines couvertes de cultures variées doivent leur fertilité aux façons continuelles qu'y donnent les vers de terre. Si l'on creuse le sol, on voit qu'il est parcouru en tous sens par d'innombrables galeries de lombrics. C'est là un labourage constant et gratuit, et les populations l'apprécient si bien qu'elles ne cultivent pas les endroits où les vers font défaut ».

L'intérêt de tous ces phénomènes de destruction des roches par les actions biologiques, c'est que, malgré leur extrême lenteur, nous pouvons les observer aisément, parce qu'ils agissent sur une grande superficie et se renouvellent constamment. Toute surface rocheuse qui arrive au contact de l'atmosphère se recouvre presque immédiatement d'une végétation d'abord rudimentaire, puis de plus en plus riche, en même temps que se forme une *terre végétale* plus ou moins épaisse, dont la composition dépend de celle de la roche primitive. « A la Vega de Supia, dans l'Amérique méridionale, écrit BOUSSINGAULT [1], l'éboulement d'une montagne porphyrique couvrit entièrement de ses débris, sur près d'une demi-lieue d'étendue, de riches plantations de canne à sucre. Dix ans après cet évènement, j'ai vu ces fragments de porphyre ombragés par des mimosas arborescents, et dans un temps qui n'est peut-être pas éloigné, on pourra défricher cette nouvelle forêt et rendre à la culture le sol pierreux enrichi de ses dépouilles ». Or, on sait que le porphyre est la plus dure et la plus difficilement décomposable de toutes les roches.

b) Formation de roches nouvelles. — Les êtres vivants jouent un rôle encore plus considérable dans la formation d'importantes masses minérales qui constituent la base d'une grande partie des continents actuels.

Dans les mers profondes, des animaux très petits, souvent même microscopiques (radiolaires, foraminifères, globigérines) ont fixé la silice ou la chaux en dissolution dans l'eau, et les débris de leurs carapaces se sont accumulés au cours des siècles sur les grands fonds. En même temps, le long de certains rivages, d'autres espèces (madrépores, échinodermes, etc.) édifiaient des récifs coralliens épais. Telle est l'origine des énormes dépôts siliceux et surtout calcaires que nous trouvons aujourd'hui à peu de distance de la surface du sol. Les mêmes espèces, ou d'autres analogues, continuent d'ailleurs actuellement ce même travail, et préparent, à raison de quelques millimètres par siècle, mais sur d'immenses surfaces, les nouveaux continents de l'avenir.

[1] BOUSSINGAULT, *Economie rurale*, t. I, p. 570.

C'est ici que E. DE LAUNAY a raison d'appeler la géologie « l'océanographie du passé », et de nous faire toucher du doigt les idées nouvelles que les travaux récents sur les phénomènes marins ont apportées à la géologie pure et appliquée [1].

Quant aux végétaux, leur apport dans la constitution de l'écorce terrestre n'est pas moins remarquable : ils ont réalisé le transport et la concentration, dans les profondeurs du sol, d'une partie du carbone contenu autrefois dans l'atmosphère à l'état d'anhydride carbonique ; telle est l'origine des houilles, des lignites et des tourbes, dont les gisements occupent un volume considérable. Mais nous n'avons pas à nous en occuper au point de vue agricole [2].

Disons seulement un mot, pour terminer, du *tchernoziom* (terre noire)). C'est un dépôt formé, sur une épaisseur de 0 m. 60 à 2 mètres, par la décomposition de l'abondante végétation des steppes; il contient de 2 à 10 % d'humus, et forme de très riches terres à céréales et à betteraves, qui s'étendent sur quatre-vingt-quinze millions d'hectares, principalement au Sud de la Russie, ainsi qu'en Hongrie, en Moldavie, en Sibérie, dans certaines régions de l'Amérique du Nord, etc...

4) *Phénomènes de transport et de sédimentation.*

Lorsque tous les phénomènes que nous venons d'étudier agissent sur les roches primitives sans qu'il y ait transport de matériaux, le sol superficiel qui en résulte est dit *sol local* ou *sol authigène*. Il est caractérisé en général par sa faible profondeur, sa constitution minéralogique peu différente de celle de la couche sous-jacente, à laquelle il passe par transitions insensibles, enfin par la forme anguleuse à peine émoussée des fragments rocheux. Tel est le cas de *l'arène* surmontant les terrains granitiques.

Mais, le plus souvent, on observe une tout autre disposition : la couche superficielle, plus ou moins épaisse, présente une texture physique et une composition chimique absolument différentes de celles de la roches sous-jacente, sur laquelle elle repose sans que l'on rencontre aucune formation intermédiaire. On en conclut évidemment que l'on a affaire à un *sol de transport* ou *sol allothigène*, dont les particules sont presque toujours arrondies. Tel est le cas, par exemple, des alluvions dans les vallées, ou des limons sur les plateaux. Les phénomènes de transport et de sédimentation présentent donc une grande importance au point de vue de l'origine des terres arables.

La *sédimentation marine* y joue sans aucun doute le rôle prépondérant, par la quantité des matériaux mis en œuvre. On ne saurait mieux décrire ce rôle que dans

[1] Par exemple à la question encore si controversée de l'origine des pétroles.

[2] Car il ne faut pas confondre la *tourbe*, exploitable comme combustible, par exemple, avec les *terrains tourbeux*, dont l'utilisation agricole est d'ailleurs très difficile.

les phrases suivantes : « Ces matériaux, pour n'envisager que les principaux, sont de trois sortes : il y a les produits de la trituration des minéraux durs, presque exclusivement sableux, et ne descendant pas en général au-dessous d'un certain degré de division, qui en fait des *sables* plus ou moins fins, tandis que plus près du rivage, dans la zone agitée par les vagues, se déposent des *graviers*, parfois même de gros cailloux ou *galets*. Ensuite viennent les matières fines en suspension, toujours de nature argileuse, qui ne se déposent que dans les eaux tranquilles et engendrent des *vases*. Enfin, il faut tenir compte des matières empruntées par dissolution à la terre ferme, et dont la plus importante est le *calcaire* ; la quantité de cette substance contenue dans la mer irait toujours en augmentant, si précisément cet excès ne provoquait le développement d'êtres inférieurs, qui fixent le carbonate dans leurs tissus, et engendrent par l'accumulation de leurs dépouilles des masses calcaires dont la forme la plus connue est celle des récifs de polypiers » [1].

Pour fixer les dées par quelques chiffres, on a calculé que les cours d'eau apportent aujourd'hui à la mer, annuellement, cinq kilomètres cubes de substances en dissolution et dix kilomètres cubes de substances en suspension ; de plus, l'action de la force vive des vagues arrache aux rivages, pendant le même temps, un kilomètre cube de matériaux. Les continents perdent donc chaque année, au profit des océans, seize kilomètres cubes, soit environ 1/4.000.000e de leur volume.

La *sédimentation terrestre*, plus restreinte, est plus visible à nos yeux, et contribue plus directement à la formation des sols cultivés.

Les alluvions anciennes et modernes, les dépôts des pentes, une partie des limons des plateaux, doivent leur origine à la sédimentation produite par les glaciers, les torrents, les cours d'eau, etc. Cette sédimentation *aqueuse*, autrefois très étendue, présente aujourd'hui encore, dans certains cas, une grande importance. D'après Hervé Mangon, la quantité de limon transportée annuellement par la Durance, à Mérindol, serait d'au moins onze millions de mètres cubes, contenant 14.000 tonnes d'azote [2] ; ce chiffre seul montre l'intérêt de récupérer par le colmatage les matières fertilisantes que les cours d'eau charrient, principalement dans les époques de crue, comme cela se produit naturellement dans la vallée du Nil.

Un autre exemple très frappant est celui des *polders* de Hollande : « A l'embouchure de l'Elbe, il se produit, lors de la marée montante, un calme durant lequel se précipitent les matières terreuses tenues en suspension ; il en résulte un sédiment que les vagues rejettent sur la plage ; par ces dépôts successifs, le rivage s'élève graduellement, et il se forme une alluvion étendue qui reste à sec dans les marées moyennes, et fournit des terres d'une fertilité vraiment surprenante, mais qui doivent être protégées par des digues contre l'invasion de l'océan lors des fortes marées ou des tempêtes [3].

Enfin, la sédimentation *éolienne*, c'est-à-dire le transport des particules terreuses par le vent, a pour conséquence la formation des dunes des régions maritimes ou désertiques, d'une partie des limons des plateaux, et de certains dépôts locaux très importants, tels que le lœss de Chine, les limons siliceux du Mexique central, de certaines landes des Etats-Unis, des hauts plateaux de l'île de Crète,

[1] A. De Lapparent, *Leçons de géographie physique* (Masson, édit.), p. 290.
[2] Valeur actuelle au minimum : 70 millions de francs.
[3] St. Meunier, *La terre végétale*, p. 40.

etc. Aussi est-il juste de dire, avec G. Tissandier, que « les fleuves aériens, comme les fleuves liquides de nos continents, charrient dans leur marche un véritable sédiment ».

5) *Complexité de la nature des terres arables.*

On voit combien sont complexes les influences qui produisent les transformations des éléments primitifs du sol pour aboutir à la formation de la terre arable.

Il faut bien se rendre compte, en effet, que les phénomènes décrits plus haut ne se produisent pas les uns après les autres, dans un ordre déterminé, mais souvent ensemble et plusieurs fois de suite. Presque toujours, la désagrégation physique et la décomposition chimique marchent de pair ; elles peuvent être inachevées lorsque débutent les phénomènes de transport et de sédimentation, et se poursuivre fort loin du point de départ ; les mêmes causes d'érosion peuvent agir tantôt sur une roche primitive, tantôt sur un dépôt déjà formé pour le remanier et le remettre en mouvement ; des sédiments d'origine et de composition très différentes peuvent se trouver mélangés, alors que les divers éléments d'une même roche sont au contraire le plus souvent triés et séparés par l'action de la pesanteur ou de la force vive de l'eau.

Et tout cet ensemble complexe de réactions et de mouvements se poursuit au cours des siècles, depuis le début de l'existence de l'écorce terrestre, jusqu'à l'époque actuelle, où nous voyons agir sous nos yeux, bien qu'avec une intensité moindre, les mêmes causes qu'autrefois (Théorie des causes actuelles).

En outre, comme le fait remarquer E. de Launay, « l'évolution d'une roche ou d'un terrain commence depuis sa constitution. Mais les réactions chimiques qui tendent à éliminer certains éléments, à en introduire d'autres et à modifier le groupement des divers principes s'effectuent très lentement pendant tout le temps où roches et terrains se trouvent protégés par un manteau de recouvrement contre les influences superficielles. Elles s'accélèrent, au contraire, chaque fois qu'un épisode géologique ramène les terrains au voisinage de la surface. Il se passe là quelque chose de tout à fait analogue à ce qu'on observe pour les peintures antiques, que des fouilles mettent à nu après des siècles d'enfouissement, avec toute la fraîcheur de leur coloris, et qui, en quelque mois, s'altèrent alors et disparaissent à l'air [1] ».

Il est bien certain, en effet, qu'il a existé, aux différentes époques géologiques, des terres arables, où poussaient les végétaux dont nous observons aujourd'hui les débris. Mais les actions superficielles qui leur avaient donné naissance ont contribué également à leur destruction, ou plutôt à leur transformation en d'autres sédiments transportés plus ou moins loin, en sorte que nous ne retrouvons que très rarement aujourd'hui de ces *sols fossiles*, et encore seulement dans les formations les plus récentes.

On conçoit qu'une telle complication dans l'origine et le mode de formation des terres arables se traduise par une extrême diversité dans leurs propriétés physiques et chimiques, et c'est ce que l'on constate en fait.

Certains agronomes ont édifié, en se basant sur l'analyse des terres, des classifications très scientifiques et susceptibles en même temps de rendre de grands

[1] E. De Launay, *op. cit.* p. 23.

services pratiques [1]. Il y a lieu d'examiner, toutefois, si la considération de l'*origine géologique* du sol et du sous-sol ne permettrait pas, dans une certaine mesure, de prévoir et en même temps d'expliquer leur composition et leurs propriétés, et d'en tirer des conclusions immédiatement utiles.

* * *

III. — La terre arable d'après son origine géologique.

Les phénomènes physiques et chimiques que nous avons analysés précédemment ne font que modifier d'une façon plus ou moins profonde les éléments minéraux primitifs du sol. Pour que celui-ci se transforme véritablement en *terre arable* proprement dite, susceptible de porter et de nourrir des végétaux, il lui manque encore un élément indispensable, la matière organique, ou *humus*, qui résulte de l'apparition et de l'évolution de la *vie*.

« Voici que la vie apparaît. Les végétaux envahissent alors le sol, y meurent, s'y décomposent lentement, et la matière *organique* vient se joindre aux composants *minéraux* originels ou dérivés. A dater de ce moment, la terre meuble se prête à de nouvelles transformations ; elle devient apte à constituer des réserves actives, de la *matière noire* ; et c'est parce que les matériaux nécessaires à la production s'y trouvent réunis que nous sommes désormais en présence de la *terre végétale* proprement dite » [2].

L'apparition de la matière organique donne donc à la terre des propriétés nouvelles. Elle favorise l'*activité chimique* du sol, parce que :

1) L'humus constitue, par sa combustion lente, une importante source d'anhydride carbonique, dont nous avons étudié l'action énergique sur les masses minérales.

2) Il favorise les transformations et la circulation de l'azote, de l'anhydride phosphorique, de la potasse, de la chaux et des autres éléments du sol, qui doivent être en mouvement constant pour pouvoir subvenir aux besoins des plantes.

3) Il s'oppose à l'entraînement de l'anhydride phosphorique et de la potasse, et fait même obstacle à certaines actions rétrogradantes.

En un mot, c'est grâce à l'humus que tout *sol végétal*, suffisamment profond et normalement constitué, possède une *valeur culturale*, qui peut être sinon mesurée mathématiquement, au moins évaluée avec assez d'exactitude, soit par l'analyse physique et chimique, soit par l'analyse du sol au moyen des plantes, soit encore, et mieux, par la combinaison de ces deux méthodes.

Nous allons étudier successivement en quelques mots, d'après leurs origines géologiques, les diverses espèces de *sous-sols* et de *sols*, leurs *caractères physiques et chimiques* respectifs, et enfin leurs *caractères agronomiques*, c'est-à-dire leurs valeurs culturales.

Il est auparavant nécessaire de bien définir ce que l'on doit entendre par les expressions *sol* et *sous-sol*, car il se produit parfois des confusions à ce sujet.

[1] Voir, par exemple : H. Lagatu et L. Sicard, *L'analyse des terres et son utilisation agricole* (Masson, édit.).

[2] J. Dumont, *op. cit.* p. 228.

Lorsque l'on creuse un trou dans la terre, tant que l'on constate aucun changement notable dans la nature et la consistance du produit extrait, c'est le *sol*; dès que l'on remarque une modification nette et appréciable, on a atteint le *sous-sol*.

Le sol lui-même peut être divisé en *sol actif*, ou partie travaillée par les instruments aratoires, et *sol inerte*, ou partie non travaillée (parfois appelée improprement sous-sol).

Quand au sous-sol, il est toujours formé de plusieurs couches différentes, plus ou moins épaisses, en sorte qu'il peut y avoir lieu de distinguer, dans certains cas, le *sous-sol immédiat* et le *sous-sol profond*.

D'après ces définitions, il est évident que le sol inerte peut être inexistant, et que parfois même les instruments aratoires attaquent la partie supérieure du sous-sol immédiat, pour la mélanger au sol proprement dit (par exemple, dans le cas du marnage effectué par approfondissement des labours).

Quant aux végétaux, ils se développent et se nourrissent surtout aux dépens du sol actif, mais leurs racines pénètrent presque toujours dans le sol inerte ou dans le sous-sol immédiat, et parfois même dans le sous-sol profond.

Les sous-sols — L'influence de la nature du sous-sol sur la valeur culturale du sol est beaucoup plus importante pour les roches ignées que pour les roches sédimentaires. Dans le premier cas, en effet, le sol est le plus souvent *authigène*, ou bien, s'il est *allothigène*, il ne présente en général que peu de profondeur ; dans le second cas, au contraire, on a fréquemment affaire à des sols d'alluvions ou de limons relativement épais, et sur les propriétés desquels la composition du sous-sol, par suite de l'éloignement de ce dernier, n'influe que très peu ou même pas du tout.

A) *Roches ignées.* — Nous les avons divisées en deux groupes : les roches *primordiales* (gneiss, micaschistes, talcschistes), qui constituent les terrains archéens ; et les roches *éruptives*, anciennes (granits, porphyres, mélaphyres), et modernes (basaltes, trachytes, laves).

1) *Terrains archéens* (18,1 %) [1].

Les terrains archéens sont généralement très pauvres, et d'autant plus difficiles à mettre en valeur que leur relief est souvent très accidenté ; aussi les surfaces boisées sont-elles assez étendues : elles devraient même l'être davantage, car le boisement de ces terrains est presque toujours une opération avantageuse.

Formation du sol. — Les diverses variétés de gneiss s'altèrent sous l'influence des causes extérieures avec une rapidité très inégale ; celle-ci tient souvent à la nature du feldspath qui entre dans leur composition, et qui peut être soit de l'orthose ou de l'albite, relativement résistants, soit de l'oligoclase, du labrador ou de l'anorthite, qui se décomposent plus aisément ; la proportion d'argile dans la terre dépend évidemment de la proportion de feldspath décomposé. Les gneiss sont aussi très inégalement sensibles à l'action de l'eau (surtout de la gelée) ; la schistosité plus ou moins prononcée de la roche et la valeur de son inclinaison sur l'horizontale exercent à cet égard une influence prépondérante.

Hydrologie. — Le plus souvent, les terrains archéens sont très peu perméables aux eaux de ruissellement, parce que l'argile qui tend à se former par décom-

[1] Les chiffres entre parenthèses indiquent la proportion des affleurements des diverses formations par rapport à la superficie totale de la France (avant 1918: 53 millions d'Has).

position de la roche bouche au fur et à mesure les fissures du sous-sol ; en conséquence, les eaux d'infiltration n'arrivent pas à se concentrer sous un volume important, et donnent lieu à des sources généralement pures, mais peu abondantes et assez éloignées les unes des autres ; cette circonstance s'oppose aux grandes agglomérations de population.

Nature des terres. — D'une façon générale, l'*arène* résultant de la décomposition du gneiss est une terre d'une légèreté excessive, brûlante en été, gorgée d'eau aux premières pluies, et par conséquent froide en hiver. Au point de vue chimique, elle est caractérisée par une *pauvreté extrême en chaux et en anhydride phosphorique ;* on y trouve beaucoup de potasse, surtout si la terre est argileuse, mais celle-ci est à l'état de silicate, donc très lentement assimilable ; enfin la nitrification s'y fait mal. Les micaschistes et les talcschistes, ne contenant que peu ou pas du tout de feldspath, donnent des terres encore plus pauvres que le gneiss, souvent très ferrugineuses, et où abondent les débris de quartz.

Production naturelle. — La production naturelle des terres gneissiques est constituée par des plantes essentiellement silicicoles ; ajonc, bruyère, genêt à balais (une terre qui porte des genêts peut, dit-on, être défrichée avec avantage), gentianes, polygalas, carex, etc., qui occupent en Bretagne une superficie d'au moins 850.000 hectares, et à peu près autant dans le Massif Central. Le châtaignier vient particulièrement bien dans les terres de cette sorte : on le rencontre abondamment en Bretagne, dans le Limousin, et dans la région des Maures, où il est associé au pin maritime et au chêne-liège.

En plusieurs régions, les surfaces gneissiques sont recouvertes de tourbières ; celles-ci se rencontrent fréquemment dans les vallées de la Bretagne, et jusqu'à 3.000 mètres d'altitude dans les régions archéennes des Alpes (lac Cornu).

Culture et élevage. — La culture ne peut être que médiocre dans ces terres légères et incomplètes. Le blé et les légumineuses n'y viennent pas, ou fort mal, et à trop de frais ; on y cultive surtout le seigle, l'avoine, le sarrasin, la pomme de terre, le chou. Le manque de phosphate de chaux influe également sur la finesse d'ossature du bétail (cheval et vache bretons), et sur la taille, généralement petite, en moyenne, des habitants.

L'amendement par excellence des terres gneissiques est la chaux, mais par malheur les gisements de cette substance sont souvent très éloignés des régions archéennes. Cependant on y rencontre parfois des lentilles de *calcaire cipolin*, qui constitue une pierre à chaux excellente. On y utilise avec grand avantage les scories de déphosphoration.

D'autre part, certaines masses de diorite (roche éruptive analogue au granit) sont riches en feldspath oligoclase, qui contient un peu de chaux ; par décomposition, elles donnent une *arène dioritique*, dont le mélange à l'arène gneissique permet dans certaines cas la culture du blé. Dans l'Ille-et-Vilaine, les agriculteurs donnent à l'arène dioritique le nom caractéristique de *marne*, nom évidemment impropre au point de vue lithologique, mais que justifie l'efficacité de cet amendement.

Certains gneiss, d'ailleurs, contiennent eux-mêmes (très rarement il est vrai) une quantité suffisante de feldspath oligoclase pour que la terre arable qui en dérive ne soit pas trop pauvre en chaux. Le cas ne présente dans la Haute-Vienne,

ainsi que dans le Limousin, où la terre végétale, profonde de plus de 55 cm., porte des chênes et des châtaigniers magnifiques, et surtout des prairies excellentes, où s'élèvent des bœufs et des chevaux remarquables.

Les schistes du Cotentin (schistes de St-Lô), redressés presque verticalement, sont altérés sur quelques décimètres à partir de la surface, et donnent une terre argileuse propre à l'établissement de bons herbages.

Dans le Trégorrois et à Jersey, les schistes précambriens sont entremêlés de produits volcaniques, qui donnent à la terre arable une composition extrêmement variable d'un point à l'autre, et lui assurent en moyenne une fertilité assez bonne (« Ceinture dorée », bovins de Jersey).

Enfin, certains crûs célèbres du Beaujolais (arrond. de Villefranche, Rhône) sont établis sur un sous-sol de gneiss, qui a été défoncé à la mine, et progressivement épierré.

Sylviculture. — Les forêts occupent surtout les parties sèches, qu'elles améliorent grandement (Maures, Estérel, Massif Central). — Le *taux de boisement* des terrains archéens est de 13 %.

2) *Terrains éruptifs* (1,8 %).

Granits. — Les granits donnent des sols généralement ingrats, de même production naturelle que le gneiss. La couche arable est d'autant meilleure que la roche est plus riche en feldspaths, et surtout en feldspaths alcalins (orthose, albite, oligoclase), qui donnent de l'argile et des éléments fertilisants. Certains granits sont très durs ; d'autres se désagrègent aisément (granit porphyroïde à grands cristaux de feldspaths plagioclases de la Haute-Lozère). Ils donnent alors au paysage l'aspect de croupes à faibles ondulations (Margeride granitique, « Ballons » d'Alsace).

Dans tous les cas, même si le sol est assez profond, il est toujours pauvre en chaux et en anhydride phosphorique assimilable. Le meilleur amendement est la chaux (sous forme de scories), qui mobilise les réserves de potasse de la roche.

Dans les régions granitiques, les sommets sont généralement boisés ou couverts de landes incultes ; les pentes, lorsqu'elles ne sont pas trop accentuées, portent des champs de culture (même production que les sols gneissiques), et le fond des vallées est souvent assez humide (sauf les sécheresses d'été) pour être favorable à l'établissement de prairies assez bonnes, à moins que le sous-sol ne soit imperméable et tourbeux, ce qui n'est pas rare. Les variétés granulitiques sont celles qui donnent les terrains les meilleurs, ou plutôt les moins mauvais.

Au point de vue hydrographique, le granit est imperméable par lui-même, s'il ne contient pas de cassures ; mais l'arène granitique favorise la circulation des eaux et donne des sources peu abondantes, mais nombreuses et très pures, en relation souterraine les unes avec les autres. Ces conditions influent sur le mode de groupement des habitations et le genre de vie des exploitants du sol.

Porphyres. — Les porphyres sont extrêmement durs et très difficilement décomposables ; en conséquence, ils donnent des sols rocheux, à dominante siliceuse, dont la production naturelle est des plus pauvres, et qui seraient trop coûteux à mettre en valeur.

Mélaphyres. — Les mélaphyres sont généralement moins durs que les porphyres. Les variétés à pâte celluleuse sont cependant assez rebelles aux causes de

désagrégation ; mais les variétés à pâte compacte sont plus facilement décomposables ; ce sont heureusement ces dernières qui dominent en France.

En Provence, aux environs d'Antibes, elles donnent des terres noires et chaudes, assez légères, contenant anhydride phosphorique, potasse et chaux, et assez comparables aux sols des trachytes et des basaltes désagrégés de l'Auvergne. Ces terres portent de belles cultures de vignes, oliviers, figuiers, orangers, fleurs, céréales et légumes primeurs, qui contrastent avec les maigres pâturages à moutons et à chèvres des enclaves restées rocheuses.

Basaltes. — La désagrégation des basaltes est très lente ; elle se fait par oxydation du fer et par formation d'argile aux dépens des feldspaths. La terre végétale est rare, mais chaude, perméable, légère et complète ; elle manque d'azote, mais la nitrification s'y fait bien. Les papilionacées y viennent bien, ainsi que les graminées, mieux que les céréales et les racines. On peut y cultiver la vigne, les arbres fruitiers, les légumes. Les pentes des montagnes sont garnies de forêts. Les races élevées sur les pâturages basaltiques sont osseuses et résistantes (Salers).

Les basaltes sont imperméables ou perméables en grand par des fissures.

Dans le Massif Central, ils forment des plateaux plus ou moins étendus, appelés « planèzes », sortes de calottes qui recouvrent les accidents originels du sol, comme cela a lieu pour les calcaires des Coirons. Ces plateaux, séparés les uns des autres par de profonds ravins, sont souvent trop rocailleux pour être très fertiles ; mais quand leur surface a été suffisamment décomposée par les météores, ils peuvent fournir de beaux pâturages (Cantal, Mézenc).

Trachytes. — Les trachytes sont très inégalement décomposables, donnant des terres profondes, mais pierreuses ; les sources sont rares, mais abondantes et claires ; lorsqu'ils sont suffisamment irrigués (naturellement ou artificiellement), les terrains trachytiques portent bien les céréales ; mais ils conviennent surtout aux légumineuses et aux prairies (Aubrac). Le sol est en général assez complet au point de vue chimique.

Les phonolites contrastent par leurs profils mouvementés avec la régularité et l'uniformité des paysages basaltiques. Ce sont le plus souvent des pitons de couleur grise, dépourvus de végétation, groupés sans ordre, des pyramides ou de grandes murailles déchiquetées. C'est cette roche qui constitue en grande partie les massif du Sancy, du Puy-de-Dôme, du Mézenc, du Mégal, du Gerbier-des-Joncs, etc....

Laves. — Les laves sont de valeur agricole très variable, selon leur composition chimique et leur état de division.

Les cendres et les lapilli étant dans un état d'extrême division, les eaux leur enlèvent rapidement les produits nuisibles à la végétation et ils donnent des sols très divisés et très fertiles, appelés *cinérites*, et cultivés en vignes, comme sur les pentes du Vésuve (Lacryma Christi), ou en céréales, comme en Limagne.

Les laves proprement dites sont plus longues à se désagréger. Sur les espaces rocheux, c'est la stérilité presque absolue (*cheires* d'Auvergne) ; mais les parties altérées, entraînées dans les dépressions par les eaux de pluie, donnent des sols assez riches en anhydride phosphorique et en potasse, sols propres à l'établissement de pâturages ou à la culture des céréales, des tubercules, des légumineuses, etc.

Toutefois, l'élevage y est assez peu pratiqué, faute d'une irrigation suffisante.

Dans les régions laviques, en effet, les sources sont abondantes et limpides, mais très rares. — *Taux de boisement:*

Granits, porphyres, mélaphyres : . . . . . 22 %
Basaltes, trachytes, laves : . . . . . 18 »

A) *Roches sédimentaires.* — Comme nous l'avons signalé plus haut, en raison du développement généralement important des terrains superficiels (surtout les limons et les alluvions) au dessus de la surface des couches sédimentaires, il est impossible de déterminer d'une façon absolue la valeur d'un terroir donné d'après la couleur qui le représente sur la carte géologique. En outre, il ne faut pas oublier que le climat agit d'une façon notable pour différencier au point de vue cultural des terrains identiques au point de vue géologique.

Cependant, il existe des particularités très nettes, et facilement observables, qui caractérisent les régions où domine tel étage ou tel groupe stratigraphique [1]. Les étudier en détail serait faire une *Géologie Agricole* complète d'un pays, et exigerait au moins un fort volume. Contentons-nous de donner un bref résumé des caractères essentiels des principales formations sédimentaires, particulièrement en ce qui concerne le sol de la France.

1) *Système Primaire* (8,4 %).

a) Groupe Silurien. — En général, les terrains siluriens manquent, comme les terrains archéens, de chaux et d'anhydride phosphorique. Les schistes y dominent et donnent, suivant leur degré de décomposition, des sols siliceux et pierreux, ou des sols argileux et compacts, comme les « fagnes » des Ardennes, les « terres fondantes » de Bretagne. — *Taux de boisement :* 14 %.

b) Groupe Dévonien. — Terrains un peu plus riches en calcaire, mais cependant encore assez peu fertiles, car les schistes et les grès y dominent. Ils doivent être amendés, drainés et énergiquement travaillés. — *Taux de boisement :* 14 %.

c) Groupe Carboniférien. — Les assises houillères sont accompagnées de quelques masses calcaires, assez avantageuses pour la culture, mais surtout de poudingues et de grès, qui fournissent des terres peu épaisses, pierreuses et arides. — *Taux de boisement :* 22 %.

d) Groupe Permien. — Les grès siliceux sont abondants, et les bonnes terres arables proportionnellement très rares ; mais elles sont plus riches en chaux et en anhydride phosphorique que celles des groupes précédents. — *Taux de boisement :* 83 %.

2) *Système Secondaire* (36,1 %).

Les nombreuses assises de ce système présentent une importance toute particulière, parce que l'ensemble de leurs affleurements couvre près des 2/5 de la surface de la France, et qu'elles supportent la majeure partie des plus riches terres de culture de notre pays.

a) Groupe Triasique. — Les grès bigarrés du *werfénien* sont le plus souvent boisés, comme sur les pentes des Vosges. Le calcaire coquillier du *conchylien*

[1] Pour la nomenclature des étages et assises, voir les traités de *Stratigraphie*.

donne des sols souvent trop secs, sauf en Lorraine, où il est dolomitique. Les terres reposant sur les marnes du *salifèrien* souffrent de l'imperméabilité du sous-sol et de sa richesse excessive en chlorure de sodium. — *Taux de boisement :* 18 %.

b) Groupe Jurassique. — Dans l'*Infra-jurassique*, les meilleurs terrains sont constitués par le *lias* proprement dit, qui est le sous-sol par excellence des riches herbages, tels que ceux d'Isigny et de Carentan. — *Taux de boisement* : 13 %.

Le *Médio-jurassique*, étant formé de calcaires pauvres en argile, donne, par décalcification, des terres siliceuses légères, qui ont besoin d'être amendées en chaux (plaine de Caen) ; les parties où le sol est trop exclusivement calcaire portent surtout des forêts, et celles-ci dessinent un arc sylvicole très net, s'étendant presque sans interruption de Mézières à Poitiers. — *Taux de boisement :* 18 %.

Le *Supra-jurassique* est constitué par une alternance de calcaires et de marnes argileuses donnant, au point de vue agricole, des résultats très divers. Les meilleurs terroirs reposent sur l'*oxfordien :* il suffit de citer les pâturages incomparables de la Vallée d'Auge et de l'embouchure de la Dives, les vignobles de Basse-Bourgogne, une grande partie de la Haute-Marne, etc. La partie supérieure est argileuse et convient bien aux pâturages (Pays de Bray, Boulonnais). — *Taux de boisement* : 21 %.

c) Groupe Crétacé. — D'une manière générale, l'infra-crétacé est moins bon, au point de vue agricole, que le supra-crétacé. Mais ce dernier présente surtout une grande valeur comme sous-sol, et doit sa fertilité aux dépôts quaternaires superficiels qui le recouvrent fréquemment.

Infra-crétacé. — Les parties calcaires du *néocomien* sont favorables à la vigne, par exemple dans le canton de Neuchâtel (Suisse) ; il en est de même dans les Cévennes, où le sol a dû être débarrassé des pierres qui l'encombraient, et nivelé ou aménagé en terrasses. Une série de montagnes de l'Ain est dans le même cas, en particulier la montagne de Parve, près de Belley.

Lorsque l'exposition n'est pas favorable, on trouve sur ces terrains de belles forêts de chênes-verts (environs d'Uzès), ou bien ils restent à l'état de garrigues sèches incultes, comme dans une partie du Dauphiné.

Les sables associés aux argiles du néocomien ne peuvent procurer quelques herbages qu'au prix d'apports abondants de chaux et d'engrais.

Les *sables verts* donnent des sols légers et très perméables. Dans les Ardennes et la Meuse, ils contiennent un peu d'argile, et donnent des terres propres à toutes cultures, à condition d'être chaulées ; on les appelle « terres herbues ». Elles conviennent aux betteraves, aux céréales, à la luzerne, aux arbres à pépins, etc.

Dans les Ardennes, le Cher, la Nièvre, l'Indre, les sables verts contiennent souvent des nodules phosphatés (coquins).

Les étages argileux (*argiles panachées* et *gault*) ne valent rien, et ne donnent en général que de mauvais bois ou des pâturages malsains, surtout pour les moutons. On y trouve des prairies marécageuses dans la Puisaye et la Champagne humide, des forêts dans les Ardennes.

La *gaize* donne de bonnes terres à seigle et à pommes de terre, dans les Ardennes ; le froment y vient mal. Dans le Boulonnais et le Pays de Bray, la gaize marque la zone la plus favorable à la production du lait, en même temps qu'à une bonne culture mixte. Elle fournit également une large zone très fertile sur la limite des

départements de la Nièvre et de l'Yonne, à condition de chauler et de drainer. — *Taux de boisement :* 22 %.

Supra-crétacé. — Le *cénomanien* donne souvent de bons sols pour la vigne : Yonne, Uzès. Lorsqu'il est sableux, il se prête particulièrement bien au traitement du phylloxéra par les injections de sulfure de carbone.

Dans le Perche, il est constitué par une craie argileuse donnant de bonnes pâtures pour l'élevage du cheval. La même formation se rencontre, plus ou moins marneuse, dans le Sud et l'Est du Bassin Parisien (zone des villages du Pays de Bray).

En Angleterre, les régions cénomaniennes du Sud du Sussex et du Kent sont réputées pour la splendeur et l'abondance de leurs récoltes.

La *craie marneuse* donne plutôt des terres assez pauvres, convenant pour de maigres pâturages à moutons, ou restant incultes.

Dans la Touraine et l'Yonne, on y trouve des vignobles, des prairies naturelles et parfois des cultures de céréales.

Dans les Ardennes, l'Aisne, la Thiérache, elle est surmontée de terres argilo-marneuses, appelées « dièves » ou « potasses », et couvertes de pâturages ou de bois (forêt de Nouvion).

La *craie blanche* des diverses assises du sénonien est l'un des meilleurs terrains de France comme sous-sol, lorsqu'il est recouvert d'une épaisseur convenable de dépôts quaternaires (limons, alluvions), ou d'argile à silex. Ceux-ci sont d'ailleurs généralement pauvres en chaux, et l'on doit aller chercher l'amendement dans les couches sous-jacentes.

La craie constitue ainsi le sous-sol de la Picardie et de ses dépendances, des Charentes (Fine Champagne), de la Dordogne, où les régions non reconstituées en vignobles sont consacrées aux prairies artificielles.

Mais par ailleurs, la craie, insuffisamment recouverte de terre végétale, ne vaut rien ; elle donne alors un sol trop sec, riche en anhydride phosphorique, mais extrêmement pauvre en potasse, dont le meilleur exemple est la Champagne pouilleuse : la végétation et la vie se réfugient dans les vallées, séparées par des plateaux à peu près stériles, où s'élèvent cependant de bons moutons. Depuis quelques années, on a pu y établir quelques bosquets de pins.

En Picardie même, d'ailleurs, les « savarts » blanchâtres ne sont pas rares, notamment sur les pentes, entre les riches plateaux et les fonds des vallées. — *Taux de boisement :* 9 %.

3) *Système Tertiaire* (28,3 %).

a) Groupe Eocène. — Les terres végétales auxquelles donnent naissance les assises de l'éocène sont extrêmement variées.

Les parties sableuses (*sables de Bracheux* et *sables du Soissonnais*) sont de valeur médiocre lorsque le sable est pur ; excellentes lorsque celui-ci est mélangé au limon superficiel, comme c'est le cas pour le S. E. de la Picardie (plaine d'Estrées-St-Denis) ou le Sud du Pays de Thelle, ou encore dans les Charentes, où des îlots de sables tertiaires, plus ou moins mélangés d'argile et de cailloux, et reposant sur le crétacé, ont été plantés en vignes à cognacs.

L'*argile plastique*, très imperméable, et dont le niveau correspond à celui de

nombreuses sources, produit des terres ordinairement très marécageuses. Dans l'Aisne et dans l'Oise, elles sont souvent recouvertes d'étangs, entourés de bois.

Le *calcaire grossier*, lorsqu'il affleure ou se trouve à une faible distance du sol, est favorable au développement de belles forêts de hêtre, chêne, charme, bouleau (Compiègne, Chantilly). Recouvert de limons assez épais, il constitue le sous-sol de plusieurs régions de grande culture remarquables, aux environs de Paris (plateau de Grignon, Soissonnais, Valois, etc.), et dans le bassin d'Aquitaine. Toutefois, ces terres demandent à être amendées en potasse et anhydride phosphorique, surtout si elles occupent l'emplacement d'anciens massifs boisés défrichés (entre forêts de Compiègne et de Villers-Cotterets).

Les *sables de Beauchamp*, peu propices à la culture, portent aussi de belles forêts : St.-Germain, Villers-Cotterets, Ermenonville, Halatte, etc.

Le *calcaire de St-Ouen* donne, par décalcification, un limon fin, appelé « terre douce » par les agriculteurs, et consacré soit à la grande culture, dans le Multien et les régions voisines (Ermenonville), soit, aux environs immédiats de la capitale, à une culture maraîchère très prospère.

Les *marnes du gypse* sont assez difficiles à travailler, et portent généralement des prairies, dont la qualité dépend de leur degré d'humidité. — *Taux de boisement :* 31 %.

b) Groupe Oligocène. — Le *sannoisien* est très fertile aux environs de Paris : les calcaires et meulières de Brie et les limons qui les surmontent constituent une de nos plus riches régions agricoles.

Le *stampien*, dont le type est les sables de Fontainebleau, est surtout couvert de belles et grandes forêts, à l'Ouest et au Sud de Paris.

L'*aquitanien*, surtout important par le calcaire qui forme le sous-sol de la Beauce, existe également dans la Limagne, le Forez et le Velay, où sa fertilité est accrue par le mélange de cendres volcaniques riches en potasse et en anhydride phosphorique. — *Taux de boisement :* 15 %.

c) Groupe Miocène. — Caractérisé par les *faluns* de la Touraine et de l'Anjou et les *molasses* calcaires, qui ne donnent pas, en général, de très bons terrains (Sologne, Brenne). — *Taux de boisement :* 15 %.

d) Groupe Pliocène. — Il comprend également des faluns, puis des marnes ou tufs calcaires, et à la partie supérieure des sables et cailloutis qui le rapprochent des limons des plateaux. Les régions agricoles qui lui correspondent sont de faible valeur : Bresse, Dombe, Crau, Chambaran, brandes du Poitou, sables des Landes. — *Taux de boisement :* 25 %.

4) Système Quaternaire (7,3 %).

Les formations quaternaires constituent un vaste manteau recouvrant presque partout les autres assises sédimentaires, surtout à la surface des plateaux et au fond des vallées. Elles forment donc essentiellement les *sols agricoles*, que nous devons étudier à présent.

LES SOLS AGRICOLES — Les principales formations superficielles qui donnent directement naissance à la terre arable sont les alluvions et les limons des plateaux [1].

[1] On peut ranger aussi dans les sols quaternaires : les terrains erratiques, les terrains tourbeux, les terrains sablonneux (dunes et plages soulevées) et les dépôts meubles des pentes ; leur importance étant minime et leur surface relativement restreinte, nous n'en parlerons pas ici.

A) *Alluvions.* — Les *alluvions anciennes*, formées de galets, de graviers, sont souvent pauvres en éléments chimiques et trop caillouteuses.

Les *alluvions modernes*, ainsi que les dépôts des estuaires, des deltas et des lacs, formées d'éléments fins, argilo-sableux, donnent des terres de nature très variable, généralement homogènes et complètes, excellentes si elles ne sont pas trop humides (ou peuvent être drainées économiquement), presque infertiles dans le cas contraire, et tendant à donner des marécages ou des tourbières.

B) Limons des plateaux. — Origine. — L'origine des limons des plateaux est encore discutée ; elle est vraisemblablement variable selon les régions.

Le ruissellement y a certainement joué un grand rôle, surtout pour les limons les plus anciens. Les éléments qu'ils contiennent sont d'origines très diverses ; dans le Bassin de Paris, ils appartiennent aux formations tertiaires sableuses de l'éocène et de l'oligocène, et l'épaisseur du limon est d'autant plus grande que les formations voisines ou sous-jacentes d'âge tertiaire sont d'une importance plus grande et d'une nature plus sableuse. Ceci explique pourquoi le limon est rare et mince sur la craie de la Champagne pouilleuse, sur l'auréole jurassique du Bassin de Paris et sur le Limousin, tandis qu'il atteint de grandes épaisseurs en Picardie et en Belgique, où les formations sableuses éocènes sont très importantes. Toutefois, l'action du vent est indiscutable, surtout dans la formation de la partie superficielle de certains limons (DE LAPPARENT, Paul LEMOINE).

Composition. — Le limon des plateaux est une terre de couleur généralement foncée, formée d'argile et de grains sableux fins de quartz ou de mica, le tout imprégné d'oxyde de fer hydraté (limonite) ; il est souvent pauvre en chaux. On peut y distinguer trois couches :

1) A la base, le limon se relie assez souvent par transitions insensibles à l'argile à silex (voir plus loin), dont il n'est pas toujours facile de le distinguer ; il contient des silex provenant de cette formation, mais fortement remaniés, brisés et cachalonnés, c'est-à-dire recouverts d'une patine blanchâtre ; c'est le *bief à silex*, appelé parfois *diluvium des plateaux*, toujours moins compact que l'argile à silex proprement dite.

2) Au-dessus, on observe un limon plus fin, de couleur plus claire, plus sableux, contenant de très petits fragments de silex, et nommé *ergeron*, ou parfois *læss*.

3) Au sommet, le limon a subi l'action décalcifiante des eaux, qui ont entraîné le calcaire en profondeur; par suite, il est souvent assez argileux pour servir à la fabrication des produits céramiques : c'est la *terre à briques*.

Mais ces divisions sont loin d'être partout également nettes et précises. En outre, la partie superficielle du limon, quelle que soit sa composition, lorsqu'elle a subi pendant des siècles l'influence des façons culturales, des fumures et des amendements, tend à se transformer en un type à peu près uniforme de *terre végétale franche*, où la nature du sous-sol n'intervient plus que pour déterminer la répartition et la circulation de l'eau, ce qui est d'ailleurs fort important.

Valeur agricole. — Le limon des plateaux couvre près de trois millions d'hectares dans les départements du Nord de la France et dans le Bassin de la Seine. Il est assez souvent pauvre en chaux et en anhydride phosphorique, mais il surmonte presque toujours des terrains calcaires ou marneux secondaires ou tertiaires, d'où il est aisé (sinon toujours très économique) de tirer les amendements nécessaires.

Le limon occupe les plateaux et déborde souvent sur les versants Sud et Ouest des vallées, dont la pente est généralement plus douce que celle des versants Nord et Est. Son épaisseur peut atteindre 12 à 15 mètres (Soissonnais, Multien, Brie, Seine-et-Oise, etc.).

La fertilité du limon provient surtout de sa constitution physique. C'est le type de terre franche, perméable, mais suffisamment fraîche, profonde et meuble. La betterave et la luzerne y donnent d'excellents produits, lorsque le sous-sol est constitué par la craie ou le calcaire grossier. Si les couches inférieures sont formées par l'argile à silex (Pays de Caux), on peut y créer de bons herbages (cauchin). Sur les plateaux de la Brie, le limon a pour base l'argile à meulières, assez imperméable ; il est alors nécessaire de drainer. Le limon peut également reposer sur les sables de Fontainebleau ou sur le calcaire de la Beauce.

« La valeur agricole du limon est évidemment sous l'influence de la nature du sous-sol. Mais il constitue toujours, lorsqu'il est suffisamment enrichi en chaux et en anhydride phosphorique, une terre d'une grande fertilité, qui a rendu justement célèbres les cultures intensives des Flandres, de la Brie, de la Beauce et de la Picardie».

Lœss. — On donne parfois le nom de lœss à la partie moyenne du limon des plateaux. On réserve aussi ce nom à un limon à éléments très fins (argile, quartz et calcaire), non stratifiés et dépourvus de fossiles, et qui paraît résulter de la pulvérisation des roches sédimentaires. Il n'est nullement homogène et contient parfois des concrétions calcaires dites *poupées du lœss*.

En Chine, le lœss occupe, dans le bassin du Hoang-Ho, d'immenses étendues, sur une épaisseur de 400 à 600 mètres. D'après VON RICHTOFEN, il serait le produit de transport de poussières enlevées aux steppes de Mongolie par des ouragans extrêmement violents. Le lœss calcaire du Kaiserthal, recouvrant sur une épaisseur de 10 à 15 mètres les pentes de cette montagne volcanique du massif de l'Eifel, serait également d'origine éolienne, ainsi que le lœss du Mexique. Par contre, le lœss de la vallée du Rhin paraît être d'origine glaciaire.

Le lœss présente des caractères agronomiques analogues à ceux du limon des plateaux.

La terre végétale des Pampas de l'Amérique du Sud (Argentine) appartient à la même formation.

Argiles à silex ou à meulières. — Les argiles à silex ou à meulières, dont nous avons expliqué plus haut le mode de formation, lorsqu'elles ne sont pas recouvertes de limon, donnent des terres généralement froides, compactes et difficiles à travailler. La betterave y vient mal et bifurque, mais on peut y cultiver avec avantage le blé et les fourrages, surtout à l'aide des amendements calcaires. Elles sont toujours assez riches en magnésie, provenant du carbonate de magnésium primitivement contenu dans la craie, et qui est moins soluble que celle-ci.

Argile à silex remaniée. — En certains endroits, l'argile à silex proprement dite a subi, depuis le moment de sa formation, l'action des ruissellements quaternaires, qui l'ont entraînée, généralement à de faibles distances de son lieu d'origine. On reconnaît cette argile à silex remaniée à ce que ses silex sont plus ou moins émoussés, surtout sur les bords, ce qui n'a pas lieu pour ceux de l'argile à silex restée en place. Cette formation se confond avec le bief à silex ou diluvium des plateaux, qui forme la base des limons des plateaux.

Il faut d'ailleurs remarquer que si l'argile à silex en place, s'étant formée depuis le moment de l'émersion de la masse calcaire sous-jacente jusqu'à la période actuelle, ne peut être datée avec précision, l'argile à silex remaniée est essentiellement une formation quaternaire, en général relativement récente. Elle recouvre soit l'argile à silex non remaniée, soit directement le sous-sol calcaire, si la masse d'argile a été soumise, dans toute son épaisseur, au remaniement. Les argiles à meulières peuvent être également soumises à un remaniement analogue, mais ce cas est plus rare. — *Taux de boisement :*

Pléistocène (alluvions anciennes, terrains erratiques) :	14 %
Holocène (alluvions modernes, limons, lœss, etc). :	5 %

Valeur agricole du sol français.

Les notions qui précèdent, pour sommaires qu'elles soient, suffisent à donner une idée de la valeur agricole du sol français, et à montrer, comme l'on pouvait s'y attendre, le rapport étroit qui existe entre la constitution géologique d'un pays et la productivité de son territoire.

Il suffit d'ailleurs, pour s'en rendre compte d'un seul coup d'œil, d'examiner côte à côte une carte géologique et une carte agronomique de la France : on est immédiatement frappé de la similitude d'aspect général qu'elles présentent, et qui est due à la relation intime existant entre la nature du sous sol et celle du sol, ainsi qu'à l'influence qu'exerce la constitution géologique sur les autres facteurs de la production agricole : orographie, hydrographie, climatologie, etc.

A cet égard, la France présente un intérêt tout particulier, et offre à l'agronome comme au géologue un vaste champ d'observations aussi nombreuses que variées : sur une superficie relativement restreinte, on y rencontre toutes les formations stratigraphiques, mélangées dans une harmonieuse proportion, et donnant naissance à des types de cultures aussi différents que les assolements industriels du Bassin parisien, les herbages de la Normandie, l'élevage extensif du Massif Central, les productions fruitières de la Provence, etc.

Aussi est-il indispensable d'établir, au sein de cette diversité, des divisions, basées soit sur la nature géologique du sol et du sous-sol, soit sur les différences des productions animales et végétales que l'on peut constater en divers lieux. Or, il est remarquable que les limites des divisions effectuées au premier point de vue ou au second se confondent sensiblement. Tant il est vrai que, de l'avis à la fois des praticiens, qui cultivent le sol, et des savants, qui en étudient les origines, la nature et et les transformations, *la géologie est la seule base logique de l'agronomie rationnelle.*

Il est évident que le grand nombre de « pays », de régions naturelles nettement caractérisées que l'on peut ainsi distinguer sur le territoire de la France ne correspondent nullement aux divisions administratives, presque toujours très artificielles, ni même aux limites historiques (celles des anciennes provinces par exemple), moins factices, mais trop imprécises et variables au cours des siècles. Leur tracé doit reposer uniquement sur la considération des caractères *géologiques* et *agronomiques*, seuls capables d'éclairer et d'expliquer aussi exactement que possible la diversité des faits observables.

« La *physionomie agricole de la France* reproduit ainsi dans son ensemble les

traits principaux et la symétrie de sa physionomie géologique, orographique et climatérique.

Au milieu, dans la région pluvieuse et d'origine volcanique qui s'étend au pied des plus hautes cimes du Massif Central, se trouve une contrée de grand élevage. Des régions, assez peu favorisées pour la plupart, l'entourent, plutôt culturales vers le Nord-Est, plutôt pastorales vers le Nord-Ouest, tantôt l'un et tantôt l'autre vers le Sud. Vers le Nord du massif, l'étroite enclave de la Limagne présage la fertilité des autres bassins tertiaires.

Ceux-ci se disposent en triangle autour et à distance des contrées précédentes : ici, celui de Paris; là, celui d'Aquitaine ; à l'opposé, celui de la Saône. Ce sont de riches régions culturales. Dans les intervalles se développent des régions de culture moyenne, formant ceinture, et s'étendant aussi le long des contrées pareilles des Alpes et des Pyrénées.

Vers l'Ouest, les terrains primaires de l'Armorique portent, au Nord et à l'Est, des régions semi-pastorales riches ; au Sud, des régions pastorales pauvres. Les régions de grand élevage de la Normandie, du Perche et du Maine, au Nord-Est de ce massif, font pendant à celles du Nivernais et du Charollais, situées au Nord-Est.

Çà et là, des îlots se dessinent, que l'élevage occupe presque tous : régions ingrates des landes gasconnes, de la Sologne ou de la Champagne pouilleuse ; régions généreuses des Pays de Bray ou de Tarbes, ou des marais conquis sur la mer.

Tout à fait au Sud, enfin, le long des Alpes provençales, la région de l'oranger s'abrite au pied des montagnes et sous ses arbres toujours verts, comme un ruban détaché des côtes d'Italie et d'Espagne, pour achever l'harmonieuse et riche parure de notre pays »[1].

Pour analyser plus en détail la valeur agricole d'une contrée, on peut y distinguer trois éléments essentiels : valeur *géologique*, valeur *chimique*, valeur *culturale*. Voici un aperçu de cette analyse en ce qui concerne le territoire de la France :

1) *Valeur géologique.*

Les chiffres que nous avons donnés plus haut, relativement à la superficie des diverses formations ignées et sédimentaires par rapport à la surface totale de la France, fournissent déjà des renseignements importants à cet égard. On peut les compléter par le tableau suivant[2] :

Sol rocheux des montagnes :

Alpes, Jura, Vosges, Pyrénées ; parties les plus élevées du Massif Central et des chaînes qui s'y rattachent ; Morvan; bocages de l'Ouest ; Corse . . . . . 9,3 %

Terres de bruyères et sols siliceux :

Pays montagneux, entre Adour et Gironde, Basse-Bretagne, Sologne 7,4 »

[1] J. Du Plessis De Grenédan, *Géographie agricole de la France et du Monde*, p. 94 (Masson et Cie, édit.) 1903.

[2] J. Du Plessis De Grenédan, *op. cit.*, p. 14.

Sols sablonneux

Littoral (Languedoc et Gascogne), Bassins de Paris et d'Aquitaine 10,2 %

Sols de gravier

Id. Grands vignobles bordelais . . . . . 6,5 »

Sols pierreux

Montagnes, Auvergne, Limousin, Bretagne . . . . . 12,1 »

Sols crayeux

Champagne, Charentes, etc. . . . . 18,6 »

Sols rgileux

Bresse, Dombe, gras herbages . . . . . 4,7 »

Sols limoneux

Marais, terres basses, anciens golfes . . . . . 2,8 »

Sols de terre végétale riche

Plaines et bassins testiaires . . . . . 14,2 »

Sols divers, mélangés . . . . . 14,2 »

2) *Valeur chimique.*

D'après Dieffloth, sur 50 millions d'hectares cultivés en France :

7 *millions* présentent un heureux mélange d'azote, anhydride phosphorique, potasse et chaux ; ce sont les terrains volcaniques récents, le calcaire coquiller, le lias, quelques assises jurassiques, les molasses tertiaires, les alluvions.

3 *millions* appartiennent aux limons quaternaires des Flandres ou du Bassin de la Seine, qu'une culture bien entendue a enrichis et transformés en terres complètes.

37 *millions* sont pauvres en anhydride phosphorique. Une partie de ces terres (12 millions) ne manque pas de chaux (jurassique, crétacé, calcaire grossier); l'autre partie (25 millions) est aussi pauvre en chaux qu'en anhydride phosphorique (granits, gneiss, micaschistes, terrains primaires, partie des terrains tertiaires, argile plastique, argile à silex).

3 *millions* d'hectares cultivés manquent de potasse.

Enfin, certaines formations (grès houiller, grès des Vosges, sables de Fontainebleau, etc.) ne contiennent aucun élément de fertilité. Leurs surfaces d'affleurement sont heureusement peu étendues.

3) *Valeur culturale.*

La répartition des diverses cultures varie évidemment chaque année, mais dans des limites assez restreintes, surtout si l'on se borne à relever les grandes divisions, sans entrer dans le détail de toutes les plantes.

Voici le tableau des derniers chiffres publiés :

Statistique agricole de 1923 (*Y compris l'Alsace-Lorraine*)

	Hectares	%
Terres labourables (cultures, jachères, prairies artificielles et temporaires)	22.678.280	41,69
Prés naturels, herbages, pâturages et pacages	10.931.220	20,09
Vignes	1.608.545	2,95
Cultures maraîchères	294.940	0,55
Cultures diverses (oseraies, cultures arbustives en masses, etc.)	831.020	1,53
Bois et forêts	10.349.686	19,02
Landes et terres incultes	4.749.420	8,73
Territoire non compris dans les catégories ci-dessus	2,964,648	5,44
Superficie totale du territoire	54.404.759	100,0

Conclusion.

L'Agrogéologie en tant que Science.

Par les considérations qui précèdent, nous nous sommes efforcé de montrer qu'entre la géologie proprement dite et la chimie agricole telle qu'on la conçoit ordinairement, il peut y avoir place pour une science intermédiaire, ayant pour rôle d'utiliser, de compléter et surtout d'interpréter les documents mis à notre disposition par les géologues professionnels, de façon à donner aux travaux sur les terres, les engrais, les façons culturales, en un mot à la *géotechnie* pratique, une base scientifique plus étendue et plus solide, favorisant les progrès de l'agronomie générale. Tel est le caractère essentiel de l'*Agrogéologie*, ou *Pédologie* ou *Science des sols* [1].

A vrai dire, le mot ni la chose ne sont pas absolument nouveaux. Dans un très curieux ouvrage : *Bibliographia agrogeologica* [2], le Professeur J. van Baren, Directeur de l'Institut Géologique de l'Université d'Agriculture de Wageningen (Hollande), et son ancien assistant, M. Adolf Wulff, ont présenté un *Essai de bibliographie systématique d'agrogéologie*. On y voit, par les 3.302 numéros que contient ce catalogue, combien considérables sont les matériaux dont dispose cette science. Mais il faut bien observer que beaucoup de ces ouvrages sont des travaux de géologie pure ou de chimie agricole, ou même simplement de géographie, et qu'en outre une telle nomenclature ne saurait être absolument complète. Aussi reste-t-il encore beaucoup à faire à cet égard, et dans tous les pays, puisque des travaux de ce genre présentent surtout de l'intérêt pour des régions assez limitées.

En ce qui concerne particulièrement la France, on peut noter, dans *Bibliographia agrogeologica*, que sur 3.224 références relatives à la géologie agricole des différentes régions (y compris les contrées polaires), *quinze seulement* se rapportent à

[1] Il semble préférable d'adopter le mot *Agrogéologie*, clair et simple, plutôt que le mot *Pédologie*, qui peut prêter à confusion avec d'autres termes tirés du grec, ou que l'expression moins brève *Science des sols*, qui est la traduction littérale des termes russe « potchdoviédiéné » et anglais « soil science ».

[2] H. Veeman, édit., Wageningen (Hollande), 1921 (En anglais).

notre pays. Admettons que la liste donnée contienne de nombreuses lacunes. Il n'en reste pas moins exact que chez nous, en général, l'étude des sols a surtout été l'œuvre de chimistes éminents, plutôt que de géologues ou d'agronomes, comme en Allemagne ou en Russie.

En Russie, particulièrement, l'agrogéologie a trouvé des directions originales dans les travaux de V. Dokoutchaieff (1846-1903). Ce savant considère le sol comme un corps naturel, qui change, se décompose et se reforme sous l'influence du milieu ambiant : l'agrogéologie a pour but de trouver la *loi* de tous ces changements. Les élèves de Dokoutchaieff : N. Sibirtzeff, K. D. Glinka, A. Jarilow, Agafonoff, etc., ont étendu les principes des études faites sur les sols russes à ceux du monde entier, dont ils ont publié une classification générale. En outre, F. von Richtofen, en Allemagne ; P. Treitz, en Hongrie ; G. Murgoci, en Roumanie ; A. D. Hall, J. E. Marr, E. J. Russell, en Angleterre ; W. Hilgard, W. H. Beal, aux Etats-Unis, etc., se sont signalés par des travaux analogues. Enfin, des conférences internationales agrogéologiques ont réuni, dans une fructueuse collaboration, les pédologues du monde entier. La France, malgré l'appui des pouvoirs publics, n'y a peut-être pas apporté de contributions suffisamment importantes » [1].

Il ne faudrait pas en conclure, cependant, que rien n'a été fait, à cet égard, dans notre pays : parmi ceux qui, sous des titres fort différents, ont publié des travaux ressortissant en fait à l'agrogéologie telle que nous l'avons définie, citons un peu au hasard les noms de : A. de Lapparent, A. Müntz, P. Dehérain, P. Diffloth, J. Dumont, E. Risler, E. Haug, L. Cayeux, L. Gentil, H. Lagatu, A. Delage, E. Cord et grand nombre d'autres. La géologie agricole de E. Risler [2], en particulier, est un ouvrage de toute première valeur, mais déjà ancien, et qui pourrait être refondu, mis au courant des nouvelles découvertes de la science et des progès de la géologie et de l'agronomie, et en outre complété en ce qui concerne certaines régions.

* * *

L'agrogéologie offre donc encore aux travailleurs instruits et actifs un vaste champ d'études, pour des travaux originaux dont les résultats peuvent se montrer très féconds. Dans quel esprit doivent être entrepris ces travaux, le Prof. J. van Baren l'expose excellemment dans la préface de l'ouvrage cité plus haut [3] :

« Si la géologie proprement dite étudie les roches inertes, l'agrogéologie fait porter ses recherches sur la partie superficielle de l'écorce terrestre, qui supporte et entretient la vie ; si la géologie est limitée en quelque sorte au *passé*, l'agrogéologie est la *géologie du présent*... Toutes les recherches physiques, chimiques, pétrographiques et biologiques peuvent aider l'agrogéologue à se former une opinion plus exacte des circonstances sous l'influence desquelles le sol se forme et évolue chaque jour. Soit qu'il effectue ses recherches pour son propre compte, qu'il provoque et

[1] E. Haug, *Les disciplines de la géologie*. Extrait de la *Revue générale des sciences*, 1921. (G. Doin, édit). — Voir aussi : *Comptes rendus de la première Conférence internationale agrogéologique*. Budapest, 1909.

[2] Librairie agricole de la Maison Rustique, 1884-1897.

[3] *Bibliographia agrogeologica*, pp. 5-8.

encourage celles des autres géologues, ou qu'il coordonne le travail d'un groupe de collaborateurs en dirigeant chacun vers tel ou tel problème particulier, il doit, dans toutes les questions relatives à la science du sol, se réserver le dernier coup d'œil et le dernier mot. C'est seulement en considérant *la terre arable comme véritable objet d'étude géologique* que nous pouvons éviter l'écueil de la soumettre exclusivement à de purs procédés de laboratoire, qui s'avèrent totalement dénués de valeur à l'épreuve des enseignements du grand laboratoire de la Nature ».

Et nous trouvons dans un ouvrage de E. GAIN cette phrase qui complète et précise parfaitement la pensée du savant hollandais [1] : « Ce sera à la fois l'*examen géologique et agrologique du sol, l'expérimentation culturale* et le *bulletin d'analyse chimique* qui pourront de concert susciter des conclusions quant à l'amendement du sol et à l'amélioration de sa fertilité naturelle ».

En effet, ne l'oublions pas, l'agrogéologie en tant que science n'aurait aucune raison d'être si elle ne devait aboutir à des résultats pratiques en ce qui concerne les progrès de l'agriculture. C'est pourquoi, à côté des travaux de la géographie, de la géologie, de la paléontologie, de la pétrographie microscopique, de la chimie, de l'agronomie rationnelle, etc. [2], il y a place, dans cet ordre d'idées, pour des travaux moins savants, relevant surtout de l'observation directe et précise des faits de la nature et de leur interprétation intelligente, et consistant principalement en *études locales* assez limitées. Ces études auront surtout pour but de rendre des services *immédiats* aux agriculteurs praticiens, qui pourront les comprendre et les utiliser sans une préparation scientifique spéciale. L'exactitude, la clarté et la simplicité devront donc être leurs qualités essentielles.

Nous avons tenté, en deux ouvrages élémentaires [3], de donner une méthode et un exemple des études d'agrogéologie pratique.

L'objet de ce genre de recherches peut être formulé ainsi :

« Déterminer, sur l'étendue d'un domaine ou d'une région, les rapports qui existent entre la nature géologique du sol et du sous-sol et la production végétale et animale, et en déduire les conclusions capables de favoriser les progrès de la culture et de l'élevage ».

Les moyens de réalisation sont les suivants :

1) Documentation. Recherche et étude des ouvrages relatifs à la géologie générale et surtout à la géologie locale.

2) Lecture et usage des cartes géologiques existantes.

3) Travail préparatoire sur les documents réunis.

4) Travail sur le terrain.

Les résultats de ces recherches doivent être exposés dans un *mémoire explicatif*, dont la disposition et l'importance varieront, suivant les cas, mais qui pourra présenter, en principe, le plan ci-dessous :

1) Description géologique. Stratigraphie. Tectonique.

[1] Ed. GAIN, *Précis de chimie agricole*, J. B. Baillière et Fils, édit., 1918.

[2] Un excellent modèle de ce genre de travail nous est donné par un ouvrage récent, tout à fait remarquable : A. AZAM, *Les limons de la Basse-Normandie*, Delagrave, édit., 1923.

[3] P. WAGUET, *Géologie agricole pratique. Méthode pour l'étude géologique et agronomique d'un domaine ou d'une région*. Et *Géologie agricole du département de l'Oise*,— Editions de l'Institut Agricole de Beauvais.

2) Géographie physique (résultant des conditions géologiques) : orographie, climatologie, hydrographie. Divisions naturelles.

3) Agriculture. Etude de chaque sorte de terre arable correspondant à chacune des principales assises géologiques. Mode d'exploitation pratiqué. Critique et discussion.

4) Industrie (amendements et engrais, matériaux de construction, combustibles, etc.).

5) Conditions économiques générales.

Conclusion : Montrer que tous les facteurs étudiés comme conséquences plus ou moins directes de la constitution géologique ont chacun leur influence sur les caractères physiques et économiques de la région, et jusque sur les conditions sociales, les moeurs et les coutumes des habitants : l'*Homme est un produit du Sol.*

Enfin, le mémoire explicatif sera accompagné de *documents graphiques*, destinés à le compléter et à l'expliquer :

1) Plan topographique.

2) Carte agronomique.

3) Une ou plusieurs coupes géologiques et agronomiques [1].

4) Coupes et croquis de détail.

5) Dessins ou photographies des fossiles caractéristiques de chaque étage, des plantes spontanées recueillies sur les différentes sortes de terres arables, des animaux utiles ou nuisibles à l'agriculture, etc.

6) Documents photographiques se rapportant à la géologie et à l'agriculture.

Il sera en outre intéressant de profiter des recherches effectuées pour constituer une *documentation matérielle* pouvant comprendre :

1) Echantillons des minéraux, des roches et des fossiles de la région.

2) Echantillons des terres arables (sol et sous-sol), avec *registre agronomique*, contenant les chiffres d'analyses fréquemment renouvelées et les résultats des cultures expérimentales.

3) Herbier des plantes spontanées.

4) Collection des animaux utiles et nuisibles (les insectes sont les plus faciles à conserver).

5) Petite bibliothèque, contenant ouvrages et documents (historiques, scientifiques et économiques) relatifs à la région.

* * *

Une étude conduite suivant les méthodes exposées ci-dessus, et accompagnée des documents indiqués, constitue une œuvre de valeur, qui doit être conservée, et surtout complétée et corrigée à l'occasion, et que l'agriculteur aura souvent intérêt et avantage à consulter.

Si des recherches de ce genre étaient consciencieusement effectuées et soigneusement tenues à jour dans les différentes régions, dans les divers « pays » qui constituent comme les cellules naturelles de la France, et qu'elles fussent ensuite centra-

[1] Les principes et les méthodes qui doivent présider à l'établissement des cartes et coupes géologiques et agronomiques constituent l'une des branches les plus importantes, mais la moins étudiée et la plus discutée encore de l'agrogéologie.

lisées, réunies et comparées, on obtiendrait ainsi une œuvre de synthèse d'une valeur immense, qui mettrait notre pays à la tête du monde entier dans cette science, intéressante et utile entre toutes, de l'*Agrogéologie*.

Prof. P. WAGUET, *Beauvais (France)*. — **Origine et formation des terres arables.**

RÉSUMÉ.

Dans ce mémoire, l'auteur expose les *principes de l'application de la science géologique à l'agriculture* ; cette application doit constituer une science spéciale distincte à la fois de la géologie pure et de la chimie agricole.

Dans la première partie sont étudiés les *éléments primitifs du sol*, c'est-à-dire les minéraux les plus communs et leurs mélanges formant les principales roches agricoles, dont dérivent les types essentiels de terres arabes.

Dans la seconde partie sont décrites les *transformations des éléments primitifs du sol*, sous l'influence des actions physiques, mécaniques, chimiques et biologiques et des phénomènes de transport et de sédimentation, jusqu'à la constitution de la terre arable proprement dite.

La troisième partie est une étude de la *valeur culturale des différents sols et sous-sols d'après leur origine géologique*, étude spécialement appliquée au territoire de la France.

Dans la conclusion, l'auteur expose les principes de l'*agrogéologie en tant que science*, et montre pourquoi l'on doit considérer « la terre arable comme un véritable objet d'étude géologique », ce que ne font en général ni les géologues, ni les chimistes. Il termine en proposant une méthode de *géologie agricole pratique*, capable d'être comprise et utilisée par la grande masse des agriculteurs, tout en reposant sur les principes les plus scientifiques, méthode qu'il a essayé d'appliquer dans deux ouvrages antérieurement parus.

Prof. P. WAGUET, *Beauvais (France)*. — **Origin and Formation of Arable Land**

ABSTRACT.

The author explains the principles of the application of the science of geology to agriculture ; this should form a special science distinct both from pure geology and agricultural chemistry.

In the first part of the article are studied the primitive constituents of the soil, that is, the most common minerals and their compounds which form the chief agricultural rocks, from which are derived the essentials of arable soils.

In the second part are described the changes which take place in the primitive constituents of the soil, under the influence of physical, mechanical, chemical and biological actions, and the phenomena of transportation and sedimentation, up to the time of the formation of arable soil, properly so-called.

The third section deals with the agricultural value of different soils and subsoils, according to their geological origin, with special reference to the soils of France.

In conclusion, the author explains the principles of agro-geology as a science, and shows why arable land should be considered as a proper subject for geological study, which so far has not been done by geologists or chemists. He concludes by proposing a system of practical agricultural geology suitable for the use of agriculturists in general, based on the most scientific principles, a method the application of which the author has tested in two former publications.

Prof. Dr. E. RAMANN,
München, Deutschland.

ADSORPTION UND BASENAUSTAUSCH. ÜBERSICHT.

Die wasserhaltigen Doppelsilikate von Aluminium und alkalischen Basen des Bodens stimmen in ihren Eigenschaften mit den künstlich hergestellten Permutiten überein. Unsere umfassenden Untersuchungen führen zu folgenden Schlussfolgerungen :

1) *Neutralsalze* bewirken nur *Basenaustausch* ; — 2) *Hydroxyde* und *alkalisch reagierende Salze* ergeben *Basenaustausch* und *Adsorption* — 3) *Säuren* und *sauer reagierende Salze* führen sowohl zur *Zersetzung der Silikate* als auch zum *Austausch* zwischen den *Kationen der Silikate* und dem *Wasserstoff der Säure*, d. h. zur *Bildung saurer Boden*.

I. — HYDROXYDE UND ALKALISCHE SALZE.

Die Adsorption wurde an sehr feinkörnigem Quarz (0.001 mm. Radius) gemessen. Für die Adsorption gelten folgende Regeln :

a) zweiwertige Metalle (Ca, Ba) werden als Hydroxyde (in Aequivalenten) etwa doppelt so stark adsorbiert, als einwertige (K, Na). Karbonate werden etwa halb so stark adsorbiert als die entsprechenden Hydroxyde.

Auf Gewichtsmengen bezogen wird von $Ca(OH)_2$ rund zweimal soviel als von KHO und 2.4 mal soviel als von NaHO adsorbiert. Aus 0.00224 n Lösungen bindet durch Adsorption I ha sehr feinkörniger Quarzsandboden in einer Schicht von 20 cm Mächtigkeit und Volumengewicht des Bodens = 1.5 ;

$Ca(OH)_2$ = 32 Doppelzentner ; KOH = 19 D.Z. ; Na OH = 13 D.Z. Ammonstickstoff = 2 D.Z. $Mg\,CO_3$ = 21 D.Z. K_2CO_3 = 13 D.Z. $Na_2\,CO_3$ = 8 D.Z.

Ein Quarzsandboden, in dem in der Bodenlösung freie Hydroxyde auftreten, hat daher durch den Unterschied der Adsorption bei äquivalenten Mengen bei Anwesenheit von KOH eine 2,5 mal höhere, bei NaOH eine 2,6 mal höhere Alkalität. Auf Gewicht bezogen ist bei KOH die Alkalität eine 1.7 mal höhere, bei NaOH eine 2.4 mal höhere als bei $Ca(OH)_2$.

b) die adsorbierten Hydroxyde gehen allmählich in chemische Bindung über.

c) *Basenaustausch. Hydroxyde tauschen äquivalent aus*, zugleich wird von ihnen eine beträchtliche Menge adsorptiv oder chemisch gebunden. Von $Ca(OH)_2$

werden annähernd gleiche Mengen ausgetauscht und adsorbiert. Aus KOH und NaOH erfolgt Austausch und wird von etwa KOH 1 %, von NaOH 1 % der Bodenmenge adsorbiert. $NH\,OH_4$ und NH_3 tauschen aus bei schwacher Adsorption von $NH_4\,OH$; NH_3 wird aus den Lösungen nicht merklich aufgenommen.

II. — Neutralsalze

bewirken äquivalent Basenaustausch ; in welchem Umfange der Austausch der Kationen gegeneinander stattfindet, ist von der Ionenkonzentration und von der Hydratation der Ionen abhängig, es ergibt sich folgende Reihe, die mit der lyotropen Reihe der Kolloidchemie annähernd übereinstimmt.

$$Mg < Li < Ca < Na < Ba < NH_4 < K \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (H)$$

H ist wahrscheinlich an das Ende der Reihe zu stellen.

Als Regel kann gelten, dass ein Kation umso schwieriger und unvollständiger gegen ein anderes ausgetaucht wird, je *leichter es eintritt.*

Saure Karbonate verhalten sich wie Neutralsalze:

III. — Säuren und saure Salze.

Starke Säuren, bezw. höhere Wasserstoffkonzentrationen, zersetzen die wirksamen Silikate.

Freie Kohlensäure (wesentlich $H + HCO_3$) zersetzt schwach, tauscht aber Basen gegen Wasserstoff aus ; d. h. führt zur Bildung von mineralsauren Böden.

Die Wirkung der Kohlensäure kann man im Boden unbedenklich als konstant annehmen. Nur in den obersten Bodenschichten mit sehr kleinem Gehalt an CO_2 in der Bodenluft, treten Unterschiede auf, bei höherem CO_2 Druck (selbst bis zu 30-50 Atm.) steigt die Wasserstoffionenkonzentration nur wenig. Der Angriff der Kohlensäure auf basenreiche Silikate erfolgt zunächst rasch, nimmt dann allmählich ab und wird bei fortschreitender Entbasung der Silikate endlich sehr klein.

Austausch in Silikaten gebundenen Wasserstoffes gegen andere Kationen.

Wasserstoff tauscht schwierig gegen andere Kationen der Böden aus. Ein entbaster Permutit wurde 26 mal mit $\frac{n}{1}$ Chlorkaliumlösung je eine Stunde geschüttelt ; im ganzen wurden nur 2 % des aus analytischen Daten errechneten Wasserstoffgehaltes des Permutits gegen Kalium ausgetauscht. Die Säurebestimmung nach Daikuhara gibt also nur einen Bruchteil des im Boden vorhandenen basischen Wasserstoffes an.

Der Austausch des Wasserstoffes mit Hydroxyden ist vollständig. Entbaste Permutite geben mit Ammoniak vollen Austausch des errechneten basischen Wasserstoffes. Zweiwertige Hydroxyde ($CaOH_2$) tauschen völlig aus, werden jedoch gleichzeitig stark adsorbiert. Bestimmungen mit diesen Basen (Veitsmethode) geben rund den doppelten Wert des wirklichen Säuregrades des Bodens.

IV. — Pufferwirkungen.

Unsere Untersuchungen beziehen sich auf Mineralböden und die Beeinflussungen der auftretenden Umsetzungen durch in den Lösungen vorhandene Ionengemische.

Starke Pufferwirkungen üben die *sauren Karbonate*, welche die Wirksamkeit der freien Kohlensäure stark herabsetzen ; so beträgt der Angriff bei Atmosphärendruck mit CO_2 und saurem Kalkkarbonat gesättigten Wassers nur etwa $^1/_5{}^{00}$ der freien Kohlensäure. Gehalte von $^1/_{100}$ n an Bikarbonaten vermindern den Kohlensäureangriff schon sehr beträchtlich. Gegenwart von Neutralsalzen beeinflusst die Kohlensäurewirkung im Boden nur unerheblich.

Starke Pufferwirkungen üben mehrere lösliche Hydroxyde aufeinander aus : in $^1/_{10}$ n Natronlauge ist Calziumhydroxyd bereits praktisch unlöslich.

V. — Sättigungsgrad der Böden.

Hissink bezeichnet als Mass der Sättigung eines Bodens die Differenz zwischen den vorhandenen und den überhaupt aufnehmbaren Basen. Der Sättigungsgrad fällt für reine Mineralböden mit dem Grade ihrer Entbasung zusammen.

VI. — Aufnehmbarkeit der austauschbaren Basen für die Pflanzen.

Eine Anzahl Sandkulturversuche hat ergeben, dass die Pflanzen nur in Lösung befindliche oder durch Austausch löslich werdende Basen aufzunehmen vermögen. Nicht austauschende Silikate sind für die Pflanzenwurzel praktisch unzugänglich. Austauschende Silikate können bei Gegenwart löslicher Salze den Bedarf der Pflanzen an Basen decken ; fehlen im Boden gelöste Salze, so sind die Pflanzenwurzeln, wenn überhaupt (da CO_2 aus Luft- und Wurzelatmung nicht ausgeschlossen werden konnte), nur unvollkommen im Stande, ihren Nährstoffbedarf zu decken.

Kalk- und Mergeldüngung.

Düngung mit Ätzkalk bewirkt ausser den physikalischen Änderungen des Bodenzustandes starke chemische Einwirkungen auf den Boden.

1) Ein beträchtlicher Teil des Kalziumhydroxydes wird von der Oberfläche des Bodens adsorbiert.

2) Durch Austausch mit K= oder Na=haltigen Silikaten bildet sich freies Ätzkali oder Ätznatron. Die Adsorbierbarkeit dieser Basen ist viel geringer (I) als die des Kalziumhydroxydes ; hierdurch wird die in der *Bodenlösung auftretende Alkalität bedeutend erhöht* ; gleichzeitig wird durch Pufferwirkung (IV) die Menge des gelösten Kalkhydrates vermindert und nehmen damit auch seine physikalischen Wirkungen auf den Boden ab. Die aufschliessende Wirkung des Ätzkalkes auf vorhandene Bodensilikate bedarf noch weiterer Bearbeitung. Einige Vorversuche lassen sie beträchtlich erscheinen.

Prof. Dr. E. Ramann, *Munich (Allemagne).* — **Adsorption et échange des bases.**

Résumé.

Les silicates doubles d'alumine et de bases alcalines (contenant de l'eau) correspondent, en ce qui concerne leurs propriétés, aux permutites artificielles. Les recherches, personnelles de l'A. conduisent aux conclusions suivantes :

1) Les sels neutres provoquent seulement l échange des bases ; 2) les hydroxydes et les sels à réaction alcaline donnent l'échange des bases et de l'adsorption ;

3) les acides et les sels à réaction acide conduisent à la décomposition des silicates, ainsi qu'à l'échange des cations des silicates avec l'hydrogène de l'acide, c'est-à-dire la formation de sols acides.

I. *Hydroxdyes et sels alcalins.*

L'adsorption est mesurée sur du quartz à très petits grains (0,001 mm de rayon).

Pour l'adsorption les règles suivantes sont applicables :

a) les métaux bivalents (Ca, Ba) comme hydroxydes (en équivalences) sont adsorbés environ deux fois aussi fortement que ceux monovalents (K, Na). Les carbonates sont adsorbés avec une force équivalant à peu près à la moitié de la force d'adsorption des hydroxydes correspondants. Pour ce qui a rapport aux quantités en poids, l'hydrate de calcium est absorbé, en chiffres ronds, environ deux fois autant que KHO et 2,4 fois autant que NaHO.

1 ha. de sable de quartz très fin en une couche de 20 cm. d'épaisseur et un poids de volume 1,5, fixe par adsorption les quantités suivantes d'une solution 0,00224 n:

$Ca(OH)_2$ = 32 double quintaux métriques; ... KOH = 19 double q. m.; NaOH = 13 double q. m.; ammoniaque : 2 double q. m.; $Mg\ Co_3$ = 21 double q. m.; $K_2\ Co_3$ = 13 double q. m.; $Na_2\ Co_3$ = 8 double q. m.

Un sol de sable quartzeux, dans la solution duquel se trouvent des oxydes libres a, par la différence d'adsorption, une alcalinité plus élevée de 2,5 dans le cas de la présence de KOH et 2,6 dans le cas de NaOH.

Rapportée au poids l'alcalinité est pour KOH 1,7 plus élevée et pour Na OH 2,4 fois plus élevée que pour $Ca(OH_2)$.

b) Les hydroxydes adsorbés se changent successivement en combinaisons chimiques.

c) Échange des bases. Les hydroxydes s'échangent par équivalences, en même temps qu'une grande quantité est absorbée ou combinée chimiquement.

Des quantités approximativement égales de $Ca(OH)_2$ sont échangées et adsorbées. L'échang à lieu entre KOH et NaOH et de KOH il est adsorbé environ 1 % et de NaOH 1 % de la quantité de sol. NH_4OH_3 et NH_3 s'échangent avec une plus faible adsorption de NH_4OH; NH_3 n'est pas notablement enlevé de ses solutions.

II. *Sels neutres.*

Il provoquent un échange de bases équivalent, et l'extension de l'échange des cations l'un avec l'autre dépend de la concentration et de l'hydratation des ions. On a la série suivante qui approximativement correspond à la série des lyotropes de la chimie colloïdale.

$$Mg < Li < Ca < Na < Ba < NH_4 < K \ldots . \quad (H).$$

H est vraisemblablement à placer à la fin de la série. Comme règle on peut retenir qu'un cation s'échange d'autant plus difficilement et plus incomplètement avec un autre qu'il entre plus facilement dans la série.

Les carbonates acides se comportent comme les sels neutres.

III. *Acides et sels acides.*

Les acides forts, c'est-à-dire à haute concentration d'hydrogène, décomposent les silicates actifs. L'acide carbonique libre (principalement $H + H\ CO_3$) décompose faiblement, et échange cependant les bases contre l'hydrogène, c'est-à-dire il conduit à la formation de sols à acidité minérale. L'action de l'acide carbonique peut assurément être considérée comme constante dans le sol. Ce n'est que dans les couches plus supérieures du sol avec une très faible teneur en CO_2 dans l'air du sol qu'il se produit des différences; aux très hautes pressions en CO_2 (même jusque 30-50 atm.) la concentration en ions hydrogène s'élève seulement faiblement. L'action de l'acide carbonique sur les silicates riches en bases se produit d'abord rapidement, diminue ensuite peu à peu et est, par la progressive débasification du silicate, à la fin très petite.

Échange de l'hydrogène contre d'autres cations. L'hydrogène s'échange difficilement avec les autres cations du sol. Une permutite basique fut agitée 26 fois avec une solution de chlorure de potassium et chaque fois pendant une heure : en tout il y eut seulement 20 % de la teneur en hydrogène de la permutite échangée contre la potasse ainsi qu'il résulte des données analytiques. Le dosage aux acides d'après DAIKUHARA donne aussi seulement une fraction de l'hydrogène contenu dans les sols contenant des bases. L'échange de l'hydrogène avec les hydroxydes est complet. Les permutites basiques donnent avec l'ammoniaque un échange complet de l'hydrogène basique calculé. Les hydroxydes bivalents $Ca(OH)_2$ et $Ba(OH)_2$ s'échangent complètement, et sont d'ailleurs en même temps fortement adsorbés. Les déterminations à l'aide de ces bases (méthode de VEIT) donnent environ une valeur double du degré d'acidité réelle du sol.

IV. *Action-tampon.*

Nos recherches se rapportent aux sols minéraux et aux influences des transformations qui ont lieu par les mélanges qui se trouvent dans les solutions. Les carbonates acides exercent une fort action-tampon qui diminue fortement l'efficacité de l'acide carbonique libre: l'attaque de la pression atmosphérique avec le CO_2 et les carbonates de chaux acides saturés d'eau, libère seulement environ $^1/_{100}$ de l'acide carbonique libre. Une teneur de $^1/_{500}$ en bicarbonate diminue l'attaque de l'acide carbonique déjà très considérablement. La présence de sel neutre n'influence l'action de l'acide carbonique dans le sol que faiblement.

Plusieurs hydroxydes solubles exercent des actions tampons puissantes, réciproquement l'un vis-à-vis de l'autre; l'hydroxyde de calcium est déjà pratiquement insoluble dans l'hydroxyde de calcium.

V. *Degré de saturation du sol.*

HISSINK indique comme mesure de la saturation d'un sol la différence entre les bases présentes et les bases qui principalement peuvent-être prises dans la combinaison. La saturation diminue pour les sols minéraux purs avec le degré de débasification

VI. *Adsorbabilité pour les plantes, des bases échangeables.*

Un nombre de recherches culturales faites sur du sable ont prouvé que les plantes ne sont capables de prendre que les bases qui se trouvent en solution ou celles rendues solubles par échanges. Les silicates non échangeables sont pratiquement insuffisants pour les racines des plantes. Les silicates échangeables peuvent par la présence de sels plus solubles couvrir les besoins des plantes en bases ; si les sels dissous manquent dans le sol alors les racines des plantes sont (parce qu'on ne peut éviter la production de CO_2 par la respiration des racines) presqu'incomplètement en état de pouvoir couvrir leurs besoins en bases.

Fumure de chaux ou de marne.

La fumure de chaux vive produit, outre des modifications physiques de l'état du sol, des modifications chimiques très fortes sur le sol.

1) Une partie importante de l'hydroxyde de calcium est absorbée par la partie superficielle du sol.

2) Par échange avec des silicates contenant K ou Na, il se forme à l'état libre soit de la potasse caustique, soit de la soude caustique.

L'adsorbabilité de ces bases est bien moindre que celle de l'hydroxyde de potassium ; de cette façon l'alcalinité visible augmente considérablement dans les solutions de sol ; simultanément la quantité d'hydrate de chaux dissoute par l'action tampon est diminuée et par là ses actions physiques sont également diminuées. L'action croissante de la chaux vive sur les silicates présents dans le sol exige encore une étude plus approfondie ainsi que l'ont déjà montré clairement des recherches préliminaires.

Prof. Dr. E. RAMANN, *Munich (Germany)*. — **Adsorption and Interchange of Bases.**

ABSTRACT.

The water-holding double-silicates of aluminium and the alkaline bases of the soil agree in their properties with the chemically produced permutites. Exhaustive researches have led us to the following conclusions.

1) Neutral salts only produce interchange of bases. — 2) Hydroxides and salts with alkaline reaction cause interchange of bases and adsorption — 3) Acids and salts with acid reaction cause the breaking up of the silicates and also an interchange between the cations of the silicates and the hydrogen of the acids e. g. cause the formation of acid soils.

I. *Hydroxydes and Alkaline salts.*

Very fine-grained quartz (0.001 mm radius) was used for estimating the adsorption. Adsorption was governed by the following rules :

a) Bi-valent metals (Ca, Ba) are adsorbed, in the form of equivalent hydroxides twice as readily as univalent metals (K, Na). Carbonates are adsorbed about half as rea dilyas the corresponding hydroxides. Reckoning by weight, the amount of $Ca(OH_2)$ adsorbed is about double the K HO adsorbed and about 2.4 as much as the Na HO adsorbed.

1 hectare of finely-grained quartz- sand soil in a stratum of 20 cm. thickness and volume weight of soil 1.5, fixes by absorption from 0.00224 *n* solutions :

$Ca(OH)_2$ = 32 Doppelzentner (1 d.z. = 220. 46341 lb.) ; K OH = 19 d.z. ; Na OH = 13 d.z. ; — Ammoniacal nitrogen = 2d.z. ; Mg. CO_3 = 21 d.z. ; K_2CO_3 = 13 d.z. ; Na_2CO_3 = 8 d.z.

Therefore in a quartz-sand soil with free hydroxides in solution, the difference in alkalinity (taking equal amounts of soil) due to adsorption will be 2.5 times greater in the presence of K O H and 2.6 times in the presence of Na OH. Reckoning by weight, the alkalinity of KOH is 1.7 times greater, whilet hat of Na OH 2.4 times greater than the alkalinity of $Ca(OH)_2$

b) The adsorbed hydroxides gradually form chemical combinations.

c) Interchange of bases. Hydroxides interchange equivalently; at the same time, a considerable quantity of them is adsorbed or enters into chemical combinations. Nearly equal amounts of $Ca(OH)_2$ are interchanged and adsorbed. Interchange takes place between K OH and N_aOH, while the amount of KOH and of N_aOH respectively adsorbed is 1 % of the quantity in the soil. NH_4OH and NH_3 are interchanged

when there is a slight adsorption of NH_4OH ; NH_3 is not *taken up* from the solution to any perceptible extent.

II. *Neutral Salts.*

These produce equivalent interchanges of bases. The extent of the interchange of the cations depends on the ion concentration and the hydration of the ions; the following series was obtained which nearly agrees with the liotropic series of colloidal chemistry.

Mg < Li < Ca < Na, Ba < NH_4 < K. . . (H) H should probably be placed at the end of the series. As a rule, the *easier a cation enters*, the greater the difficulty and incompleteness of its interchange with another.

Acid Carbonates behave like neutral salts.

III. *Acids and Acid Salts.*

Strong acids or higher hydrogen concentrations decompose active silicates.

Free carbonic acid (especially H + H CO_3) has little power of decomposition, but causes bases to be interchanged with hydrogen, that is to say, it induces the formation of mineral-acid soils.

The effect of carbon dioxide can certainly be regarded as constant in the soil. Only in the upper layers of soil, where the soil air contains very little CO_2 are there any differences ; where the CO_2 pressure is greater (even up to 30-50 atmospheres), the hydrogen concentration rises but slightly. The action of carbon dioxide upon silicates rich in bases begins quickly, then gradually decreases, and becomes very slight as the silicates progressively lose their bases.

Interchange between the combined hydrogen in silicates and other cations. Hydrogen with difficulty takes the place of other cations of the soil. A permutite from which the bases had been removed was shaken 26 times an hour in a $\frac{a}{1}$ solution of potassium chloride ; altogether only 2 % of the hydrogen present (as found by analysis) in the permutite had been exchanged for potassium. According to DAIKUHARA, only part of the basic hydrogen present in the soil is found by estimating the acidity.

The interchange between hydrogen and hydroxides is complete. In the presence of ammonia, a permutite from which the bases have been removed will entirely take the place of the calculated basic hydrogen. Bi-valent hydroxides ($Ca\ OH_2$; $Ba\ (OH_2)$ completely replace one another, but are yet simultaneously strongly adsorbed. Estimates with these bases (VEIT's method) give the soil acidity as about twice its real value.

IV. *Buffer Effects.*

Our researches were all concerned with mineral soils and the effect of the interchanges taking place as a result of different mixtures of ions in the solutions.

Acid carbonates have a strong buffer action that greatly lowers the effect of the free carbon dioxide, therefore the effect at atmospheric pressure with water saturated with CO_2 and acid calcium carbonate is only about $^1/_{500}$ that of free carbon dioxide. The effect of the carbon dioxide is considerably weakened by $^1/_{100}$ N bicarbonates, the presence of neutral salts has little effect upon the CO^2 action in the soil.

Many soluble hydroxides have a strong buffer effect upon each other : in $^1/_{10}$ N soda lye calcium hydroxide is practically insoluble.

V. *Degree of Soil Saturation.*

HISSINK gives as the measure of the saturation of a soil the difference between the existing bases and the bases that can yet be taken up. In pure mineral soils the degree of saturation falls with the degree to which the bases have been removed.

VI. *Extent to which Plants can take up Interchangeable Bases.*

It has been found from a number of sand cultures that plants are only able to take up bases in solution, or those that become soluble as a result of interchanging. Silicates that cannot replace one another can practically never be absorbed by the plant roots. Interchangeable silicates in the presence of soluble salts can supply the plants' need of bases ; if salt solutions are lacking in the soil, the roots are not able to obtain all the nutritive substances they require (as the CO^2 produced by the respiration of the roots and aerial portions cannot be excluded).

Lime and Marl as manures.

Manuring with quick-lime not only alters the physical condition of the soil, but also produces some great chemical effects upon it.

1) A considerable part of the calcium hydroxide is adsorbed by the surface of the soil.

2) Through interchange with silicates containing K or Na, free caustic potash or caustic soda is formed. The capacity of these bases for being adsorbed is far lower than that of calcium hydroxide ; this considerably increases the *Alkalinity which is manifesting itself in the soil solutions*. At the same time, as a result of buffer action (IV), hte amount of calcium hydrates in solution is decreased and their physica effect upon the soil is thereby lessened. The above-mentioned action of quick-lime upon the soil silicates needs further investigation. Some preliminary researches appear important.

Prof. Dr. G. WIEGNER.

Agrikulturchemisches Laboratorium der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich.

DISPERSITÄT UND BASENAUSTAUSCH.

INHALTSVERZEICHNIS.

1. Einleitung. Der Kationenaustausch als allgemeines Dispersoidproblem.
2. Allgemeine Betrachtungen über Teilchenladung, Teilchenpotential, Stabilität und Koagulation.
   a) Allgemeine Betrachtungen über Teilchenladung und Teilchenpotential.
   b) Stabilität und Koagulation.
   c) Einfluss des Kationenaustausches auf Stabilität und Koagulation.
   d) Einfluss der Kationen im Ultramikron und der Jonen der Elektrolyten auf die Eigenschaften der dispersen Phase.
3. Spezielle Beobachtungen an Tondispersionen.
   a) Die Grösse von Potential und Ladung.
   b) Stabilität, beeinflusst durch die Hydratation der Jonenschalen.
      α) Ultramikroskopische Messungen.
      β) Viskosimetrische Messungen.
      γ) Viskositätsmessungen an Kalium-und Calciumtonen, versetzt mit KCl und $CaCl_2$ von steigender Konzentration.
      δ) Viskositätsmessungen an Kalium-und Calciumtonen, koaguliert mit Salzen verschiedener Kationen.
      ε) Viskositätsmessungen mit entquellenden Tonultramikronen bei höheren Salzkonzentrationen.
      ζ) Viskositätsmessungen an verschieden hydratisierten Tonen (Kalium-, Ammonium-, Natriumtone) mit verschiedenen Elektrolyten versetzt. Einfluss des Kationenaustausches.
   c) Die Koagulation. Einfluss der Hydratation des Koagulators und der Hydratation des Tones.
      α) Sedimentationsversuche mit verschiedenen Koagulatoren und abnehmenden Tonmengen.
      β) Viskositätsmessungen an Kalium-und Calciumtonen, versetzt mit KCl und $CaCl_2$ von steigender Konzentration.
      γ) Viskositätsmessungen an Kalium-und Calciumtonen, koaguliert mit Salzen verschiedener Kationen.
      δ) Viskositätsmessungen mit entquellenden Tonultramikronen bei höheren Salzkonzentrationen.
      ε) Viskositätsmessungen an verschieden hydratisierten Tonen (Kalium-, Ammonium-, Natriumtone) mit verschiedenen Elektrolyten versetzt. Einfluss des Kationenaustausches.
   d) Einfluss der Menge der dispersen Phase auf Kationenaustausch und Koagulation.
      α) Tonkoagulation unter Basenaustausch (makroskopische Sedimentation).
      β) Koagulationen anderer Dispersoide, vor allem von V_2O_5, unter Basenaustausch.

1. — EINLEITUNG. DER KATIONENAUSTAUSCH ALS ALLGEMEINES DISPERSOIDPROBLEM.

Ueber die Natur des Basenaustausches sind verschiedene Ansichten auf Grund von Experimentaluntersuchungen geäussert worden (R. GANS, G. WIEGNER, V. ROTHMUND und G. KORNFELD, E. RAMANN, GÜNTHER SCHULZE etc.). Nachdem lange Zeit hindurch die Gesetze des chemischen Gleichgewichts häufig ohne Berücksichtigung der Heterogenität und Dispersität der Bodenkörper des Systems zur quantitativen Formulierung der Reaktion gebraucht worden sind, wies der Referent auf Grund der Arbeiten vor allem von H. Stremme über die wechselnde Zusammensetzung gemengter Gele schon 1912 darauf hin, dass die Heranziehung dispersoidchemischer Anschauungen beim Studium des Jonenaustausches in den hier zu untersuchenden Systemen von Wichtigkeit werden könnte. Den Ausgangspunkt für diese Anregung lieferten die älteren Anschauungen über die wechselnden Dampfdrucke der amorphen Tone und der Gele überhaupt, ferner die zunächst merkwürdigen Befunde über den Ersatz des Wassers in Tonen und Gelen durch andere chemisch ganz verschiedene Flüssigkeiten (CS_2, C_2H_5OH, Hg), weiterhin die Messungen der wechselnden Zusammensetzung der amorphen Bodenkörper und endlich die Feststellung einer Ultrafilterwirkung in den Tonen und Permutiten. Die Eigentümlichkeiten im Reaktionsverlauf und in der Reaktionsgeschwindigkeit, dazu die merkwürdige Temperaturabhängigkeit verstärkten den Hinweis auf Beachtung der dispersoiden Struktur der Bodenkörper. Die neue Anschauung und die Wichtigkeit der praktischen Bedeutung der Reaktion lösten in der Folgezeit eine ganze Reihe mehr oder weniger theoretische Arbeiten aus, die den quantitativen Reaktionsverlauf des sogenannten Basenaustausches möglichst exakt zu ermitteln und auf Grund solcher Messungen einen bindenden Schluss auf die Dispersität des reagierenden Bodenkörpers zu ziehen versuchten. Damit war erreicht, was dem Referenten besonders günstig erschien, dass die Problemstellung eine dispersoidchemische wurde. Es konnte zunächst der Entwicklung der allgemeinen Dispersoidlehre überlassen werden, wie sie bei ihrem weitern Ausbau auch das spröde Problem des Jonenaustausches an höher- oder gröberdispersen Teilchen je nach dem Tempo ihrer gesamten Entwicklung zur Reife bringen würde. Das Studium des Kationenaustausches ist eine der vielen Aufgaben der Dispersoidchemie, die Austauschreaktion muss sich letzten Endes in die grosse Reihe der Reaktionen einfügen, die vom Dispersitätsgrade der reagierenden Teilchen abhängen. Dass

der Jonenaustausch durch die Dispersität der an der Reaktion beteiligten Stoffe bedingt ist, wurde entweder vorausgestzt oder es wurde darauf geprüft, weit weniger wurde dagegen bisher beachtet, dass der Jonenaustausch seinerseits die Dispersität (Hydratationszustand) und die Dispersitätsänderung (Aufteilung und Koagulation) der austauschenden Komplexe beeinflussen muss.

Nach Ansicht des Referenten ist der Kationenaustausch, den wir im Ton und Permutit vor uns haben, ein Problem, das ziemlich weit über das spezielle Gebiet der Bodenkunde in das der allgemeinen Dispersoidchemie hinausspannt. Der Basenaustausch ist von grundlegender Bedeutung nicht nur für den Kationengehalt im Ton, Permutit und Boden, wofür sich speziell die Bodenkundler interessieren, sondern er ist wahrscheinlich mitbestimmend für die qualitativen und quantitativen Eigenschaften, wie Stabilität, Quellungszustand etc., und für die Eigenschaftsänderungen (Dispergierungen und Flockungen) der meisten dispersen Systeme (kolloider Schwefel, AgCl, As_2S_3, Farbstoffe, Eiweisse) überhaupt.

Referent unternahm seit einigen Jahren gemeinsam mit Herrn Dr. R. GALLAY neue Versuche, die erweisen sollten, welche Bedeutung der Basenaustausch für die Koagulation und für den Hydratations- und den Jmbibitionszustand von Tonultramikronen hat, mit dem Endziele, zu prüfen, wie stark der Jonenaustausch in das Dispersitätsgleichgewicht von Tonen etc. hineingreift und von wie allgemeiner Bedeutung der Kationenaustausch für dispersoidchemische Untersuchungen ist.

Es handelt sich zuerst um Koagulationsversuche von Tonzerteilungen in Wasser, die einen Basenaustausch mit dem Koagulator zeigen müssen. Es seien die allgemeinen Bemerkungen vorausgeschickt.

2. — ALLGEMEINE BETRACHTUNGEN ÜBER TEILCHENLADUNG, TEILCHENPOTENTIAL, STABILITÄT UND KOAGULATION.

a) *Allgemeine Betrachtungen über Teilchenladung und Teilchenpotential.*

Ein Teilchen, das im Dispersionsmittel Wasser dispergiert ist, zeigt BROWN'sche Bewegung und elektrische Aufladung. BROWN'sche Bewegung nähert die Teilchen einander, elektr. Ladung stösst sie ab. Ein Teilchen adhaeriert nicht an einem Nachbarteilchen, solange die Energie der elektrischen Abstossung die Energie der Attraktion [1] übertrifft, die sich nach den Versuchen von R. ZSIGMONDY und seinen Mitarbeitern nur auf geringe Entfernungen von der Grössenordnung 2r (falls r der Radius des Teilchens ist) erstreckt (Theorie von SMOLUCHOWSKI). Die Energie der elektrischen Abstossung E in einem Dispersionsmittel mit der Dielektrizitätskonstante D berechnet sich nach dem Gesetz von COULOMB für zwei gleichgrosse Teilchen vom Radius r und der Ladung e im Moment der gegenseitigen Berührung (Entfernung der Kugelmittelpunkte 2r) zu

$$E = \frac{e^2}{D\,4r^2}\,2r = \frac{e^2}{2\,D\,r}\ (Ergs)$$

(1) H. FREUNDLICH macht für das Zusammenballen der Teilchen an Stelle der Attraktion die Wucht der *Brown*'schen Bewegung verantwortlich, eine Theorie, die nach unseren Versuchen für polydisperse Systeme gewisse Schwierigkeiten bietet.

Die Elektrizitätsmenge ist in Form von an der Oberfläche der Ultramikronen mehr oder weniger gleichmässig verteilt festhaftenden Jonen gegeben. Jedes einzelne Jon bringt die Elektrizitätsmenge von einem Elementarquantum, also von $4{,}77 \cdot 10^{-10}$ elektrostatischen Einheiten oder von $1{,}59 \cdot 10^{-20}$ elektromagnetischen Einheiten oder von $1{,}59 \cdot 10^{-19}$ Coulombs mit. Die Jonen, die die Teilchenladung bestimmen, sind entweder durch Dissoziation eines kleinen Bruchteils der Moleküle, die das Ultramikron aufbauen, entstanden, oder sie sind fremde Jonen, die aus der Zahl der Jonen, die als Elektrolyte im Dispersionsmittel enthalten waren, an der Oberfläche des Ultramitrons adsorbiert wurden. Nach H. FREUNDLICH werden die Jonen, die leichter adsorbierbar sind, direkt an der Oberfläche des Ultramikrons festgehalten und bestimmen damit deren Ladungsinn. Nach einer etwas spezielleren Theorie von K. FAJANS und K. von BECKERATH (Zeitschr. für physikalische Chemie 97, 478-502, 1921) werden solche Jonen besonders gut an der Oberfläche von Ultramikronen und an Oberflächen überhaupt adsorbiert, die mit den Atomen der Oberfläche unter der Mitwirkung der gleichen Kräfte, die das Ultramikron zusammenhalten, also der sogenannten Gitterkräfte, dehydratisierte d. h. weniger lösliche Verbindungen bilden können. Es konkurrieren die restlichen Gitterkräfte mit den Lösungskräften des Wassers. Die Gitterkräfte, die bei den Atomen im Innern vollständig abgesättigt sind, sind in der Oberfläche nach aussen noch teilweise ungesättigt und wirken auf Jonen partiell dehydratisierend und attrahierend. Nach dieser Ansicht lädt sich z. B. kolloides Silberchlorid, falls das Dispersionsmittel überschüssiges $AgNO_3$ enthält, positiv, weil die nicht vollgesättigten Oberflächenatome Cl im AgCl- Ultramikron das Ag aus dem Dispersionsmittel anziehen, mit dem sie die teilweise dehydratisierte oder im vollkommen abgesättigten Zustande unlösliche Verbindung AgCl bilden können. Das NO_3- Anion aus dem im Dispersionsmittel gelösten $AgNO_3$ bildet weder mit Ag, noch natürlich mit Cl einen dehydratisierten Komplex. Es wird nicht von den Oberflächenatomen des AgCl-Ultramikrons adsorbiert. Umgekehrt lädt sich ein AgCl-Ultramikron, das in einer NaCl-Lösung dispergiert wird, negativ, weil dann vor allem das Cl-Anion aus der Lösung an die Ag-Atome der AgCl-Oberfläche gebunden wird ; denn mit Cl-Anion ist jetzt die leichtere Dehydratisierung möglich in Form von AgCl, und es ist diesmal nach leicht ersichtlichen Betrachtungen kein Grund für die Dehydratisierung des Na-Kations der Elektrolyt-Lösung NaCl gegeben. Für den Ton wäre zu erwarten, dass beim Abdissoziieren von Jonen aus dem Ultramikron des Tones das hochkomplexe Anion der Kieselsäure oder ev. von Silikaten, das wie alle hochkomplexen Gruppen wenig hydratisiert ist, festgehalten wird durch die ungesättigten Kräfte der Al-Oberflächenatome des Tones, mit denen dehydratisierte Komplexe im Ultramikron bereits bestehen. Dadurch wird der negative Ladungssinn des Tones bestimmt. Die leicht hydratisierenden K, Na oder Ca-Jonen, die mit den Oberflächenatomen und Radikalen des Tones keine dehydratisierten Verbindungen bilden, werden primär nicht fest adsorbiert. Kommt Ton mit fremden Elektrolyten im Dispersionsmittel in Berührung, so werden vor allem die Jonen, die mit den Aluminiumatomen der Oberfläche unlösliche, schwerlösliche oder partiell dehydratisierte Verbindungen liefern, an der Oberfläche festgehalten (z. B. OH-Anionen, Silikatanionen, Humusanionen, Farbstoffanionen etc.), wodurch die negative Ladung des Tones erzeugt oder, wenn vorhanden, erhöht wird.

Die Kieselsäuremoleküle oder ev. die Silikatradikale haben als komplexe Gruppierungen in leicht verständlicher Weise nur kleine Restkräfte nach aussen und wirken nicht direkt an der Oberfläche stark anreichernd auf die Kationen im Dispersionsmittel. Deshalb lädt sich der Ton nicht positiv auf (SVEN ODÉN's Beobachtung). Die Anionen (OH-, resp. Kieselsäure-, resp. Silikat- Anionen) werden durch die ungesättigten Gitterkräfte der Al-Atome der Tonultramikronenoberfläche fester gehalten als die Kationen. Im elektrischen Felde wird das Ultramikron, das durch die Gitterkräfte fest an das Anion gebunden ist, vom Anion mitgezogen und wandert zum positiven Pol, die beweglichen Kationen wandern zum negativen Pol. Es trennt sich bei der Kataphorese das Ultramikron mit der fest an seiner Oberfläche haftenden innern Jonenschicht von der lockern, nur elektrostatisch festgehaltenen, entgegengesetzt geladenen Aussenschicht, indem der Zug an Innen- und Aussenschicht in verschiedener Richtung im elektrischen Felde erfolgt. Es ist etwa ein Vorgang wie beim Abziehen eines Handschuhes von der Hand, wo die Hand mit der festanliegenden Haut vom lockerer aufliegenden Handschuh durch den entgegengesetzten Zug auf Hand und Handschuh getrennt wird.

Jedes Teilchen hat also eine durch bestimmte Kräfte, die von der Natur der Oberfläche abhängen, festgehaltene Innenbelegung, der aus elektrostatischen Gründen eine Schicht von entgegengesetzt geladenen Jonen gegenüberliegen muss. Das z. B. negativ geladene Teilchen wird in seine Umgebung verdichtet einen Schwarm von Kationen anziehen. An und für sich sind die der Innenbelegung entgegengesetzt geladenen Jonen des Dispersions-Mittels frei beweglich; es stehen die Molekularbewegung, die die Jonen gleichmässig verteilt und die elektrostatische Anziehung, die die Kationen in die Nähe der negativen Belegung einzuordnen trachtet, in Konkurrenz. Das Gleichgewicht des äussern Jonenschwarmes wird wahrscheinlich ein dynamisches sein, derart, dass von den freien Jonen der Elektrolyte des Dispersionsmittels solche Jonen längere Zeit in der Nähe des durch das Teilchen erzeugten elektrischen Feldes verweilen, die entgegengesetzt geladen sind. Sie werden umso dichter und jedes einzelne umso länger im mittleren Durchschnitt herangezogen werden, je weniger sie hydratisiert sind und je stärker die auf ihnen konzentrierte Ladung, also ihre Wertigkeit, ist. Die Hydratation der Jonen ist eine Hilfsvorstellung, um die Abweichung der Elektrolytlösungen, die bei höheren Konzentrationen stärkere Wirkungen auf osmotischen Druck etc. ausüben, als ihrer Zahl entspricht, und deren elektrische Beweglichkeit bei den einwertigen Jonen nicht mit der Jonengrösse übereinstimmt, von der klassischen Theorie zu erklären. Man nimmt an, das ein Jon sich mit einem Schwarm oder mit einer Hülle von Wassermolekülen umgibt wobei Schwarm oder Hülle im Allgemeinen umso grösser sind, je kleiner das wahre Jonenvolum ist (Ausnahme: H-Jon). Die Zahl der mit dem Jon in Wechselwirkung tretenden Wassermoleküle, also der Grad der Hydratation, wird mit der Konzentration der Jonen geringer. Es ist sehr schwer, genau quantitative Beziehungen zu geben, die ausserdem mit der Konzentration sehr variabel wären. Nach den Messungen von RIESENFELD und REINHOLD (*Zeitschr. für physikalische Chemie*, 66, 672, 1919) und nach den Ermittlungen von BRAGG bestehen folgende Zusammenhänge für Jondurchmesser und Hydratation (Mol H_2O auf Mol Jon) für uneudliche Verdünnungen. (sich Tab. I, Seite 395).

Es handelt sich danach um recht starke gegenseitige Beeinflussungen. Aehnliche Verhältnisse liegen bei den 2-wertigen Jonen vor. Wasserstoff bildet eine Ausnahme, er ist besonders schwach hydratisiert. Das Wasserstoffjon hat wahrscheinlich die Formel (H_3O), indem Wasser $(H_2O)_2$ in (H_3O) als Kation und (OH) als Anion dissoziiert. In neuester Zeit vertreten BORN und P. DEBYE die Ansicht, dass die Hydratationswirkungen nur indirekte seien, indem die wechselnde Polarisierbarkeit der Jonen die primäre Ursache für die Abweichungen sei. Die Beeinflussung des Wassers geschähe nur sekundär. Falls diese Theorien die Ableitung noch besserer quantitativer Gesetzmässigkeiten gestatten, käme ihnen auch für das Problem der Koagulation und des Basenaustausches eine sehr grosse Bedeutung zu. Es gehört also nach unserer Anschauung zu jedem Teilchen eine stabilisierende, am Teilchen festhaftende Innenschicht, die umgeben ist von einem äusseren entgegengesetzt geladenen mehr oder weniger dichten, beweglichen Jonenschwarm. Die äussere Schicht ist merkbar dicn (GOUY), sie steht im dynamischen Gleichgewicht mit den elektrischek Kräften der adsorbierten Hautbelegung des Teilchens einerseits und mit den Jonen des Dispersionsmittels anderseits, etwa wie folgende Skizzen veranschaulichen (siche Fig. 97 und Fig. 98):

Der Aussenschwarm stellt sich auf jede Aenderung der Jonenkonzentration des Dispersionsmittels sofort ein.

TABELLE I.

	Li	Na	NH_4	K	Rb	Cs
Durchmesser des Jons nach Bragg in 10^{-7} mm (Angström-Einheiten)	3.00	3.55	—	4.15	4.50	4.75
Hydratationszahlen	120	66	16	17	14	13

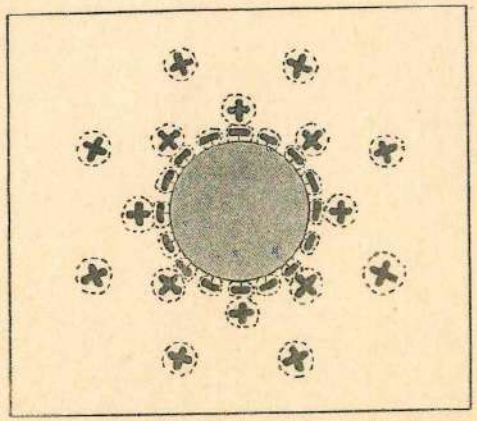

FIG. 97.

Teilchen durch Abdissoziation geladen (Auch hier wären vielleicht noch H-und OH-Jonen des Wassers zu markieren).

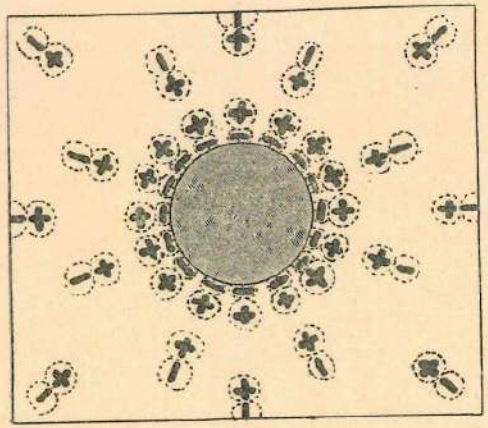

FIG. 98.

Teilchen im Dispersionsmittel mit Elektrolyt.

Wir könnten uns nun die Innenbelegung und den Aussenschwarm jeweils in einer elektrischen Schwerpunktskugel vereinigt denken, die die gleiche Zahl Jonen umfasst, und wir würden erwarten, dass die gedachte Aussenkugel umso dichter an die Innenkugel herantreten muss, je weniger hydratisiert die Jonen des Aussenschwarmes oder je stärker geladen sie sind. Wir hätten dann die elektrostatische Vorstellung der HELMHOLTZ'schen Schicht, die in unserem Falle allerdings physikalisch vom merkbarer Dicke ist. Nun ist, falls das Teilchen gegenüber den Jonen gross ist, folgende Kondensatorbetrachtung angänging:

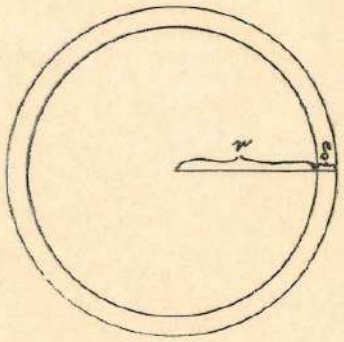

FIG. 99

Der Radius der festhaftenden Innenbelegung sei r, der der Schwerpunktskugel des äussern Jonenschwarmes (r + δ), die Anzahl der gleichmässig verteilten, festhaftenden Innenionen und der acquivalenten Aussenionen n, das Elementarquantum ε, die Dielektrizitätskonstante des Dispersionsmittels D. Dann ist nach der Kondensatortheorie das Potential V der Innenbelegung:

$$V = \frac{(n\,\varepsilon)}{Dr} - \frac{n\,\varepsilon}{D\,(r+\delta)}$$

$$V = \frac{n\,.\,\varepsilon\,.\,r + n\,.\,\varepsilon\,.\,\delta - n\,.\,\varepsilon\,.\,r}{D\,.\,r\,.\,(r+\delta)} = \frac{n\,.\,\varepsilon\,.\,\delta}{D\,(r^2 + \delta\,.\,r)}$$

Falls der Abstand der Schichten klein ist gegenüber r, wird die Formel zu:

$$V = \frac{n\,.\,\varepsilon\,.\,\delta}{D\,.\,r^2}$$

Das Potential ist umso grösser, je grösser die Ladung der Kugel, je grösser der Abstand von Innenbelegung und Schwerpunktskugel des äusseren Schwarmes, je kleiner die Kugel und je kleiner die Dielelektrizitätskonstante des Dispersionsmittels ist. Im allgemeinen ist das Potential eines Kolloidteilchens in der Grössenordnung ziemlich konstant zwischen 16 und 58 Millivolt (H. FREUNDLICH, *Kapillarchemie*, 2. Auflage, S. 349, 1922).

Das bedeutet also, dass die Anzahl Jonen auf der Flächeneinheit der Oberfläche des Ultramikrons nicht stark wechselt und dass auch die Dicke des äussern Schwarmes nicht stark verschieden ist, Natürlich werden bei feineren Beobachtungen gerade die Aenderungen wichtig sein.

b) *Stabilität und Koagulation.*

Von der Grösse des Potentials hängt die Koagulation eines Teilchens ab, wie FRANK POWIS zeigte. Meistens ist ein kritisches Potential vorhanden, z. B. bei Oelteilchen 40 Millivolt, unterhalb dieser Grösse koagulieren die Teilchen. Das kritische Potential schwankt etwas, je nach der Natur und Wertigkeit der Kationen, was offenbar mit der Dicke und der Veränderung der Natur des Jonenschwarmes und damit auch mit der Jonenhydratation zusammenhängt, was schon H. FREUNDLICH (*Kapillarchemie*, 2. Auflage, S. 574, 1922) bemerkte.

Jedes Teilchen hat also eine festhaftende Innenbelegung und einen darum verdichteten Schwarm von entgegengesetzt geladenen, sonst frei beweglichen Jonen. Die Jonen der Innenbelegung laden das Teilchen auf und bilden mit dem zugehörigen äussern Jonenschwarm zusammen die Jonen des Stabilisators. Je nach der Natur der Jonen des äussern Schwarmes wird ohne Elektrolytzusatz bei gleicher Innenbelegung das Potential des Teilchens verschieden sein, indem der äussere Jonenschwarm mehr oder weniger weit von der Innenbelegung entfernt ist. Erhöhte Elektrolytkonzentration im Dispersionsmittel drückt die Konzentration der Aussenschicht herauf, sodass der Aussenschwarm dichter, das Potential geringer wird. Mit veränderter Hydratation der Jonen des äussern Schwarmes, ganz abgesehen von der Innenbelegung, die als gleich angenommen wird [1], wird der Schwarm ebenfalls dichter oder weniger dicht sein, und damit wird sein Schwerpunkt mehr oder weniger von der Innenbelegung entfernt sein. Der Wert δ der obigen Formel wird verschieden. Das Potential des Teilchens und seine Stabilität sind mit der Hydratation der Aussenionen verschieden. Ein sog. Lithiumton, der stark hydratisierte Li- Kationen im äussern lockern Jonenschwarm enthält, muss ein höheres Potential und damit eine grössere Stabilität haben, als ein Caesiumton, der wenig hydratisiertes Caesium im dichteren Jonenschwarm aufweist. Die Stabilität einer Reihe von Tonen und von Dispersoiden überhaupt wird also in der folgenden Reihe von links nach rechts zunehmen:

→ zunehmende Stabilität

H-Ton, Cs-Ton, Rb-Ton, K-Ton, Na-Ton, Li-Ton,

entsprechend: Ba-Ton, Sr-Ton, Ca-Ton, Mg-Ton.

c) *Einfluss des Kationenaustausches auf Stabilität und Koagulation.*

Ebenso wird beim Zusatz eines Elektrolyten zum Dispersionsmittel, in dem der Ton aufgeteilt ist, sofort eine Neuordnung der Jonen, vor allem des äusseren, leicht zugänglichen Schwarmes eintreten. Das wenig hydratisierte Caesiumion wird stark in einen aufgelockerten Lithiumionenschwarm eintreten (es wird darin fester gehalten) und den Schwerpunkt des Schwarmes näher an die Innenbelegung schieben. Der Wert für δ in der Potentialformel wird dadurch stark verkleinert, der kritische Wert ev. unterschritten. Anderseits wird das hydratisierte Lithiumion, einem Cae-

[1] Natürlich kann die Erniedrigung des Potentials auch durch Entladung der Innenionen geschehen, was besonders wirksam ist. Dies geschieht, wenn die zugesetzten Kationen mit den Anionen der Innenbelegung unlösliche Salze bilden.

siumton zugesetzt, nicht so stark ändernd in den Aussenschwarm eintreten können, bei seiner stärkeren Hydratation wird es grösserer Mengen bedürfen, ehe das kritische Potential des Tonteilchens unterschritten wird. Die reinen, lediglich durch Konzentrationsverschiebungen bedingten Elektrolytwirkungen, unbeeinflusst von Aenderungen der Zusammensetzung des Jonenschwarms, werden nur auftreten, wenn mit dem gleichen Jon koaguliert wird, das die Aussenschicht des Stabilisators bildet, oder wenn überhaupt wenig Stabilisator vorhanden ist, wie bei sog. hydrophoben Kolloiden. Ein Lithiumdispersoid wird nur mit Lithiumchlorid in reiner Konzentrationsabhängigkeit koaguliert, beim Zusatz aller andern Chloride wird sich im Aussenschwarm um das disperse Teilchen das Gleichgewicht neu einstellen müssen, welches das Potential des Teilchens bestimmt. Und zwar wird Lithium in der Aussenschicht umso stärker schwächend auf die Koagulationswirkung der andern, an sich stärker koagulierenden (weil weniger hydratisierten) Jonen wirken, je reichlicher es vorhanden, also je mehr disperse Phase im System enthalten ist und je höher die Stabilisatorkonzentration des Lithiumsalzes war. Hohe Konzentrationen an disperser Phase und an Stabilisatoren sind charakteristiesh für sog. lyophile Systeme. Bei lyophilen Systemen wird der modifizierende Einfluss des Basenaustausches auf die Koagulation am stärksten merkbar sein. Ein Lithiumdispersoid wird durch Elektrolyte zunehmend in der Reihenfolge der abnehmenden Hydratation NaCl, KCl, NH_4Cl, RbCl, CsCl, HCl geflockt, die ihrerseits durch das im äussern Schwarm haftende Li in ihrer Wirkung etwas vermindert werden. Da H-Jon am wenigsten hydratisiert ist, verdrängt es das Li am stärksten aus dem Schwarm und bringt stark seine eigene Wirkung, wenn auch abgeschwächt gegendüber der unbeeinflussten Wirkung, zur Geltung.

Das Caesiumdispersoid wird durch LiCl, NaCl, KCl etc in diesen Reihenfolge zunehmend ausgeflockt, allerdings wird es, da es selber wenig hydratisiertes Cs-Jon im dichten Jonenschwarm enthält, sich nicht so leicht verdrängen lassen, und es wird die reine Wirkung der genannten Jonen zunehmend vom Rb über K, Na nach Li verstärken. Der Jonenaustausch wird also alle Koagulationen beeinflussen, und zwar schwächend oder stärkend, je nach der Stellung der Jonen in der Hydratationsreihe. Anderseits wird die Natur des Jons im äussern Jonenschwarm überhaupt die Stabilität eines kolloiden Systems mitbedingen. Befindet sich bei gleicher negativer Innenbelegung im äussern Jonenschwarm Wasserstoff oder ein wenig hydratisiertes Jon, so ist der Schwarm dicht, das Potential des Teilchens und damit die Stabilität sind gering, die Beeinflussung durch verdrängende andere Jonen, deren Wirkung verstärkt wird, ist schwach. Das Teilchen gewinnt mehr elektrokratischen oder hydrophoben Charakter (Schwefel nach SELMI, saure Farbstoffe, Eiweissäuren, ungesättigter Ton). Jst der äussere Ionenschwarm ceteris paribus aus stark hydratisierten Jonen locker gebildet, so ist das Potential hoch, das Teilchen erscheint stabil, die Beeinflussung durch andere Jonen, deren Wirkung geschwächt wird, ist gross, bei gleicher Wertigkeit haben wir grosse Unterschiede der fällenden Jonen. Das Teilchen gewinnt mehr unelektrokratischen oder hydrophilen Charakter (Schwefel nach RAFFO, Farbstoffsalze, Tone, Eiweissalze).

Je stärker ein Jon der beweglichen Aussenschicht hydratisiert ist, umso weniger fest ist es elektrostatisch attrahiert, da es nur auf weitere Entfernung, bedingt oder mitbedingt durch die Hydrathülle, an die negative Innenbelegung herantreten

kann. Je kleiner die Entfernung δ in der HELMHOLTZ' schen Schicht ist, umso stärker ist ihre Kapazität, umso fester haften die Teilchen. Beim Basenaustausch bestätigten die Untersuchungen von E. RAMANN und seinen Mitarbeitern und von ROTHMUND und KORNFELD, dass die Kationen in der Reihe Cs, K, Li immer weniger fest gebunden sind. Es gehen hier also die Haftintensität an der Oberfläche, die Dehydration eines Jons und die koagulierende Wirkung einander parallel. Dasselbe gilt in der Reihe der 2-wertigen Jonen, die in der Folge Ba, Sr, Ca, Mg immer weniger fest beim Basenaustausch haften. Jnteressant ist die Betrachtung des Verhaltens beim Uebergang vom etwa gleich hydratisierten 1-wertigen zum 2-wertigen Jon, vielleicht vom Na zum Ca. Wir wissen, dass die koagulierende Wirkung des 2-wertigen Jons weit stärker ist, als die des 1-wertigen, dass aber das 1-wertige beim Basenaustauch fester am Teilchen haftet. Man hat bisher nicht auf diese scheinbare Anomalie geachtet, wie man ja überhaupt wenig auf die Wechselwirkung von Hydration und elektrischem Verhalten eingetreten ist. Die Erklärung liegt bei unseren Vorstellungen nahe. Solange in der Jnnenbelegung 1-wertige Jonen, z. B. OH-Jonen beim Ton, die elektrische Aufladung verursachen, wird der Jonenschwarm der Aussenschicht in Form von 2-wertigen Jonen dicht an die Jnnenschicht radial herangezogen; damit wird die Erniedrigung des Potentials stark, der kritische Punkt wird bald unterschritten. Aber die Entfernung der positiven Jonen von den negativen bleibt bei 2-wertigen Jonen tangential gross. Ein aufladendes, festhaftendes Jnnenion kommt auf eine Fläche von etwa $25\mu^2$.

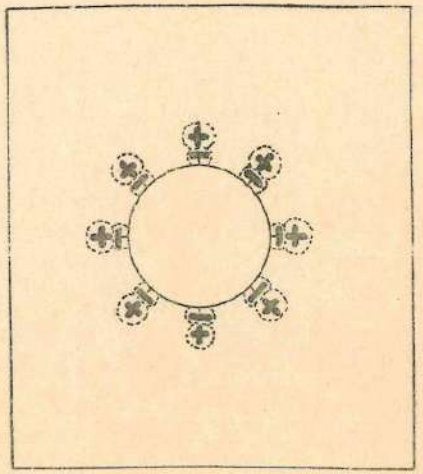

FIG. 100.

1. Einwertige Kationen am Ton.

Die Jnnenionen sind also mindestens 5 μ voneinander entfernt. 1-wertige Kationen können dicht an die einzelnen Anionen herantreten, 2-wertige werden entweder nur teilweise abgesättigt und behalten damit einen abstossenden Druck aus dem positiven elektrischen Felde heraus, oder sie werden von zwei 1-wertigen Jonen gleichzeitig in die Mitte ihres gegenseitigen Abstandes gezogen, wie folgende Figuren 100 und 101 schematisch andeuten:

Die Energie der Anziehung, also die Haftenergie, ist $\frac{e^2}{2Dr}$. Die Grösse von r hängt bei zwei 1-wertigen Jonen bloss von den Grössen ihrer Hydrathüllen ab, die nur klein sind; bei Wechselwirkung von 1-wertigen und 2-wertigen spielt der Abstand der 1-wertigen Jonen, der relativ gross, jedenfalls grösser als eine Hydrathülle ist, die ausschlaggebende Rolle. Das 1-wertige Jon haftet fester, weil es näher an das einzelne Gegenjon herantritt, trotzdem dringt es im Mittel nicht so dicht an die

negative Innenbelegung heran und erniedrigt damit das Potential und die Beständigkeit nicht so stark. Wir haben also festeres Haften und geringere Koagulationswirkung des 1-wertigen Jons beim Vergleich eines etwa gleich hydratisierten 1-oder 2-wertigen Jons. Jn jedem Ultramikron treten Dispersitäten von verschiedener Ordnung auf. Es besteht aus Teilchen verschiedener Ordnung, Primärteilchen, Sekundärteilchen, etc, die zusammengehalten sind. Das Koagulationsverhalten wird bestimmt durch die äusseren Oberflächenschichten der Sekundärteilchen; aber der Jonenaustausch dringt bis zu den feineren Primärteilchen im Jnnern des Ultramikrons vor, und austauschbare Jonenschichten sind auch im Jnnern des Sekundärteilchens um die Primärteilchen herum erhalten.

d) *Einfluss der Kationen im Ultramikron und der Jonen der Elektrolyten auf die Eigenschaften der dispersen Phase.*

Es sei zuerst das Verhalten eines solchen Dispersoids im reinen Wasser als Dispersionsmittel betrachtet. Sind stark hydratisierte, also mit Wasserhüllen umgebene Jonen in den Schichten um das Primärteilchen durch Abdissoziation entstanden, so sind die Teilchen im Jnnern wasserreicher und haben ein relativ grosses Volum. Solche Ultramikronen mit hydratisierten Jonen im Jnnern sind im reinen Wasser also voluminös, schleimig, viskos. Die Eigenschaften des Dispersoids nähern sich denen eines hydrophilen Sols. Lithium und Natriumtone, etwas abgeschwächt Magnesiumtone haben solche Eigenschaften. Die Ultramikronen dagegen, die weniger hydratisierte Jonen schichten um die Primärteilchen im Jnnern enthalten, sind wasserärmer, weniger viskos und körniger. Sie zeigen Annäherung an das Verhalten der hydrophoben Dispersoide, das obendrein durch Sensibilität beim Koagulieren und geringere Verdrängbarkeit der Kationen noch mehr Anklänge erhält. Aehnlich verhalten sich auch die Tone mit 2-wertigen Kationen, die infolge erhöhter Wertigkeit der Kationen weniger Jonen und damit weniger Wasser der Hydrathüllen im Jnnern enthalten. Natürlich gilt auch in der Reihe der Tone mit 2-wertigen Kationen die Regel, dass sie mit abnehmender Jonenhydration in der Folge Mg, Ca, Sr, Ba wasserärmer, dichter, körniger und sensibler werden, wobei schon beim ersten Gliede der Wassergehalt im Ultramikroneninnern etwas geringer ist als beim entsprechenden Gliede der einwertigen Reihe.

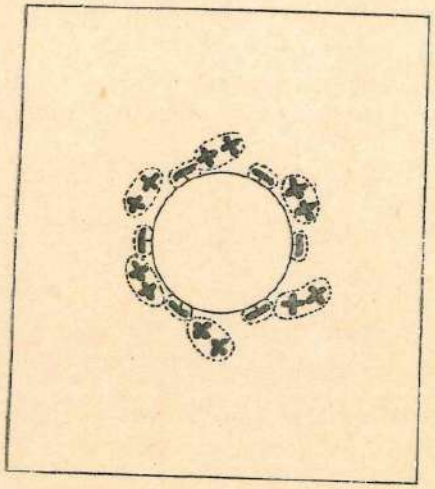

FIG. 101.

2. Zweiwertige Kationen am Ton.

Sind die Dispersoide nicht im reinen Dispersionsmittel Wasser, sondern in einer Elektrolytmischung aufgeschwemmt, so bestimmt das Jonengleichgewicht, das sich nach den Regeln des Basenaustausches einstellt, auch das Hydratationsverhalten der Ultramikronen. Wenig hydratisierte Kationen wie Cs, die zu Tonen mit stark hydratisierten Kationen wie Lithiumtonen zugesetzt werden, erzeugen zunächst lockere Koagulate, die aber allmählich stark schrumpfen. Namentlich bei höheren Elektrolytkonzentrationen der Zusätze wird die Verteilung des Wassers *im* Ultramikron und *ausserhalb* desselben von der Verteilung der verschieden stark hydratisierten Jonen abhängen, derart, dass stark hydratisierte Jonen in der Aussenflüssigkeit das Wasser aus dem Ultramikron nach aussen ziehen und so das Ultramikron zum Schrumpfen bringen, während stark hydratisierte Jonen im Jnnern des Teilchens (also durch den Basenaustauch auch nach innen ausgetauschte und dort in den Aussenschichten der Primärteilchen festgehaltene Jonen) das Wasser mit ins Jnnere des Teilchens ziehen, und es damit zum Quellen bringen. Werden stark hydratisierte Kationen in das Dispersionsmittel zugesetzt, so tauschen sie, wie bekannt, nur wenig aus, die Aenderung im Wassergehalt der Teilchen ist gering, langsam werden die Teilchen schrumpfen.

Der Wassergehalt eines Ultramikrons hängt ab vom Hydratationszustand der Gleichgewichtskationen nach erfolgtem Basenaustausch im Jnnern des Ultramikrons und im Jnnern des Dispersionsmittels. Stark hydratisierte Jonen wie Na-Jonen in der Aussenflüssigkeit vermindern die Anreicherung des Wassers im Jnnern des Teilchens und damit sein Quellen, weil sie selber stark hydratisiert sind. Jn dem Masse, als durch Wegwaschen der Jonen des Dispersionsmittels die Hydratisierung der Jonen im Jnnern des Sekundärteilchens, die vorher durch Hydratisierung der Aussenjonen gebremst war, begünstigt wird, quillt das Primärteilchen beim Auswaschen auf und vermehrt sein Volum [1]. Die zugleich eintretende Hydrolyse befördert die Dispergierung des ganzen Systems, womit auch Aenderungen im Jmbibitionswasser auftreten. Dass die Hydratationen gerade bei den relativ grossen Konzentrationen von Jonen im Mizellar-oder Jmbibitionswasser eine grosse Rolle spielen, ist bei den hohen Hydratationswerten ohne weiteres verständlich.

3. — Spezielle Beobachtungen an Tondispersionen.

a) *Die Grösse von Potential und Ladung.*

Nach den Untersuchungen von S. E. Mattson (Kolloidchemische Beihefte 14, S. 227, 1921) hat ein Tonteilchen von maximal 5 μ Durchmesser (also $5{,}77 \cdot 10^{12}$ Teilchen pro gr.) eine negative Wanderungsgeschwindigkeit von $7{,}9 \cdot 10^{-4}$ cm sec^{-1} im elektrischen Felde von 1 Volt pro cm.

Daraus berechne ich, dass ein solches Teilchen ein Potential von etwa 110 Millivolt hätte [2] und dass es mit 78200 Jonen an der Oberfläche negativ aufge-

[1] Vergl. G. Hager, Weiteres über die Ursachen der schädlichen Wirkung der Kali- und Natronsalze auf die Struktur des Bodens, *Journal für Landwirtschaft*, 68, S. 37 — 105, spez. S. 87 (1920).

[2] Berechnung nach der Formel: $u = \frac{\zeta \cdot H \cdot D}{4 \cdot \pi \cdot \eta}$, (vergl. H. Freundlich, *Kapillarchemie*, 2. Aufl. S. 331, 1922) wobei:

ζ = Potential der Doppelschicht, H = Feldstärke pro cm, also 1/300elektrost. Einheiten cm^{-1}, D =

laden wäre, wenn der Abstand der Jonenschalen auf 5 μμ geschätzt würde. Hintereinander geschaltet würden die negativen Potentiale von 1g Ton in Teilchen von 0,5 μ Durchmesser zerteilt 0,635 10^{12}, also ca $^2/_3$ Billionen Volt ergeben mit einer negativen Ladung von 7,17.10^{-2} Coulomb, wie sie z. B. auf 0.026 mg Cl enthalten ist. Meist findet man an dispersen Teilchen Potentiale von 60-90 Millivolt (H. FREUNDLICH, *Kapillarchemie*, 2 Aufl., S. 538), was Jonenmengen pro Teilchen von etwa 40000-65000 entsprechen würde. In der Grössenordnung stimmen die Werte von MATTSON mit den bei Dispersoiden bisher beobachteten überein. Auf der Oberflächeneinheit befinden sich bei allen Dispersoiden ungefähr gleichviel Jonen, im Falle des Tones (Teilchen 500 μμ Durchmesser mit 78200 Jonen) kommt 1 Jon auf 1,00.10^{-13} cm² Oberfläche. Der Abstand von einem Jonenmittelpunkt zum andern beträgt ca 3.17 μμ, etwa das 10-fache des wahren Jonradius. Da 1g Ton etwa 3,5 Millimol Kationen maximal durch Basenaustausch auswechseln lässt, wären pro Teilchen von 0,5 μ Durchmesser = (1,73.10^{-13} g) 3,68.10^8 Jonen auszuwechseln, also ca 5000 mal soviel (genau 4706), als an der Oberfläche des Sekundärteilchens vorhanden sind. Das Primärteilchen hätte demnach einen $\sqrt{4706} = 68{,}6$ mal kleinern Durchmesser als das Sekundärteilchen, da es offenbar gleichmässig mit Jonen belegt ist; der Durchmesser wäre 7,29 μμ. Ein solches Primärteilchen wäre noch mit 16 bis 17 Jonen aufgeladen (genau 16,7) und hätte nach der Formel $\zeta = \frac{e}{D\,r}$ ein Potential von 80,8 Millivolt.

Ein Teilchen hat also mehrere Sorten von Dispersitäten, Primärteilchen von etwa 7 μμ Durchmesser, also von der Grössenordnung, wie man sie bei Kieselsäure (nach ANDERSON [1]) für Kieselsäure 5,2 μμ) beobachtet, und Sekundärteilchen, die durch Agglomeration entstehen, bedingt durch den Elektrolytgehalt des ganzen Systems. Die Oberflächen der Primärteilchen nehmen am Kationenaustausch nach den gleichen Gesetzen wie die primären Oberflächen teil. Das Potential des Sekundärteilchens, und damit die Stabilität der Tontrübung gegenüber Koagulationen etc. ist bedingt durch die Grösse und Oberflächenbeschaffenheit der Sekundärteilchen. Der Kationenschwarm, der das Sekundärteilchen umgibt, stellt sich ins Gleichgewicht mit den Kationenschalen der Primärteilchen. Der Basenaustausch bestimmt also das Potential des Sekundärteilchens und damit die Beständigkeit des ganzen Systems.

Dielektrizitätskonstante = 81, η = innere Reibung = 0.01, u = 7,9.10-4 cm sec-1. Also ζ = 3,68.10-4 el. stat. Einh. = 110 Millivolt. (meist erhält man 60-90 Millivolt, nach v. Hevesy) Ferner ist:

$$\zeta = \frac{e\,\delta}{D\,r^2}$$ für grosse Teilchen, wobei

ζ = Potential, also 3,68.10-4 el. stat. Einh, δ = Dicke des Belegungsabstandes, geschätzt 5 μμ = 5.10-7 cm., D = Dielektrizitätskonstante des Wassers = 81, r = Radius des Teilchens = 250 μμ = 2,5.10-5 cm.

$$\text{Also: } e = \frac{\zeta \cdot D \cdot r^2}{\delta} = \frac{3{,}68 \cdot 10^{-4} \cdot 81 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-10}}{5 \cdot 10^{-7}} = 3{,}73 \cdot 10^{-3} \text{ el. stat. Einh.}$$

Da 1 Jon 4,77 . 10^{-10} el. stat. Einh. hat, ist 3,73.10-3 die Ladung von 7,82.10 4 = 78200 Jonen.

[1] Vergleiche R. ZSIGMONDY, *Kolloidchemie*, 3. Auflage S. 229 (1920).

b) *Stabilität, beeinflusst durch die Hydratation der Jonenschalen.*

α) *Ultramikroskopische Messungen*

Die Tone sind umso stabiler, je mehr das Kation der äussern Jonenschale hydratisiert ist. An einem kalkarmen Lösslehm vom Gönhard bei Aarau, wurden durch Auswaschen und Austausch mit grossen Mengen von überschüssigem NaCl-, KCl-, $CaCl_2$ etc.- Lösungen reine Na-, K-, Ca- etc. Tone hergestellt. Es wurden die abschlämmbaren Bestandteile, die nach 24 Stunden noch schwebten, verwendet, die im Mittel nach der ultramikroskopischen Auszählung 657 μμ Durchmesser hatten. Das Absaugen geschah durch eine Pukallkerze hindurch, um die feineren Fraktionen möglichst intakt zu erhalten. Es wurde solange mit der entsprechenden Salzlösung ausgewaschen, bis nur noch die Salzlösung, die zugesetzt wurde, nachzuweisen war. Darauf wurden alle Zerteilungen so verdünnt, dass 0,8123g Ton im Liter vorhanden waren, und dass 1,5 Teilchen gleichmässig in 729 μ^3 also 2,06.10^9 Teilchen im ccm enthalten waren. Zur Koagulation wurden die Salzlösungen derart konzentriert zugesetzt, dass beim Zusammenkommen mit der Suspension die gewünschte Konzentration des Salzes und Tones entstand. Das Gemisch wurde ½ Stunde geschüttelt und darauf gleichmässig im Spaltultramikroskop nach SIEDENTOPF-ZSIGMONDY ausgezählt. Jeder Versuch wurde dreimal wiederholt und die Differenzen wurden durch die Schwankungsrechnung kontrolliert. Das Ergebnis ist in den folgenden beiden Tabellen II und III niedergelegt:

KOAGULATION VERSCHIEDENER TONE MIT WACHSENDEN MENGEN ELEKTROLYTEN. (ULTRAMIKROSKOPIE).

TABELLE II.

a) *Koagulation von Natrium-, Ammonium-, Kalium- und Calciumton durch KCl.*

Normalität des zugesetzten Elektrolyten	Abnahme der Zahl der Ultramikronen nach gleicher Zeit (30 Min.), in Prozenten der Anfangszahl (2,06 . 10^9 pro ccm)			
KCl	Na-Ton	NH_4-Ton	K-Ton	Ca-Ton
n : 10000	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
n : 1000	6.6 %	6.1 %	8.6 %	32.4 %
n : 100	29.4 %	32.4 %	34.2 %	67.3 %
n : 10	65.6 %	67.6 %	67.7 %	78.8 %
n : 1	72.9 %	73.0 %	74.5 %	78.8 %

TABELLE III.

b) *Koagulation von Natrium- Ammonium- Kalium- und Calciumton durch $CaCl_2$*

Normalität des zugesetzten Elektrolyten	Abnahme der Zahl der Ultramikronen nach gleicher Zeit (30 Min.) in Prozenten der Anfangszahl (2,06 . 10^9 pro ccm)			
$CaCl_2$	Na-Ton	NH_4-Ton	K-Ton	Ca-Ton
n : 10000	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
n : 1000	12.6 %	12.9 %	13.2 %	39.3 %
n : 100	58.2 %	65.2 %	67.1 %	83.3 %
n : 10	74.9 %	74.4 %	79.0 %	83.3 %
n : 1	74.9 %	77.4 %	79.0 %	83.3 %

Die Tabellen ergeben, dass der Calciumton durch stärkere Verminderung der Teilchenzahl auf den gleichen Elektrolytzusatz reagiert, also sensibler ist, als Natrium- und Kaliumton, und dass Natrium- und Kaliumton sich wenig, aber doch deutlich so unterscheiden, dass der etwas stärker dehydratisierte Kaliumton empfindlicher ist, als der etwas stärker hydratisierte Natriumton. Ammoniumton stand bei den Untersuchungen dicht beim Kaliumton, er war vielleicht eine Spur weniger empfindlich, doch mag das innerhalb der Versuchsfehler liegen. Der Vergleich der beiden Tabellen II und III ergibt, dass $CaCl_2$ den Ton besser koaguliert als KCl.

Bei diesen Versuchen haben wir es mit einem starken Elektrolytüberschuss zu tun, es kommen z. B. für eine 1/10 normale Lösung auf ein Ultramikron $29{,}5.10^9$ Jonen, als beinahe 100 mal soviel, als an die Primärteilchen gebunden sind. Es machen sich bei diesem Ueberschuss deutlich im Sinne der Hydratation die oben skizzierten Einflüsse im Jonenschwarm geltend. Verschiedenheiten in den Hydratationen sind vorhanden.

β) *Viskosimetrische Messungen.*

Die Tone sind umso mehr hydratisiert und umso weniger elektrolytempfindlich, je stärker die Hydratation der Jonenschale ist. — Es wurden die Tone aus einem gleichen Ausgangsmaterial in einem Viskosimeter nach Wi. OSTWALD, das für Wasser von 25°C eine Durchlaufszeit von 28,6″ hatte, untersucht. Gleiche Konzentrationen von 89,97g Ton pro Liter wurden hergestellt (kontrolliert am spez. Gew. 1,0560 im Pyknometer). Es wurden die Durchlaufszeiten für die verschiedenen Tone gemessen. Dabei ergab sich:

TABELLE IV.

STEIGENDE VISKOSITÄT DER TONE IM REINEN DISPERSIONSMITTEL MIT ZUNEHMENDER HYDRATATION DER STABILISIERENDEN KATIONEN.

Tone im reinen Wasser bei 25°

				Viskosität des Wassers bei 25° = 1.00
Durchlaufszeit für Ca-	Ton:	34.15″ =	1.000 (Einheit). . .	1.131
» » K-	Ton:	34.25″ =	1.003	1.134

				Viskosität des Wassers bei 25° = 1.00
Durchlaufszeit für NH_4-	Ton:	34.33″ =	1.005	1.137
» » Na-	Ton:	34.91″ =	1.022	1.156

Die Unterschiede im reinen Wasser sind keine grossen, immerhin zeigen sie, dass von den einwertigen Tonen der Natriumton in der angewandten Verdünnung die höchste Viskosität, der Kaliumton die geringste hat. Nach der Formel von A. EINSTEIN sollte mit veränderter Dispersität der Teilchen keine Viskositätsänderung eintreten, solange keine Adsorptionshüllen auftreten. HATSCHEK bewies, dass vergrösserte Adsorptionshüllen auch gesteigerte Viskosität bedingen, wie es hier beobachtet wurde. Die Viskositätsmessungen zeigen also, dass der Natriumton am meisten, der Kaliumton am wenigsten hydratisiert ist. Noch weniger hydratisiert als der Kaliumton erscheint der Calciumton, der nur die halbe Jonenzahl an der Oberfläche enthält.

Deutlicher wird die Erscheinung der verschiedenen Stabilitäten und der verschiedenen Hydratationen der Flocken beim langsamen Koagulieren mit unvollständiger Entladung. Wiederum wurden die Aenderungen der Durchflusszeiten im Viskosimeter gemessen. Die Zeit vom Beginn des Salzzusatzes bis zum Erreichen des Maximums der Viskosität stellt die Dauer der Koagulation dar. Die Stabilität eines Tones ist umso geringer, je kürzer die Zeit bis zum Erreichen des Maximalwertes der Viskosität und je kleiner die zugesetzte Salzkonzentration ist. Dass Calciumton, der nach den obigen Messungen und Zahlen weniger hydratisiert ist als z. B. Kaliumton, viel rascher als Kaliumton bei langsamer Koagulation koaguliert, zeigen die folgenden Zahlen:

TABELLE V.

KOAGULATIONSABLAUF VON CALCIUM- UND KALIUMTON, VISKOSIMETRISCH GEMESSEN.

Ca- Ton (89.97g pro Liter) koaguliert [1] mit 8/100000 norm:		K- Ton (89.97g pro Liter) koaguliert mit 5/1000 normal:	
CsCl	erreicht Visk. Max. in 6 Min.	CsCl	erreicht Visk. Max. in 15 Min.
RbCl	» » » » 8 »	RbCl	» » » » 17 »
KCl	» » » » 8 »	NH_4Cl	» » » » 20 »
NH_4Cl	» » » » 22 »	KCl	» » » » 44 »
NaCl	» » » » 30 »	NaCl	» » » » 50 »
LiCl	» » » » 38 »	LiCl	» » » » 66 »

Es koaguliert also mit denselben Elektrolyten der Ca-Ton mit 8/100000 norm. Lösungen in der Hälfte der Zeit, die der K-Ton mit 5/1000 norm. Lösungen für die Koagulation braucht. Zugleich sieht man, dass die Koagulation umso rascher verläuft, je dehydratisierter die koagulierenden Jonen von gleicher Wertigkeit sind.

Entsprechende Unterschiede in der Empfindlichkeit der Tone zeigen die Na-, K-, NH_4- Tone unter sich. Je hydratisierter das stabilisierende Jon ist, umso we-

[1] Bei diesem Versuche kommen auf ein Tonteilchen von 657 μμ Dm 213400 Kationen durch Zusatz.

niger empfindlich ist bei langsamer Koagulation der Ton. Li-Ton ist weniger empfindlich als z. B. K-Ton.

c) *Die Koagulation. Einfluss der Hydratation des Koagulators und der Hydratation des Tones.*

α) *Sedimentationsversuche mit verschiedenen Koagulatoren und abnehmenden Tonmengen.*

Je stärker dehydratisiert das Jon, das zur Koagulation zugesetzt wird, ist, umso rascher koaguliert es den Ton. Genau wie beim Basenaustausch geht das trocknere Jon stärker in die Jonenschale und vermindert infolge geringerer Dicke das Potential stärker. Man kann das ausser an den viskosimetrischen Veränderungen auch an den Absetzzeiten der Tonsuspensionen feststellen.

Ein reiner K-Ton von Lösslehm aus Gönhard bei Aarau, der 42.25g im Liter Wasser enthält (Ausgangskonzentration), zeigte folgende Sedimentationsverhältnisse bei sog. langsamer Koagulation:

TABELLE VI.

KOAGULATIONSZEITEN VON KALIUMTON, DURCH SEDIMENTATIONSBEOBACHTUNG GEMESSEN.

Zusatz von:	Im Liter Wasser Kaliumton: (Die Suspension war nach der Koagulation vollständig klar)				
	42.25g	21.12g	10.06g	5.03g	2.52g
5/1000 norm. CsCl	5′	8′	10′	15′	25′
RbCl	7′	10′	16′	26′	32′
KCl	13′	16′	20′	32′	45′
NH_4Cl	15′	20′	35′	45′	56′
NaCl	blieb trübe	blieb trübe	blieb opaleszent	opaleszent	nach Tagen klar
LiCl	» »	» »	»	»	» »

Bei jeder Konzentration des Tones koaguliert in 5/1000 norm. Salzlösung das Cs schneller als Rb und mit zunehmender Hydratation wird die langsame Koagulation über K, NH_4, Na, Li langsamer, der Effekt bei unvollkommener Entladung also in dieser Reihenfolge schwächer. Na und Li entladen so unvollständig, dass erst höhere Salzkonzentrationen zum klaren Absatz innerhalb der gemessenen Zeiten führen, z. B.

In K-Ton mit 42.25g Ton im Liter:

NaCl in n/100 Lösung nach 10′ klare Sedimentation
LiCl in n/100 » » 17′ » »

Also auch hier ist der Unterschied der Koagulationsgeschwindigkeit messbar und führt zur langsameren Sedimentation beim hydratisierteren koagulierenden

Jon. Die Zunahme der Tonmenge von 2.25g auf 42.52g Ton wirkt so, dass die Koagulation mit der gleichen Elektrolytkonzentration bei wachsender Tonmenge schneller erfolgt, wie es die theoretischen Ansichten über die Koagulation verlangen, denn mit der Teilchenzahl pro ccm steigt nach SMOLUCHOWSKI die Koagulationsgeschwindigkeit.

β) *Viskositätsmessungen an Kalium-und Calciumtonen, versetzt mit KCl resp. $CaCl_2$ von steigender Konzentration.*

Mit zunehmender Konzentration des Koagulators werden bei geringen Salzzusätzen, also bei langsamer Koagulation, die Flocken grösser, was sich an gesteigerten Viskositäten der Suspension zeigt. Damit keine Komplikationen durch Basenaustausch auftreten, seien nur die Koagulationen von Tonen mit demselben Kation als Koagulator, das im Ton enthalten ist, betrachtet, also von Calciumtonen mit $CaCl_2$ und von Kaliumtonen mit KCl.

TABELLE VII.

STETIGE ZEITLICHE ZUNAHME DER VISKOSITÄT MIT ZUNEHMENDER KONZENTRATION DER STARK VERDÜNNTEN KOAGULATOREN.

Koagulation von Kaliumton mit steigenden Mengen von KCl.
(Viskositätsmessungen 89.97g K-Ton pro Liter bei 25° C.)

Zeit nach Zusatz des Koagulators	Durchlaufzeiten	
	Zusatz von n/1000KCl	Zusatz von 5n/1000KCl
2′	34.3″	40.3″
4′	34.2″	43.3″
6′	34.1″	43.3″
8′	34.1″	43.4″
10′	34.1″	44.7″
22′	—	44.6
24′	—	46.6″
42′	—	46.5″
44′	—	47.2″
60′	34.3″	47.2″
∞	34.2″	47.1″

Ohne Salzzusatz betrug die Durchlaufzeit für 89.97g Kaliumton pro Liter bei 25°C 34.25″. Man sieht, dass der Salzzusatz von n/1000 KCl bei Verwendung des Kalitons noch unwirksam war, dagegen bei 5/1000 norm. KCl ist der Viskositätsanstieg messbar.

TABELLE VIII.

STETIGE ZEITLICHE ZUNAHME DER VISKOSITÄT MIT ZUNEHMENDER KONZENTRATION DER STARK VERDÜNNTEN KOAGULATOREN.

Koagulation von Calciumton mit steigenden Mengen Calciumchlorid. Viskositätsmessungen bei 25°C, 89.97g Ca-Ton pro Liter

Zeit nach Zusatz des Koagulators	Durchlaufszeiten		
	Zusatz von n/100000 $CaCl_2$	Zusatz von 4n/100000 $CaCl_2$	Zusatz von 8n/100000 $CaCl_2$
2′	34.2″	34.3″	35.8″
4′	34.1″	34.0″	35.8″
6′	34.1″	—	36.4″
7′	—	34.2″	—
8′	34.1″	—	36.6″
9′	—	34.0″	—
10′	34.2″	—	36.6″
11′	—	34.0″	—
60′	34.3″	34.1″	36.5″
∞	34.1″	34.3	36.5″

Ohne Salzzusatz betrug die Durchlaufszeit für 89.97g Calciumton pro Liter bei 25°C 34.15″. Bei diesem Versuch sieht man, dass sich schon ein Zusatz von 8/100000 norm. $CaCl_2$ durch Viskositätssteigerung bemerkbar macht, also ein 100mal geringerer Zusatz als bei KCl Zusatz, 4/100000 norm. und 1/100000 norm. $CaCl_2$ zeigten keine Wirkung. Bei beiden Versuchen sind die Salzmengen so gering, und es findet kein Austausch verschieden hydratisierter Jonen statt, dass Hydratationseinflüsse hier keine merkbare Rolle für die Viskositätsänderung spielen, die Aenderung ist lediglich der Teilchen-Aggregation zuzuschreiben.

γ) *Viskositätsmessungen an Kalium- resp. Calciumtonen, koaguliert mit Salzen verschiedener Kationen.*

Die am wenigsten hydratisierten koagulierenden Jonen bilden in gleicher Konzentration die gröbsten Aggregate mit der grössten Durchlaufszeit im Viskosimeter. Der Einfluss der Koagulatoren hängt von der Natur des Tones ab, da nach dem Basenaustausch die aus dem Ton ausgetauschten Kationen an der Koagulation teilnehmen. Folgende Tabellen sollen die Zunahme der Viskosität und damit der Teilchengrössen mit wechselnder Hydratation der koagulierenden Jonen veranschaulichen:

TABELLE IX.

ZEITLICHE ZUNAHME DER VISKOSITÄT MIT STEIGENDER DEHYDRATISIERUNG DER KOAGULIERENDEN JONEN.

Kaliumton (89.97g *pro Liter*). *Viskosimetermessungen bei* 25°C.
Zusatz: 5/1000 - *normale Lösungen.*

Zeit nach Zusatz des Koagulators	Durchlaufszeiten (ohne Zusatz 34.25″)					
	CsCl	RbCl	NH_4Cl	KCl	NaCl	LiCl
2′	46.7″	42.7″	41.3″	40.3″	35.9″	35.4″
4′	49.5″	44.6″	43.8″	43.3″	36.4″	35.8″
6′	51.3″	44.6″	44.2″	43.3″	36.6″	36.0″
8′	—	—	44.0″	43.4″	—	36.0″
10′	51.2″	44.6″	44.2″	44.7″	—	—
12′	53.7″	44.4″	44.3″	—	—	—
15′	**57.5″**	45.8″	44.2″	—	—	—
17′	57.6″	**47.3″**	—	—	—	—
18′	—	—	44.1″	—	—	—
20′	—	47.3″	**46.0″**	—	36.6″	—
22′	—	—	—	44.6″	36.6″	—
24′	—	—	—	46.5″	37.0″	—
30′	57.8″	47.4″	46.0″	—	37.2″	36.2″
32′	—	—	—	—	—	36.6″
34′	—	—	—	—	—	36.8″
40′	—	—	—	—	—	—
42′	—	—	—	46.5″	—	—
44′	—	—	—	**47.2″**	—	—
46′	—	—	—	—	37.4″	—
48′	—	—	—	—	37.9″	—
50′	—	—	—	—	**38.1″**	—
60′	57.8″	47.3″	46.2″	47.2″	38.2″	36.8″
62′	—	—	—	—	—	36.9″
64′	—	—	—	—	—	37.4″
66	—	—	—	—	—	**37.6″**
∞	57.5″	47.2″	46.0″	47.1″	38.1″	37.6″

Die Viskosität steigt, wie die einzelnen Vertikalspalten beweisen, bei den geringen angewandten Konzentrationen des Koagulators im Laufe der Zeit für jeden Elektrolyten gleichmässig an. Die Durchlaufszeiten, die das Maximum anzeigen,

sind in den Vertikalspalten hervorgehoben. Sie sind bereits in der Tabelle *V* verwendet, um aus ihnen die Dauer der Koagulationszeit zu entnehmen. Beim Vergleich der Koagulatoren miteinander sieht man, dass das stark dehydratisierte Caesiumchlorid die grössten Flocken des Ausgangstones erzeugt, dann folgen absteigend ziemlich gleichmässig RbCl, KCl oder NH_4Cl, in grösserem Abstand NaCl und LiCl. Der Koagulation des Kaliumtones geht der Jonenaustausch mit dem zugesetzten Kation (Cs, Rb, NH_4, Na, Li) voraus, es handelt sich also stets um die Flockung durch ein Kationengemisch und zwar partizipiert das Cs stärker im äusseren Jonenschwarm als etwa das Lithium (nur KCl zeigt in diesem Spezialfall die reine Konzentrationswirkung der Flockung).

Ganz ähnlich verhält sich der Calciumton, nur sind hier die Unterschiede zwischen den einzelnen Koagulatoren (Cs, Rb, K, NH_4, Na, Li) viel geringer. Das hängt wieder mit dem Einflusse des Basenaustausches zusammen, denn nur die Koagulation Kaliumton durch Kaliumchlorid verläuft unbeeinflusst vom Austausch, in allen andern Fällen stellen sich die Kationen je nach ihrer Austauschfähigkeit im äussern Kationenschwarm des Tones ein, der das Potential und damit die Koagulationsfähigkeit mitbestimmt. Bei Ca-Ton partizipiert stets Ca an der koagulierenden Wirkung und verdeckt die reine Wirkung der zugesetzten Jonen. Folgende Zahlen ergab die Viskosimetrie: (siehe tab. X, pag. 411).

Auch hier handelt es sich also um kombinierte Wirkung und zwar diesmal von Calcium aus dem Ton und den zugesetzten einwertigen Kationen. Da Calcium das Potential sehr stark erniedrigt, sind alle Flockungen schon in viel geringeren Konzentrationen wirksam (beim Ca-Ton in 8/100000 n-Lösungen, bei K-Ton in 5/1000 n-Lösungen beobachtet). Die starke Mitwirkung des Calciums beim Calciumton als Koagulator verdeckt etwas den Einfluss der Hydratation des Koagulators auf die Natur der Flocken, verglichen mit der Beeinflussung des Kaliumtones. Wenn wir die Durchlaufszeit des reinen Tones in beiden Fällen 100 setzen, dann sind die Durchlaufszeiten nach Erreichung des Gleichgewichtes, also unendlich lange Zeit nach dem Zusatze des Koagulators: (siehe tab. XI, pag. 411)

Die HOFMEISTER'schen Jonenreihe ist also stärker ausgeprägt beim Kaliumton als beim Calciumton, bei letzterem verwischt das stark wirkende Calcium aus dem Ton die Differenzen der Hydratation in der Reihe der einwertigen Koagulatoren. Je mehr das einwertige Jon dehydratisiert ist, umso stärker tauscht es beim Basenaustausch aus, umso mehr bringt es seine Eigenschaften zur Geltung. Die Unterschiede in der Wirkung auf die Struktur der Flocken wachsen vom Lithium, das die schwächsten Differenzen bei verschiedenartigen Jonen zeigt, (110 beim K-, 110 beim Calciumton) zum Caesium, das stark different sein Wirkung auf Kalium- und Calciumtone zur Geltung bringt (168 Kaliumton, 121 Calciumton).

Dass auch bei Koagulatoren mit 2- wertigen Jonen in grosser Verdünnung die Hydratation ein Rolle spielt und die Flocken umso gröber sind, je geringer die Hydratation des Koagulators ist, zeigt die folgende Versuchsreihe: (siehe tab. XII pag. 412).

Die zweiwertigen Jonen zeigen zunehmende Hydratation in der Reihe Ba, Sr, Ca, Mg. In der gleichen Reihe tauschen sie ja beim Basenaustausch auch schlechter aus und haften lockerer. Sie koagulieren also in dieser Reihenfolge schlechter bei gleicher Konzentration und erzeugen kleinere Flocken.

TABELLE X.

ZEITLICHE ZUNAHME DER VISKOSITÄT MIT STEIGENDER DEHYDRATISIERUNG DER KOAGULIERENDEN JONEN BEI NIEDEREN SALZKONZENTRATIONEN.

Calciumton (89.97g *pro Liter*) *Viskosimetermessungen bei* 25°C.
Zusatz: 8/100000 *normale Lösungen.*

Zeit nach Zusatz des Koagulators	Durchlaufszeiten (ohne Zusatz 34.15″)					
	CsCl	RbCl	KCl	NH_4Cl	NaCl	LiCl
2′	37.0″	36.7″	36.6″	35.4″	35.0″	34.8″
4′	38.2″	36.9″	36.4″	36.1″	35.0″	35.3″
6′	41.5″	39.5″	37.5″	36.0″	35.0″	35.2″
8′	—	40.2″	39.2″	36.2″	36.0″	35.0″
10′	41.4″	40.2″	39.2″	37.0″	36.2″	35.8″
12′	—	—	—	—	36.0″	—
18′	—	—	—	37.2″	36.2″	—
20′	—	—	—	37.8″	36.7″	—
22′	—	—	—	38.2″	—	—
24′	—	—	—	—	—	36.0″
26′	—	—	—	—	36.6″	36.4″
28′	—	—	—	—	37.6″	36.5″
30′	—	—	—	—	37.8″	—
32′	—	—	—	—	—	36.5″
34′	—	—	—	—	—	36.4″
36′	—	—	—	—	—	37.3″
38′	—	—	—	—	—	37.6″
60′	41.3″	40.4″	39.0″	38.2″	37.8″	37.6″
∞	41.4″	40.2″	38.9″	38.2″	37.8″	37.5″

TABELLE XI.

DURCHLAUFSZEITEN NACH ERREICHUNG DES GLEICHGEWICHTES MIT VERDÜNNTEN LÖSUNGEN DES KOAGULATORS.
(*für K-Ton* 5/1000 *n, für Ca-Ton* 8/100000 *n*)

Ton (89.97g pro l)	Rein	CsCl	RbCl	NH_4Cl	KCl	NaCl	LiCl
Kaliumton	100	168	138	134	138	111	110
Calciumton	100	121	118	114	112	111	110

TABELLE XII.

KOAGULATIONSABLAUF VON CALCIUMTON, MIT 2- WERTIGEN KATIONEN KOAGULIEET.

Calciumton (89.97g pro Liter), *Viskosimetermessungen bei* 25°C.
Zusatz 8/100000 *normale Losungen.*

Nach Erreichung des stabilen Endwertes	Durchlaufzeiten (ohne Zusatz 34.15")
$BaCl_2$	39.0"
$CaCl_2$	36.6"
$MgCl_2$	35.8"

δ) *Viskositätsmessungen mit entquellenden Tonultramikronen bei höheren Salzkonzentrationen.*

Mit zunehmender Konzentration des Koagulators sinkt die Viskosität wieder, wahrscheinlich macht sich die Rückwirkung der erhöhten Salzkonzentration im Dispersionsmittel auf den Wassergehalt der Ultramikronen geltend, die bei grösseren Salzkonzentrationen Wasser abgeben und schrumpfen. Der Ton wird bei gleicher Beschaffenheit des Ultramikrons das Wasser im Ultramikron umso stärker festhalten, je schwächer das Jon der Aussenflüssigkeit hydratisiert ist, und eine je stärkere Hydratation das Jon aufweist, das im Ton selber absorbiert ist, also sollten die gleichen Tonultramikronen in der Reihe der zugesetzten Koagulatoren CsCl, RbCl, KCl, NaCl, LiCl bei gleicher Konzentration des Zusatzes schwächer Wasser abgeben [1]. Vergleichen wir dagegen die verschiedenartigen Tonultramikronen, so hält Lithiumton sein Wasser am festesten, Caesiumton am wenigsten fest, die andern stehen dazwischen.

Dass mit zunehmender Hydratation des in hoher Konzentration zugesetzten Koagulators der Rückgang der Viskosität des Tones (im untersuchten Falle Kaliton) eintritt, zeigen folgende Zahlen: (siehe tab. XIII, pag. 413).

Die Koagulation der Tonsuspensionen geschah bei diesen Versuchen mit 2/100 normalen Lösungen als eine rasche und vollständige. Schon nach den ersten Minuten, die hier nicht gemessen sind, ist die maximale Viskosität erreicht. Sie nimmt dann ab, und zwar bei den gröbern Koagulaten, mit CsCl erzeugt, am stärksten, bei den von vornherein weniger groben und viel festern Koagulaten mit NaCl am wenigsten. Es ist also hier der Dispersitätszustand der Koagulate von grösserem Einfluss auf die Wasserabgabe als die Hydratation der koagulierenden Jonen. Beide stehen in einer Art hydrostatischen Gleichgewichtes. Es wäre noch zu prüfen, ob bei der Verdünnung der Menge der koagulierenden Aussenelektrolyten die Viskosität wieder anstiege. Wird die Menge der koagulierenden Elektrolyten weiter erhöht, so geht auch die Schrumpfung und Dehydratisierung der Flocken weiter, wie die nächste Tabelle zeigt: (siehe tab. XIV, pag. 413).

[1] Anderseits ist zu bedenken, dass die Koagulate, die mit dehydratisierten Jonen erzeugt sind, lockerer sind, also ihr Wasser leichter abgeben. Der Endeffekt wird nicht ohne weiteres abzusehen sein.

TABELLE XIII.

ZEITLICHE ABNAHME DER VISKOSITÄT BEI HÖHEREN SALZKONZENTRATIONEN.

Kaliton (89.97 g. pro Liter) *Viskosimetermessungen bei* 25° C.
Zusätze: 2/100 *n Lösungen.*

Zeit nach Zusatz des Koagulators	Durchlaufszeit	Zeit nach Zusatz des Koagulators	Durchlaufszeit	Zeit nach Zusatz des Koagulators	Durchlaufszeit	Zeit nach Zusatz des Koagulators	Durchlaufszeit
CsCl		RbCl		KCl		NaCl	
11′	581.6"	3′	121.6"	3′	84.0"	2′	55.3"
22′	560.0"	7′	117.1"	6′	79.6"	4′	53.6"
33′	544.3"	11′	110.0"	9′	77.6"	6′	52.8"
42′	532.6"	14′	108.1"	12′	76.3"	8′	51.5"
62′	518.7"	20′	107.3"	30′	71.5"	10′	51.5"
2h9′	472.4"	60′	102.2"	60′	70.9"	60′	51.3"
6h	430.1"	4h	99.8"	2h	70.0"	2h	51.3"
18h	424.1"	18h	99.4"	18h	69.6"	18h	51.1"
	Abnahme: 72.9 %		Abnahme: 81.8 %		Abnahme: 82.9 %		Abnahme: 92.4 %

TABELLE XIV.

ABNAHME DER VISKOSITÄT, BEOBACHTET NACH GLEICHER ZEIT, WACHSEND MIT DER KONZENTRATION VON STÄRKER KONZENTRIERTEN KOAGULATOREN.

Kaliton (89.97g *pro Liter*) *Viskosimetermessungen bei* 25° C.
(*Durchlaufszeit ohne Zusatz* 34.25")

Konzentration des Koagulators	Durchlaufszeiten nach 18 Stunden			
	CsCl	RbCl	KCl	NaCl
2/100 norm	424.1"	99.4"	69.6"	51.1"
4/100 norm	247.8"	93.7"	67.6"	48.2"
6/100 norm	215.3"	90.4"	66.0"	46.9"

Die weitere Steigerung der Koagulatorkonzentration erzeugt also weitere Abnahme der Viskosität, die in der gleichen Zeit (nach 18 Stunden beobachtet) umso grösser ist, je höher die ursprüngliche Viskosität war. Offenbar findet aus den Flocken ein weiterer Wasserentzug mit wachsender Konzentration der zugesetzten Elektrolyten statt, der auch nach diesen Beobachtungen umso grösser ist, je gröber die Flocken sofort nach dem Salzzusatz waren. Bei gleichem Flockenaggregat sollte

das stärker hydratisierte Koagulatorion die Viskosität in hoher Konzentration stärker vermindern. Es wurden zu einem Koagulate von Kaliton (89.97 g pro Liter), der mit 2/100 normal RbCl nach 18 Stunden eine Durchlaufszeit von 98.7" bis 99.0" ergab, das eine Mal eine weitere Menge RbCl, das andere Mal NaCl zugesetzt.

TABELLE XV.

STÄRKERE ZEITLICHE ABNAHME DER VISKOSITÄT DER GLEICHEN ULTRAMIKRONEN-AGGREGATE BEI ZUSATZ VON STÄRKER HYDRATISIERTEM NaCl ALS VON WENIGER HYDRATISIERTEM RbCl.

89.97g Kaliton + 2/100 normal Rb-Chlorid.

Gemessen nach 18 Stunden:	*Durchlaufszeiten:*	
Ohne Zusatz	98.7"	99.0"
Dazu $^2/_{100}$ n RbCl, gemessen nach 36 Stunden	93.2"	
Dazu $^2/_{100}$ n NaCl, gemessen nach 36 Stunden	85.5"	

Bei gleicher Beschaffenheit der Aggregate vermindert also das NaCl, das selber stärker hydratisiert ist, die Viskosität stärker als RbCl. Offenbar bringt das stärker hydratisierte Natrium-Jon ceteris paribus eine Flocke mehr zur Dehydratisierung als ein weniger hydratisiertes Rb, wie es die theoretischen Betrachtungen erfordern. Trotz der Abnahme der Viskosität bei höher konzentrierten Koagulatoren haben im Endgleichgewicht auch bei vollständiger Koagulation die Suspensionen, die mit weniger hydratisierten Jonen vollständig geflockt sind, die höhere Viskosität, die Ultramikronen sind also am wenigsten dicht.

TABELLE XVI.

VISKOSITÄT VON CALCIUMTONEN BEI UNVOLLSTÄNDIGER UND VOLLSTÄNDIGER KOAGULATION GEMESSEN.

Ca-ton (89.97g pro Liter) *Anfangszeit des Durchlaufens 34.15".*

Durchlaufszeiten nach ∞ Minuten

	Langsam koaguliert mit 8/100000 norm.	Rasch koaguliert mit 1/1000 norm.
CsCl	41.4"	85.5"
RbCl	40.2"	49.4"
KCl	38.9"	45.4"
NH_4Cl	38.2"	43.8"
NaCl	37.8"	43.0"
LiCl	37.5"	42.5"
$BaCl_2$	39.0"	44.1"
$CaCl_2$	36.6"	39.8"
$MgCl_2$	35.8"	38.0"

3). — *Viskositätsmessungen an verschieden hydratisierten Tonen (Kalium, Ammonium-Natriumton) mit verschiedenen Elektrolyten versetzt. Einfluss des Kationenaustausches.*

Die Viskosität ist im allgemeinen bei den Koagulaten aus Tonen mit stark hydratisierten Stabilisatoren höher als bei denen mit weniger hydratisierten, also bei reinen Natriumtonen höher als bei Ammonium- und Kaliumtonen. Je mehr die Tone hydratisierte Jonen in den Innendispersitäten haben, umso stärker ist nachweisbar ihre Hydratation, was sich neben verringerter Empfindlichkeit in vermehrter Viskosität der Suspensionen dokumentiert. Werden wenig hydratisierte Jonen als Koagulatoren für Tone mit stark hydratisierten Innenionen verwendet (z. B. CsCl für Natriumtone), so entstehen besonders voluminöse Aggregate, die hohe Viskositäten aufweisen; bei Koagulierung von Tonen mit wenig hydratisierten Innenionen durch stark hydratisierte Koagulatoren bilden sich wenig voluminöse Ultramikronen mit geringen Viskositäten aus (LiCl für Kaliumton).

TABELLE XVII.

DURCHLAUFSZEITEN VON KOAGULATEN AUS VERSCHIEDEN HYDRATISIERTEN TONEN.

Konzentration: 89.97g Ton pro Liter. Zusatz 2/100 normale Lösungen. Maximale Durchlaufszeiten.

Zugesetzter Elektrolyt	Kaliumton A* = 34.25"	Ammoniumton A* = 34.33"	Natriumton A* = 34.91"
2/100 n CsCl	581.6"	745.6"	unmessbar gross
RbCl	121.6"	141.3"	1926.8"
KCl	84.0"	90.8"	1488.5"
NH_4Cl	79.1"	85.1"	1308.7"
NaCl	55.3"	58.0"	526.8"
LiCl	49.2"	53.1"	377.4"

*A = Anfangsdurchlaufszeit ohne Elektrolyt.

Es haben also bei allen Koagulationen die Koagulate beim hydratisierten Natriumton höhere Werte als die beim Ammonium- und Kaliumton (Vergleich der Horizontalspalten). Durchwegs erzeugen, wie schon bewiesen, die weniger hydratisierten Koagulatoren die grösseren Aggregate als die stark hydratisierten (Abnahme der Werte vom CsCl zum LiCl in den Vertikalspalten). Die Differenzen zwischen den einzelnen Koagulatorionen sind schärfer beim Natrium- als beim Kaliumton, die HOFMEISTER'schen Reihen prägen sich besser aus.

d) *Einfluss der Menge der dispersen Phase auf Kationenaustausch und Koagulation.*

Basenaustausch und Hydratation der Jonen spielen bei allen Dispersitätsänderungen der Tone eine aus-

schlaggebende Rolle. Die einwertigen Kationen tauschen in der Reihe vom Cs zum Li abnehmend die am und im Ton elektrostatisch festgehaltenen Jonen aus, ebenso wie in der zweiwertigen Reihe vom Ba zum Mg. Die Wirkung des zugesetzten Koagulators, der sich mit den Jonen im und um den Ton ins Gleichgewicht setzt, wird durch die Jonen, die zur äussern und innern Ultramikronenbelegung gehören, umso stärker verändert, je grösser die Menge des Tones mit seinen Jonen ist, die sich mit dem Koagulator ins Gleichgewicht setzen. Ein Calciumton wird sich mit KCl, das zur Koagulation zugesetzt wird, so ins Gleichgewicht des Basenaustausches setzen, dass ein Gemisch von Kalium- und Calciumchlorid im äussern Jonenschwarm das Potential und damit die Stabilität des Tones bedingt. Da Calciumchlorid besser flockt also Kaliumchlorid, erscheint in diesem Falle die Wirkung des Kaliumchlorids verstärkt. Bei Zusatz von wenig KCl zu sehr viel Calciumton anderseits kann eine nahezu reine Flockungswirkung von $CaCl_2$ herauskommen, die sich nicht mehr stark von der Wirkung des zum Ca-Ton zugesetzten Ca-Chlorids unterscheidet, da Calciumton durch zugesetztes K stark ausgetauscht wird. Die SCHULZE'sche Wertigkeitsregel, die einen starken Unterschied in der Wirkung von ein- und zweiwertigen Jonen verlangt, verliert dann ihre Giltigkeit. Umgekehrt wird bei der Koagulation von Kaliumton durch Calciumchlorid die Wirkung des $CaCl_2$ durch Beimischung von ausgetauschtem, weniger wirkendem KCl im äussern Jonenschwarm geschwächt, was nun einer Annäherung der Ca-Wirkung an die K-Wirkung durch Verminderung der Ca-Wirkung entspricht.

Da der Austausch des Ca gegen K schwächer erfolgt, ist die Wirkung nicht so prägnant wie im vorher zitierten Fall.

α) *Tonkoagulationen unter Basenaustausch (makroskopische Sedimentation).*

Es wurden Flockungsversuche mit Calcium- und Kaliumton angestellt, die mit $CaCl_2$ und KCl bis zum Auftreten distinkter Flockung versetzt wurden.

TABELLE XVIII.

EINFLUSS DER TONMENGE AUF DIE KOAGULATIONSZEIT DURCH VERSCHIEDENWERTIGE JONEN (MAKROSKOPISCHE BEOBACHTUNG).

TABELLE XVIII-*a*.

a) *Ca-Ton.*

Menge pro Liter:	Koagulation mit: n/1000 $CaCl_2$	n/1000 KCl
	Zeit bis zum Auftreten der Flockung:	
32.12g	10′	11′
16.06g	16′	20′
8.03g	32′	95′

TABELLE XVIII-*b*.

b). *K-Ton.*

Menge pro Liter:	Koagulation mit: 5/1000 n $CaCl_2$	5/1000 n KCl
	Zeit bis zum Auftreten der Flockung:	
42.25g	4′	13′
21.13g	2′	16′
10.56g	5′	20′
5.28g	9′	32′
2.64g	17′	45′
1.32g	35′	98′

Die reinen Koagulationswirkungen, unbeeinflusst vom Basenaustausch, treten nur bei den Reihen Ca-Ton + $CaCl_2$ und K-Ton + KCl auf. Sie zeigen, dass mit abnehmender Tonmenge die Koagulationsgeschwindigkeit kleiner wird, obwohl die Menge Koagulator, die auf ein Ultramikron kommt, grösser wird. Der vergrösserte Teilchenabstand des Tones spielt hier die bestimmende Rolle. Natürlich koaguliert Ca-Ton mit $CaCl_2$ in der schwächeren angewandten Verdünnung von 1/1000 normal rascher als K-Ton mit KCl in 5/1000 norm. Lösung. Interessant ist der Vergleich des KCl jeweils mit dem $CaCl_2$. Beim Ca-Ton ist für 32g Ton pro Liter mit 1/1000 norm. Lösung nahezu gleiche Wirkung von Ca und K als Koagulatoren erreicht. *Die* SCHULZ*'sche Wertigkeitsregel ist dann völlig ungültig.* Durch Austausch von Ca aus dem Ton gegen K der Lösung ist die K-Wirkung sehr verstärkt. Bei Verwendung der kleineren Menge von ca 8g Ca-Ton mit n/1000 $CaCl_2$ und KCl ist der Unterschied in der Koagulationszeit dagegen ziemlich gross. Der Basenaustausch, der das Gleichgewicht im äussern Jonenschwarm der Ultramikronen betimmt, bringt bei kleineren Mengen Ton geringere Verschiebungen durch Austausch der Jonen hervor, und die unterschiedliche Wirkung der Koagulatoren Ca und K ist deutlicher. Beim K-Ton, der die reine Konzentrationswirkung nur mit KCl zeigt, wird für $CaCl_2$ als Koagulator mit zunehmender Tonmenge die flockende Wirkung durch ausgetauschte, nicht so gut koagulierende, einwertige K-Jonen geschwächt. Es besteht in 5/1000 norm. Lösungen von $CaCl_2$ und KCl bei Anwendung von 42.25g Kaliton eine Differenz von 9′ in der Flockungszeit, für 1.32 g Kaliton dagegen, in welcher Menge der Ton wenig durch Basenaustausch die Salzkonzentration ändert, eine Differenz von 63′. Das Maximum der Koagulationsgeschwindigkeit von K-Ton mit 5/1000 norm. $CaCl_2$ tritt bei 21, nicht bei 42g Ton auf, bei 42g Ton ist der Teilchenabstand, der für die Koagulation einen mitbestimmenden Einfluss hat, ein Minimum; aber die Schwächung der koagulierenden Ca-Wirkung durch ausgetauschtes Kalium ist am grössten und die Menge Jonen pro Teilchen in der Lösung am kleinsten. Bei der etwas kleineren Kalitonmenge von 21g sind für die Koagulationsgeschwindigkeit optimale Verhältnisse vorhanden. Da Calcium im Ton stärker gegen Kaliumion der Lösung ausgetauscht wird, als Kalium im Ton gegen

Calciumion der Lösung, ist der modifizierende Einfluss auf die Flockungswerte der zugesetzten Elektrolyte beim Calciumton stärker als beim Kaliumton.

β) *Koagulationen anderer Dispersoide, vor allem von V_2O_5, unter Basenaustausch.*

Ganz ähnliche Beziehungen für die Mitwirkung des Jonenaustausches bei der Koagulation bestehen bei allen Dispersoiden, die einem stabilisierenden Elektrolyten mit einem an der Oberfläche des Teilchens haftenden, die Ladung des Ultramikrons bestimmenden Jon ihre Stabilität verdanken. Es wird durch das elektrische Feld dieses Teilchens stets ein gegenüber dem Durchschnittswert etwas konzentrierterer, entgegengesetzt geladener Jonenschwarm in der Teilchennähe erzeugt, der das Potential des Teilchens und damit seine Stabilität je nach seiner Dichte mitbestimmt. Alle zur Koagulation zugesetzten Elektrolyte werden entweder in der Innenschicht der Teilchenbelegung Aenderungen der Ladungen erzeugen, oder sie werden sich mit den gleichsinnig geladenen Jonen des Aussenschwarms der HELMHOLTZ'schen Schicht ins Gleichgewicht setzen und die Dichte dieses Aussenschwarms, also gleichzeitig damit das Teilchenpotential, ändern. Die Reihenfolge der Verdrängung ist die Verdrängungsreihe, wie sie beim Kationenaustausch des Tones, also beim sog. Basenaustausch, zu beobachten ist; die stärker hydratisierten Jonen verdrängen die weniger hydratisierten aus dem Jonenschwarm. Gute Beispiele aus dem Gebiete der Dispersoide liefern die Schwefelsole oder noch eindeutiger die Vanadinpentoxydsole, die mit vanadinsaurem Ammon oder mit VO_3H stabilisiert sind, wie Dr. H. GESSNER im hiesigen Laboratorium zeigte. Auch bei solchen Solen nimmt mit wachsender Menge an disperser Phase die Menge ausgetauschter Jonen und damit die Grösse der Störung zu. Die Formeln für den Austausch sind analog den Formeln für den Ton, also z. B.

$$\boxed{V_2O_5}\ \overset{-}{V}O_3 \cdot \overset{+}{N}H_4 + NaCl \rightleftharpoons \boxed{V_2O_5}\ \overset{-}{V}O_3 \cdot \overset{+}{N}a + NH_4Cl$$

Sog. BILTZ'sches Sol.

oder $$\boxed{V_2O_5}\ \overset{-}{V}O_3 \cdot \overset{+}{H} + NaCl \rightleftharpoons \boxed{V_2O_5}\ \overset{-}{V}O_3 \cdot \overset{+}{N}a + HCl$$

Sog. MÜLLER'sches Sol.

Es befinden sich im Kationenschwarm der äussern Belegung des V_2O_5- Teilchens nach dem Zusatz des koagulierend wirkenden Salzes NaCl nicht etwa reine Na-Kationen, sondern je nach der Natur des Salzes Na- und Ammoniumionen (BILTZ'sches Sol) oder Natrium- und Wasserstoffionen (MÜLLER'sches Sol) gemischt. Die koagulierende Wirkung des Na- Kations wird also verstärkt, und zwar beträchtlich, durch Beimischung des stark wirksamen Wasserstoffions beim MÜLLER'schen Sol, etwas weniger durch Mitwirkung des NH_4-Jons beim BILTZ'schen Sol. Anderseits gilt beim Koagulieren mit $CaCl_2$ z. B. für das Biltz'sche Sol:

$$\boxed{V_2O_5}\ \overset{-}{V}O_3 \cdot \overset{+}{N}H_4 + \frac{CaCl_2}{2} \rightleftharpoons \boxed{V_2O_5}\ \overset{-}{V}O_3 \cdot \frac{\overset{+}{Ca}}{2} + NH_4Cl$$

Jetzt befinden sich im äussern Jonenschwarm des Ultramikrons Ca- und NH_4-Jonen gemengt. Da Ca-Jonen stärker koagulierend auf V_2O_5 wirken als Ammoniumonen, muss jetzt mit steigender Menge von disperser Phase die koagulierende Wirkung des Calciums geschwächt werden. Selbstverständlich spielt bei wachsender Menge an disperser Phase auch der sich verkleinernde Teilchenabstand eine Rolle; er ist vergleichsweise bei den gleichen Tonmengen gleich.

Folgende Tabelle zeigt für MÜLLER'sche Sole die Zunahme der koagulierenden Wirkung des Natriums und die Abnahme der Wirkung des Calciums.

TABELLE XIX.

WIRKUNG DES CALCIUMS MIT DER ZUNAHME DER MENGE AN DISPERSER PHASE, ALSO AN V_2O_5.

Biltz' sches Sol $\boxed{V_2O_5}\ \overset{-}{V}O_3\ \overset{+}{N}H_4$ (Versuch. von Dr. H. GESSNER)

Sol No:	Menge von V_2O_5 in g.	Alter des Sols[1] in Monaten.	Flockungswerte in Millimol.	
			NaCl	$CaCl_2$
53	5.110	7	3.4	0.6
51	1.020	7	16.0	0.2
50	0.506	7	16 0	0.2

Die SCHULZE'sche Wertigkeitsregel wird mit Zunahme an V_2O_5 undeutlicher. Eingetragen sind hier die sogenannten Flockungswerte, das sind Millimol Salz, die zur Koagulation von 1 Liter Sol notwendig sind.

Die beiden letzten Vertikalspalten zeigen, dass die Flockungswerte sich innerhalb des untersuchten Konzentrationsbereichs im umgekehrten Sinne bewegen. Mit Verzehnfachung der Konzentration des V_2O_5 nehmen die Flockungswerte beim Natrium auf den fünften Teil ab, beim Calcium um das dreifache zu. Die Wirkung des Natriums wird mit zunehmender V_2O_5- Menge durch NH_4 verstärkt, die des Calciums durch NH_4 zunehmend geschwächt. Die Differenz zwischen der Wirkung einwertiger und zweiwertiger Jonen wird mit wachsender Menge an disperser Phase geringer, die SCHULZE'sche Regel ist weniger deutlich.

Ganz ähnlich verhalten sich die frisch hergestellten BILTZ'schen Sole, die etwas weniger empfindlich sind:

[1] Das Alter des Soles ist angegeben, weil es die Stabilität infolge Aenderung der Teilchengrösse mitbestimmt.

TABELLE XX.

Biltz'sches Sol von $\boxed{V_2O_5}$ $\overline{VO_3}$. $\overset{+}{NH_4}$

Sol No:	Menge von V_2O_5 in g	Alter des Sols in Tagen	Flockungswerte in Millimol NaCl	$CaCl_2$
83	5.400	0	11.5	0.30
82	2.110	0	22.0	0.26
81	1.045	0	22.0	0.26
80	0.530	0	19.0	0.26

Das Sol ist von vornherein gegen NaCl unempfindlicher. Eindeutig zeigen beide Reihen, dass mit zunehmender Konzentration an disperser Phase häufig die Unterschiede zwischen einwertigen und zweiwertigen Jonen geringer werden, da bei stärker wirkenden einwertigen Kationen, die als Stabilisatoren im Sole enthalten sind, die Wirkung geringer wirkender einwertiger Koagulatoren beim Kationenaustausch verstärkt, die der zweiwertigen Koagulatoren geschwächt wird. Die Abweichungen von der Wertigkeitsregel sind am häufigsten bei den sog. lyophilen Dispersoiden zu beobachten. Da nur diese in höheren Konzentrationen stabil sind, und in dieser Konzentration auch auf Koagulation untersucht werden können, muss der störende Einfluss des Basenaustausches bei grösserer Konzentration an disperser Phase die grössere Rolle spielen ; ferner sind hier natürlich in höhererKonzentration die Hydrateinflüsse, die ja auch den Basenaustausch bestimmen, stärker. Die Regel von KRUYT und VAN DER SPEK (*Koll. Zeitschrift*, 25, 1, 1919), die besagt, dass Kolloidzerteilungen mit zunehmender Konzentration an disperser Phase gegen einwertige Koagulatoren empfindlicher, gegen zwei- und mehrwertige unempfindlicher werden, ist wahrscheinlich auch meistens als Folge des Basenaustausches des koagulierenden Jons gegen das äussere Stabilisatorion zu erklären. Wenn das Stabilisatorion des äussern Schwarmes weniger hydratisiert ist als das zugesetzte koagulierende Jon, wird es dessen Wirkung verstärken, was mit zunehmendem Basenaustausch, also mit wachsender Menge an disperser Phase vermehrt auftritt. Da zweiwertige, zur Koagulation zugesetzte Jonen meist sehr wirksam sind, werden sie anderseits beim Austausch gegen weniger wirkende einwertige Stabilisatoren mit zunehmendem Basenaustausch, bedingt durch grössere Menge an disperser Phase, in ihrer Wirkung geschwächt. Dann erklärt sich auch ohne weiteres der abweichende Befund von MUKHERJEE und SEN (*Journ. Chem. Soc.*, 115, 461, 1919) (citiert nach H. FREUNDLICH, *Kapillarchemie*, 2. Aufl., 614, 617, 1922), die fanden, dass HgS und CuS auch bei mehrwertigen Koagulatoren mit zunehmender Konzentration an disperser Phase empfindlicher werden. Offenbar enthalten diese dispersen System wenigstens zum Teil Schwermetallkationen als Bestandteile ihrer Stabilisatoren, die die zwei- und mehrwertigen Koagulatorkationen an koagulierender Wirksamkeit noch übertreffen. Beim Austausch verstärken diese Koagulatorkationen auch die Wirkung der zwei- und mehrwertigen Koagulatoren ebenso, wenn auch nicht so stark, wie die der einwertigen Koagulatoren, und dann sinkt die Beständigkeit der Sole durch vermehrten Austausch mit steigender Konzentration an disperser Phase.

FREUNDLICH nahm mit KRUYT und VAN DER SPEK an, dass die verschiedene Konzentration der Koagulatoren beim Schwellenwert neben dem Teichenabstand die verschiedene Wirkung bedinge. Wir beobachteten (Tabellen XVIII a undb) entsprechende Differenzen in der Koagulationszeit auch bei gleicher Koagulatorkonzentration verschiedenwertiger Koagulatoren, sodass die Erklärung von FREUNDLICH diese Fälle sicher nicht umschreiben kann.

Prof. Dr. G. WIEGNER, *Zurich (Suisse)*. — **Dispersion et échange des bases.**

RÉSUMÉ.

L'A. indique que l'échange des bases dans l'argile est un cas spécial d'adsorption par échange à caractère chimique dispersoïde et généralement observé comme polaire (« polar »). Dans cette adsorption-échange les cations (agents de conditionnement de la stabilité des propriétés du système disperse) participent à une action d'échange avec les électrolytes ajoutés. L'échange des bases n'est pas limité seulement à la glaise et permutite, mais se produit dans un certain nombre de cas et est probablement applicable pour la coagulation dans tous les systèmes disperss. Avec cette théorie en vue le Dr. H. GEESSNER du Laboratoire de chimie agricole de Zurich a étudié le sol de *vanadium pentoxide*, le sol est différemment stabilisé d'après sa préparation et les changements en degré de dispersion et d'hydration sont influencés d'une façon déterminée par l'échange des cations. Les ultramicrons ayant une charge électrique positive peuvent montrer l'échange d'anions d'après la même loi. Dans le présent travail sont décrites des recherches qui démontrent l'influence de l'échange de cations sur le degré de dispersion et la condition d'hydration de la phase dispersée, dans ce cas, l'argile. Le potentiel d'un ultramicron peut être déterminé par la quantité de charge électrique (pour la majeure partie par le nombre d'ions qui sont présents dans l'unité de surface de l'ultramicron, dans le cas de l'argile 1 anion dans environ 10^{-13} cm² de surface) et par la densité de l'essaim des cations.

De nouveau la densité de l'essaim des cations dépend de l'intensité du champ électrique produit par l'ultramicron et l'intensité de ce champ électrique dépend du changement systématique des propriétés d'hydratation des cations de même valence (en accord avec P. DEBYE pour leur « possibilité de polarisation » qui est qualitativement la même). Dans un cas défini, 78200 cations (cations échangeables extérieurs) sont présents à la surface d'une particule d'argile de 0,5 μ de diamètre) et le potentiel de cette particule déterminé est 110 millivolts (calculés par les observations de MATTSON). Une telle particule est aussi appelée particule secondaire, qui, dans ce cas spécial, est formée des particules primaires avec un diamètre d'environ 7 $\mu\mu$ et avec 16 à 17 anions chacune. Si les mêmes forces sont actives, les particules primaires ont à leur surface les ions en même densité que on les trouve sur la surface des particules secondaires. Les particules primaires avec leurs cations échangeables intérieurs prennent part à l'échange des cations. D'autre part, après l'échange le potentiel de la particule de l'argile peut être déterminé seulement par les anions de la surface des particules secondaires, ou en d'autres mots par la couche extérieure des anions et par la nature et la densité de l'essaim des cations causé par le champ électrique négatif.

Les changements dans le degré de dispersion de la glaise sont influencés par l'échange de cation en cette façon que l'argile coagule le plus rapidement, si les

cations échangeables de l'argile et ceux des électrolytes coagulants sont hydratés faiblement. Dans la série des métaux alcalins les argiles avec de la soude sont moins sensibles que les argiles avec K; et aussi comme coagulant les cations sont actives dans l'ordre suivant Li, Na, K, Rb, Cs avec augmentation d'efficacité. La série d'ions de HOFMEISTER place celle-ci en étroite relation avec l'hydratation de l'ion (expériences d'ultramicroscopie, de viscosimétrie et de sédimentation). D'autant plus les argiles sont hydratées d'autant plus forte est l'hydratation du cation échangeable dans la particule de l'argile (mesures viscosimétriques).

Les ions coagulants hydratés faiblement forment les plus grands aggrégats dans le temps le plus réduit avec une argile ayant le même cation d'échange. Également l'action de l'augmentation de la concentration en sels dans le teneur de l'eau intérieure de l'ultramiron de l'argile vient en ligne de compte avec l'augmentation de concentration du cation coagulant. Les ultramicrons donnent l'eau dans une solution en concentration de sels plus forte et conséquemment ils se contractent. Donc les argiles avec un cation hydraté d'échange plus fort retiennent l'eau plus fortement que ceux avec un cation d'échange moins hydraté. (Argiles au sodium tiennent l'eau plus fortement que les argiles au K). De la même propriété de l'ultramcicron il résulte qu'un ion coagulant hydraté plus fort enlève l'eau des particules plus complètement qu'un ion coagulant plus faiblement hydraté. Les cations d'échange hydratés plus fortement dans l'argile indiquent des ultramicrons de l'argile plus fortement hydratés, cette glaise a une viscosité plus grande à la même concentration de la phase de dispersion. Les argiles avec du sodium contiennent plus d'eau et sont plus visqueuses que celles au potassium. Les séries d'ions de HOFMEISTER deviennent plus nettes quand l'hydratation des cations échangéables est prise en compte. En même temps les propriétés lyophiliques et « non electrocratic » des systèmes de dispersion augmentent avec l'hydration des cations d'échange.

Avec des quantités augmentées de la phase de dispersion, c'est-à-dire de l'argile mais à la même concentration du coagulant, l'échange des bases peut être augmenté. Avec cette augmentation, l'influence de l'ion coagulant ajouté (qui s'échange avec le cation échangeable de la glaise) diminue et la différence dans la nature des cations ajoutés devient moindre (spécialement aussi en valence); tandis que le cation échangeable (de l'argile) avec des quantités augmentées détermine la coagulation. La règle de valence de SCHULZE devient moins évidente. En accord avec la nature du cation échangeable de l'ultramicron de l'argile, l'action coagulante de l'ion du coagulant apparaît augmentée ou diminuée. L'argile avec calcium par exemple détermine une action fortifiée des cations coagulant à une valence; l'argile à la potasse d'autre part, une action affaiblie des ions coagulants bivalentes. *Des quantités augmentées de la phase de dispersion, qui possède des cations échangeables floculants forts, peut accroître la valeur de floculation de coagulants monovalents à action plus faible et diminuer l'action floculante des coagulants bi-et trivalents agissant plus énergiquement.* (Explication de la règle de KRUYT et VAN DER SPEK).

Les cations échangeables montrent les propriétés ioniques typiques également dans leur façon de se comporter dans l'hydratation et dans la coagulation de suspensions de l'argile et en même temps ce sont des ions qui conservent leurs propriétés caractéristiques également dans le système dispersé. *L'échange de cations détermine le degré de dispersion de l'argile et sa maniere d'être a l'égard de la phase dispersante*, l'eau. L'imbibition, la turgescence et la contraction se trouvent en étroite relation avec l'hydratation (et respectivement avec la possibilité de polarisation) du cation échangéable de la phase de dispersion et le cation du coagulant. *L'échange de cations est en général une réaction qui détermine le degré de dispersion (stabilité, potentiel, coagulation) du système de dispersion.*

Prof. Dr. G. WIEGNER, *Zurich (Switzerland)*. — **Dispersion and Exchange of Bases.**

ABSTRACT.

The author points out that the basic exchange in clay is a special case of a dispersoid-chemical, generally observed "polar" exchange-adsorption. In this exchange-adsorption, the cations (the conditioning stabilizers of the permanence and properties of the disperse system) participate in an exchange action with the added electrolytes. The basic exchange is not limited to clay and permutite alone; but takes place in a number of cases probably being applicable for the coagulation in all disperse systems. With this theory in view Dr. H. GESSNER of the Zurich Agricult. Laboratory has studied the vanadium pentoxide-sol. This sol is differently stabilized according to its preparation and its changes in degree of dispersion and hydration is definitely influenced by cation-exchange. Positive charged ultramicrons will show the anion-exchange according to the same laws. In the present work, investigations are described which demonstrate the influence, of the cation-exchanges on the degree of dispersion and hydration-condition of the dispersed phase, in this case, clay.

The potential of a ultramicron will be determined through the quantity of the electrical charge (for the most part through the number of ions that are present in a unit area of the surface of the ultramicron, in the case of clay 1 anion on about 10^{-13} cm². of surface) and through the thickness of the cation-swarm. Again the thickness of the cation-swarm depends upon the strength of the electrical field produced by the ultramicron, and the strength of this electrical field depends upon systematically changing hydration-properties of the cations of the same valence, according to P. DEBYE from their "possibility to polarization", which is qualitatively the same. In a definite case 78200 cations (outer exchangeable cations) are present on the surface of a clay particle of 0.5 μ diameter and the potential of this particle is determined as 110 millivolts (calculated from the observations of MATTSON). Such a particle is a so-called secondary particle, that, in this special case, is built from primary particles with a diameter of ca. 7 μμ and with 16 to 17 anions each. As the same forces are active, the primary particles have present on their surface the ions in the same thickness as they occur on the surface of the secondary particles. The primary particles with their inner exchangeable cations take part in the cation exchange. On the other hand, after the exchange the potential of the clay particle will be determined only by the anions on the surface of the secondary particles; or in other words, by the outer charging anions, and by the nature and the thickness of the cation-swarm caused by the negative electrical field.

The changes in the degree of dispersion of clays are influenced through the cation-exchange in that the clays coagulate the more rapidly the less the exchangeable cations of the clays and those of the coagulating electrolytes are hydrated. In the alkali-metal series the sodium clays are less electrolyte sensitive than the potassium clays; and also as coagulators the cations are active in the order Li, Na, K

Rb, Cs with increasing effectiveness. The HOFMEISTER ion-series stands then in close relation to the ion-hydration (ultramicroscopic, viscosimetric, and sedimentation experiments). The clays are the stronger hydrated the, stronger the hydration of the exchangeable cation on the clay particles (viscosimetric measurements).

The weakly hydrated coagulating ions form the largest aggregates in the shortest time with a clay having the same exchange cation. Also the action of the increased salt concentration on the inner water-content of the clay ultramicron comes into account with increasing concentrations of the coagulating cation. These ultramicrons give up water to the solution in the stronger salt concentrations and consequently they shrink. Thus clays with a strongly hydrated exchange cation hold the imbibed water faster than those with less hydrated exchange cation. (Sodium clays hold the water faster than potassium clays. Sodium clays swell more after the removal of the coagulating Na Cl). From the same property of the ultramicron it follows that a stronger hydrated coagulating ion withdraws the water from the particles more completely than a weaker coagulating ion.

The stronger hydrated exchange cations in clay stipulate stronger hydrated ultramicrons of clay, which clays have a higher viscosity at the same concentrations of the dispersed phase. Sodium clays are more water-containing and viscous than potassium clays. The HOFMEISTER ion-series becomes clearer when the hydration of the exchanging cations is taken into account. At the same time the lyophilic and " non-electrocratic " properties of the disperse systems increase with the hydration of the exchanging cations.

With increasing amounts of the dispersed phase, that is to say, clay, but at the same concentration of coagulator, the basic exchange will be increased. With this increase, the influence of the added coagulating ion (which exchanges with the exchangeable cation of the clay) recedes, and the difference in the nature of the added cations becomes less (especially also in valence) ; while the exchanged cation (from the clay) with increasing amounts determines the coagulation. The valence rule of SCHULZE becomes less clear. According to the nature of the exchangeable cation of the clay ultramicron, the coagulating-action of the ion of the coagulator appears increased or decreased. Calcium clay for example causes strengthened action of the one-valenced coagulating cations ; potassium clay on the other hand, a weakened action of the two-valenced coagulating ions. *Increasing amounts of the dispersed phase, which has strong flocculating exchangeable cations, must increase the flocculation value of weak-acting one-valenced coagulators ; and decrease the flocculating action of the strong acting two- and three-valenced coagulators.* (Explanation of the rule of KRUYT and VAN DER SPEK).

The exchangeable cations show the typical ionic properties also in the hydration and coagulation behavior of clay suspensions ; and, at the same time, they are ions that retain their characteristic properties also in the disperse system. *The cation exchange determines the degree of dispersion on clay and its behavior towards the dispersing phase, water.* Imbibition, swelling and shrinking stand in close relationship with hydration (and respectively with the " possibility to polarization ") of the exchangeable cation of the dispersed phase and the cation of the coagulator. *The cation exchange is a general working reaction wich determines the degree of dispersion (stability, potential, coagulation) of a disperse system.*

Dr. D. J. HISSINK,

Kgl. Landwirtschaftliche Versuchsstation Groningen, Holland.

ZUR FRAGE DES BASENAUSTAUSCHES UND DER ADSORPTION.

Im grossen und ganzen kann ich nach meiner Arbeit über die austauschfähigen Basen im Boden und die Bedeutung dieser Basen für die Prozesse, die sich im Boden abspielen (*Int. Mitt. für Bodenkunde*, Band XII, Seite 81 - 172 ; auch *Soil Science*, 15, 269-276), hinweisen. Nur möchte ich einige Bemerkungen über die Methode zur Bestimmung des Sättigungszustandes des Bodens machen. Leider kann ich die soeben von Prof. RAMANN gemachten Bemerkungen nicht mehr berücksichtigen.

Unter den Sättigungszustand des Bodens (V) verstehe ich das Verhältnis zwischen der Menge im Boden vorhandener absorptiv gebundener Basen (S) zu der Menge an Basen, die der Boden unter bestimmten Umständen adsorptiv binden kann (T), beide Werte in Milligramaequivalenten auf 100 g. Boden ausgedrückt.

Die Methode, zur Bestimmung der Grösse S habe ich beschrieben ; bleibt also noch übrig die Bestimmung der Grösse T, besser gesagt der Grösse T-S, das ist die Menge der Basen, welche der Boden noch adsorptiv binden kann.

Es handelt sich im Boden um die sehr schwachen Säuren in der Ton- und Humussubstanz. Ich habe versucht, die Menge dieser Säuren konduktometrisch mit Barytlösung zu titrieren (siehe für die Methode : *Konduktometrische Titrationen* von Dr. I. M. KOLTHOFF, Verlag von Steinkopf, 1923). Die Neutralisations-Gerade (KOLTHOFF, Seite 20-29) läuft ziemlich nahe an der horizontalen Achse ; die Baryt-Linie ist im Anfang gebogen und verläuft später gerade. Ich habe nun einfach diese Baryt-Gerade bis zu der horizontalen Achse durchgezogen und dieser Schnittpunkt mit der horizontalen Achse als die Menge Baryt, welche zur Sättigung erforderlich ist (also T-S), angenommen.

Es stellte sich aber heraus, dass man ungefähr dieselben Resultate folgenderweise bekommt. Man filtriert die mit Barytlösung behandelten Bodenproben ab und titriert die Filtrate in der üblichen Weise. Die Mengen Baryt, welche in der Lösung verbleiben, werden von der vertikalen Achse abgetragen ; die zugefügten Mengen Baryt von der horizontalen Achse ab. Man bekommt eine Linie, wie bei der Leitfähigkeitstitration und bestimmt den Schnittpunkt der Barytlinie mit der horizontalen Achse (T-S).

Ich muss gestehen, dass die Methode nicht einwandfrei ist ; weil aber die Titration von drei oder höchstens vier Punkten des geraden Teiles der Barytlinie genügt, ist die Bestimmung von T-S sehr schnell und bequem auszuführen.

In den *Comptes Rendus* von Prag (1922) habe ich auf Seite 239 bereits einige Werte von V mitgeteilt.

Soeben ist von Prof. RAMANN und gestern auch von Prof. GANSSEN bemerkt

worden, dass die stark entbasten Böden sauer sind. Ich möchte demgegenüber hier folgende Resultate mitteilen. Es handelt sich um die zwei holländischen sehr schweren Tonböden, welche von den Kollegen bei der mechanischen Analyse untersucht worden sind, also eine Probe (B 1458) ohne Humus und $CaCO_3$ und eine Probe (B 1459) mit $CaCO_3$ (9,26 %) und etwas Humus (ungefähr 2 %). Ich habe hier die von Dr. NOVAK bestimmte Humusmenge angenommen, umgerechnet aber auf die von uns gefundene $CaCO_3$-Menge. In unterstehender Tabelle sind die Resultate mitgeteilt (1).

	B 1458	B 1459
Humus	0 %	2,0 %
$CaCO_3$	0 %	9,3 »
Ton (Fraktion I + II)	83,0 %	73,2 »
Sand (Fraktion III + IV)	17,0 %	15,5 »
Austauschfähiger Kalk in % auf Boden:		
in Ton und Humus	0,274 %	0,813 %
in Humus	0,0 %	0,09 %
in Ton	0,274 %	0,723 %
CaO in % auf Ton	0,33 %	0,99 %
S. (berechnet)	12,23	36,29
T-S.	35,06	32,47
T	47,29	68,76
V	25,8	52,8
pH	7,49	7,57

Weiter sei bemerkt, dass bei der Titration der Filtrate mit NaCl und Calciumacetat gegen Lauge nur sehr kleine Titerzahlen gefunden wurden und zwar auf 100 g Boden bei B 1458 0,34 cc, bei B 1459 0,78 cc (NaCl-Behandlung); bei B 1458 0,62, bei B 1459 0,80 (Ca-acetat-Behandlung).

Nach diesen Titrationszahlen würde B 1459 selbst ungesättigter sein als B 1458. Die Titrationszahlen der NaCl-, resp. der Calciumacetatfiltraten gewähren uns also, wenigstens in diesem Falle, keinen Einblick in den Charakter dieser Böden.

Sowohl aus den Werten für den Sättigungszustand (V = 25,8 und V = 52,8), wie aus dem Gehalt an CaO auf Ton (0,33 und 0,99) geht deutlich hervor, dass B 1458 in weit höherem Masse ungesättigt ist als B 1459. Trotzdem sind beide Böden nahezu leicht schwach alkalisch (pH = 7,49 und 7,57) (1).

Auch in landwirtschaftlicher Hinsicht zeigt sich deutlich dieser Unterschied zwischen B 1458 und B 1459. B 1458 ist ein sehr schwer zu bearbeitender, steifer Tonboden; B 1459 dagegen ist leicht zu bearbeiten.

Die Ausflockungsversuche mit Kalklösung ergaben auch deutlich Unterschied zwischen beiden Böden. Die wässrige Suspension von B 1458 braucht mehr Kalk zur Ausflockung als die von B 1459. Vielleicht ist es nicht überflüssig, die Aufmerksamkeit auf den Zusammenhang zwischen Sättigungszustand und Kalkgehalt auf Ton (und Humus) einerseits und die zur Ausflockung nötige Kalkmenge andererseits hinzulenken.

(1) Siehe jedoch auch die Verhandlungen der zweiten Kommission der Intern. Bodenkundlichen Gesellschaft, Groningen (Holland), 1926, Teil A, Seite 207, Bemerkung 9.

Man muss hierbei weiter beachten, dass es sich hier um nahezu humusfreie Tonböden handelt. Mit dem Humusgehalt in den Tonböden steigt auch die zur Ausflockung nötige Kalkmenge. Der gutgesättigte humusreiche Tonboden B 885 (siehe *Comptes Rendus de Prague;* 1922, Seite 239, Tabelle II) brauchte weit grössere Kalkmengen zur Ausflockung als z. B. der humusfreie Ton B 829 (Gehalt an Ton [Fraktion I + II] 76.1 %; austauschfähiger Kalk auf Ton nur 0,26 %; Sättigungszustand 22,4).

Auch die alkalische Reaktion des stark ungesättigten Tonbodens B 1458 steht mit dem Fehlen von Humus in Zusammenhang. Sobald sich in solchen sehr kalkarmen Tonböden Humus bildet, bekommt man saure pH-Werte.

Es ist unnötig hier noch hinzuzufügen, dass auch die humusfreien Mineralböden bei noch weiterer Entkalkung als B 1458 sauer reagieren können. So fanden wir z. B. in einigen Proben Flottlehm (von Prof. GANSSEN empfangen) und in einer Probe Bleichlehm (B 238), nur Spuren austauschfähigen Kalkes, weiter einen Sättigungszustand von nahezu Null oder jedenfalls sehr gering und pH-Werte bis ungefähr 5. Alle diese Proben waren völlig humusfrei.

Ich möchte die Kollegen bitten, in der Zukunft neben der Bestimmung der austauschfähigen Basen auch die Bestimmung des Sättigungszustandes des Bodens auszuführen. Bestimmt man dann weiter noch den Gehalt an Ton (I + II), Humus, $CaCO_3$ und schliesslich pH, so bekommt man einen guten Einblick in den Charakter des untersuchten Bodens.

Dr. D. J. HISSINK, *Groningue (Pays-Bas).* — **Échange des bases et adsorption.**

RÉSUMÉ.

L'A. fait quelques observations sur la méthode de détermination de l'état de saturation du sol. Par ce mot il désigne le rapport entre la quantité des bases adsorbées (S) qui se trouvent dans le sol et la quantité totale des mêmes bases (T) qui peut être absorbée dans des conditions déterminées; les deux valeurs sont données en équivalents-mmg. par 100 g. du sol. L'A. a déjà décrit la méthode pour la détermination de S; dans la note actuelle il décrit celle pour la détermination de T, ou mieux de T-S. Il cherche à doser par conductibilité au moyen de la solution de baryte les acides très faibles dans l'argile et dans l'humus du sol et réussit à tracer la ligne de la baryte à l'aide de laquelle on a les quantités nécessaires de baryte pour la neutralisation.

L'A. relate les résultats obtenus sur deux échantillons de terrains hollandais, le premier sans humus et $CaCO_3$, le deuxième avec $CaCO_3$ et quelque peu d'humus.

L'A. propose que, outre la détermination des base capables d'échanges dans le sol, on détermine aussi l'état de saturation de ce dernier.

Dr. D. J. HISSINK, *Groningen (Holland).* — **Base Exchange and Adsorption.**

ABSTRACT.

The author discusses the method of determination of the degree of saturation of the soil. By this qe implies the relation between the amount of absorbed bases in the soil (*S*) and the total amount (*T*) of those bases which can be adsorbed under certain conditions: the two values are given in equivalent mg. per 100 gm.

of soil. The author has already described the method for determination of S; in the present note he gives that for T, or T-S.

He attempts to estimate by conductibility, by means of a solution of baryta, the very feeble acids in the clay and in the humus of soil, and succeeds in tracing a curve of the baryta and the acid, showing the quantity of baryta necessary for neutralization saturation.

The author describes the results obtained on two samples of soil from Holland: the first without humus and $CaCO_3$, the second with $CaCO_3$ and a little humus.

It is proposed that, in addition to the determination of the bases capable of exchange in the soil, to determine also the degree of saturation of the soil.

Prof. Dr. R. GANSSEN,

Geologische Landesanstalt, Berlin.

AUSTAUSCHVORGÄNGE UND ZUSAMMENSETZUNG UNSERER MARSCHBÖDEN.

1) Die seit langer Zeit gewürdigte grosse Bedeutung der Austauschprozesse des zeolithischen Kolloidanteiles des Bodens hat eine Reihe wichtiger Arbeiten ausgelöst. Diese haben sich sowohl *mit den Urhebern der infolge der Gleichgewichtseinstellungen automatisch einzetzenden Versorgung der Pflanzen, dem. $Si\,O_2$ — $Al_2\,O_3$ — Gelgemisch, beschäftigt als auch mit den Gesetzmässigkeiten, die den Austauschvorgängen zu Grunde liegen.*

Ein Teil der Forscher sah in diesem absorbierenden und austauschenden Gelgemisch ein bezüglich der Zusammensetzung innerhalb der weitesten Grenzen schwankendes Gebilde, dem jede stöchiometrische Ordnung fehle, während wiederum andere Untersuchungen, ausgehend von dem tonerdesilikathaltigen Muttergestein, in dem hydratisierten Verwitterungsprodukt enge verwandschaftliche Beziehungen und die regelmässig wiederkehrenden Einwirkungsformen der verschiedenen Klimate zu erkennen und besonders bezüglich der Basen stöchiometrische Verhältnisse festzustellen vermochten.

2) *Die Versuche, die Gesetzmässigkeiten der Gleichgewichtseinstellungen bei den Austauschvorgängen festzustellen, haben bisher diese Erscheinungen anscheinend noch nicht restlos geklärt.* Daran hinderte u. a. der Umstand, dass chemische Umsetzungen als Austauschvorgänge betrachtet und Metalle zur Anwendung kamen, die wohl durch chemische Umsetzung absorbiert, aber nicht durch Austausch wieder entfernt werden konnten.

3) Bald erkannte man den gewichtigen Einfluss der *Art der absorbierten Basen auf die Struktur der kolloidalen Teile und damit auf die physikalische Beschaffenheit der Böden.* Dieser Einfluss hat seine Ursache einmal in der peptisierenden Einwirkung der auch leicht im geringen Grade abspaltbaren Alkalien, das andere Mal

in den koagulierenden Einwirkungen der absorbierten Erdalkalien, die beide durch die Salze der Bodenlösung infolge Austausches in Lösung gebracht werden.

4) Mit der durch die Alkalien hervorgerufenen dichten Lagerung ist die Einzelkornstruktur der kolloidalen Teile verbunden, die weitere Schädigungen, wie schwere Durchlässigkeit und Verkrustung des Bodens im Gefolge hat. Derartige Bodenerkrankungen können auch durch jahrelang fortgesetzte Düngungen mit Chilesalpeter und Kalisalzen eintreten, sowie im Gefolge von Überschwemmungen mit Meerwasser und selbst unter gewissen Bedingungen auch bei *übermässigen* Düngungen mit Aetzkalk. Die Einwirkung der Erdalkalien ruft Krümelstruktur und zumeist bessere Wasserdurchlässigkeit hervor.

5) Bei der anerkannten Bedeutung der zeolithischen Kolloide liegt der Wissenschaft die Pflicht ob, schon jetzt auf die Wege und Möglichkeiten hinzudeuten, die die Erhaltung und Neubildung von zeolithischen Kolloiden zum Zweck haben.

Die gefundenen Gesetzmässigkeiten, dass ein SiO_2 — Al_2O_3 — Gelgemisch bei Anwesenheit von mindestens 3 Mol. SiO_2 imstande ist, 1 Mol. Base auf 1 Mol. Al_2O_3 zu binden, geben uns die Fingerzeige wie wir einen Mangel an den einzelnen Bestandteilen des zeolithischen Kolloidanteils feststellen und beheben können. In eben besprochenem Falle haben wir ein neutrales Verwitterungssilikat. Ist unter gleichen Verhältnissen weniger Base gebunden, so ist der Boden sauer, ist mehr Base vorhanden, so ist der Boden alkalisch. Die Gesetzmässigkeiten bei diesen Bedingungen kann man somit zur Formulierung des neutralen, sauren und alkalischen Bodens, zur Erkennung der Höhe der absorptionen Sättigung und der Art (humid, arid) und Tiefe der Verwitterung, weiter der Tendenz der zukünftigen Bodenbildung des Gesteins, zur Klassifikation der Böden nach dem Tongehalt, der mit dem Gehalt an salzsäurelöslicher Al_2O_3 parallel geht, verwenden. Nur die Böden, deren unverwitterte Silikate sich durch HCl zersetzen lassen, — hierher gehören z. B. die jungvulkanischen Böden, — können nicht in dieser Weise untersucht und begutachtet werden.

Es wurden auch weiter die Abweichungen bekannt, die in dem Falle eintreten, dass die Gelgemische des Bodens keine innigen, molekularen sind, und die Art der Feststellung dieser Abweichungen.

6) Während nun umfangreiche Untersuchungen sich mit der Feststellung und der Beseitigung der sauren Reaktion des Bodens beschäftigen, können wir auch einzelne Ratschläge bezüglich der alkalischen Reaktion registrieren. So will man unter der erstrebenswerten Neubildung von neutralen zeolithischen Kolloiden neben der Entfernung der Soda zugleich die der neutralen Salze ($Na_2\,SO_4$ Na Cl) bewirken. Und zwar durch Melioration des alkalischen Bodens vermittels Zufuhr von $Al_2\,O_3$ — hydratreichen Böden oder von sauren Böden, die SiO_2 und $Al_2\,O_3$ im Überschuss führen, aber an Basen absorptiv ungesättigt sind. Die überschüssige freie $Al_2\,O_3$ bildet basische Salze mit den Säuren der Sulfate, Chloride usw., während das SiO_2 — $Al_2\,O_3$ — Gelgemisch die Basen der Alkalisalze absorbiert. Die *volle* Entfernung der Alkalisalze würde einen erheblichen Vorteil gegenüber den bisherigen Meliorationsarten gewähren.

7) Das Kieselsäure-Gel verdient nicht nur als Bestandteil des zeolithischen Kolloidanteils grosse Beachtung, sondern auch durch die von Lemmermann festgestellte ausserordentlich wichtige Tatsache, dass es imstande ist, bei pflanzen-

physiologischen Prozessen die P_2O_5 zu ersetzen. Da erschient es unbedingt erforderlich, die Bindungsformen des SiO_2- Gels festzustellen, die imstande sind, dieses überaus günstige Verhalten des SiO_2 zu gewährleisten und zu verstärken.

8) Die natürliche Ergänzung der zeolithischen Kolloide erfolgt durch die klimatischen Einflüsse in verschieden hohem Grade, besonders günstig ist sie im ariden Klima infolge der hydratischen Verwitterung. So enthalten die schwächer als die zeolithischen Kolloide hydratisierten kaolinischen Silikate der Lösse, aus denen sich die ersteren rekrutieren, noch fast die volle Bindung von 1 Mol. Base auf 1 Mol. Al_2O_3, während die kaolinischen Silikate der humiden tonigen Verwitterung im Gegensatz hierzu eine erheblich geringere Menge an Basen gebunden enthalten.

9) Die innerhalb kurzer Zeit austauschenden zeolithischen Silikate ergänzen sich aus den schwerer austauschenden, erst durch kochende H Cl und durch H_2SO_4 zersetzlichen und nur teilweise hydratisierten Silikaten, so dass man anstatt der direkten Austauschbasen ohne grossen Fehler auch die durch H Cl gelösten Basen wird in die Betrachtung mit einbeziehen können.

10) Welche wichtige Rolle die *neutralen* zeolithischen Kolloide, wenn sie in reicher Menge im Boden vertreten sind, bei der Ernährung der Pflanzen spielen, erkennen wir aus den Analysen der ariden Böden Nordamerikas, der Tschernosiomböden Russlands und der Marschböden Deutschlands. Und zwar nicht nur inbetreff der Nährstoff-Basen, sondern auch bezüglich der P_2O_5. Schon HILGARD berichtet, dass selbst ein geringer Gehalt an P_2O_5, falls er nur den Erntebedarf deckt, nicht ins Gewicht fällt, weil er selbst bei Gegenwart von $CaCO_3$ leicht assimilierbar bleibt. In gleicher Weise melden Tacke und Arnd, dass sie bei den alten Marschböden, die, nach dem Molekularverhältnis zu urteilen, neutraler Reaktion sind, durch P_2O_5 — oder durch K_2O- Düngung keine Mehrerträge erzielen können.

Die bessere Ausnutzung der Phosphorsäure dürfte auf die in hochfeiner, fast molekular feiner Form auf der grossen Oberfläche der Kolloide erfolgende Abscheidung der P_2O_5 durch die Erdalkalien der zeolithischen Kolloide zurückzuführen sein, deren grosse Reaktionsgeschwindigkeit verhindert, dass die P_2O_5 durch die Oxyde des Eisens und der Tonerde bezw. durch die Karbonate der Erdalkalien in krystalliner und daher gröberer und schwerer löslicher Form niedergeschlagen wird.

11) Die Austauschvorgänge bezüglich der Basen sind aus Mangel an letzteren im sauren Boden stark behindert, dafür erscheinen saure Al-Salze in der Lösung, auch als « Austauschazidität » bezeichnet. Auch die den Pflanzen weniger schädliche hydrolytische Azidität wurde beschrieben. Weiter hat sich die Methode der elektrometrischen Messung der Wasserstoff-Jonen-Konzentration eingebürgert, während auch kolorimetrische Messungen und das Verhalten des Azotobakters gegenüber sauren Böden mit Erfolg dazu vorgeschlagen wurden, die Azidität des Bodens bezw. seine Kalkarmut oder Kalkbedürftigkeit zu messen. Bezüglich der elektrometrischen Bestimmung wurde ein im Felde verwendbarer Apparat vorgeschlagen.

12) Die Astauschvorgänge der, nach dem Molekularverhältnis zu urteilen, *alkalischen* Marschböden sind durch die Untersuchungen von Tacke und Arnd wesentlich gefördert. Während die *neutralen* Marschböden mit hohem Gehalt an zeolithischen Kolloiden, auf Düngung mit CaO, P_2O_5 und K_2O nicht reagierten, sich also als fruchtbare und nicht düngebedürftige Böden auswiesen, war dies nicht der Fall bei den (nach dem Molekularverhältnis zu urteilen) *alkalischen* und zugleich *an zeolithischen Kolloiden ärmeren* Marschböden. Dieselben gaben bei P_2O_5- und K_2O- Düngung höhere Erträge, aber anscheinend nicht infolge der Düngebedürftigkeit an P_2O_5 oder an K_2O, sondern an Azidität, die mit diesen Düngern zugleich verabreicht wurde.

13) Das Molekularverhältnis hat somit nicht allein gestattet, den *alkalischen Charakter* der Böden zu erkennen, sondern damit auch deren Düngebedürftigkeit an Azidität. Es war weiter möglich, zugleich auch den Überschuss an Alkalität im Verhältnis auf 1 Mol. Al_2O_3, sowie die chemische Natur dieser Überschuss-Alkalität zu erkennen bezw. zu errechnen. Die schädliche Einwirkung der Überschussalkalität wird verstärkt, wenn sie durch Alkalien hervorgerufen wird, herabgesetzt, wenn sie aus Erdalkalien besteht.

14) Da bei der pflanzenphysiologischen Bestimmung der Düngebedürftigkeit eine Täuschung als möglich erscheint, sobald nicht ein neutraler, sondern ein saurer oder alkalischer Boden vorliegt, der eine normale pflanzenphysiologische Verwertung der Nährstoffe nicht gestattet, so ist die pflanzenphysiologische Prüfung auf Düngbedürftigkeit erst dann auszuführen, wenn der Boden in neutrale Reaktion übergeführt worden ist.

Prof. Dr. R. GANSSEN, *Berlin* (*Allemagne*). — **Les processus d'échange et la composition de nos terres des sols marécageux.**

RÉSUMÉ.

La grande importance des colloïdes zéolithiques du sol a suscité une série de travaux importants. Ceux-ci s'occupent de la conformité aux lois des processus d'échange et de la conformité aux lois des processus se trouvant à la base de l'union chimique ou physique des bases chimiques échangeables Si O_2 et Al_2O_3.

On a étudié en outre différentes structures des colloïdes du sol d'après la nature des bases absorbées dont la saturation totale ou partielle des colloïdes est également d'une grande influence. De semblables états peuvent être provoqués par les inondations des eaux de la mer, par des fumures avec des engrais basiques ou acides etc.

La question fut aussi discutée de savoir si, étant donné l'importance des colloïdes zéolithiques du sol, il n'était pas indiqué de conserver et d'augmenter ces derniers par l'apport de substances appropriées et efficaces telles que les sels de silice et les hydrates d'alumine.

La connaissance du rôle important des acides hydratés de silice comme remplaçant partiel des acides du phoshore pour la nourriture des plantes a eu ici une action bienfaisante.

Les recherches sur la détermination de l'acidité du sol ont pris également une large extension ; la saturation d'absorption incomplète des colloïdes zéolithiques après les différents traitements et également la preuve et la suppression de la réaction alcaline se sont montrées dignes de retenir l'attention. La saturation absorbante complète ou quasi complète des colloïdes zéolithiques, mesurée par la propor-

tion moléculaire, a été reconnue comme étant une propriété des sols fertiles (terres noires, loess, terres arides) et rend vraisemblablement plus solubles les bases associées aux colloïdes aussi bien que l'acide phosphorique précipité sous forme colloïdale. La fertilité ressort clairement surtout de la haute teneur du sol en colloïdes zéolithiques saturés.

Le calcul des rapports moléculaires des colloïdes zéolithiques dissociés par HCl permet de prouver également que les terres des Marches fertiles et n'ayant pas besoin de fumures restent dans un rapport neutre qui produit la fertilité tandis que les terres des Marches ayant besoin de fumures dépassent ce rapport neutre et montrent une réaction alcaline. La réaction alcaline est en effet modérée par la grande quantité présente d'acides hydratés de silice qui le plus souvent fait défaut dans les terres alcalines pures. Seulement la mobilité de l'alcalinité excédente dans les solutions de sols peut difficilement être abolie.

Avec la détermination de la réaction alcaline et le rapport moléculaire coïncide le fait que l'on peut dire qu'il s'agit de terres physiquement sensibles. Le calcul moléculaire permet en outre de déterminer le chiffre de l'excédent d'alcalinités et sa nature chimique approximative. Il est important de savoir que l'alcalinité provenant des alcalis agira comme on pouvait le prévoir d'une façon plus néfaste que celle provenant des alcalino-terreux. Le calcul moléculaire permettra par conséquent de déterminer dans ces cas la détermination du besoin du sol en engrais ; l'alcalinité du sol exige l'apport de substances acides ou agissant comme telles. La détermination du besoin en engrais d'après les bases de la physiologie végétale peut selon les circonstances donner lieu à des erreurs (puisque les engrais influencent la croissance des plantes d'après leur action comme substances nutritives mais aussi par leurs réactions chimiques ou physiologiques acides ou alcalines) et cela dans des cas où ne se trouve aucun sol neutre Avec des sols non neutres la réaction acide ou alcaline du sol peut par conséquent être changée avant cette détermination en une réaction neutre par une fumure appropriée et de façon à donner naissance à un résultat n'ayant qu'une seule signification.

Comme alcalinité excédente on désigne la quantité de base (alcaline ou alcalino-terreuse) qui existe au-dessus du rapport 1 mol. Base : 1 mol. Al_2O_3 : > 3 mol. SiO_2.

Prof. Dr. R. GANSSEN, *Berlin (Germany.)* — **The Exchange Processes and the Composition of our Land of the Marshy Soils.**

The great importance of the soil zeolitic colloids has given rise to a series of important studies. These treat of the conformity to the laws underlying the processes of exchange, and the conformity to the laws of the processes which form the basis of the chemical or physical union of the interchangeable chemical substances, SiO_2 and Al_2O_3.

In addition, there have been studied the different structural constitutions of the soil colloids according to the nature of the absorbed bases, in which the partial or total saturation of the colloids has a great importance. Similar conditions may be brought about by flooding with sea-water, by manuring with basic or acid fertilisers, etc.

The question has also been discussed whether, admitting the importance of the zeolitic soil colloids, it is not advisable to conserve and augment these colloids,

by the addition of suitable and effective substances such as the salts of silica and aluminium hydrates.

Knowledge of the importance of the acid hydrates of silica in partially replacing phosphoric acid in plant nutrition has in this connection been beneficial.

Investigations on soil acidity have also been widely extended ; the incomplete absorption saturation of zeolitic colloids according to the different treatments, and also the proof and suppression of the alkaline reaction have received special attention. The complete or nearly complete absorption saturation of zeolitic colloids, estimated by the molecular ratio, has been recognised as a property of fertile soils (black soils, loess, arid soils), and probably renders more soluble the bases associated with the colloids as well as phosphoric acid precipitated in a colloidal form. Fertility is shown conspicuously by the high content of a soil in saturated zeolitic colloids.

The calculation of the molecular constitution of the zeolitic colloids dissociated by HCl, shows also that the fertile land of the Marches which has no need of manure, remains in a neutral condition conducive to fertility, although the soils of the Marches that need manure go beyond this neutral condition and give an alkaline reaction. The alkaline reaction is modified by the presence of large amounts of acid hydrates of silico which are generally deficient in purely alkaline soils. It is only difficult to remove the excessive alkalinity of soil solutions.

The estimation of the alkaline reaction and the molecular affinity coincides with the fact that the land may be said to be physically sensitive. The calculation of the molecular constitution makes it possible also to ascertain the amount of the surplus alkalinity and approximately its chemical character. It is important to know that the alkalinity arising from alkalis will act as might be anticipated, more prejudicially than the alkalinity actually present in alkaline soils. The molecular calculation will allow, in consequence, the manurial need of the soil to be ascertained; the alkalinity of the soil requires the application of acid substances, or those which act as such.

The estimation of manurial requirements on the basis of plant physiology may give rise to errors, under certain circumstances (fertilisers influence plant growth both by their nutritive properties and by their chemical or physiologically acid or alkaline reactions even in the case of neutral soils. With soils which are not neutral, their acid or alkaline reaction may, in consequence, be altered before the estimation is made to a neutral reaction by a suitable fertiliser, in such a way as to produce a result which can only be interpreted in one way.

By excess alkalinity is intended the quantity of base (alkaline or alkaline-earth) that is present in excess of the affinity of 1 molecule. Base : 1 mol. Al_2O_3 : > 3 mol. SiO_2.

Prof. Dr. A. A. J. VON 'SIGMOND.

Kir. József-Müegyetem Mezögazd.-Chem. Technologiai Laboratoriuma, Budapest, Ungarn.

BEZIEHUNGEN DER SOGENANNTEN KÜNSTLICHEN ZEOLITHE MIT DEN BASENAUSTAUSCH UND DEN PHYSIKALISCHEN EIGENSCHAFTEN DER ALKALIBÖDEN.

An der münchener Versammlung unserer Kommission, hat sich die grosse Bedeutung der sogenannten künstlichen Zeolithe für die Bodenkunde derart kund gegeben, dass seither eine ganz neue und fruchtbare Literatur über diesen Gegenstand sich entwickelt hat. Ich will hier nur ganz kurz meine eigenen Erfahrungen zusammenfassen.

Zunächst habe ich das Ganssen-sche Prinzip über die Bildung von Aluminatsilikate oder kolloidaler Zeolithe geprüft und auf nassem Wege unter 10 verschiedenen Ausgangsbedingungen den Ganssen'schen Prinzip entsprechende künstliche Zeolithe dargestellt. Ich will hier nur die Hauptergebnisse zurückgeben und in Tabelle 1. zusammenfassen.

TABELLE I.

Fort laufende Nr.	Molekularverhältniss in dem zum Experiment abgewogenen Lösungsgemisch.			Auf je 100 Mol Na_2O wurden verwendet in Mol.					Molekularverhältniss in dem fertigen Zeolith (bei 110 C getrocknet)				
				In der Silikat Lösung	In der Aluminat-Lösung	In der zusammengemischten Lösung.							
	SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	SiO_2	Al_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	$SiO_2Al_2O_3$	H_2O	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Na_2O
1	1	1	1.55	288.6	80.5	63.0	63.0	126.0	3.18	2.67	1	0.82	—
2	2	1	1.93	288.6	80.5	103.5	51.7	155.1	2.99	2.77	1	0.91	—
3	3	1	2.28	288.6	80.5	131.6	43.8	175.5	3.19	2.93	1	0.94	—
4	4	1	2.68	288.6	76.9	148.9	37.2	186.1	3.07	3.46	1	1.09	—
5	5	1	2.97	288.6	80.5	168.2	33.6	201.8	3.37	3.61	1	1.04	—
6	10	1	4.58	325.1	66.6	218.5	21.8	240.3	3.80	4.57	1	0.96	0.02
7	20	1	7.65	325.1	66.6	261.4	12.94	274.3	5.11	6.00	1	1.25	0.12
8	10	1	11.68	198.6	15.0	85.5	8.56	94.1	3.44	5.47	1	0.96	0.06
9	10	1	10.62	310.5	13.5	94.1	9.41	103.5	3.57	3.47	1	1.16	0.06
10	10	1	21.25	310.5	13.5	47.0	4.7	51.8	2.62	3.03	1	0.91	0.09

Wie aus den Angaben der Tabelle hervorgeht, habe ich die Molekularverhältnisse der Anfangslösungen unter weiten Grenzen variiert, namentlich auf $Al_2O_3 = 1$ bezogen wechselte sich die Menge von SiO_2 von 1-20 Mol, resp. die Molekularmenge des

Na_2O- von 1.55 - 21.25 Mol. Dennoch finden wir in den fertigen Präparaten ein ungefähr beständiges, annäherndes Verhältnis von $Al_2O_3 : R\,O = 1 : 1$, was bei solchen kolloiden Präparaten genügend beweiskräftig dafür spricht, dass *es hier um chemische Verbindungen und nicht um etwa adsorptive Erscheinungen handelt.* Auch für das Molekularverhältnis von $Al_2O_3 : SiO_2$ hat sich erwiesen, dass wenn wir der Menge SiO_2 eine genügend hohe Menge von Na_2 wählen, wie z. B. im Versuche Nr. 10., so entsteht selbst bei einem Anfangsverhältnis von $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 10$, ein Präparat mit den Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 3$. Ist hingegen die Menge des Na_2O- nicht genügend hoch gewählt, wie z.B. bei 8. und 9., dann bekommen wir ein Präparat mit den Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2 = 2 : 7$, oder noch mehr wie $Al_2O_3 : SiO_2 = 2 : 9$ (bei Versuchs Nr 6.), wo die relative Menge des Na_2O- auf SiO_2 bezogen noch geringer gewählt wurde. Allein auch in diesen Fällen, wie bei allen andern Verhältnissen, scheint die Regel sich bewähren, dass dem Grundkern von $3SiO_2 . Al_2O_3 . RO$ stets ganze Molekeln von SiO_2 sich anknüpfen, u. zw. zunächst 1 Mol. SiO_2 auf 2 Kerne, sodann 3, und bei Versuch 7. sogar 11 auf 4 Kerne. Demnach könnten wir also die Zusammensetzung der hier erhaltenen Präparate mit folgender chemischen Formel, ohne Berücksichtigung des chemisch gebundenen Wassers, darstellen :

$$3\,SiO_2 . Al_2O_3 . R\,O$$
$$/3\,SiO_2 . Al_2O_3 . R\,O/2\,SiO_2$$
$$[SiO_2 . /3\,SiO_2 . Al_2O_3 . R\,O/]_2 . SiO_2$$
$$[5\,SiO_2 . /3\,SiO_2 . Al_2O_3 . R\,O/]_2\,SiO_2$$

Ob diese an den Kernen anhängenden SiO_2- Molekeln chemisch oder nur physikalisch angeknüpft sind, und wie viel Hydratwasser noch hinzukommen, mag vorderhand noch dahingestellt bleiben. Die oben hervorgehobenen stöchiometrischen Befunde beweisen dennoch, dass man hier nicht mit einfachen Gelgemischen von SiO_2 und Al_2O_3 zu thun hat; und wenn auch die Menge der SiO_2 noch nicht ganz festgestellt werden kann, für das $Al_2O_3 : R\,O$ scheint die Stöchiometrie allgemein festzustehen. Dieser Umstand lässt auch vermuthen, dass in diesen zeolithartigen Gebilden das Al_2O_3 als 2-wertiges, komplexes Säureradikal zu betrachten ist, und auf je 1 atom Al stets 1 atom I-wertiger Kation resp. auf 2 atom Al 1 Atom II-wertiger Kation chemisch gebunden ist und in aequivalenten Mengen durch andere I. -resp. II-wertige Kationen ausgetauscht werden kann.

Nun habe ich die Austauschfähigkeit und Geschwindigkeit der Kationen studiert. Ich habe dazu eine kontinuirliche Percolation verwendet, um zu erfahren, wie rasch diese Reaktion vor sich geht, und ob die ganze Menge der Kations der künstlichen Zeolithe sich austauschbar verhält. Ich will hier nur die Ergebnisse einiger Versuche mit den Präparaten Nr 6. und 7. anführen.

Aus diesen Angaben kommt hervor, dass im Allgemeinen die Reaktion Anfangs sehr rasch ist und allmählich verlangsammt wird. Eine vollständige Austauschung gelang mir nicht, und dürfte nur nach langer Dauer des Vezsuches erwartet werden. Jedoch wird schon in kurzer Frist ein beträchlicher Teil ausgetauscht u.zw. um so mehr, je rascher die Percolation vorgegangen ist. Wenn wir diese Werte in ein Koordinaten-System einreihen, wo an der senkrechten Abscisse die Prozentzahlen des Aus-

TABELLE II.

	Experiment mit dem Zeolith No. 6	Experiment mit dem Zeolith N. 7			
		1.	2.	3.	4.
	Gehalt an CaO ausgedrückt in % des abgewogenen Zeoliths.				
In 3 Stunden filtrierte Lösung	—	48.9	—	—	—
» 6 » » »	—	76.7	38.7	—	—
» 24 » » »	78.5	99.3	74.5	65.9	46.5
» 30 » » »	—	—	77.7	—	—
» 2 Tagen » »	91.0	—	84.0	76.5	60.2
» 3 » » »	97.3	—	—	84.0	66.8
» 4 » » »	—	—	—	91.0	70.9
» 5 » » »	—	—	—	—	74.5
» 6 » » »	—	—	—	—	77.1
» 7 » » »	—	—	—	—	80.3
Zu dem Experiment abgewogener Zeolith enthielt.	239.5 mg	182.0 mg	182.0 mg	182.0 mg	182.0 mg
Am Ende des Experiments enthielt der Zeolith.	2.6 »	3.1 »	25.0	13.4 »	15.4 »
Dauer des Experiments ausgedrükt in Tagen	3	3	3	7	8
Täglich im Durchschnitt filtrielte Lösung	1362.1 cm³	1425.1cm³	721.2 cm³	312.0cm³	167.6 cm³

getauschten CaO-des, an der Ordinate die Zeiten der Percolation abgemessen sind, so erhalten wir die in Fig. 102 wiedergegeben Kurven. Das beweist, was schon andererseits

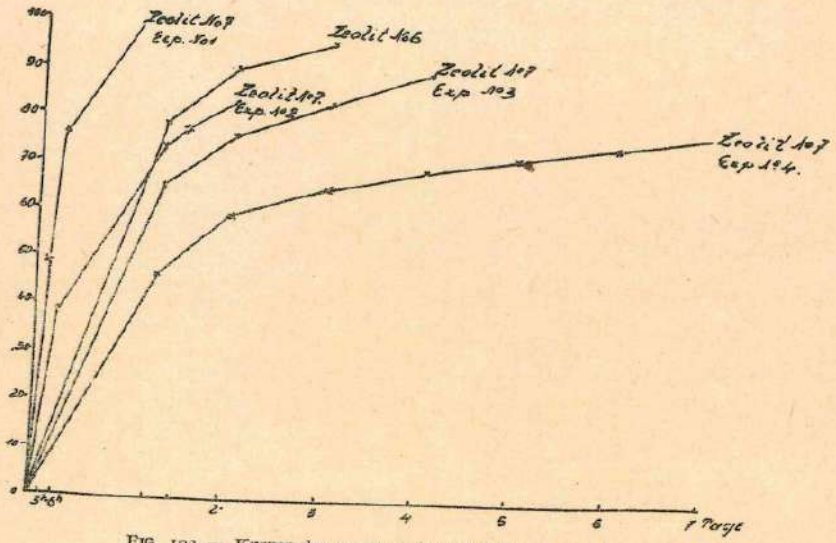

FIG. 102. — Kurven des ausgetauschten CaO für verschiedene Zeolithe.

für die Permutite festgestellt wurde, dass der Basenaustausch, obzwar nach äquivalenten Mengen geschieht, dennoch nicht so einfach ist, als dies bei gewönlichen chemischen Reactionen in Lösungen vorgeht. Da haben wir aber

eine Reaktion zwischen einer Lösung und einem unlöslichen und schwach hidrolysierten Körper, wo die Wirkung natürlicher Weise stets nur an der Oberfläche der festen Partikelchen sich rasch abwickeln kann, und die Lösung nur langsam in das innere der festen Phase eindringen mag. Es ist also hier eine chemische Reaktion vorhanden, welche nur an der Grenzschicht in voller Wirkung zur Geltung kommt, wie das u.a. auch HISSINK auffasst [1]).

Nach R. GANSSEN [2] wie auch nach RAMANN [3] entspricht der Basenaustausch dem Gesetz der chemischen Massenwirkung und ist eine reine Jonenreaktion.

Wenn dem so ist, *so wäre es entsprechender in der Zukunft anstatt der Oxidmolekeln stets die äquivalentwerte der Kationen zu benützen.* Wenn ich im weiteren dennoch die Oxide und Oxidmillimole beibehalte, geschieht dies nur, um die Angaben mit den früheren Werten vergleichen zu können, welche bis jetzt allgemein in dieser Art ausgedrückt wurden.

Es hat sich ferner aus den Percolationsversuchen herausgestellt, dass wenn genügend viel Lösung durchgelassen wird, so kann man schon binnen 1-2 Tagen die Austauschbaren Kationen bis zu 97-99 % in Lösung bekommen.

Nun habe ich versucht diese Versuchsanordnung auf zwei verschiedenen Böden auszuführen. Die Tabelle 3. gibt die Ergebnisse des Versuches mit den Szikboden aus Mezöhegyes an.

TABELLE III.

Probe nahme Nr.	Zeit des Filtrierens in Stunden	Menge der filtrierten Lösung ccm.	Aus 50. g. lufttrockenen Boden aus Mezöhegyes ausgelaugt in milligrammen				In 1000 ccm Lösung enthalten in Millionmolen				
			CaO.	MgO.	K_2O	Na_2O	CaO.	MgO.	K_2O.	Na_2O.	Summe
1	24	810	489.2	28.3	2.5	18.0	10.76	0.86	0.02	1.54	13.18
2	24	1355	531.1	12.6	1.8	21.3	6.98	0.22	0.01	0.25	7.46
3	24	1385	494.4	32.5	—	6.5	6.36	0.57	—	0.07	7.00
4	24	1494	369.0	39.2	—	5.0	4.97	0.64	—	0.05	5.66
5	48	1918	456.6	17.8	—	7.9	4.23	0.22	—	0.06	4.51
6	48	2393	242.8	21.2	—	7.6	1.80	0.21	—	0.05	2.06
7	48	2428	107.5	12.3	—	6.3	0.78	0.12	—	0.04	0.94
8	48	2185	3.0	12.0	—	2.1	0.02	0.13	—	0.01	0.16
9	48	1815	—	9.0	—	1.5	—	0.12	—	0.01	0.13
Summe	336	15783	2693.6	184.9	4.3	176.2	—	—	—	—	—

Das Verfahren bestand darin, dass man 50 g., durch das 0.5 mm. Sieb gebrachten Boden, in einem Glasrohr von etwa 8 cm. Durchmesser schichtete, dessen untere Oeffnung durch eine mit Filtrierpapir bedekte Siebplatte aus Porcellan geschlossen war. Aus einer Deville-Flasche wurde dann bei beständigen Niveau eine 10 % ige $(H_4N)\,NO_3$- Lösung geschichtet und die täglich durchfiltrierte Lösung gewogen und analysiert.

[1] Dr. D. J. HISSINK: Beitrag z. Kenntnis der Absorptionsvorgänge im Boden. *Intern. Mitt. f. Bodenkunde*, Bd. XII. (1922) S. 82.

[2] Zentralbl. f. Mineralogie u. Geologie 1913. S. 732.

[3] E. RAMANN u. DR. A. SPENGEL: Zur Kenntnis der Bodensorption. *Landw. Versuch-Stationen*, Bd. 92. S. 133.

Aus den Angaben der 3. Tabelle ergibt sich zunächst, dass unter den angewendeten Versuchsbedingungen es gelungen ist, bis etwa zur Grenze der Wirkung von $(H_4N)\,NO_3$ zu kommen. Ich will nicht in die Besprechung der Einzelheiten näher eingehen, nur möchte ich hervorheben, dass die Wirkung für K_2O und Na_2O praktisch schon mit dem 2. Tage aufgehört hat. Das mag mit der schon bekannten hohen Reaktionsgeschwindigkeit des Basenaustausches erklärt werden. Für CaO und MgO scheint aber die Sache verwickelter zu sein. Nachdem der Boden ziemlich reich an Karbonaten ist, lag die Vermutung nahe, dass die Mengen von CaO und MgO, die durch die Zersetzende Wirkung von $(H_4N)\,NO_3$ in Lösung gegangen sind, nicht nur durch den Basenaustausch, sondern auch durch die Zersetzung (der) Karbonate herrühren können. Diese Vermutung hat sich auch vollkommen bestätigt, und wurde neuerdings auch durch ähnliche Versuche von HISSINK bewiesen [1]. Ich habe nämlich nach Beendigung des Versuches mit $(H_4N)\,NO_3$ Lösung, den Versuch mit n/10 HNO_3 weiter verfolgt, und erhielt dabei die in Tabelle 6). zusammengestellten Werte.

TABELLE IV.

Probe nahme No.	Zeit d. Filtrierung in Stunden	Menge d. filtrierten Lösung ccm.	Aus 50. g. lufttrockenen Boden aus Mezőhegyes ausgelaugt in Milligrammen				In 1000 ccm. Lösung enthalten in Milligrammen				
			CaO.	MgO.	KO_2.	Na_2O.	CaO.	MgO.	K_2O.	Na_2O.	Summe
1	24	1379	73.3	15.1		12.07	0.94	0.26		0.13	1.33
2	24	1212	17.4	18.4	—	10.54	0.25	0.37	—	0.14	0.76
3	24	1365	16.9	15.7	2.7	12.07	0.21	0.27	0.021	0.13	0.631
4	24	1217	12.1	8.9	2.9	14.88	0.17	0.18	0.025	0.10	0.565
5	24	1246	—	10.8	2.2	10.54	—	0.20	0.019	0.13	0.349
6	48	2119	—	14.3	1.4	9.30	—	0.16	0.007	0.07	0.237
7	48	2599	—	1.8	1.0	12.07	—	0.01	0.004	0.07	0.084
8	48	2341	—	2.4	1.0	6.00	—	0.02	0.005	0.02	0.045
9	48	2374	—	5.9	1.3	6.19	—	0.05	0.005	0.02	0.075
10	48	2220	—	4.8	1.5	5.81	—	0.04	0.007	0.02	0.067
11	48	2083	—	4.6	2.1	4.97	—	0.05	0.011	0.02	0.081
Summe	408	20155	119.7	102.7	16.1	104.44					

Jch will bemerken, dass ich hier nur die in Lösung gegangenen Mengen von CaO, MgO, K_2O, Na_2O, in die Tabelle aufgenommen habe, obzwar auch SiO_2, P_2O_5, Al_2O_3, Fe_2O_3 mitbestimmt wurden, welche ich hier nicht näher behandeln möchte.

Zunächst erscheint es auffallend, dass die Menge des durch verdünnte Säure zersetzbaren CaO- überraschend gering ausfiel. Ich habe ausgerechnet, dass die Gesammtmenge des CaO- resp. MgO- welche in den zwei nacheinanderfolgenden Versuchen in Lösung gegangen ist für 100 g. Boden berechnet 99.80 Millimolen CaO, respektive. 21.58 Millimolen MgO entspricht. Die Gesammtmenge des CO_2 im Boden entsprach 116, 1 Millimolen, dessen äquivalente Millimolenmenge von der Ge-

[1] Oben Zitierte Abhandlung *Intern. Mitt. f. Bodenkunde*, Bd. XII (1922), S. 96. Es sei bemerkt, dass die obigen Verdrängungsversuche schon in den Jahren 1915-1916 ausgeführt aber bis jetzt nicht publiziert wurden.

sammtmenge der Millimolen der II-wertigen Monoxide abzurechnen ist. Die Berechnung stets für 100 g. Boden umgerechnet ergibt folgendes:

CaO-Millimol	in $(H_4N)NO_3$	gef.	97.68
	in n/10 HNO_3	»	2.12
		Zusammen	99.80
MgO-Millimol	in $(H_4N)NO_3$	gef.	19.10
	in n/10 HNO_3	»	2.48
		Zusammen	21.58

Gesammt. CaO Mill.	99.80	
» MgO.	21.58	
Gesammt II. wert	121.38	
Für Carbonate ab	116.1	
Bleiben	5.28	Millimole

CaO + MgO, welche in austauschfähigem Zustand im Boden waren.

Wenn wir nur die in Lösung gegangenen Millimole CaO resp. MgO des 2. Tages von denen des 1. Tages substrahieren bekommen wir für CaO = 3.78 Millimole, für MgO = 0.64 Millimole für 1 liter Lösung. Nachdem aber am 1. Tage nur 810 ccm. Lösung abfiltrierten, muss das auf diesem Werte umgerechnet werden. Es ergibt sich dann.

für CaO	3.06	Millimolen
» MgO	0.52	»
Zusammen	3.58	»

Also mit 1.70 Millimolen weniger als die oben berechnete Gesammtmenge von 5.28 Millimolen. Das weist darauf hin, dass auch hier wie bei den I. -wertigen Basen noch etwas am zweiten Tage ausgetauscht wurde. Wenn wir nun diesen Rest von 1.70 Millimolen nach demselben Verhältniss, wie die Mengen in Tabelle 4. es zeigen, verteilen, so kann man ungefähr mit 1.65 Millimol. CaO resp. 0.05 Millimol MgO rechnen, und als Endresultat ergibt sich für die austauschbaren Monoxide folgende Zusammenstellung:

für CaO	4.71
» MgO	0.57
» K_2O	0.06
» Na_2O	3.18
Zusammen	8.52

Millimole Basen für 100 g. Boden. Die Verteilung der austauschbaren Basen wird also in Millimolen Prozenten folgendes Bild zeigen:

CaO	Millimol	%	55.29
MgO	»	»	6.69
K_2O	»	»	0.70
Na_2O	»	»	37.32
	Zusammen		100.00

Aus diesem Verhältnis der austauschfähigen Basen erhellt, dass die Szikböden sehr reich an Natriumzeolithen sein mögen, resp. dass unter den austauschfähigen

Kationen das Na eine wichtige Rolle spielt. Schon an der prager Konferenz habe ich hingewiesen, dass für die ungarischen Szikböden im Allgemeinen charakteristisch ist, dass unter allen austauschfähigen Basen das Na_2O vorherscht, wogegen in den anderen, namentlich nicht salzhaltigen Böden im Gegenteil die Menge des Natriums bei dem Austausch ganz unbedeutend und die II. wertigen Kationen 80-90 % der austauschbaren Kationen ausmachen [1].

Letztere Regel hat sich mit dem Boden aus Keszthely wieder bestätigt. Der Versuch wurde ganz änlich wie mit dem Szikboden aus Mezöhegyes ausgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5. zusammengestellt.

TABELLE V.

Probe nahme No.	Zeit der Filtrierung in Stunden	Menge der filtrierten Lösung ccm.	Aus 50. g. lufttrockenen Boden aus Keszthely ausgelaugt in Milligram.				In 1000 ccm. Lösung enthalten in Millimolen.				
			CaO.	MgO.	Na_2O.	K_2O.	CaO.	MgO.	K_2O.	Na_2O.	Summe
1	24	1433	689.5	31.0	73.3	31.5	8.57	0.53	0.53	0.34	9.97
2	24	1587	498.6	36 8	11.4	4.7	5.50	0.57	0.075	0.047	6.282
3	24	974	249.4	10.8	1.8	7.5	4.55	0.26	0.019	0.012	4.841
4	24	904	185.5	27.1	0.2	7.0	3.65	0.74	0.002	0.012	4.404
5	24	1477	255.5	37.9	3.6	6.9	3.08	0.62	0.025	0.007	3.732
6	48	2901	263.6	19.1	1.1	6.0	1.61	0.16	0.003	0.033	1.806
7	48	2653	130.5	46.1	0.5	5.5	0.87	0.42	0.001	0.033	1.324
8	48	2526	79.1	44.2	1.8	9.7	0.55	0.43	0.007	0.005	0.992
9	48	2034	41.3	24.2	5.0	3.5	0.35	0.29	0.026	0.027	0.693
Summe	312	16489	2393.0	277.2	97.7	82.3	—	—	—	—	—

Hier wiederholt sich die Regel, welche ich schon bei Tabelle 3. feststellen konnte. K_2O und Na_2O wurde praktisch schon nach 2 Tagen ausgetauscht, aber CaO und MgO wurden nicht einmal während 9 Tagen erschöpft. Wir haben nun den Versuch wie auch oben mit n/10 HNO_3-Lösung fortgesetzt, und die in Tabelle 6. zusammengefassten Werte für die Monoxide erhalten.

TABELLE VI.

Probe nahme No.	Zeit der filtrierung in Stunden	Menge der filtrierten Lösung ccm.	Aus 50 g. lufttrockenen Boden aus Keszthely ausgelaugt in Milligrammen				In 1000 ccm. Lösung enthalten in Milligrammen				
			CaO.	MgO.	K_2O.	Na_2O.	CaO.	MgO.	K_2O	Na_2O	Summe
1	24	1175	79.3	9.9	9.0	2.9	1.20	0.20	0.086	0.038	0.512
2	24	1471	17.6	13.2	10.5	6.6	0.21	0.21	0.075	0.072	0.567
3	24	1337	—	8.6	4.2	4.9	—	0.15	0.032	0.059	0.241
4	24	1146	—	8.0	4.8	4.2	—	0.16	0.043	0.058	0.261
5	48	2963	—	13.0	7.3	5.3	—	0.109	0.025	0.028	0.153
6	48	2952	—	10.6	6.7	3.5	—	0.088	0.024	0.018	0.130
7	48	3062	—	7.9	5.1	5.7	—	0.062	0.017	0.029	0.108
8	48	2224	—	16.1	0.7	7.2	—	0.17	0.003	0.052	0.225
9	48	2018	—	15.1	3.7	3.2	—	0.18	0.019	0.025	0.224
Summe	336	18348	96.9	102.4	52.0	43.5					

[1] Siehe meine Vorlesung über: *Neue Erfahrungen über die sog. künstl. Zeolithen etc.*

Hier scheint das MgO am hartnäckigsten der Auslaugung zu wiederstehen. Wenn wir nun die ähnliche Berechnung für die II-wertigen Oxide ausführen, wie früher, so kommen wir zu folgender Berechnung:

Auf 100 g. Boden berechnet, wurden gefunden

CaO Millimolen	in $(N_4N)NO_3$	Lösung	85.20
	in n/10 HNO_3	»	3.44
	Zusammen . .		88.64
MgO »	in $(H_4N)NO_3$	Lösung	13.66
	in n/10 HNO_3	»	4.98
	Zusammen		18.64
Gesammt-CaO Millimolen			88.64
» MgO »			18.64
Zusammen . .			107.28
Für Karbonate ab			44.10
Bleiben . .			63.18 Millimolen

CaO + MgO, d.i. für die II - wertigen austauschfähigen Basen. Ferner ergaben sich

für K_2O	1.76 Millimolen
» Na_2O	1.16 »

also alles zusammengerechnet 66.10 Millimol austauschfähige Basen. Ein Wert, der ziemlich hoch geschätzt werden darf, was mit dem ariden Charakter des Bodens warscheinlich in Verbindung steht.

Wenn wir nun diese Werte auf 100 berechnen, so ergeben sich folgende Verhältnisse:

Für die II-wertigen Basen

(CaO + MgO)	Millimolen	95.59 %
für K_2O	»	2.66 %
» Na_2O	»	1.75 %

Also im Gegenteil mit den Szikböden tritt hier das austauschfähige Na_2O ganz zurück und die II - wertigen Basen beherschen auffallender Weise den absorptionsfähigen Bodenkomplex.

Dieser Tatbefund wurde jüngst auch von HISSINK für die holländischen Polderböden, welche von Meereswasser überflutet waren bestätigt. Er fand nämlich das bei jenen Böden, welche nicht mit Salzwasser überflutet waren, auf 100 austauschfähigen Basen im Mittel 79 CaO, 13 MgO, 2 K_2O und 6 Na_2O fallen, d. i. auf 92 zweiwertige nur 8 einwertige Basen[1]. Hingegen bei einem Kwelderboden der nicht lange worher eingedeicht wurde und mit Salzwasser überflutet war, etwa 50 % der austauschfähigen Basen bestand aus einwertigen Basen, ganz warscheinlich aus Na_2O_2. In dieser Hinsicht sind also die Verhältnisse der Salzböden der Meeresufer, demjenigen der ariden Gebiete d.i. der Alkaliböden gewisser Maasen ähnlich. Allein wie auch HISSINK

[1] HISSINK: Beitrag zur Kenntnis der Absorptionsvorgänge im Boden. *Intern. Mitt. f. Bodenkunde*, Bd. XII. (1922) S. 123.

[2] *Intern. Mitt. f. Bodenkunde*, Bd. XII. (1922) S. 134.

bemerkt, wird der Salzgehalt in den humiden Gebieten, durch den jährlichen Niederschlag rasch ausgelaugt, was eben in den ariden Gebieten nicht vorkommt. Ähnlich mögen die Verhältnisse auch bei Inlands- Salzablagerungen sich arten, d. i. in der Umgebung von Salzquellen oder mit Salzwasser überfluteten Gebieten. *In diesem Punkte finden wir also eine Ähnlichkeit unter allen Salzböden die der ariden, wie der humiden Klimazonen.*

Dem entsprechend sind auch jene Bodeneigenschaften, welche mit der Qualität der austauschfähigen Basen zusammenhängen, gemeinsam. Diese sind nicht nur chemischer, sondern zum Teil auch physikalischer Natur. Zunächst sind diese Salzböden wenn sie genügend Ton-substanz enthalten bei einem gewissen Feuchtigkeitsgehalt *zerfliessend, wie auch die auf nassem Wege hergestellten künstlichen Natriumzeolithe.* Dieser Charakter ist bei den ungarischen Szikböden wohl bekannt, und führt bei der Austrocknung des Bodens zu *typischen Tonkrusten*, welche oft als blätterige Lamellen von der Bodenoberfläche losgelöst werden können. Ich habe solche Tonkrusten untersucht und gefunden, dass ihr Salzgehalt nicht mehr als einige Zehntelprozente beträgt, die Hauptmasse besteht aus Kolloidaler Tonmasse und aus sehr feinen Glimmer. Diese zerfliessende Masse dringt tief in die, bei der Austrocknung gebildeten Bodenrisse, und verleiht dem Szikboden eine typische bunte Struktur.

Die von mir hergestellten Natriumzeolithe verhalten sich dieser zerfliessenden Tonzubstanz ganz ähnlich. *Wenn aber diese Natriumzeolithe durch eine Konzentrierte $CaCl_2$ Lösung behandelt in Calciumzeolithe umgewandelt wurden, haben sie diese leicht zerfliessende Natur eingebüsst und eine körnige Struktur angenommen.* Ähnliche Erscheinung wird durch die Gipsung dieser Szikböden erreicht. Die Krustenbildung hört auf und der Szikboden wird krümmelig und gut bearbeitbar.

Eine andere typische Eigenschaft dieser Szikböden besteht darin, dass der Boden *sehr schlecht wasserführend* ist, ganz *ähnlich der künstlichen Natriumzeolithe.* Wenn wir aber letztere in Calciumzeolithe umwandeln, wird die Filtrierbarkeit sofort hergestellt. Dieselbe Erscheinung konnte ich auch bei den Szikböden beobachten. Habe ich nämlich $CaCl_2$, $CaNO_3$ resp. Gipslösung auf eine schlecht wasserführende Bodenschicht gebracht, so wurde die Wasserdurchführung hergestellt und dass durchsickernde Wasser enthielt beim Versuch mit Gips etwa 60 % Na_2SO_4, augenscheinlich durch den Basenaustausch verursacht. Es hat sich auch ergeben, dass *die beste Wirkung dann erreicht war, wenn ich rund so viel Millimol $CaSO_4$ angewendet habe, wie viel der Millimole des austauschfähigen $Na_2O + K_2O$ entsprach.*

Aus alldem scheint die grosse Wichtigkeit der Bestimmung der austauschfähigen Basen für die Alkaliböden hervorgehen.

Aus der schon oben zitierten Abhandlung von HISSINK geht hervor, dass auch für andere Böden, diese Bestimmung zu recht interessanten und auch praktisch verwertbaren Folgerungen Gelegenheit bietet. Damit wir aber Vergleichbare Resultate gewinnen, wäre auch hier *eine einheitliche Methode sehr fruchtbringend.* Als Ausgangspunkt dürfte die Methode von HISSINK dienen, welche genügend handlich und genau scheint, umsomehr, wenn es gelingen wird nicht nur die Summe der austauschbaren Basen, sondern auch den Sättigungszustand des Bodens zu bestimmen [1].

Ich möchte also den Antrag vorlegen, dass die II. Kommission, sobald als möglich

[1] Siehe HISSINK's oben zitierte Abhandlung. *Intern. Mitt. f. Bodenkunde*, Bd. XII. S. 116.

eine einfache analytische Methode für die Bestimmung der austauschbaren Kationen und des Sättigungszustandes ausarbeitet und zu diesem Zwecke einen Ausschuss von jenen Mitgliederen der Kommission erwählt, welche sich für diese Arbeiten bereit erklären. Die Resultate dieser Arbeiten sollen der nächsten Konferenz vorgelegt werden.

PROF. A. A. J. de 'SIGMOND, *Budapest* (*Hongrie*). — **Les relations des zéolithes dites artificielles avec l'échange des bases et les propriétés physiques des sols alcalins.**

RÉSUMÉ.

1) Les zéolithes artificielles colloïdales, faites selon les proposition de Mr. le Prof. GANSSEN (Berlin) par des solutions alcalines de SiO_2 et Al_2O_3, se sont montrées obéir aux règles stöchiometriques, quoique la relation initiale de SiO_2, Al_2O_3 resp. Na_2O variât entre de larges limites, comme on peut le conclure des données du tableau N° 1. Non seulement la relation de Al_2O_3, $R^{II}O$ correspond toujours a 1 : 1, mais on retrouve dans ces préparations toujours les noyaux de 3 SiO_2. Al_2O_3. $R^{II}O$, ou leur multiples avec des mol. impaires de SiO_2.

2) Le déplacement des bases avec ces zéolithes était presque parfait et semble obéir à la loi d'action de masse, mais il se manifeste seulement à la surface de la phase solide.

3) Le déplacement des bases dans le sol se montrait bien uniforme, d'où on peut conclure, que les matières, qui donnent naissance à ces phénomènes dans le sol, doivent être semblables, seulement la réaction du déplacement des bases dans le sol est souvent déformée par d'autres réactions chimiques ou physiques.

4) Il est bien remarquable, que, dans les sols alcalins, le taux pour cent des moles de Na_2O déplacés par des solutions de sels neutres se montre extraordinairement élevé ; tandis que dans les sols non salins on ne retrouve que des quantités bien reduites. Il semble comme si la base de CaO du sol était déplacé en premier rang par Na_2O, puis le MgO et en dernier rang le K_2O.

5) Il semble aussi que ce déplacement de CaO par Na_2O se manifeste dans les propriétés physiques des sols alcalins. Surtout l'imperméabilité des sols alcalins est due directement aux zéolithes colloïdales du sodium. Car si on remplace par des sels de calcium le sodium zéolithique, les sols alcalins regagnent leur perméabilité, deviennent labourables et ne forment pas les croûtes silicatées typiques pour des sols alcalins.

6) Il ressort de ces faits, que la détermination des bases (ou cations) déplacées par des solutions neutres, comme aussi la détermination de l'état de saturation du sol de ces bases n'est pas seulement bien instructif pour caractériser le sol, mais peut mener aussi à des conclusions pratiques, comme par exemple à l'amélioration chimique des sols alcalins.

Proposition :

La II^ème Commission doit chercher une méthode simple et rapide pour déterminer les bases déplacées par des solutions de sels neutres dans le sol, et également une méthode pour la détermination de l'état de saturation du sol par ces bases.

Prof. A. A. J. VON 'SIGMOND, *Budapest (Hungary)*. — **The Relations of the so-called Artificial Zeolites with the Exchange of Bases and Physical Properties of Alcaline Soils.**

ABSTRACT.

1. The artificial colloidal zeolites, made according to the suggestions of Prof. GANSSEN, Berlin, with alkaline solutions of SiO_2 and Al_2O_3, are found to obey stochiometric laws, although the initial relation of SiO_2, Al_2O_3, resp. Na_2O varied within large limits, as we may conclude from table No. 1. Not only the relation Al_2O_3: $R^{II}O$ corresponds always to 1 : 1, but in these preparations we always find $3SiO_2$, Al_2O_3. $R^{II}O$, or its multiple, with uneven mols. of SiO_2.

2. The removal of bases with these zeolites was nearly perfect and seems to obey the law of mass-action, which however only shows itself at the surface of the solid phase.

3. The removal of bases in the soil is quite similar, from which we may conclude, that the substances which bring about these phenomena in the soil are quite similar, but, the removal of the bases in the soil is often modified by other chemical or physical reactions.

4. It is remarkable, that in alkaline soils the amount of Na_2O removed by neutral salt solutions was relatively high; whereas in non-alcaline soils, these amounts are very small. It seems that the CaO of the soil is first removed by Na_2O, then the MgO, and last of all K_2O.

5. This removing of CaO by Na_2O is also shown in the physical properties of alkaline soils. Especially the impermeability of the alkaline soils is due directly to collodial zeolites of sodium. For if we replace the zeolitical sodium by calcium salts, the alkaline soils regain their permeability, become ploughable and do not form the silicious crusts typical for alkaline soils.

6. These facts show that the determination of the bases, or cations, removed by neutral solutions, as also the saturation state of the soil for these bases, is not only very instructive for the characterisation of the soil, but will also lead to practical results.

Proposal:

That the IInd Commission should study:

(I) *A simple and quick method for the determination of bases removed by neutral salt solutions*

(II) *A method for the determination of the degree of saturation of the soil with bases.*

Ing. A. HERKE,
Magyaróvár, Ungarn.

DER EINFLUSS DER ABSORPTION DES EISENS UND DES ALUMINIUMS AUF DIE KÜNSTLICHEN ZEOLITHE UND AUF DIE PHYSIKALISCHEN EIGENSCHAFTEN DES BODENS.

In Anbetracht, dass die zeolithartigen Silikate sich als Säuren verhalten und in Berührung mit saueren Reagenzien sich leicht zerlegen, ist es empfehlenswert, bei dem Studium der Absorption von Fe und Al Jonen sich möglichst neutraler Salzlösungen des Fe und Al zu bedienen. Der Verfasser hat seine Absorptionsversuche mit einer ca 0.4 % —igen basischen alkoholischen Lösung von essigsaurem Eisen ausgeführt.

Das auf nassem Wege hergestellte künstliche Aluminatsilikat wurde mit einer alkoholischen Lösung von essigsaurem Eisen beziehungsweise mit einer 0.4 %-igen AlCl3 Lösung behandelt. Es gingen mit dem absorbierten Fe^{III} bezw. Al^{III} equivalente Mengen von Ca und Na in Lösung. Bei der Eisenabsorption wurden vom Ca und Na zusammen nun 24.3 bis 27.9 % ausgetauscht. Bei der Absorption des Al-s hingegen 27.0 %.— Es war trotz mehrtägiger Filtration der Eisen- und Aluminiumlösung nicht möglich, ein grösseres Quantum der Basen in Lösung zu bringen, und man kann daher annehmen, dass von den Erdalkali-und Alkalibasen der künstlichen Aluminatsilikate im besten Falle rund 25 % in Lösung zu bringen sind, bezw. durch Fe^{III} u. Al^{III} ausgetauscht werden können.

Das absorbierte Fe und Al kann vermittels der Chloride der basenbildenden Elemente Ca, Mg, K, Na, NH4 nicht ausgetauscht werden. Das zurückgebliebene Ca des eisenhaltigen Aluminatsilikates kann nur teilweise durch NH4 ersetzt werden, hingegen kann das Ca des eisenfreien Silikates sozusagen völlig ersetzt werden.

Bei dem eisenhaltigen Aluminatsilikat wurden nach 6 tägiger Filtration mit normalen H4 NCl 36.9 % des Ca durch NH4 ersetzt, hingegen wurden bei gleicher Versuchsanordnung von dem Ca des eisenfreien Aluminatsilikates 75.5 % ausgetauscht.

Das Ca und Na der künstlichen Aluminatsilikate kann auch durch Zn, Co und wahrscheinlich auch durch andere Kationen ersetzt werden.

Es können nicht nur die Basen der künstlichen Aluminatsilikate, sondern auch die Basen der natürlichen Zeolithe, wie es Verfasser z. B. bei dem Chabasit feststellte, teilweise durch Eisen ersetzt werden.

Auf welche Weise die Absorption des Eisens und Aluminiums vor sich geht, und wie diese Elemente gebunden werden, weiter die Veränderungen bezüglich des chemischen Charakters der Aluminatsilikate, das bildet den Gegenstand weiterer Forschungen des Verfassers. Die verschiedenen Bodenarten absorbieren von der 0.4 %-igen alkoholischen Eisenacetatlösung sehr verschiedene Mengen von Eisen,

und zwar absorbieren die schlecht filtrierenden undurchlässigen Böden beträchtlich kleinere Mengen als die gut filtrierenden durchlässigen Böden.

Bei gut durchlässigen Böden ist die Summe der durch die Absorption von Fe freiw erdenden Equivalenten Ca, Mg, K und Na auf 100 gr. Bodensubstanz berechnet, mit den Equivalenten des absorbierten Eisens gleich, hingegen war bei schlecht filtrierenden Böden die Equivalentmenge des absorbierten Eisens beträchtlich höher als die Equivalentenmenge des freigeworden Ca, Mg, K, Na; es ist also in Beziehung der Fe-Absorption eine bestimmte Ungesättigtheit vorhanden. Die Ursachen dieser Ungesättigtheit bilden Gegenstand weiterer Forschungen des Verfassers.

Die durch die Fe Absorption freiwerdende Na-equivalentenmenge ist bei undurchlässigen Böden beträchtlich höher als bei gut durchlässigen.

Zum Ausgleich der obgenannten Ungesättigtheit nötige Aequivalentenmenge Fe und die Summe der durch Fe ausgetauschten Aequivalentenmengen Na auf 100 gr. Bodensubstanz berechnet, ist bei undurchlässigen Böden das 20-40-fache ja sogar 100-fache als bei gut durchlässigen Böden.

Die Summe der durch die Absorption von Eisen freiwerdenden Millimolmengen von CaO, MgO, K_2O, Na_2O beträgt annähernd das $^1/_4$ der durch R_4R austauschbaren CaO, CaO, MgO, R_2O, Na_2O Millimolmengen.

Nach der Absorption des Eisens und des Aluminiums wurde die Durchlässigkeit der schlecht filtrierenden Böden beträchtlich verbessert; Böden, die sehr schlecht filtrieren, in nassem Zustande schleimartig auseinandergehen, in trockenem Zustande steinharte « szik » Böden bilden, sind nach der Behandlung Wasser gut durchlässige im nassem Zustande nicht klebende lockere, poröse und bröcklige Böden geworden

---

S. Herke, *Magyaróvár (Hongrie)*. — **L'action des composés de fer sur les zéolithes artificielles et sur les propriétés physiques du sol.**

Résumé.

Lorsqu'on réunit des silicates artificiels (préparés par voie humide) d'aluminate de calcium avec une solution neutre de sel de fer, une partie du fer est absorbée, ou bien une certaine quantité de calcium est échangée avec du fer; le calcium équivalent au fer se dissout. Il n'y a que les bases alcalines et alcalino-terreuses qui s'échangent avec le fer, mais pas l'alumine. Les silicates contenant du fer sont plus friables, se soulèvent moins, sont plus perméables à l'eau que les silicates-aluminates ne contenant pas de fer.

Dans le silicate-aluminate, contenant du fer, le fer n'est plus échangeable contre du Ca, Mg, K, Na, NH^4. La façon dont le fer est lié ou absorbé dans le silicate a besoin d'être étudiée.

Il existe une certaine corrélation entre le pouvoir absorbant du sol pour le fer et ses propriétés physiques. C'est-à-dire: les sols peu perméables à l'eau, difficiles à filtrer, absorbent bien plus de fer (des solutions neutres de sels de fer) que les sols faciles à filtrer; et après l'absorption de fer les sols deviennent bien plus faciles à filtrer. Aussi les sols qui d'abord étaient très durs et collants à l'état sec, s'émiettent bien plus facilement après l'absorption du fer.

S. Herke, *Magyarovar, (Hungary)*. — **The Action of Iron Compounds on Artificia l Zeoliths and on Physical Properties of the Soil.**

Abstract.

When forming artificial silicates of calcium-aluminate and a neutral solution of an iron salt, part of the iron is absorbed; or a certain quantity of calcium is exchanged with iron; the calcium equivalent to the iron is dissolved. Only alcaline and alcaline-earth bases can be exchanged with the iron, but not alumina.

Silicates, which contain iron, are more friable, do not swell, are more permeable for water, than silicate-aluminates not containing iron.

In the silicate-aluminates containing iron, the iron is no longer exchangeable with Ca, Mg, K, Na, NH_4.

The way in which iron is bound or absorbed in the silicate, ought to be studied. There is a certain correlation between the iron-absorbing power of the soil and its physical properties. That is to say: Soils, that are not very permeable to water, and are difficult to filter, absorb much more iron (from neutral solutions of iron salts) than soils that are easy to filter; and after the absorption of iron, it is much easier to filter these soils.

Also, soils that were before very hard and sticky, when dried, become friable after the iron absorption.

Ing. Chem. Emil Scherf,

Budapest, Ungarn.

REISEAPPARAT ZUR BESTIMMUNG DES HYDROGENEXPONENTEN PH IN KLEINEN FLÜSSIGKEITSMENGEN UND BESONDERS IN BODENAUSZÜGEN NACH DER KOLORIMETRISCHEN METHODE VON BJERRUM.

Der Apparat soll dem Bodenforscher ermöglichen, die Bjerrumsche P_H-Bestimmung auch auf der Reise anzuwenden, was bisher wegen Zerbrechlichkeit und leichten Leckwerdens, ferner wegen des grossen Gewichtes der häufig 7-8 nötigen Doppelkeilküvetten nicht gut möglich war.

Den neuen Apparat charakterisieren folgende Eigenschaften:

1) Die den Farbenstandard liefernden Doppelkeilküvette wird vermittelst eines Schlittenteils mit Zahntrieb an dem unteren Schauloche eines fixen (Prismen)-Farbenkomparators vorbeigeführt.

2) Die Doppelkeilküvetten mit den verschiedenen Indikatorenlösungen können vermittelst ihrer Fassung rasch und sicher auf einem Schlitten gewechselt werden.

3) Die gesuchten P_H - Werte werden auf mit dem Schlitten fix verbundenen, geradlinigen Skalen gegenüber einer Fixmarke des Apparatgestelles direkt abgelesen, die Skalen für die einzelnen Indikatoren sind von gleicher allgemeiner Teilung und tragen nur entsprechend verschiedene Aufschriften.

4) Von dem oberen Schauloche des Komparators können die kleinen Küvetten mit den verschiedenen Untersuchungsflüssigkeiten mittelst Verrücken eines Schubers rasch nacheinander eingestellt werden.

5) Mittelst eines zweiten gleichen Schubers können die Küvettchen mit den Bodenlösungen zur Kompensation der Eigenfärbung (bezw. Trübung) der Lösungen vor der Doppelkeilküvette ebenso rasch ausgewechselt werden.

6) Die Doppelkeilküvetten werden beim Transport mit der Fassung in den Transportkasten eingeschoben und sind so bruchfrei mitführbar.

7) Die Konstruktion der Doppelkeilküvetten ermöglicht ein Mitführen bereits zuhause im Laboratorium angesetzter Farbenstandarde.

Der Apparat selbst hat die Maasse: 200 × 100 × 170 mm, die Doppelkeilküvetten 100 mm Länge und 24 mm Breite, der Transportkasten 200 mm Breite, 252 mm Höhe, 270 mm Länge.In letzterem ist der Apparat selbst, ferner sind darin 8 Doppelkeilküvetten, 40-50 kleine Küvettchen, Deckgläschen, 8 Stück 1 cm³ Pipetten, 3 Stück 10 cm³ Pipetten, 8 Indikatorfläschchen, Prismenfarbenkomparator, Filtrierpapier und Sonstiges untergebracht.

Die Firma ZEISS hat sich zur Herstellung der optischen Teile bereit erklärt, den Vortragenden aber bezüglich des eigentlichen Apparates an eine andere Firma verwiesen, da « die mit grosser Sorgfalt und Sachkenntnis durchgeführte Konstruktion in den Rahmen ihrer Fabrikation fällt.». Es ist möglich, dass bei der Ausführung nicht einzelne Maasse geändert werden, ohne dass hiedurch das zur Patentierung angemeldete Konstruktionsprinzip tangiert werden wird.

Vortragender legte Wert darauf, dass mit seinem Apparat der P_H ein und derselben Lösung auch nach BJERRUM bequem mittelst verschiedener Indikatoren bestimmbar sei. Er hat nämlich (bei Anwendung der GILLESPIE-Methode in Modifikation von ERNEST VON ALTINE) beobachtet, dass, wenn überhaupt Differenzen auftreten, ohne Ausnahme derjenige (CLARK - LUBSSCHE) Indikator, dessen halber Umschlagspunkt einem saueren P_H - Wert entspricht, auch bei der Messung einen saureren P_H - Wert ergab. War z.B. eine Lösung mit Bromthymolblau, Phenolrot und Kresolrot messbar, so ergab, wenn sich Differenzen zeigten Bromthymolblau den sauersten, Kresolrot den alkalischesten P_H - Wert. Bei den Böden, wo mit Erdalkali abgesättigte Kolloide anzunehmen sind, zeigten sich entweder überhaupt keine Differenzen oder dieselben überstiegen 0.2 P_H nicht. Bei Waldböden mit absorptiv ungesättigten Kolloiden hingegen zeigten sich Differenzen bis 0.5 - 0.7 P_H mit der erwähnten Gesetzmässigkeit. Vortragender meint eine Beeinflussung der Indikatorkolloide durch die Bodenkolloide, was aber noch weiteres Studium erfordert.

Ing. Chim. EMIL, SCHERF, Budapest (Hongrie). — **Appareil portatif pour la détermination de pH, dans de petites quantités de liquide, et spécialement dans les extraits de sols, selon la méthode colorimétrique de Bjerrum.**

Cet appareil doit permettre au pédologue d'exécuter aussi en voyage, la détermination du pH, ce qui jusqu'ici a été impossible, vu la fragilité et le poids excessif des 7 ou 8 cuvettes souvent nécessaires.

L'appareil nouveau est caractérisé par les propriétés suivantes:

1) La cuvette (colorimètre à prisme), qui fournit le standard de couleur peut être amenée au moyen d'un glisseur entrainé par une roue dentée, en face du trou d'observation inférieur d'un comparateur de couleur fixe (prisme).

2) Les cuvettes contenant les différentes solutions d'indicateurs, peuvent être rapidement et surement échangées sur une glissière.

3) On fait la lecture des valeurs pH directement sur des échelles linéaires fixées sur les glissières, en face d'une marque fixe du support de l'appareil; les échelles pour les différents indicateurs sont calibrées de façon égale et ne portent que des entêtes différentes.

4) On peut rapidement placer consécutivement les petites cuvettes contenant les différents liquides d'essai devant le trou d'observation supérieur du « comparateur » au moyen d'une glissière.

5) Au moyen d'une glissière semblable, on peut échanger aussi rapidement les petites cuvettes contenant les solutions de sols, pour la compensation de la coloration propre (trouble) des solutions de la cuvette.

6) Les cuvettes avec leur support peuvent être glissées dans les boîtes de transport et peuvent être ainsi transportées sans risque de se casser.

7) La construction des cuvettes doubles, permet le transport de standards colorimétriques déjà préparés à domicile.

L'appareil même a les mesures suivantes: 200 × 100 × 170 mm., les cuvettes 100 mm de longueur et 24 mm. de largeur, la boîte de transport 200 mm. de largeur, 252 mm. de hauteur et 270 de longueur. Dans ce dernier se trouve l'appareil même, 8 cuvettes 40-50 petites cuvettes, des lames de verre, 8 pipettes d'1 cm³, 3 pipettes de 10 cm³, 8 flacons d'indicateurs, le compensateur à prisme, du papier filtre, etc.

La maison ZEISS a promis la fabrication des parties optiques en indiquant une autre maison pour l'exécution de la construction du reste de l'appareil. Il est possible que les mesures soient quelque peu modifiées, mais cela ne touchera nullement le principe de construction breveté.

L'auteur spécifie qu'avec son appareil il est possible de déterminer le pH d'une même solution, aussi selon la méthode BJERRUM avec plusieurs indicateurs. Il a observé (en employant la méthode GILLESPIE — modification de la méthode de ERNEST VON ALTINE) que, lorsqu'il y a des différences, l'indicateur (CLARK-LUBSSCHE) dont le demi point de virage correspond à une valeur de pH plus acide, donne sans exception également une valeur de pH plus acide à la détermination. Par exemple, lorsqu'une solution peut être dosée avec le bleu brome-thymol, rouge phénol et rouge-crésol et qu'il se présente des différences, le bleu brome-thymol correspond à la valeur pH la plus acide, et le rouge-crésol à la plus alcaline. Pour les sols, qui contiennent probablement des colloïdes saturés avec des matières alcalino-terreuses, il n'y avait point de différences, ou bien des différence pas supérieures à pH 0.2. Pour les sols forestiers contenant des colloïdes non saturés adsorp-

tivement, il y avait des différences jusqu'à 0.5-0.7 pH, selon la régularité susdite. L'auteur croit à une influence des colloïdes de l'indicateur sur les colloïdes du sol, ce qui cependant devrait être étudié encore davantage.

Dr. Emil Scheff, *Budapest (Hungary)*. — **Travelling Apparatus for Estimation by Bjerrums colorimetric Method of the Hydrogen Exponent pH in small Quantities of Liquid, and especially in Soil Extracts.**

The object of this apparatus is to enable the soil investigator to carry out Bjerrum's method of pH. determination, even while travelling, which has hitherto been almost impossible owing to the fear of breakage and leakage and also on account of the weight of the 7-8 double, cuneiform basins frequently used.

The new apparatus is distinguished by the following characters:

1) The double cuneiform basin containing the standard solution is carried past the sight-hole of a prism colour-comparer by means of a sliding block with cog-wheel gearing.

2) The double cuneiform basins with the various solutions of the indicator are so made that they can be quickly and safely changed on the slide.

3) The pH values to be determined are read off directly from a rectilinear graduated scale attached to the sliding block opposite to a fixed mark on the stand of the apparatus; the scales for the different indicators are graduated alike and only differ in their labels.

4) From the upper sight-hole of the comparer, the small basins with the various liquids to be tested can be made to follow one another quickly by merely moving a button.

5) By means of a similar contrivance, the small basins containing the soil solutions for the compensation of the special colour, or muddiness, of the solutions, can be similarly changed in front of the double cuneiform basin.

6) As the double basins are put into their holders before being placed in the travelling-case, all danger of breakage is prevented.

7) The construction of the double basins allows of colour standards prepared at home in the laboratory being taken on the journey.

The apparatus itself measures 200 × 100 × 170 mm.; the double cuneiform basins are 100 mm. long and 24 mm. wide, the travelling-case is 200 mm. wide, 252 mm. high and 270 mm. long. This case contains the apparatus itself, and, in addition, 8 double cuneiform basins, 40-50 small basins, cover-glasses, 8 pipettes (holding 1 cc.), 3 pipettes (for 10 cc.), 8 indicator flasks, a prism colour-comparer, filter papers and sundries.

Messrs. Zeiss have expressed their willingness to supply the optical part of the apparatus, but they advise the construction of the apparatus itself being entrusted to another firm, since owing to "the great precision and special knowledge required, the work does not come within their province". It is possible that in carrying out the design, certain of the measurements may be altered, but this will not interfere with the patent taken out.

The lecturer lays special stress on the fact that with his apparatus the pH of the same solution (including Bjerrum's) can be easily estimated by different indicators.

He has, indeed, observed in using Ernest von Altine's modification of Gillespie's method that if differences arose, even with the Clark-Lubsschе indicator in which the half turning-point corresponds to a higher pH value, a more acid pH value was registered. Thus for instance, if a solution were to be tested by means of brom-thymol-blue, phenol-red and cresol-red, if there were any differences, the brom-thymol-blue would register the most acid and the cresol-red the most alkaline pH value.

In the case of soils in which the colloids are saturated with alkaline earths no difference is indicated or else a difference below 0.2 pH. The deviations from the given standard that occur in the case of forest-soil containing absorbent unsaturated colloids range from 0.5-0.7 pH. The lecturer is of opinion that the indicator colloids are affected by the colloids of the soil, but this is a matter requiring further study.

Dr. M. Trénel

Berlin, Allemagne.

LA DÉTERMINATION DE LA CONCENTRATION DES IONS HYDROGÈNE DANS LE SOL, AN MOYEN D'UN NOUVEAU APPAREIL TRANSPORTABLE EN PLEIN CHAMP.

Dans le but de décider, si l'acidité du sol influe sur le développement des plantes et plus spécialement des céréales, il est nécessaire d'essayer le sol, sans être obligé d'en prélever des échantillons. L'auteur a inventé, dans ce but, un appareil transportable pour la détermination électrométrique de la concentration des ions-hydrogène.

Cet appareil a été décrit en détail dans: *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, Berlin, 1924, nº 1.

La détermination électrométrique du pH est basée sur l'équation:

$$\pi_{18^\circ} = 0.0577 . \log \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$$

dans laquelle α_1 et α_2 expriment la concentration des ions hydrogène, et π la différence du potentiel électrique à 18º C. Haber et Russ [1] ont publié les premiers que le métal hydrogène des électrodes d'hydrogène peut être remplacé par du quinhydrone. Cependant Bilmann et ses collaborateurs ont démontré, que le quinhydrone en solution aqueuse produit des potentiels bien définis. C'est leur mérite d'avoir introduit l'électrode quinhydrone en pédologie [2].

La rapidité avec laquelle s'établit l'état d'équilibre de l'électrode quinhydrone nous permet d'introduire une cellule en argile remplie de la solution à essayer dans la suspension du sol, préparée avec une solution de chlorure de potassium 0.1 n. et du quinhydrone.

Le potentiel de diffusion est détruit en saturant la cellule avec une solution

[1] *Zeitschrift f. phys. Chemie* 47, 305 (1904).
[2] Bilmann, Lund, *Annales de Chimie*, Paris, 9e série, 15, III, 1921.

concentrée de chlorure de potassium. La résistance intérieure de cette disposition varie entre 50 et 300 ohm.

A cause de cette résistance minime, il est possible de mesurer le potentiel avec un galvanoscope-dial.

L'élément Weston est remplacé par un ampèremètre, qui permet de maintenir un potentiel constant.

L'essai du sol est fait de la façon suivante :

On introduit la solution à essayer dans la membrane en argile, qu'on plonge dans la suspension du sol. On relie les électrodes de platine avec les pôles du compensateur.

On règle le milliampèremètre par rapport à la température avec un rhéostat. Ensuite on déplace la manivelle du pont compensateur jusqu'au point où le galvanoscope indique une absence de courant et le pH est indiqué directement par l'index de la manivelle.

Le potentiel varie seulement au bout de quelques minutes, probablement par suite de diffusion. Cette erreur est sans importance, car le potentiel est rapidement défini. La première lecture est décisive.

Les résultats obtenus ont été comparés avec une autre méthode, exécutée à l'Institut Géologique de l'École Supérieure d'Agriculture de Berlin (Prof. SCHUCHT).

En voici les données :

N° du sol	nouvel appareil	Méthode de l'Ec. agricole
115	5.3	5.4
114	6.59	6.59
111	5.24	5.26
110	5.34	5.53
108	6.6	6.9
106	5.7	5.7

Dr. M. TRÉNEL, *Berlin (Germany)*. — **The Determination of Hydrogen-Ion-Concentration of native Soils with a new electrical Field Apparatus.**

ABSTRACT

In order to decide, whether the soil-acidity has an influence upon the vegetative growth of plants or especially upon the yield of grain, it is necessary to investigate the soil without removing it from its original position. For this purpose the transportable apparatus of my invention serves for the electrometrical determination of Hydrogen-Ion-Concentration of soils.

The apparatus is in detail described in the "*Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*". Berlin, 1924, Heft 1.

The electrometrical determination of pH. is based on the equation :

$$T_{1\ 18^\circ} = 0{,}0577 \cdot \log \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$$

where α_1 and α_2 indicate the concentration of Hydrogen Ion and T_1 the electrical difference of potential on 18° C.

HABER and RUSS [1] have stated, that the metal hydrogen of the Hydrogen-electrodes can be replaced by quinhydrone. But BILLMANN and collabo-

[1] Zeitschr. f. phys. Chemie 47, 355 (1904).

rators have shown, that chinhydron in aqueous solution produces well defined potentials. It is their benefit to have introduced the Chinhydron-electrode in the knowledge of the soil [1].

The velocity of the constance-state of the Chinhydron-electrode anables to immerge an argile cellule filled with the test-solution into the suspension of soil which is produced by a solution of 0,1n Kaliumchlorid with Chinhydron.

The potential of diffusion is distroyed by saturating the cellule with an concentrated solution of Kaliumchlorid. The innerresistance of this disposition lies between 50 ans 300 Ohm. In consequence of this minimal resistance it is possible to mesure the potential with an dial-galvanoskope.

The Weston-Element is replaced by an Ampèremeter that anables to keep constant the potential.

The test of soil is performed as follows :

The test-solution is filled into the prepared argile-cellule and this is than immeged into the suspension of soil. The platin-electrodes are connected with the poles of the compensator.

By means of a rheostate the milliamperemeter is regulated according to the temperature. Than the winsh-handle of the compensator-bridge is moved as far as the galvanoskop indicates the absence of current and the pH is directly indicated by the index of the winsh-handle.

The potential varies only after some minutes very likely in consequence of diffusion. This fault is of no importance because the potential is quickly defined. The first reading is determinative.

The obtained results have been compared with another methode executed by Geol. Institut der Landw. Hochschule, Berlin (Prof. SCHUCHT). The figures are shown in following scheam :

Soil No.	New apparatus :	Methode of Landw. Hochschule :
115	5,3	5,4
114	6,59	6,59
111	5,24	5,26
110	5,34	5,53
108	6,6	6,90
106	5,7	5,7

Dr. R. M. BARNETTE, Dr. D. J. HISSINK
Dr. Jac. VAN DER SPEK,
Agronomical Experimental Station, Groningen, Holland.

SOME REMARKS ON THE METHOD OF THE DETERMINATION OF THE pH OF THE SOIL.

The evident importance of the determination of the hydrogen-ion concentration of the soil in connection with the study of soil acidity, together with the divergence of opinions among the various workers concerning the true hydrogen-ion concen-

[1] BILLMAN, LUND, Annales de Chimie, Paris 9 serie 15, 111, 1921.

tration of the soil, leads one to ask the question : " What is the true hydrogen-ion concentration of the soil and how is it to be measured ? " A very perfunctory view of the problem will show that there are numerous factors which might influence this determination and at the same time the interpretation of results depends upon the theories to which one adheres.

Among the many theories concerning the acidity of the soil the theory of the adsorptively held or bound hydrogen ion seems to offer the best means of explaining many of the phenomena observed in working with the soil. If the hydrogen-ion is in fact bound by the colloidal constituents of the soil, as is evidently the case with some cations (e. g. Ca, Mg, K, Na), then one must take this into account in the measurement of the hydrogen-ion concentration of the soil. Likewise one must keep in mind that in a suspension of a soil in water there must be a change in the colloidal constituents (WIEGNER considers that in the natural soil the water can be considered as the dispersed phase and the soil particles as the dispersing medium, while in a suspension of a soil, the water as the dispersing medium and the particles as the dispersed phase) and at the same time there is brought into true solution a small portion of some of the soil constituents, some of which ionize giving free hydrogen ions. Thus the measurement of the hydrogen-ion concentration in a soil suspension might be considered to depend upon the potential differences pictured in such a manner :

Soil - H H in true solution
Soil - H H adsorbed on the electrode
H in true solution H adsorbed on the electrode.

A study has been made of the influence of varying the proportions of soil and water on the hydrogen-ion concentration of (1) soil suspensions (2) soil filtrates obtained through filter paper and (3) soil filtrates obtained through porous clay filters (bougies). For this purpose five proportions of soil to water (varying between 5 grms. to 80 grms. of soil to 200 cc. of water) have been used. The original soil suspensions (that for the filtrates as well as for the suspensions) were in each instance prepared by using air-dried soil and distilled water. The soil was allowed to remain in contact with the water for two and one-half days before measurement, the suspensions being shaken in a rotating shaker for one and one-half hours on two days. The measurements have been made employing the arrangement and electrode described by VAN DER SPEK ; duplicate determinations being made in each instance. Readings have been made every thirty minutes after the beginning of the passage of the hydrogen for a total of six readings. The average of the two middle readings e. g. the third and the fourth, have been used in calculating the pH values of the various suspensions and filtrates.

In these studies four typical acid soils have been used : (1) a sandy-humus soil (40 % humus) of Netherlands, (2) a sandy-humus soil (20 % humus) of Netherlands, (3) a loam soil from Germany and (4) a clay soil of Netherlands. All these soils were known to have a pH definately on the acid side.

The results for these determinations are given shortly in Table I. A consideration of this table leads one to the conclusions that the determination of the hydrogen-ion concentration of the soil can vary with a great number of factors. In the first place it is evident that the agreement between duplicate determinations of

suspensions is far better than such duplicates for filtrates through paper or bougies. For instance the difference between duplicate determinations of the suspensions is on an average about 0.11 pH for all the soils, while duplicates of the filtrates through paper and through bougies is on an average about 0.25 pH. Thus the removal of the soil effects one's results in such a way as to make them almost invalid, that is in so far as the true hydrogen-ion concentration of the soil is concerned. This fact has been emphasized by numerous other workers. The unsatisfactory measurement of the electrolyte-poor filtrates is shown by the fact that while readings for a suspension gave differences only between pH 4.35 and 4.31 for the first and sixth readings after the beginning of the passage of the hydrogen stream through the suspension, on the other hand the filtrate of the same suspension as obtained through a bougie gave values between 4.81 and 4.36 for the various readings.

TABLE I.

pH Values obtained with Soil Suspensions and Filtrates through Paper and "Bougies" with Various Proportions of Soil to Water.

	5 grms and 200 c. c.	15 grms and 200 c. c.	30 grms and 200 c. c.	50 grms and 200 c. c.	80 grms and 200 c. c.	Average	Average difference in duplicates
Humus Soil (40 % humus)							
Suspensions	4.03	4.09	4.05	4.03	3.99	4.04	0.05
Filtrates through paper	4.57	4.54	4.39	4.38	—	4.47	0.21
Filtrates through "Bougies"	4.38	4.63	4.67	4.92	4.43	4.61	0.28
Humus Soil (20 % humus)							
Suspensions	4.19	4.37	4.33	4.33	4.29	4.30	0.04
Filtrates through paper	4.98	4.92	4.59	4.40	4.40	4.67	0.15
Filtrates through "Bougies"	—	4.98	4.95	4.77	4.39	4.77	0.20
Sandy Loam Soil							
Suspensions	3.64	3.72	3.83	4.16	4.08	3.89	0.13
Filtrates through paper	5.82	4.86	4.85	4.83	4.77	5.02	0.24
Filtrates through "Bougies"	—	—	—	—	—	—	—
Heavy Clay Soil							
Suspensions	4.48	4.97	4.70	5.19	5.06	4.88	0.24
Filtrates through paper	4.55	5.61	—	5.67	—	5.28	0.41
Filtrates through "Bougies"	4.55	5.17	4.82	—	5.56	5.02	0.29

Average difference in duplicates by the four soils: Suspensions . . . . 0,11; Through paper . . . 0,25; Through "Bougies" 0,26

From the table it can be seen that the hydrogen-ion concentrations of the filtrates obtained through paper and through bougies are unquestionably higher than the hydrogen-ion concentrations of the suspensions. Considering that the correct measurement of the soil must depend upon the presence of the colloidal particles and the potential differences due to their presence we can attribute the higher values for the filtrates as due to the change in the proportions of the colloids in the case of the filtrates through paper and the removal of the particles through the bougie. The hydrogen-ion concentration of the filtrates can be attributed to the ionization of some of the soil constituents brought into true solution, e. g. humates etc. In this connection it can be mentioned that it was found in the measurement of a suspension of humus soil (1) that the suspension gave a pH of 4.20 with stirring and a pH of 4.63 without stirring, showing the importance of having the soil particles in contact with the electrode during the period of measurement. It is believed that these results point to the importance of the measurement of the hydrogen-ion concentration directly in suspensions of the soil, especially if theoretical significance is to be attached to the results.

The question of the best suspension to use is entirely another matter. The differences between the various proportions is evidently significant from a theoretical standpoint. The differences in the filtrates from the various proportions of soil and water cannot be said to be significant, due to the great difficulty in the measurement of the electrolyte-poor solutions and especially is this true for the filtrates obtained through bougies. In this connection it might be added that in the case of the loam soil there was no color at all in the bougie-filtrate and at the same time it was impossible to get satisfactory readings for these filtrates. For the other soils the filtrates were distinctly yellow colored, showing evidently the solution of a small amount of humates etc.

The differences in the pH values of the various proportions of soil to water as obtained in the suspensions must be the result of an equilibrium established with many factors playing, for example, the effect of the dissolved electrolytes on the ionization of one another, and their effect upon the colloids in the solution. Likewise solution and adsorption must play their roles, perhaps opposing one another. It is believed, however, that the measurement of the hydrogen-ion concentration of the soil should be carried out on a thick soil suspension, or in other words the determination should be made with the evidently adsorbed hydrogen-ions present and as near natural conditions as possible.

If this study can serve for no other purpose than to point out some of the possible factors effecting the electrical measurement of the hydrogen-ion concentration of the soil and thereby bring to the minds of the workers the importance of further investigation leading to a possible standardization of a method or at least care in stating definitely under which conditions one's results are obtained, then the object of the little study is realized.

R. M. BARNETTE, D. J. HISSINK et JAC. VAN DER SPEK. *Groningue (Pays-Bas).* —

Notes sur la détermination de la concentration des ions-hydrogène du sol.

RÉSUMÉ.

Les auteurs ont étudié quelques facteurs influençant la concentration des ions-hydrogène des suspensions de sols, de filtrats à travers papier-filtre, et de filtrats à travers « bougies ». Dans ce but 4 sols acides de types différents ont été choisis. Les conclusions suivantes ont été obtenues :

1) La détermination de la concentration des ions-hydrogène dans les suspensions de sols devrait être faite en solution agitée et en faisant passer un courant relativement rapide d'hydrogène à travers la suspension.

2) Les déterminations de la concentration des ions-hydrogène dans les filtrats de sols, filtrés à travers papier-filtre et a travers « bougies », ne peuvent être exécutées (en employant la méthode électrométrique) en parallele, avec la même exactitude que les déterminations dans les suspensions.

3) Les filtrats (obtenus à travers papier et bougies) des suspensions des 4 sols étudiés furent acides, mais toujours *moins* acides que leur suspension correspondante.

4) En utilisant la théorie de la « double couche électrique » qui explique très bien l'échange des cations du sol avec les cations de solutions de sels neutres — ainsi que le fait qu'une suspension de sol dans l'eau représente évidemment une transition en grandeur entre les particules de dimensions moléculaires et colloïdales, et les particules de la dimension « grobe Dispersionen » — une théorie a été proposée pour expliquer les facteurs influençant les mesures électriques de la concentration des ions-hydrogène du sol.

5) L'équilibre par rapport à la concentration des ions-hydrogène entre le sol et l'eau, varie avec le rapport sol-eau, et dépend de plusieurs facteurs. Cependant, les rapports sol-eau les plus étroits (c'est-à-dire les suspensions les plus épaisses) montrent une concentration d'ions-hydrogène plus constante, et devraient donc être employés pour les mesures électriques de la concentration des ions-hydrogène. Aussi, ces suspensions concentrées ressemblent davantage aux conditions naturelles du sol.

6) Les mesures dans les filtrats des suspensions sont, moins que toute autre, recommandables.

Note.

D'après l'exposé des auteurs, on voit qu'il n'existe pas encore d'accord en ce qui concerne la méthode à adopter pour la détermination de la concentration des ions-hydrogène. Les différences dans les résultats obtenus par les différents chercheurs, sont dues, au moins en partie, aux différences dans les méthodes employées dans les divers laboratoires et aussi peut-être aux différences dans les types de sols étudiés. Ainsi, il est évident que les opinions théoriques sur la nature de l'acidité du sol ne peuvent concorder. Il semble aux auteurs, qu'à présent il est nécessaire et désirable de réunir un plus grande nombre de faits concernant ce problème. Dans ce but, la coopération des différents laboratoires, dans les recherches sur les mêmes échantillons de sol, semble être la méthode la plus adoptée et la plus avantageuse, pour réunir les faits nécessaires.

Dr. R. M. BARNETTE, Dr. D. J. HISSINK, and Dr. JAC. VAN DER SPEK. *Groningen (Holland).* — **Some Remarks on the Determination of the Hydrogen-ion Concentration of the Soil.**

ABSTRACT.

A study has been made of some of the factors influencing the H-ion concentration of soil suspensions, soil filtrates through paper, and soil filtrates through " bougies ". For this purpose four acid soils of different types have been used. The following conclusions have been reached :

(1) The determination of the H-ion concentration of soil suspensions should be made in an agitated solution (briskly stirred) and with a relatively rapid stream of hydrogen passing through the suspension.

(2) Determinations of the H-ion concentration of soil-filtrates through paper and through " bougies " cannot be duplicated (using the electrometric method) with the accuracy of the determinations in soil suspensions.

(3) Filtrates (obtained through paper and through " bougies ") of suspensions of the four soils studied were acid, but always *less* acid than their corresponding suspensions.

(4) Utilizing the " electrical double layer " theory which best explains the exchange of cations of the soil with cations of neutral salt solutions — and the fact that a soil suspension in water evidently represents a transition in the size of particles from molecular dimensions through colloidal dimensions, to and including the " grobe dispersionen ", a theory has been advanced to explain the factors influencing the electrical measurement of the hydrogen-ion concentration of the soil.

(5) The equilibrium with regard to the H-ion concentration between soil and water varies with the soil-water ratio and is dependent upon many factors. However, the closer soil-water ratios (thicker suspensions) show a more constant H-ion concentration and should therefore be used for the electrometrical measurement of the H-ion concentration. Besides such thicker suspensions must approach nearer the natural conditions of the soil.

(6) The measurement of filtrates of soil suspensions is, above all things, not to be recommended.

Note.

As it appears from our treatise, there is not yet an agreement over the point of the method for the determination of the hydrogen-ion concentration of the soil. The differences in the results of the various investigators must be caused, at least partially, by the difference in the methods employed in the various laboratories — and also possibly by the difference in the types of soil studied. Thus, it is evident, that the theoretical views of the nature of soil-acidity cannot be in agreement. It appears to us that at the present time it is both necessary and desirable to collect a greater number of facts relative to this problem. For this purpose the co-operation of the different laboratories in the investigation of the same soil samples appears to present the most convenient and advantageous method of collecting these necessary facts.

Prof. Dr. EINAR BIILMANN,

Copenhagen, Denmark.

THE DETERMINATION OF HYDROGEN-ION CONCENTRATION IN SOILS AND SOIL EXTRACTS.

ABSTRACT.

The acidity of a soil defined as the hydrogen ion concentration of the aqueous solution moistening the solid substance of the soil may be determined electrometrically by means of the Quinhydrone Electrode, which I described in 1920. This electrode may be used in acid solutions and in alkaline solutions un-til pH 8.5. It is not affected by the presence of nitrates.

The measurements are made in a mixture of 5 of gm. the soil sample and 20 ec. boiled, distilled water, but the method may also be applied to filtered soil extracts. Determinations of pH in soils of different types made with the quinhydrone electrode, as well as with the usual hydrogen electrode, proved agreement between the observed values for pH.

By means of a special Quinhydrone Capillary Electrode, electrometric determinations of pH may be made in 2-3 drops of a soil extract.

The quinhydrone electrode takes the right potential so quickly and the construction and use of the electrode is so simple that the determination of pH in a soil or a soil extract with this electrode takes only five minutes.

The quinhydrone electrode and its application for soil investigations as well as for several other purposes has been worked out in the chemical laboratory of the University of Copenhagen. But the testing of the electrode by the application of it on a large scale is due to the work and kind interest of Dr. HARALD R. CHRISTENSEN and his assistant Mr. TOVBORG-JENSEN of the Danish Laboratory of Plant Culture, where more than 700 soil samples have been tested, using the quinhydrone electrode, together wit parallel tests by measurements with the hydrogen electrode.

PROF. DR. EINAR BIILMANN, *Copenhague (Danemark).* — **Détermination de la concentration des ions-hydrogène dans le sol et dans les extraits du sol.**

RÉSUMÉ.

L'acidité du sol, définie comme la concentration des ions-hydrogène dans la solution aqueuse, humectant la substance solide du sol, peut être déterminée électrométriquement au moyen de l'électrode quinhydrone, décrite par l'auteur en 1910. Cette électrode peut être employée en solution acide et alcaline jusqu'à pH = 8.5. Elle n'est pas affectée par la présence de nitrates.

On effectue les mesures dans des mélanges de 5 gr. de l'échantillon du sol et 20 ccm. d'eau distillée et bouillie, mais la méthode peut servir également pour les

extraits de sol filtrés. Les déterminations du pH de sols de différents types, faites avec l'électrode quinhydrone, ainsi qu'avec l'électrode d'hydrogène ordinaire, ont donné des valeurs de pH concordantes.

Au moyen d'une électrode quinhydrone capillaire, on arrive à faire des mesures de pH dans 2-3 gouttes d'un extrait de sol.

L'électrode quinhydrone mesure si rapidement le potentiel exact, et sa construction et son emploi sont si simples, que la détermination du pH d'un sol ou d'un extrait de sol avec cette électrode ne prend que 5 minutes.

L'électrode quinhydrone et son application aux recherches sur le sol, ainsi qu'à d'autres buts, ont été mises au point au laboratoire de chimie de l'Université de Copenhague. Le contrôle de l'électrode par son application sur une grande échelle est dû au travail et à l'intérêt bienveillant du Dr. Harald CHRISTENSEN et de son assistant M. TOVBORG-JENSEN, du Laboratoire danois pour la culture des plantes, dans lequel 700 échantillons ont été essayés avec l'électrode quinhydrone e parallèlement avec l'électrode d'hydrogène.

Dr. R. BRADFIELD,

University of Missouri, Columbia, Missouri (U. S. A.).

THE IMPORTANCE OF HYDROGEN-ION CONCENTRATION CONTROL IN PHYSICO-CHEMICAL STUDIES OF HEAVY SOILS

ABSTRACT.

Soil bacteriologists have known for several years that the pH value of the soil played an important role in the biochemical soil processes. In many of the physico-chemical studies of soils, however, this variable has not been adequately controlled. Three years of intensive study of the physico-chemical properties of colloidal clay at the Missouri Station show that pH control is just as necessary in such studies as in bacteriological studies. This work has included:

I. Flocculation:

1. The effect of the pH value on the amount of electrolytes required for the flocculation of acid soils (*J. Am. Chem. Soc.*, 45, 1243-50, 1923).

2. The effect of the reaction of the soil upon the variation in electrolyte requirements with variations of the pH value of the flocculating agents (unpublished).

II. Absorption Studies:

1. HISSINK (*Soil Science*, 15, 269-76, 1923) has pointed out the need of a method for determining the saturation capacity of soils for bases. An accurate method of locating this point, based upon electrical conductivity measurements has been used with success on colloidal clays (described in a paper shorty to appear in *J. Am. Chem. Soc.*).

2. The absorptive capacity of acid soils has been found to vary with the pH value in a manner similar to that found by GORDON for colloidal silica (*Soil Science*, 14, 1922).

The amount of metallic ion absorbed increased very rapidly at pH 6.5 to 8.5 then became practically constant.

III. Studies of the effect of the pH value upon the exchange of bases by soils indicates that many of the apparent discrepancies found in literature may be due to failure to (1) consider the pH value of the normal soil (2) to control the pH value of the solutions used.

IV. Studies of the viscosity, shrinkage and migration velocity of clay show marked effects from slight changes in the pH value (presented in part in *Mo. Ag. Ex. Sta. Res. Bul.*, 60, 1923, and in part in a paper presented before the First National Colloid Symposium at Madison, Wis., 1923).

Taken as a whole the studies throw some interesting light on the much discussed questions (1) as to the nature of soil acidity, (2) as to the nature of the chemical processes in soils.

DR. RICHARD BRADFIELD, *Columbia, Missouri (Etats-Unis).* — **L'importance du contrôle de la concentration des ions-hydrogène pour les études physico-chimiques des sols lourds.**

RÉSUMÉ.

Les bactériologistes du sol savent depuis bien des années que la valeur pH du sol joue un rôle important dans les processus biochimiques du sol. Cependant dans bien des études physico-chimiques, ce facteur n'a pas été suffisamment considéré. Trois ans d'études approfondies sur les propriétés physico-chimiques des argiles colloïdales, faites à la station de Missouri, montrent que le contrôle du pH est tout aussi nécessaire dans ce genre d'études, que dans les études bactériologiques.

Ce travail comprend:

I. — Floculation:

1) L'effet de la valeur de pH sur la quantité d'électrolytes nécessaire à la floculation des sols acides. (*J. Am. Chem. Soc.* 45: 1243-50, 1923).

2) L'effet de la réaction du sol sur les variations dans le besoin d'électrolytes avec les variations de la valeur pH des réactifs floculants (non-publié).

II. — Absorption:

1) HISSINK (*Soil Science*, 15, 269-76, 1923) a démontré le besoin d'une méthode pour déterminer la capacité de saturation des sols pour les bases. Dans ce but une méthode exacte, basée sur des mesures de la conductibilité électrique, a été appliquée avec succès aux argiles colloïdales (décrite dans un article à paraître dans le *J. Am. Chem. Soc.*).

2) La capacité absorbante des sols acides paraît varier avec la valeur pH d'une façon analogue avec celle déterminée par GORDON pour la silice colloïdale. (*Soil Science* 14, 1922). La quantité d'ions métalliques absorbée augmenta rapidement de pH 6,5 à 8,5 puis devint presque constante.

III. — Des études faites sur l'effet de la valeur pH sur l'échange des bases par les sols indiquent que beaucoup des discordances rencontrées dans la littérature, seraient dues 1) a une non détermination des valeurs pH du sol normal 2) au manque de contrôle des solutions employées.

IV. — Des études sur la viscosité, le rétrécissement et la vitesse de migration de l'argile indiquent des effets notables dus à de légers changements dans la valeur pH (présenté en partie dans *Mo. Ag. Ex. Sta. Res. Bul.* 60, 1923, et en par-

tie à la première enquête nationale sur les colloides à Madison, Wis. 1923). En général, ces études sont intéressantes pour les questions si souvent soulevées : 1) sur la nature de l'acidité du sol ; 2) sur la nature des processus chimiques dans le sol.

Dr. D. J. HISSINK,

Directeur de la Station agronomique de l'Etat, Groningue, Hollande.

QUELQUES REMARQUES SUR L'ESTIMATION DE L'ACIDITÉ DU SOL SUIVANT LE PRINCIPE DE COMBER.

Le Dr. HISSINK, *qui en l'absence du* Dr. EMERSON *presente son travail à la Conférence, saisit cette occasion pour faire quelques brèves remarques sur l'estimation de l'acidité du sol suivant le principe de Comber.*

La méthode qui repose sur le principe de Comber ne permet pas de déterminer d'une manière précise le degré d'acidité du sol. C'est une méthode empirique. En comparant les résultats de la méthode Comber avec les pH, obtenus à Groningue à l'aide de la méthode électrométrique, il nous (Dr. VAN DER SPEK et moi) a été possible de trouver un rapport approximatif entre le pH du sol et les couleurs acquises par le réactif I (40 g. KCNS dissout dans un litre d'alcool de 95 %). Mais justement, parce que cette méthode est empirique, le contrôle des chiffres pH, surtout pour ce qui est de nouveaux types de terre, demeure toujours une nécessité.

A l'aide d'un réactif II ou réactif rouge (préparé en ajoutant à un litre du réactif I une solution concentrée de $FeCl_3$ contenant 61 mg. Fe_2O_3) on peut se former une idée de la quantité de chaux assimilable dans les sols qui ne colorent pas le réactif I et qui ont donc une réaction très faiblement acide jusqu'à faiblement alcaline, c'est à dire pour les sols des Pays-Bas une acidité d'environ 6,5 jusqu'à environ 8. Les sols riches en chaux dans l'argile et surtout dans l'humus décolorent le réactif II très vite, en quelques heures. Si le réactif II n'est pas encore décoloré en 24 heures, cela indique que le sol en question, en recevant une fumure acide, perdra vite sa réaction alcaline, neutre ou faiblement acide.

L'instrument suivant le principe de COMBER est empoyé maintenant dans les Pays-Bas autant par des centaines de fermiers que par des fonctionnaires d'agriculture de l'Etat et des professeurs d'agronomie et de jardinage.

De divers côtés, on m'a posé la question de savoir si la méthode peut aussi s'appliquer à la connaissance de la quantité de chaux que le sol acide doit recevoir. Cette quantité de chaux ne dépend pas seulement du degré d'acidité momentané de la terre en question, mais aussi d'autres facteurs (degré d'acidité le plus convenable du sol en question pour une plante determinée, la quantité d'argile et d'humus, la nature de l'humus).

Dans une publication du 26 mai 1923 qui a parue entre autres dans le *Veldbode* (juin 1923), j'ai fait quelques remarques sur la signification de l'estimation de l'acidité du sol pour et par la pratique. Une traduction de cette publication paraîtra dans la *Revue Internationale de Renseignements Agricoles*, publiée par l'Institut International d'Agriculture à Rome. [1]

Dr. D. J. HISSINK, *Groningen (Holland)*. — **Note on the Estimation of Soil Acidity by the Comber Method.**

Dr. HISSINK, *who in the absence of* Dr. EMERSON *presented his work at the Conference, took advantage of the opportunity of making some brief statements on the estimation of soil acidity by the* COMBER *method.*

The method, which is based on COMBER's principles does not enable the degree of soil acidity to be determined with exactitude. It is an empirical method. When comparing the results of the COMBER method with the pH obtained at Groningen by the electrometric method, it was possible for us (Dr. van der SPEK and myself) to find an approximate relation between the pH of the soil and the colours acquired by reagent I (40 gm. KCNS dissolved in one litre of 95 % alcohol). But, because this method is empirical, the control of the pH figures, above all for those of new types of soil, is always necessary.

By means of reagent II or red reagent (prepared by adding to one litre of reagent I a concentrated solution of $FeCl_3$ containing 61 mg. Fe_2O_3) an idea can be formed of the amount of available lime in soils which do not colour reagent I, and which have a very weak acid or alkaline reaction, e. g., for the soils of Holland an acidity of about 6.5 to about 8. Soils rich in lime in the clay substance and above all in humus-lime discolour the reagent II very quickly, in a few hours. If the reagent II is not discoloured in 24 hours, it indicates that the soil in question, on the application of an acid manure, quickly lost its alkaline, neutral or feebly acid reaction.

The apparatus according COMBER's principles is now used in Holland as much by hundreds of farmers, as by members of the State agricultural service and teachers of agriculture and gardening.

From various quarters the question has been put to me whether this method can be applied in deciding the amount of lime an acid soil ought to receive. This quantity of lime depends not only on the degree of acidity at the moment of the soil in question, but also on other factors (the degree of acidity of the soil most suitable for a particular plant, the amount of clay and humus, the nature of the humus).

In an article published May 26, 1923, which appeared amongst others in the *Veldbode* (June, 1923), I made some remarks on the signification of the estimation of soil acidity for and by the practical man. A translation of this publication appeared in the *International Review of the Science and Practice of Agriculture* [2] published by the International Institute of Agriculture at Rome.

[1] Cette publication a effectivement paru dans la *Revue Internationale de Renseignements Agricoles*, du Octobre-Decembre 1924.

[2] *International Review of the Science and Practice of Agriculture*, October-December, 1924.

Prof. HELBIG (Ref.) und KNICKMANN
Institut für Bodenkunde der Universität Freiburg i. Br.

METHODEN DER AZIDITÄTSBESTIMMUNG, VERGLICHEN AN WALDBÖDEN.

BERICHT.

Ziel der Arbeit: Nachprüfung und Ergänzung der bekannteren einfachen Untersuchungsmethoden.

Nach der von KAPPEN benutzten Einteilung ermittelten und verglichen wir: aktive, Austausch-, und hydrolytische Azidität. Die aktive Azidität wurde durch Ausschüttlung des Bodens mit destilliertem Wasser und Bestimmung des Säuregrades titrimetrisch und kolorimetrisch ermittelt. Die Austauschazidität wurde nach DAIKUHARA, KAPPEN u. a. nach Behandlung mit normaler Kaliumchloridlösung und folgender Titration bestimmt. Aehnlich ergab sich die hydrolytische Azidität nach Ausschüttlung mit normaler Natriumazetatlösung (Methode BAUMANN u. GULLY).

Die Nachprüfung ergab für diese 3 titrimetrischen Methoden die Notwendigkeit der Verwendung konstanter Mengen (Boden : Lösung) ; Abweichung davon lieferte, entgegen früheren Beobachtungen, *nicht* proportionale Werte.

Beispiel (Gneislehm):

Boden : Lösung	5 : 100	10 : 100	20 : 100	30 : 100
Titr.-Verbrauch (ccm-n NaOH auf 1kg Boden).	70,2	64,3	57,6	54,5

Von den bekannten kolorimetrischen Methoden fanden Anwendung:

a) Die Lakmusprobe ; liefert qualitativ brauchbare Hinweise, die mit den titrimetrischen Ermittlungen rohe Uebereinstimmung zeigten.

b) Die Rhodankaliprobe (nach COMBER-HISSINK) ; ermöglicht die Abschätzung des Säuregrades, exakter bei Mineral- als bei Humusböden. Völliges Versagen ergab sich für Trockentorf, teilweise auch für ortsteinähnliche Bildungen.

c) Die Methylrotprobe (in der KCl-Ausschüttlung, nach HASENBAEUMER u. a.) ; trifft die niederen Säuregrade exakter, höhere dagegen nur qualitativ ; verdünnt man das Filtrat auf $^1/_{10}$ bezw. $^1/_{100}$, so erfasst das Methylrot auch höhere Säuregrade schärfer.

Alle 3 kolorimetrischen Methoden liefern nur bei Innehaltung gleicher Versuchsdauer vergleichbare Werte:

Beispiel:	nach 2 Std.	16 Std.	48 Std.
Rhodankali:	rosa	hellrot	rot
Methylrot:	ziegelrot	hellorange	gelb

Aus allen unseren Untersuchungen (ca. 80 Böden) ergab sich Abhängigkeit der Bodenazidität von:

A. natürlichen Faktoren:

1) vom Humusgehalt nach Art und Zersetzungsgrad desselben (wie auch HISSINK fand):

Beispiel (zwei benachbarte Gneislehmprofile):

Bestand		Humus	aktive Austausch	hydrol. Azidit.	Rhodankali
Oberboden	Tannen	11,7 %	0,2	5,6 55,6 ccm n NaOH	rosa
	Kiefern	30,8 %	1,1	106,8 182,7 » »	ganz dunkel
Unterboden	Tannen	5,7	0,2	36,1 60,0 » »	rot
	Kiefern	8,8	0,2	35,7 57,7 » »	rot

2) vom Alter der Bodenproben,

3) von der natürlichen Bodenfeuchtigkeit,

Beispiel für 2) und 3).

	aktive	Austausch	hydrol. Azidität
Frisch (nach Abzug des Wassergehalts)	0,2	47,4	79,9 ccm n NaOH
1 Woche Lufttrockenen	0,5	43,3	76,3 » »
6 Monate » »	0,8	41,8	73,0 » »

B) Methodische Faktoren.

1) Einfluss der künstlichen Trocknung.

Beispiel für " aktive " Azidität (Wasserauszug):

Humusgehalt	lufttrocken	10 Std. bei 80 Grad	8 Std. bei 110 Grad
30,8 %	1,1	3,5	41,0 ccm n NaOH
5,8	0,4	1,5	6,2 » »

2) Einfluss des Ausglühens.

Beispiel (Lehm mit 30,8 % Humus):

	aktive	Austausch	hydrolyt. Azidität
lufttrocken	1,1	106,8	182,7 ccm n NaOH
nach Glühen	—	2,4	13,3 » »

Bei Versuchen zur Neutralisierung saurer Böden ergab sich, dass Kalkzufuhr zunächst prozentual die Austauschazidität stärker beseitigt als die hydrolytische Azidität, dass ferner rund ⅓ des nach Daikuhara berechneten Kalkbedarfs zur

praktischen Bescitigung der Austauschazidität hinreicht, während andererseits für die Neutralisierung der Gesamtazidität das DAIKUHARA'sche Quantum vervielfältigt werden muss.

(Ausführliche Veröffentlichung der Arbeiten soll in einer Fachzeitschrift erfolgen).

Prof. HELBIG (ref.) et KNICKMANN, *Fribourg en Br. (Allemagne)*. — **Méthodes de dosage de l'acidité, appliquées aux sols forestiers.**

RAPPORT.

But de travail : Contre vérification et complément des méthodes de recherches ordinaires les plus connues.

D'après la classification établie par KAPPEN nous trouvons et nous distinguons : l'acidité active, l'acidité d'échange et l'acidité hydrolytique. L'acidité active sera trouvée en agitant la terre avec de l'eau distillée et en dosant le degré d'acidité par titrimetrie ou colorimétrie. L'acidité d'échange sera déterminée d'après DAIKUHARA, KAPPEN etc. après traitement par une solution normale de chlorure de potasse et une titration subséquente. Enfin, on se procure l'acidité hydrolytique par agitation avec une solution d'acétate de sodium (méthode BAUMMANN et GULLY).

La contre vérification indique pour ces 3 méthodes titrimétriques la nécessité de l'emploi de quantités constantes (sol : solutions) ; les écarts en cela donnent, malgré les observations antérieures, des valeurs non proportionnelles.

Exemples (glaise dérivant du gneiss).

Solutions de sol	5 : 100	10 : 100	20 : 100	30 : 100
Consommation de solution à titrer; ccm de NaOH. N par kg de terre	70,2	64,3	57,6	54,5

Parmi les méthodes colorimétriques connues sont employées :

a) essai au tournesol ; donne des indications qualitatives utilisables qui montrent une concordance brutale avec les découvertes titrimétriques

b) essai au sulfocyanate de K (d'après COMBER-HISSINK) ; rend possible l'estimation du degré d'acidité, avec plus d'exactitude pour les sols minéraux que pour les sols humifères.

c) l'essai au rouge de méthyle (en solution dans KCl avec agitation d'après HASENBAEUMER) indique exactement les plus faibles teneurs en acidité tandis que les plus hautes teneurs sont données seulement qualitativement; si on emploie le filtrat dilué au $^1/_{10}$ et même au 1/100 on peut obtenir avec le rouge de méthyle les teneurs les plus élevées en acidité avec une plus grande exactitude.

Les 3 méthodes colorimétriques donnent des valeurs comparables seulement par l'observation de durées d'expérience égales.

Exemple	après 2h	16 h	48 h.
sulfocyanate de K. . .	rose	rouge clair	rouge
rouge de méthyle . . .	rouge brique	orange clair	jaune.

De toutes nos recherches (c.-à-d. 80 sols) il se dégage que l'acidité du sol est sous la dépendance :

A) de facteurs naturels.

1) de la teneur en humus selon l'espèce et le degré de décomposition de celui-ci (comme il a été trouvé également par HISSINK).

Exemple : deux profils très voisins de glaise dérivée du gneiss.

	Etat	Humus	Acidité active	Acidité d'échange	Acidité hydrolytique	
Partie supérieure du sol. .	sapins	11,7 %	0,2	5,6	55,6 cc NaoH	rose
	pins	30,8 %	1,1	106,8	182,7 »	noir foncé
Sous-sol	sapins	5,7	0,2	36,1	60,0 »	rouge
	pins	8,8	0,2	35,7	57,7 »	rouge

2) de l'époque de l'essai.

3) de l'humidité naturelle du sol.

Exemple pour 2) et 3) :

	Acidité		
	active	d'échange	hydrolytique
Frais	0,2	47,4	79,9 cc de NaoH normal
1 semaine de dessiccation à l'air	0,5	43,3	76,3 » »
6 mois de dessiccation à l'air.	0,8	41,8	73,0 » «

B) Facteurs méthodiques :

1) Influence de la dessiccation artificielle.

Exemple pour l'acidité « active » (enlèvement de l'eau).

teneur en humus	dessiccation à l'air	10 h à 80°	8 h à 110°
30,8 %	1.1	3,5	41,0 cc N aoH N
5,8 %	0,4	1,5	6,2 » »

2) Influence du rougissement au feu :

Exemple (argile avec 30,8 % d'humus).

	Acidité		
	active	d'échange	hydrolitique
dessiccation à l'air	1.1	106,8	182,7 cm³ NaoH N
rougie au feu	—	2,4	13,3 » »

Des essais faits en vue de neutraliser les sols acides, il se dégage que l'application de chaux diminue avant tout plus fortement le pourcentage d'acidité d'échange que l'acidité hydrolytique, qui de plus atteint environ $^1/_3$ du besoin en chaux calculé par DAIKUHARA pour la neutralisation pratique de l'acidité d'échange tandis

que d'autre part, pour la neutralisation de l'acidité totale, le quantum indiqué par DAIKUHARA doit être multiplié.

Des renseignements détaillés des travaux suivent dans une publication spéciale

---

Prof. HELBIG and KNICKMANN, *Friburg i. Br.* (*Germany*). — **Methods of estimation of the Acidity of Foresthy Land.**

NOTES.

Object of the work: The verification and extension of the usual, well-known methods of research.

According to KAPPEN's classification the following are found and distinguished: active acidity, interchangeable acidity and hydrolytic acidity. Active acidity is found on agitating the soil sample in distilled water and in estimating the degree of acidity by titration, or colorimetric methods. Interchangeable acidity is estimated by the methods of DAIKUHARA, KAPPEN and others, after treatment with a normal solution of potassium chloride and subsequent titration. The hydrolytic acidity is obtained on agitation with a solution of sodium acetate (BAUMANN and GULLY's method).

The verification of the three titration methods involves the employment of constant quantities of both soil and solutions; the differences of these, notwithstanding what may have been previoosly observed, give only non-proportional values

Soil solutions	5 : 100	10 : 100	20 : 100	30 : 100
Amount of titration solution required. (cc. N/ NaOH per kg. of soil)	70.2	64.3	57.6	54.5

The colorimetric methods in use include:

(*a*) Litmus, which gives qualitative indications, useful as showing a general agreement with results obtained by titration.

(*b*) Potassium sulphocyanate (COMBER-HISSINK method) for the estimation of the degree of acidity; more accurate results are obtained with mineral than with humous soils.

(*c*) Methyl red (shaken with KCl; HASENBAEUMER's method), indicates the slightest trace of acidity, although the highest concentrations are only indicated qualitatively; if the filtrate is diluted 1 : 10 or even 1 : 100, the degree of acidity of the highest concentrations is given more exactly

The three colorimetric methods give results which are only comparable if the duration of the tests is the same.

Example	after 2 hrs.	16 hrs.	48 hrs.
Potassium sulphocynate	pink	light red	red
Methyl red	brick-red	orange	yellov

In all the experiments the liberation of soil acidity is dependent upon:

A. Natural factors:

(1) The amount and type of humus and its degree of decomposition (as was found also by HISSINK).

Example: two neighbouring sections of a loam derived from gneiss.

		Humus.	active acydity.	exchangeable	hydrolytic.	
Upper soil	spruce	11.7 %	0.2	5.6	55.6 cc N/ NaOH	pink
	pine	30.8 %	1.1	106.8	182.7 »	ark
Sub-soil	spruce	5.7	0.2	36.1	60.0 »	red
	pine	8.8	0.2	35.7	57.7 »	red

(2) The period of the test.

(3) The natural humidity of the soil.

Example for (2) and (3).

	active	acidity exchangeable	hydrolytic
Fresh sample	0.2	47.4	79.9 cc N/ NaOH
After being air-dried for one week	0.5	43.3	76.3 » » »
After 6 months	0.8	41.8	73.0 » » »

(B) Factors related to laboratory methods:

(1) Effects of artificial drying of soil.

Example of «active» acidity (removal of water).

Humus content	air drying	10 hrs. at 80° C.	8 hrs. at 110° C.
30.8 %	1.1	3.5	41.0 cc. N/ NaOH
5.8 %	0.4	1.5	6.2 » » »

(2) Effect of heating the soil to a red heat:

Example: (loam with 30.8 % humus).

	active	Acidity exchangeable	hydrolytic
air-dried	1.1	106.8	182.7 cc. N/ NaOH
raised to a read-heat	—	2.4	13.3 » » »

From these experiments, made with a view to the neutralization of soil acidity, it becomes evident that the application of lime has more effect in diminishing the percentage of exchangeable acidity than that of the hydrolytic acidity, and

moreover, about one-third of the lime as estimated by DAIKUHARA is sufficient for the practical neutralization of the exchangeable acidity, while on the other hand, for neutralization of the total acidity the quantity indicated by DAIKUHARA must be increased.

Detailed information respecting this work will follow in a special publication.

Dr. P. EMERSON,

College of Agriculture, Ames, Iowa, U. S. A.

AN IMPROVED LABORATORY AND FIELD TEST FOR SOIL ACIDITY.

At the meeting of the American Soil Survey Association in Chicago, November 1923, the writer suggested a laboratory and field test for soil acidity (2) (3). The claims made for the test were ; (1) its adaptation to moist or dry, field or laboratory soils, (2) the ease of manipulation and interpretation of results, (3) the relative cost of the raw materials. The practibility of the test, its adaptation to a wide variety of soils and the factors limiting its use were matters of conjecture.

THE TEST.

The testing of a moist soil (the use of the term moist, means that the soil is in a sufficiently dry condition to be plowed) is made by the use of two solutions :

Solution No. 1. — Ordinary ether is saturated with neutral ammonium molybdate. A few grams will be sufficient to saturate one liter.

Solution No. 2. — A mixture of 90 parts acetone and 10 parts ether is saturated with potassium thiocyanate. Approximately 10 grams of KCNS is required.

The testing of a moist soil is made by the use of the two solutions while the testing of a dry soil is made by the use of solution No. 2 alone.

The test is made by filling a test tube approximately one-fourth full with a thoroughly mixed sample of soil. If the soil is moist 10-20 drops of solution No. 1 is added, the tube stoppered and thoroughly shaken for 15 seconds. This manipulation is necessary to prevent the interference of any phosphorus in the next step. Solution No. 2 is now added in sufficient amount to fill the tube one-half full, or to approximately twice the height of the soil. The tube is again stoppered, all oil shaken loose from the bottom and the shaking continued for 30 seconds. The soil is allowed to settle to the bottom of the tube, which it will do in about 30 seconds, and the degree of acidity determined by the depth of color appearing in the supernatant liquid. The color will vary from a deep blood-red in a very acid soil, to a faint pink in one that is only slightly acid, while a neutral or alkaline soil will not produce any color. This wide variation in color allows an estimate to be made of the amount of limestone required to neutralize the acidity, by comparing the color with previously prepared standards or by color charts.

The Color Standards.

A perfectly stable color has not been produced, but a very satisfactory series of color standards, stable for six week to two months may be made as follows:

Safranin Solution. — One gram of Grubler's Safranin titurated with pure water until all color is washed out and made up to 250 cc.

Caramel Solution. — One gram of caramel is titurated with pure water and made up to 100 cc.

These two solutions are mixed with sufficient alcohol to act as a preservative and made up to 500 cc. When placed in test tubes of the same diameter as those used in testing the soil, the color produced will indicate a definite amount of limestone required to neutralize the acidity as shown in the following formula :

cc. Safranin solution	cc. 85 % Ethyl alcohol	cc. Caramel solution	Approximate limestone requirement
125.0	100	30	5 tons per acre
62.5	100	25	4 » » »
15.8	100	20	3 » » »
3.9	100	15	2 » » »
1.0	100	10	1 » » »

The Practical Application of the Test.

In order to determine the practical application of the test, sufficient material to make 50 field tests were supplied to 33 County Agents in various parts of the state. Each agent was requested to make a full and unbiased report, and in case of doubt, to send a sample of each soil to the Soils Department, for confirmation of his test. The results were very gratifying, in fact, the agents requested that steps be taken to insure them a supply of the testing materials. A few variations were noted and in one case a green color, instead of red was reported. This color will be discussed later.

The daily quota of samples submitted to the Soils Department by farmers of the state, and the large collection of official soil survey samples offered a fertile field for a further and more accurate investigation upon the adaptation of the test to a wide variety of soils under both moist and dry conditions. As the Truog (5) test has been adopted by this station as the official test for soil acidity, a comparison of results by the two methods were made whenever possible. The results of the tests upon the farmers' samples showed the following :

Number of farmers sending in samples	103
Number of samples submitted for test	222
Number of tests absolutely agreeing Truog and Solutions	159
Number of tests checking within one ton lime requirement	4
Number of tests not checking one ton	1
Number not compared due to insufficient sample	58

The tests upon the official soil samples were more extensive, in that an attempt was made to determine the influence of moisture in the soil. Seventy-one areas, sampled to a depth of 0-6 $^2/_3$ inches; 6 $^2/_3$ inches to 20 inches; 20 to 40 inches, or a total of 213 samples representing 21 different soil types were compared. All samples were first air dried and tested for acidity by the TRUOG test, then by Solution No. 2. The moisture content of each sample was then adjusted to 20 per cent, allowed to stand 48 hours and again tested by the use of solutions No. 1 and 2 as directed above. The variations shown by solution No. 2 in the dry soil and solutions No. 1 and 2 in the moist soil are so slight and only occur in certain soil types that the results are grouped and presented in Table 1.

TABLE 1.

Topographic division	Surface 0-6 $^2/_3$		Sub-surface 6 $^2/_3$–20		Sub-soil 20–40		
	Column A (1)	Column B (2)	Column A (1)	Column B (2)	Column A (1)	Column B (2)	Column C (3)
Upland soil Glacial origin . . .	6	—	6	—	6	—	—
Upland soil Loessal origin . . .	21	1	21	1	22	—	—
Terrace soils	13	2	13	2	11	3	1
Bottom land soil	26	2	26	2	27	1	—

(1) Column A; Number of tests agreeing with TRUOG.
(2) Column B; Number of tests varing 1 ton from TRUOG.
(3) Column C; Number of tests varying 2 tons from TRUOG.

It will be noticed that in a total of 213 soil samples, tested in three different ways, 198 or approximately 93 percent agree with the Truog test. The variations in the upsland loessal soils all occurred in one type, Marshall silt loam. In this case the test in the dry soil agreed with the Truog, but when the test was made in the moistened samples it consistently showed less acidity. In the case of the terrace soils the variation also occured in one type, the Waukesha silt loam, two of the dried samples gave a higher test with solution No. 2 than did the Truog in both the surface and subsurface samplings, while the moistened soils did not exhibit any variation. The sub-soil samples of this type exhibited the same phenomena, slightly more marked, in one case the variation being 2 tons. One type of bottom-land soils, Wabash clay loam, exhibited exactly the same variation as the Waukesha silt loam. In this type the samples represented 5 classes of soil, namely, loams, silt loams, silty clay loams, clay loams and clays, but only the clay loam gave any variation and that in the dried samples.

The Limitations of the Test.

The test is based upon the assumption that iron is present in all soils. Further, in an acid soil a portion of the iron will be in the ferric condition and the greater the acidity the larger the amount of ferric iron. As potassium thiocyanate is an

exceedingly delicate reagent for the testing of ferric iron, provided no interfering substances are present, we may assume that the following reaction takes place.

$$FeCl_3 + 3\ KCNS = Fe\ (CNS)_3 + 3KCl$$

However, the color is increased by an excess of either of the products of dissociation, KCNS or KCl, consequently the test is more delicate if an excess of KCNS is present. This naturally leads to the conclusion that the color is not due to $Fe\ (CNS)_3$ as shown above, but possibly to a complex salt for instance, $Fe(CNS)_3$ $9KCNS$ as prepared by KROSS and MORALIT (4). The production of color is inhibited by small amounts of soluble phosphates and borates, hence is influenced in varying degrees by a number of organic acids. The latter usually do not occur to any marked extent in cultivated soils, hence the use of solution No. 1 containing sufficient ammonium molybdate to precipitate the small amount of soluble phosphorus present, may be assumed to be sufficient for a normal soil. The addition of an excess of molybdium salts is to be avoided as these will give a red color with soluble thiocyanates, forming complex salts of the general composition $Mo(CNS)_6R_3$.

There are various kinds and degrees of acidity which in turn may have various effects upon the crop producing power of the soil. These various acid condition may affect other soil constituents in the same manner as iron is affected. The recent work of CARR and BREWER (1) has shown clearly the influence of acidity upon manganese and aluminum as well as upon iron. As manganese is soluble in a 5 percent alcoholic KCNS solution and apparently reacts with KCNS to give a green color, which color is especially apparent when the red color of the iron is destroyed by the addition of a base, the use of the test may be limited in such soils. It may be noted that soils high in manganese give a very poor crop response, not only are legumes limited in their growth, but all common crops as well. The test then may be valuable in that it may serve as a qualitative test for this element.

It is quite possible that other colors and other interfering factors will be found as more extensive investigations are conducted. WILLIAMS (5) lists a large number of compounds, common to soils, that produce variously colored solutions with the thiocyanates. The list of colors run through the yellows, greens, reds, blues, violets, and blacks according to the nature of the compound producing the color and conditions under which the color is produced.

The Stability of Solution No. 2.

Potassium thiocyanate is not stable in some solutions. In some cases there appears to be a decomposition, possibly due to some oxidizing or reducing agent, in other cases there is apparently a change of the structure of the molecule, possibly the formation of a double salt. The action of decomposition or change of molecule is intensified if the solution is kept in the light. The exact cause of the change is not known. It is well known however, that in an acid solution the thiocyanates are decomposed by oxidizing agents. When the solution is not acid some other factor must be at work. At first small amounts of aldehydes present in such biological products as alcohol and acetone were suspected of reducing the KCNS, but such does not appear to be the case as will be shown later.

The stability of the solution is very important in the case of practical field tests, as the field man cannot be bothered with making up fresh solutions each time he wishes to make tests. Hence a solution to be of practical use must be fairly stable. In a long series of tests with commercial preparations, alcoholic and aqueous solutions it was noted that all of them tended to lose their ability to produce the characteristic red color, also that solution No. 2 above would lose its strength if kept for long periods, three months or more, in the sunlight. In the latter case a deposition of fine yellow crystals would be noted in the neck of the bottle, while in the other cases the solution apparently had not suffered this change. In no case could the presence of hydrocyanic acid be detected.

In order to test the stability of the various solutions the following experiment was conducted: 2000 cc. of three stock solutions were prepared as follows: — 1 percent potassium thiocyanate in neutral pure water, 1 percent in 95 percent ethyl alcohol, and a stock solution of solution No. 2 containing also 1 percent thiocyanate. 200 cc. of each solution were placed in clear flint glass bottles previously treated to remove all solubles from the glass. The bottles were arranged in two series, one of which was placed in strong sunlight and the other kept in the dark. Both series were at room temperature. To each series various amount of formaldehyde were added in order to determine if this was the agent causing decomposition. At the end of four weeks 10 cc. portions of each solution were withdrawn and tested for its ability to produce the characteristic ferric thiocyanate color; first, by the amount of N/100 $Fe Cl_3$ solution required to produce a pink color that would remain stable for one minute, second by the amount of N/10 H Cl acid required to produce the same color after 1 drop of N/100 $Fe Cl_3$ had been added as an indicator. the arrangement of the series and the results of the experiment are given in table 2,

TABLE 2. — *Comparative Stability of KCNS Solution.*

Four Weeks after Preparation.

Treatment	1 % KCNS in 90 parts acetone 10 parts ether				1 % KCNS in 95 % alcohol				1 % KCNS in water			
	Dark		Sunlight		Dark		Sunlight		Sunlight		Dark	
	cc. N/100 $FeCl_3$	cc. N/10 HCl	cc. N/100 $FeCl_3$	cc. N/10 HCl	cc. N/100 $FeCl_3$	cc. N/10 HCl	cc. N/100 $FeCl_3$	cc. N/10 HCl	cc. N/100 $FeCl_3$	cc. N/10 HCl	cc. N/100 $FeCl_3$	cc. N/10 HCl
Check	1 drop	0.0	1 drop	0.0	0.9	0.5	0.9	0.3	2.2	1.6	2.2	1.1
0.1 cc. 40 % Formalin .	»	0.0	»	0.0	0.7	0.4	1.0	0.3	2.2	0.8	2.3	1.1
0.5 cc. 40 % Formalin .	»	0.0	»	0.0	0.9	0.5	0.9	0.3	2.5	1.4	2.4	1.2
1.0 cc. 40 % Formalin .	»	0.0	»	0.0	0.9	0.4	1.0	0.3	2.2	1.2	1.9	1.8
2.5 cc. 40 % Formalin .	»	0.0	»	0.0	0.9	0.4	1.5	0.4	2.0	0.9	1.9	1.6

It will be noted that solution No. 2 is comparatively stable under both conditions for a period of four weeks, while the other solutions are comparatively unstable. The stability of No. 2 was further demonstrated by testing a solution that had been prepared for 9 months and kept in the dark. No change could be detected. The action of formaldehyde was not marked. The color produced in the alcoholic and aqueous solutions were not satisfactory, due to the fact that the red color produced by the addition of iron immediately changed to a brilliant yellow which persisted until a sufficient amount of iron was added to mask it.

It appears therefore, that soils, such as are found in Iowa, may be satisfactorily tested for their lime requirement under both field and laboratory conditions. Also that a solution has been found for making the test that will remain stable for a period of nine months if proper precautions are taken to protect it from the light.

REFERENCES CITED

(1) CARR & BREWER, *Jr. Ind. & Eng. Chem.* XV 6 634, 1923.
(2) EMERSON, *Rept. of the American Soil Survey Association Bulletin* V' 1, 89.
(3) EMERSON, *Jr. American Society of Agronomy*, XV 12 495.
(4) KROSS and MORALIT, *Ber. der deutschen Chem. Ges.* XXII, 2061.
(5) TRUOG *Wisconsin, Bulletin* 249.
(6) WILLIAMS H. E., The Chemistry of Cyanogen Compounds. J. & A. Churchill London, 1915.

Dr. P. EMERSON, *Ames, Jowa (États-Unis)*. — **Une méthode de laboratoire et de pratique courante en plein champ pour la détermination de l'acidité du sol.**

RÉSUMÉ.

Des recherches faites au «Soils Department of Iowa State College» indiquent la possibilité d'une méthode pratique pour la mesure de l'acidité du sol au laboratoire ainsi qu'en pleine campagne. Avec cette méthode on emploie deux solutions, dont l'une est une modification de celle proposée par COMBER de la Station de Rothamsted. La méthode est basée sur la couleur produite par le sulfocyanate de potassium en présence du fer ferrique, et concorde bien avec des méthodes reconnues et standardisées pour un grand nombre de sols. Les mesures en plein champ sont effectuées par comparaison avec des échelles colorimétriques tandis que les mesures de laboratoires sont exécutées plus exactement en comparant avec des standards de couleurs.

Dr. P. EMERSON, *Ames, Jowa (U. S. A.)*. — **An improved Laboratory and Field Test for Soil Acidity.**

ABSTRACT.

Studies carried out in the Soils Department of Iowa State College indicate the feasibility of a practical method for the measurement of soil acidity under both field and laboratory conditions. The method makes use of two solutions, one of which is a modification of that suggested by COMBER of the Rothamsted Station. The method depends for its accuracy upon the color produced by potassium thiocyanate in the presence of ferric iron, but checks remarkably closely with recognized and standardized methods in a wide range of soil types. The field measurements are made by comparison with a color chart, while the laboratory measurements are more accurately determined by comparison with color standards.

Prof. Dr. R. GANSSEN.
Berlin (Allemagne).

L'ACIDITÉ DU SOL.

(*Voir vol.* Ier, *Procès-verbal de la IVème Séance des* 1ère-2ème *Commissions*, 14 *mai* 1924).

Prof. K. Aso.
Tokyo (Japan)

ON THE DEFINITION OF ACIDITY OF SOILS.

At present, the meaning of the term " Acidity of Soils " has not been fully confirmed.

Acidity of soils must be the acidity which is already present in the original soils, but various authors have attached more importance to the absorption phenomena than to the presence of true acids in the soil.

The acidity produced after the application of neutral salt solution such as KCl, KNO_3, $KC_2H_3O_2$ etc. is of course a secondary one, and the titrable acid which was set free from salt solution is the result of selective absorption of base or basic exchange. Some authors called this acidity pseudo-acidity or inactive acidity (Recently Mr. GANS called this ruhende Azidität), and made a clear distinction between such acidity and true acidity of soils.

I want to propose to use the term " Acidity of Soils " (Azidität des Bodens) only for the acidity already present in the soil without mixing of any salt and *to avoid* the use of such a term for the *acidity produced* after mixing salt solution into the soil.

PROF. K. ASO, *Tokyo (Japon)*. — **Sur la définition de l'acidité du sol.**

Jusqu'à présent la signification de l'expression « acidité du sol » n'a pas été établie rigoureusement.

L'acidité des sols doit être l'acidité déjà présente dans les sols originels, mais plusieurs auteurs ont attaché davantage d'importance aux phénomènes d'adsorption qu'à la présence d'acides réels dans le sol.

L'acidité produite après l'application de solutions de sels neutres, tels que KCl, KNO_3, $KC_2H_3O_2$ etc., est évidemment secondaire, et l'acide titrable mis en liberté de la solution de sel est le résultat de l'adsorption sélective de bases, ou de l'échange de bases. Quelques auteurs ont appelé cette acidité, la pseudo-acidité ou l'acidité inactive (récemment M. GANS l'appela: ruhende Azidität) et ont nettement distingué entre cette acidité et l'acidité réelle des sols.

L'auteur désire proposer l'emploi de l'expression : « acidité des sols »(Azidität des Bodens) seulement pour l'acidité déjà présente dans le sol, sans le mélanger avec aucun sel, et il propose d'*éviter* l'emploi de cette expression pour l'*acidité produite* après avoir introduit des solutions salines dans le sol.

Dr. G. KRAUSS,
Ramannsches Institut München,

KURZE BEMERKUNG ZUR BODENAZIDITÄT VON WALDBÖDEN.

In einer Arbeit über « Aziditätsbestimmungen in Waldböden » (Forstwissenschaftliches Centralblatt 1924, Märzheft) habe ich die vertikalen Schwankungen der aktuellen Aziditätswerte in einigen mitteleuropäischen Waldbodenprofilen zahlenmässig und den genaueren Aziditätsverlauf in den obersten *Mineral*bodenschichten einiger süddeutscher Waldbraunerden graphisch dargestellt.

Unsere Braunerden unter Wald in ihren Uebergängen zu deutlichen Bleicherden geben bekanntlich schon äusserlich mit der *Farbe* ihrer obersten Mineralbodenschichten zumeist einen Anhalt, aus dem man gewisse Schlüsse auf die milde oder sauere Humusbildung und auf den chemisch-biologischen Zustand des betreffenden Waldbodens überhaupt ziehen kann :

Im günstigen Fall sind die obersten Mineralbodenschichten innig mit humosen Substanzen gemischt, ohne dass obenauf wesentliche Mengen von *reinem Auflage*humus erhalten bleiben. Die dunkle, schmutzige Färbung der obersten humosen Mineralbodenschichten geht *ganz allmählich* nach unten in die reine (braune) Mineralbodenfarbe über.

Je träger und langsamer jedoch die hauptsächlich mikrobiologisch bedingte Zersetzung der organischen Abfälle des Waldes vor sich geht, je mehr saurer Auflage-Rohhumus sich bildet und damit auch die Wurzel- und Kleintiertätigkeit im darunterliegenden *Mineralboden* zurückgeht, desto *schärfer* grenzt sich der schwärzliche reine Auflagehumus gegen die obersten Mineralbodenschichten ab.

(An dieser Grenze können alle Stufen von kaum wahrnehmbarer Vergrauung eines schmalen Streifchens bis zu deutlicher und tiefgehender Ausbleichung auftreten).

In diesen oberen Mineralbodenschichten, die sich also schon nach dem äusseren Ansehen je nach Standort (Klima und Boden), sowie nach dem aufstockenden Baumbestand (mit zugehöriger Bodenflora) deutlich differenzieren, habe ich in vertikaler Anordnung sehr *engmaschig* Aziditätsproben genommen und von einigen süddeutschen Waldböden profilmässige Aziditäts*kurven* bis 20 cm Tiefe in der Abbildung (Fig. 103) dargestellt :

Fig. 103, A benützt dabei die üblichen logarithmischen Abstände als Abszisse [1], Fig. B zeigt die Konzentrationswerte in ihrem wahren Verhältnis.

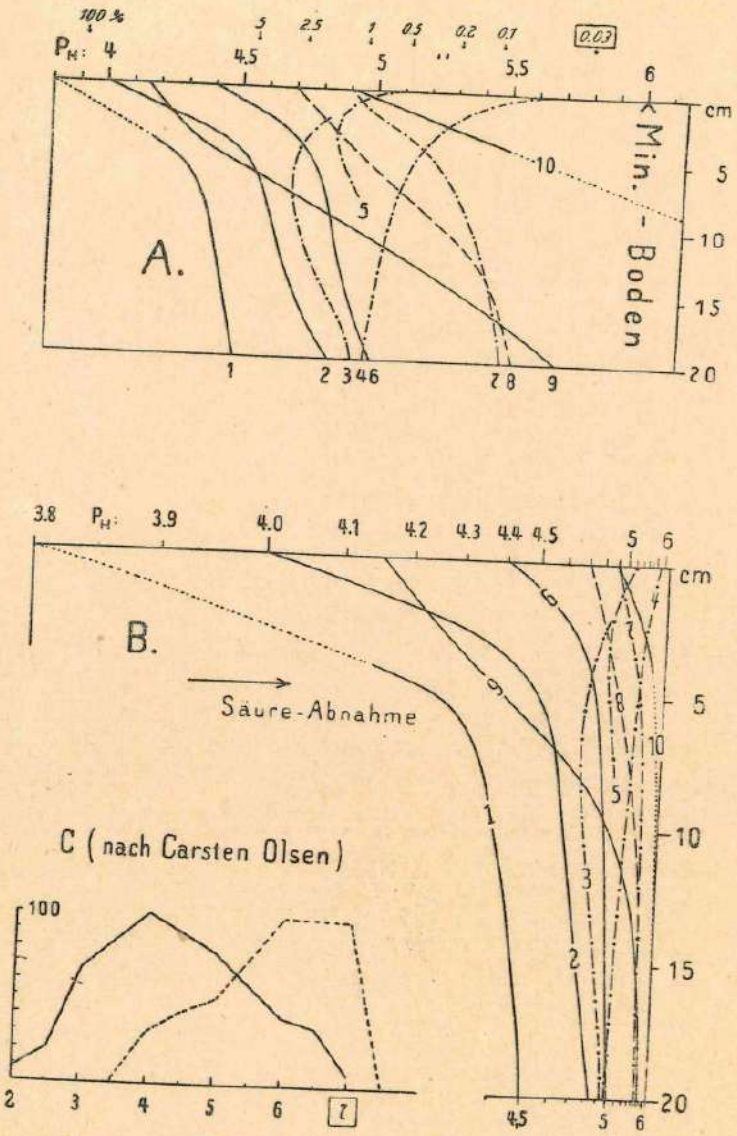

Fig. 103. — Aziditätskurven von einigen süddeutschen Waldböden.

[1] Über Figur 103 A sind die entsprechenden CO_2 Drucke aufgetragen.

Die ausgezogenen Kurven beziehen sich auf *Wald*böden unter picea excelsa, (die gestrichelte No. 8 auf ehemaligen *Acker*boden mit 60 jährigen Fichtenbestand) ; die strichpunktierten Kurven auf fagus silvatica.

Die Bodenart wechselt zwischen kalkhaltigem und weitgehend entkalktem Lehm ; No. 4 ist ein Buntsandsteinboden. Die jährlichen Niederschläge schwanken zwischen 1200 und 600 mm. (nähere Erläuterungen loc. cit.).

Die Aziditätswerte sind nur bis zur obersten Grenze des (teilweise humosen) *Mineral*bodens eingezeichnet ; der reine *Auflagehumus*, der auch bei Fichte häufig nicht ganz so saure Werte zeigt, als die unmittelbar darunterliegende oberste Mineralbodenschicht, ist hier nicht berücksichtigt.

Vorläufiges Ergebnis :

I.) Die profilmässige Aziditätskurve scheint nicht nur die langjährige Einwirkung des aufstockenden Pflanzenbestandes und seiner Humusbildung (im Zusammenwirken mit der klimatisch verschiedenen Sickerwasserbildung) auf den Mineralboden zu erfassen, sondern auch dessen Pufferungsvermögen in den verschiedenen Bodentiefen.

II.) Während die von SOERENSEN für allgemein - biologische Studien eingeführte *logarithmische* Darstellungsweise auch für pflanzenphysiologische Betrachtungen sich bewährt hat (vergl. die in Fig. 103, C nach CARSTEN OLSEN [1] wiedergegebenen Wachstumskurven, die durchaus keine logarithmisch - *einseitige* Dehnung zeinseitigegen), erscheint für rein *bodenchemische* Vorstellungen die Darstellungsweise der Fig. 103, B (in den wahren Konzentrationsabständen !) *korrekter* als die logarithmische Abszisse (Fig. 103, A).

Die logarithmische Zerrung der Fig. 103, A erweckt z. B. bei Kurve 9 und 10 den falschen Eindruck einer wesentlichen Abnahme der Säurewirkung auch noch in den tieferen Schichten, die in Wirklichkeit gar nicht gegeben ist. Noch absurder wird die logarithmische Darstellungsweise, wenn man sie nach unten über 20 cm Tiefe hinaus fortsetzt, weil dann fast alle Kurven ohne innern Grund nach rechts umbiegen.

III.) Die profilmässige Aziditätsuntersuchung verspricht einen einfachen Masstab und die Aziditätskurve ein charakteristisches Bild des klimatisch bedingten Auslaugungs - (Versauerungs - Entbasungs) - Zustandes des Natur - Boden - Profils zu geben.

(Im Anschluss daran wird eine bequeme Ausrüstung mit BJERUM'schem Doppelkeilkolorimeter (Komparator nach ARRHENIUS) der Fachkommission in natura vorgeführt).

Dr. G. KRAUSS, *Munich* (*Allemagne*). — **Quelques notes sur l'acidité du sol.**

RÉSUMÉ

L'étude des profils dans les recherches sur l'acidité actuelle (concentration des ions hydrogène) donne une image claire de l'état d'acidification (débasification) dans le cas de sols forestiers humides de « terre-brune ».

[1] Aus Studies on the hydrogen ion Concentration, Kopenhagen 1923.

Les couches minérales supérieures montrent d'une façon caractéristique l'influence des différents peuplements (ainsi que de la flore *du sol*).

Monsieur G. KRAUSS a publié (*Forstwirtsch. Centralblatt* 1924, mars) graphiquement les valeurs de l'acidité de quelques sols forestiers « de terre brune » du sud de l'Allemagne (voir figure) en courbes de profils.

La figure 103, *A* montre les distances logarithmiques usuelles en abscisses, la figure *B* donne les valeurs des concentrations réelles. Les courbes en trait plein se rapportent aux sols forestiers de forêts de *picea excelsa*, et les courbes en pointillé aux forêts de *fagus silvatica*. Les quantités correspondantes de précipitations atmosphériques varient entre 1200 et 600 mm. (voir *loc. cit.*).

La courbe de l'acidité représentée selon le profil ne comprend pas seulement les actions du peuplement végétal sur le sol minéral, mais aussi simultanément l'action tampon du sol. (Il s'agit surtout de sol limoneux).

La représentation logarithmique, introduite par SÖRENSEN et MICHAELIS dans les études biologiques, est appliquable également aux recherches de physiologie végétale. (Voir la courbe C selon CARSTEN OLSEN, qui est une courbe de croissance et ne montre point d'expansion logarithmique unilatérale). Cependant pour les représentations de la chimie du sol les graphiques de la fig. 103, *B* (en distances de concentration réelles) paraissent être plus correctes que les figures avec abscisse logarithmique (selon *A*).

Dr. G. KRAUSS, *Munich (Germany)*. — **Soil Acidity.**

ABSTRACT.

A study of the soil sections in investigations on effective acidity (concentration of hydrogen ions) shows clearly the state of acidification in the case of moist forest soils of "brown earth".

The upper mineral beds show in characteristic manner the influence of different populations (in the same way as the soil Flora).

M. G. KRAUSS has published (*Forstwirtsch. Centralblatt* 1924, March) in the form of graphs, the acidity values of some forest soils of "brown earth" in the south of Germany (see figure) as profile curves.

The figure 103, A shows the usual logarithmic distances on the abscissae, the figure giving the values of the actual concentrations. The continuous line curves correspond to forest soils of *picea esxcelsa* forests, and the dotted curves to *fagus silvatica* forests. The corresponding amounts of atmospheric precipitation vary between 1200 and 600 mm.

The acidity curve represented according to the profile does not include only the reactions of plant populations on the mineral soil, but simultaneously also the buffer action of the soil (It is above all a question of clay soils).

The logarithmic representation, introduced by SÖRENSEN and MICHAELIS in biologic studies, is equally applicable to researches on plant physiology (see curve C according to CARSTEN OLSEN, which is a growth curve and does not show unilateral logarithmic expansion). However, for representations of soil chemistry the graphs of Fig. 103, B (spaced for actual concentration) appear to be more correct than the figures with logarithmic abscissae (see A).

Dr. B. AARNIO.

Geologinen Komissioni Helsinki (Finland).

ÜBER BODENREAKTION.

Die Reaktion des Bodens wird mittels Indikatoren nach SÖRENSEN oder elektrometrisch bestimmt. Die Indikatorenmethode vergleicht die Reaktion der Bodenlösung mit Standartlösungen mit bestimmter Azidität oder Alkalinität. Bei der elektrometrischen Bestimmung misst man den Potentialunterschied zwischen Kalomelelektrode und Wasserstoffelektrode in der Bodenlösung (L. MICHAELIS). Mit Hilfe dieser Methoden erhält man bestimmte Werte für Azidität und Alkalinität, welche die H'- oder OH'-Konzentration der Lösung bezeichnet. In der letzten Zeit hat man diese Konzentrationen durch den Wasserstoffexponent (p_H) ausgedrückt, womit man den negativen Logaritmus der H'- oder OH'-Konzentration bezeichnet. Der Neutralpunkt ist p_H 7 (H-Konzentration 10^{-7}), p_H 6 ($C_H = 10^{-6}$) ist zehnmal, p_H 5 ($C_H = 10^{-5}$) ist hundertmal saurer als eine neutrale Lösung; p_H 8, 9, u. s. w. bezeichen die verschiedenen Alkalinitäten.

Die Indikatorenmethode ist bequemer im Felde, aber man kann die Indikatoren nur unter bestimmten Bedingungen anwenden. So z. B. bilden die elektrolytarmen, feinkörnigen Böden immer trübe Bodenlösungen, in welchen die Farbennuancen unmöglich zu bestimmen sind, ebenso wirken die wasserlöslichen Humusstoffe ein. Für solche Böden muss man das elektrometrische Verfahren anwenden. Dieses ist viel empfindlicher für die äusseren Verhältnisse; es verlangt z. B. eine trockene Umgebung auch ist der Apparat schwierig zu transportieren. Am besten ist es die Bodenreaktion nach beiden Methoden zu bestimmen.

Die Stabilität (Puffereinwirkung) der Bodenreaktion bestimmt man durch Titrierungskurven (BJERRUM u. GJALDBAEK). Wenn man z. B. einer Lösung des Bodens, die karbonathaltig ist, Säure zusetzt, wird die Reaktion nur wenig geändert, weil die Säure durch Karbonat neutralisiert wird. Um diese Tatsache zu bestimmen, setzt man der Bodenlösung allmählich Säure oder Lauge zu und misst die Reaktion nach jedem Zusatz. Auf diese Weise bekommt man eine Kurve, und zwar eine mehr oder weniger steile, je nach der Stärke der Puffereinwirkung.

Die Bedingungen der Bodenreaktion sind noch in ihren Einzelheiten unbekannt. Doch sind einige von diesen schon erforscht. So z. B. wird die Azidität des Bodens durch freie Säuren (anorg und org.) verursacht. Die anorg. Säuren entstehen z. B. durch Hydrolyse der Aluminium- und Eisensalze. Ferner können freie Säuren durch Basenaustausch entstehen. Wenn man z. B. den Boden mit Kainit düngt, so tauscht Kaliumion gegen Aluminiumion. Dadurch entsteht Aluminiumsulfat, das weiter unter Bildung von freier Schwefelsäure hydrolysiert wird. Die organischen Säuren, welche bei den Aziditätsverhältnissen mitwirken, sind noch unerforscht.

Die Reaktion der finnischen Böden ist hauptsächlich sauer. Da die karbonathaltigen Böden sehr selten sind und nur lokal vorkommen, ist die alkalische Bodenreaktion praktisch ohne Bedeutung.

Die Reaktion der *Bodenarten* Finnlands ist verschieden. Die glazialen und spätglazialen Bodenablagerungen sind gewöhnlich sehr elektrolytarm und die Reaktion dieser Bodenarten liegt nahe dem Neutralpunkt (p_H 6-7). Die postglazialen Bodenarten sind dagegen gewöhnlich stark sauer. Diese enthalten wasserlösliche Salze, darunter Eisen- und Aluminiumsalze, welche die Azidität bedingen. Die Azidität variiert in weiten Grenzen (p_H 3-5,5). Die Torfböden verhalten sich verschieden. Die Hochmoore sind gewöhnlich sauer (p_H 4.5), die Reaktion der Niederungsmoore variiert sehr stark (p_H ung. 4-6,5). In diesen Reaktionsverhältnissen hat man bis jetzt keine Regelmässigkeit gefunden (W. BRENNER).

Die Reaktion der Bodenhorizonte verhält sich verschieden. In solchen Gegenden, wo die Bodenart (Untergrund) neutral ist, ist die Ackerkrume oft etwas sauer, z. B.

Profil im Glazialton, Süd-Finnland.

	Tiefe	pH
Ackerkrume	0-18 cm	6,0
Pflugsohle	25-30 «	6,2
Untergrund, Glazialton	80-100 »	6,9

In diesem Fall ist also die humushaltige Ackerkrume saurer als der humusfreie Untergrund. Gewöhnlich variiert die Reaktion der Ackerkrume in diesen Gegenden zwischen p_H 5,5 und 6,5. Dagegen ist die Reaktion der Ackerkrume in solchen Gegenden, wo der Untergrund sehr sauer ist, weniger sauer als der Untergrund, wie z. B.

Profil im Litorinaton, SW.-Finnland.

	Tiefe	pH
Ackerkrume	10-35 cm	5,1
Gley	35-50 »	5,5
Untergrund, Litorinaton	100-110 »	4,1

In den Salzböden, welche in natürlichem Zustande sind, ist der oberste Horizont saurer als der darunter liegende, z. B.

	Tiefe	pH
Torf	0-10 cm	3,9
Sand	10-25 »	5,1
Ton	25-35 »	5,2

Wenn man den Boden mit Neutralsalzlösung (z. B. n-KCl-Lösung) behandelt, erhält man die totale Azidität (DAIKUHURA, KAPPEN). Durch Bestimmung der gelösten Mengen von Al_2O_3 sieht man, in welchem Grad die Aluminiumsalze miteinander wirken.

Aus Tab. 1 geht hervor, dass durch Behandlung des Bodens mit Neutralsalzlösung die Azidität höher wird als in Wasserlösung. Diese Aziditätserhöhung wird durch die Austauschazidität verursacht, worauf auch die Al_2O_3-Mengen deuten. Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass die gelösten Al_2O_3-Mengen nicht mit p_H-Zahlen vergleichbar sind, weil die durch Hydrolyse entstandenen Aluminiumhydrate zum Teil von Kaliumchlorid koaguliert werden und weil auch vielleicht hierbei noch unbekannte Faktoren mitspielen (z. B. Austausch freigewordener H-ionen).

Die Bodenreaktion als Wachstumsfaktor ist auch sehr wenig untersucht. In welchem Grad sie allein auf das Wachstum einwirkt, ist sehr schwierig zu bestimmen, weil die Bodenreaktion auch die anderen Faktoren ändern kann. So z. B. vergrössert die alkalische Reaktion (OH-ionen) die Dispersität in feinkörnigen Böden (Alkaliböden) und verursacht ungünstige physikalische Eigenschaften. Die dänischen Forscher befürworten eine beinahe neutrale Reaktion (Azotobakterprobe [CHRISTENSEN]. KÖNING und HASENBÄUMER geben an, dass eine Bodenazidität unter p_H 4,5 schädigend auf das Pflanzenwachstum einwirke. Wenn auch die einzelnen Kulturpflanzen verschiedene Aziditäte vertragen, muss man doch annehmen, dass die Grenze höher liege. In Finnland hat man beobachtet, dass die gewöhnlichen Kulturpflanzen noch gut bei einer aktiven Azidität oberhalb $p_H = 5,5$ gedeihen. Bei noch kleinerer Azidität ($p_H = 6$), darf kaum Rücksicht darauf genommen werden. Dies wird weiter dadurch bestätigt, dass durch Kalkzugabe keine bemerkbare Ernteverme hrung bei solchen Böden stattfindet.

TAB. I

Bodenart	Tiefe in cm	Bodenhorizont	Wasserlösung [1] p_H elektrom.	n-KCl-lösung [2] p_H elektrom.	n-KCl-lösung [2] 500 ccm Lösung braucht $^1/_{10}$ n-NaOH ccm	n-KCl-lösung [2] 500 ccm Lösung enthält g Al_2O_3
1. Litorinaton	0–20	Ackerkrume	4.4	4.2	28.0	0.0450
von Ostbottnien	20–30	Pflugsohle	5.4	4.0	49.5	0.0975
	30–45	Gley	5.4	3.9	30.5	0.0625
2. Litorinaton	10–35	Ackerkrume	5.1	3.9	38.0	0.0800
SW-Finnland.	35–50	Gley	5.5	4.3	—	0.0375
	100–110	C	4.1	3.1	132.5	0.5690

[1] 50 g Boden mit 500 ccm Wasser.
[2] 50 g Boden mit 500 ccm n-KCl-lösung.

Dr. B. AARNIO, *Helsinki* (*Finlande*). — **Sur la réaction du sol.**

RÉSUMÉ.

La réaction du sol que nous pouvons mesurer à l'aide de l'indicateur ou selon la méthode électrométrique, est encore assez peu connue quant à son origine. Elle peut être occasionnée par les acides libres (organiques et inorganiques) (ainsi que par les sels libres).

Les acides inorganiques peuvent se former par l'hydrolyse ou par l'échange de bases, à propos de quoi les sels alumineux et ferrugineux remplissent le premier rôle.

La réaction des sols finlandais est surtout acide et, les sols contenant du carbonate étant très rares en Finlande, la réaction alcaline est en pratique sans importance.

La réaction des *sols* est toute différente. Ainsi les sols glaciaux et arrière-glaciaux sont presque neutres tandis que les sols postglaciaux sont en général fortement acides. Parmi les sols de tourbe le sphagnum est acide. Les autres sols de tourbe ont une réaction variante.

Les horizons du sol se comportent de manière différente. Les sols dont le sous-sol est neutre, ont souvent une couche culturale quelque peu acide tandis que les soussols acides ont une couche de terre arable moins acide. Dans les sols salifères la couche supérieure est à l'ordinaire très acide.

Le degré d'acidité est augmenté par le traitement avec une solution de sel neutre et l'hydrate d'alumine est dégagé (voir tabl. 1).

Dr. B. AARNIO, *Helsinki (Finland)*. — **Soil Reaction.**

ABSTRACT.

The reaction of the soil that can be measured by means of indicators or by the electrometric method, is even yet not very well understood as regards its origin. It may be caused by free acid (organic or inorganic) or by free salts.

Inorganic acids may be formed by hydrolysis or by exchange of bases, e. g., the salts of aluminium and iron.

The reaction of the Finland soils is above all acid, and soils containing carbonates are very rare in Finland, those with an alkaline reaction being of no importance.

The sub-soil reaction differs greatly. Thus, the glacial and lower-glacial soils are almost neutral, whereas the post-glacial are generally strongly acid. Amongst the peat soils, sphagnum is acid ; other peat soils have different reactions.

The soil horizons behave in a different manner. Soils with a neutral subsoil often have a cultivable layer which is slightly acid, and those with an acid subsoil have a less acid layer of arable land. Soils which contain much salt in the upper layer are generally very acid.

The degree of acidity is increased by treatment with a neutral salt in solution and aluminium hydrate is liberated (see table 1).

DR. THÉODOR SAIDEL.

Institutul Geologic al României, Sactiunea agrogeologica, Bucarest, Roumanie.

SUR LA RÉACTION DU SOL ET SUR SES RÉLATIONS AVEC LE PROBLÈME DU SOL.

La question de la réaction des sols n'est qu'une des nombreuses questions des propriétés des sols, c'est-à-dire des conditions de végétation. Reconnu déjà depuis longtemps, le phénomène de la réaction du sol s'est rejoui d'un intérêt constamment accru, dès qu'on eut saisi ses rapports avec la vie des microrganismes du sol et son importance extraordinaire pour la connaissance et le traitement des sols marécageux acides.

La découverte d'une propriété physique ou chimique est toujours suivie par le besoin d'exprimer numériquement sa valeur et de posséder donc un procédé et un appareil de mesure. C'est à l'aide de la mesure que nous pouvons ensuite connaître plus profondément les rapports qui existent entre les différentes grandeurs, qui interviennent dans les phénomènes, dont l'étude fait l'objet de notre science.

Le choix et l'application de la méthode de mesure qui, dans le cas de la plupart des autres propriétés du sol, rencontrent maintes difficultés, ont été beaucoup plus faciles dans le cas de la réaction du sol, de façon que nous pouvons dire, que nous disposons des propriétés utilisables, surtout s'il s'agit de leurs utilisation comme instrument de recherche.

Nous sommes d'accord donc sur la nécessité de faire de la réaction du sol un des objets de nos recherches et nous possédons l'instrument nécessaire qui nous permet de mesurer la grandeur de cette propriété chaque fois que nous tâcherons d'établir l'influence qu'elle exerce sur la production ou sur n'importe quel autre phénomène qui se passe dans le sol.

Le but des recherches, en ce qui concerne la réaction du sol, n'est qu'un de ces nombreux *buts partiels* qui, tous ensemble, concurrent à former le but principal c'est-à-dire la connaissance de toutes les propriétés du sol, ou en d'autres termes, de toutes les conditions de végétation.

Dès à présent nous savons que le but que nous poursuivons dans la question de la réaction du sol est la découverte des relations qui existent entre cette propriété du sol, d'une part, et la végétation, les phénomènes microbiologiques et les propriétés physiques du sol, de l'autre.

Les voies sur lesquelles nous pouvons avancer vers ce but sont d'abord celles de l'expérience physiologique sur support stérile et de l'investigation microbiologique en étroite connexion avec l'examen chimique. Ce n'est pas ici que nous pouvons nous occuper des difficultés qui surgiront et qui se multiplieront dès qu'on passera aux expériences faites sur les sols minéraux. Nous nous contenterons de constater encore une fois que nous ne pouvons pas nous imaginer d'arriver au but de toutes les recherches, que par la voie d'approximations successives, et qu'on ne pourra peut-être jamais atteindre le but de la science du sol d'une manière tout à fait satisfaisante.

Outre les considérations générales qui nous mènent à la manière de disposer nos recherches futures, ce seront encore les observations faites dans le cours des expériences de végétation, avec des sols naturels, qui pourront nous guider dans ce champ de recherches. Je pense qu'il soit intéressant de citer ici, comme exemple, les observations recueillies au cours d'une expérience de ce genre, faite en 1916.

Dans cette expérience il s'agissait de comparer la production végétale de 5 principaux types de sols de Roumanie, en conditions extérieures égales et sans adjonction d'engrais. Les expériences furent executées en pots de zinc. Entre les types de sols pris pour cette expérience, il y avait un podzol typique et un tchernoziome également typique. Le podzole provenait d'une forêt de hêtres, le tchernoziome d'un buisson de steppe. Tous deux se trouvaient, donc, à l'état soit-disant vierge.

On sait que le podzole est le plus pauvre des sols, ses réserves ne suffissant que pour un nombre d'années très restreint ; c'est une chose bien connue que la

production du podzole tombe, après que ce sol a été mis en culture, très rapidement à une valeur qui ne paye plus les frais (si on ne fait pas usage d'engrais) tandis que le tchernoziome garde une fertilité en quelque sort constante, pendant des dizaines d'années.

À notre plus grand étonnement, les résultats de la récolte se présentaient comme suit :

	Récolte totale.	Récolte de grains.
Tchernoziome chocolat	25,0 gr.	7,4 gr.
Podzole.	54,9 »	19,1 »

En plus, le tchernoziome se montre reconnaissant à une adjonction d'azote.

Pour parvenir à nous expliquer ce résultat étrange, nous devons admettre qu'au moins une des conditions de végétation se trouvait satisfaite dans une plus grande mesure dans le podzol, que dans le tchernoziome. L'effet positif de l'azote ajouté au tchernoziome permet de déduire que la plante a souffert de manque d'azote dans ce sol, d'ailleurs si riche en azote total. Nous arrivons à l'hypothèse que la mobilisation de l'azote s'est effectué dans le tchernoziome d'une manière beaucoup plus lente que dans le podzol, dans lequel l'azote et toutes les autres matières nutritives se trouvaient peut être entièrement dans une forme plus mobile.

Une des différences essentielles qui existent entre ces deux types extrêmes est celle, que le tchernoziome contient du CO_3Ca et par suite donne une solution à réaction légèrement alcaline, tandis que le podzol, ne contenant pas de CO_3Ca montre une réaction légèrement acide. Des recherches systématiques devraient montrer si le processus de la mobilisation de l'azote, surtout le procès de la nitrification, est influencé par une variation de la concentration des H-ions et notamment de quelle manière, et quelle est la part des calcium-ions sur la marche de ce processus. Une autre série de recherches pourrait également poursuivre l'influence de la réaction sur la mobilisation de l'acide phosphorique. En même temps surgit la question, très importante, si la réaction du sol n'influence pas directement elle-même la végétation et par conséquent la production végétale. Toutes ces recherches devraient être suivies aussi au point de vue quantitatif.

Par le manque de moyens de toute sorte, dans les instituts destinés à la poursuite des buts pratiques, l'auteur n'était pas à même d'attaquer aucune de ces questions.

Une difficulté, qui doit être supprimée, se présente dans l'application des méthodes des mesures de la réaction du sol à des sols minéraux. À ce propos, nous sommes forcés de préparer des solutions de sol ayant un contenu arbitraire en eau et en acide carbonique, et de nous éloigner, de cette façon, des conditions réelles qui dominent dans la nature. Nous nous trouvons donc vis-à-vis de la nécessité, ressentie aussi dans d'autres directions de nos recherches, d'attaquer le problème de la vraie constitution de la solution naturelle du sol.

C'est ici le cas où l'application judicieuse d'une méthode de mesure peut devenir une affaire plus difficile que la question de la méthode elle-même.

La question de la réaction du sol pourra acquérir, une fois, une importance plus grande que nous ne pensons aujourd'hui. Il pourrait être possible que la production maximum idéale d'un sol soit, d'une manière importante, déterminée aussi par la concentration des hydrogène-ions dans le suc du sol. Les recherches

futures, en ce qui concerne l'action des engrais, pourraient alors subir des modifications importantes. L'expérience, citée plus haut, nous montre que la valeur de la concentration des hydrogènes-ions peut vraiment jouer son rôle.

La conclusion à laquelle j'arrive, c'est que le but de nos travaux futurs, en ce qui concerne la réaction du sol, sera d'établir les lois de l'influence de la réaction du sol sur la production, ainsi que les multiples relations qui existent entre la variation de la réaction du sol et les variations des phénomènes qui se passent dans le sol même. Les méthodes de mesure trouveront leurs application la plus utile dans ces travaux de recherches scientifiques.

En ce qui concerne l'application de la science du sol dans l'agriculture, le succès, que nous aurons, augmentera au fur et à mesure de l'avancement de nos connaissances fondamentales.

Quant aux moyens nécesaires à ces recherches nous pouvons affirmer que ceux qui sont mis à notre disposition sont en général tout à fait insuffisants et qu'un changement dans l'état actuel des choses doit s'opérer le plus tôt possible si l'on veut épargner à la science du sol des sérieux troubles dans son prochain développement.

Prof. Dr. Th. Saidel, *Bucarest (Roumanie)*. — **Sur la réaction du sol en relation avec le problème du sol.**

Le grand intérêt qu'on porte à cette question importante sous bien des rapports ressort du grand nombre de travaux entrepris pendant les dix dernières années. La prédilection pour la question de la réaction du sol est en rapport d'un côté avec la circonstance qu'on dispose pour la traiter, des méthodes de mesure simples et précises, d'autre part que les vues modernes de la théorie des solutions sont venues éclaircir la nature de la réaction du sol.

Le degré de précision des mesures est plus que suffisant par rapport à la capacité dont nous disposons aujourd'hui de commenter exactement les résultats de ces mesures. Nous savons, il est vrai, qu'un contenu anormal d'on H influence défavorablement la végétation ou bien que l'intensité de certains procès microbiologiques tient au sens et à la grandeur de la réaction du milieu nutritif.

Mais aujourd'hui aussi bien qu'il y a dix ans, nous sommes très loin de connaître qualitativement et quantitativement les relations multiples qui existent entre la réaction du sol d'une part et la végétation et les processus micro-biologiques d'autre part.

Ces relations ne peuvent être suffisamment déterminées par des mesures et des observations qui se rapportent à des sols naturels. C'est seulement par des études systématiques (expériences de végétation, investigations microbiologiques) que l'on pourra parvenir à ce but. Et c'est ici que les nouvelles méthodes de mesure trouveront leur application la plus utile.

Une des questions dont l'étude s'impose en premier lieu est celle du double rôle physiologique du carbonate de calcium, qui introduit dans la solution du sol des ions de calcium en même temps que des ions hydroxyles.

Basés sur les connaissances ainsi acquises, si nous voulions passer maintenant à la tâche de mesurer la réaction des sols et de commenter les résultats de nos mesures, nous nous heurterions à la question de la constitution des solutions de sols

et des conditions qui y règnent, question non éclaircie, mais également importante sous beaucoup d'autres rapports. Il en résulte, que paralèllement aux investigations pour l'étude des relations qui lient la réaction du sol à la végétation et aux processus qui ont lieu dans le sol, on devra s'occuper de la question des solutions des sols.

C'est en ce sens que l'auteur s'occupe dans son mémoire du problème de la réaction du sol. Pour traiter cette question, il s'appuie sur toutes les indications trouvées dans les ouvrages qui lui étaient accessibles ainsi que sur celles que lui fournirent ses propres investigations et observations.

Prof. TH. SAIDEL, *Bucharest* (*Roumania*). — **Soil Reaction in its Relation to the Soil-Problem.**

The great interest shown for this important question is due to the great number of experiments made during the last ten years. The special attention which has been given to the question of soil reaction is due partly to the fact that, we employ simple and accurate methods to deal with it, and also to the fact that the more modern theory of solutions has thrown much light on the nature of soil reaction.

The degree of accuracy of the measurements is more than sufficient in comparison with the possibility of interpreting the results of these measurements, of which we dispose to day. We know, it is true, that an abnormal hydrogen-ion content, has an unfavorable effect upon the vegetation, and also we know that the intensity of certain microbiological processus depend on the nature and the degree of the reaction of the nutritive media.

But nowadays as was the case ten years ago, we are very far from knowing, qualitatively and quantitatively, the many relations existing between soil reaction and vegetation and the micro-biological processus.

These relation cannot be sufficiently determined by measurements and observations on natural soils. We can only succeed by systematic studies (vegetation tests, micro-biological investigations). The new methods will find here a very useful application.

One of the questions to be studied in the first line, will be the double physiological part played by calcium carbonate, which introduces into the soil solution calcium-ions at the same time as hydroxyl-ions.

Considering the acquired knowledge, we would now pass to the task of measuring the soil reaction, and comment on the results of our measurements, but we would be stopped by the question of the constitution of the soil solutions and their conditions, an unsolved problem, but very important in many ways. — Therefore, we must study the relations between soil-reaction and vegetation and soil processes, together with the question of the soil solutions.

The author treats the problem of soil reaction in this sense ; in dealing with this question, he has utilised all indications found in accessible publications, and also his own investigations and observations.

Prof. R. MEURICE.

Institut Agronomique de Gembloux, Belgique.

SUR LA RÉACTION DES SOLS ET LEUR POUVOIR TAMPON.

§ 1. — REMARQUES PRÉLIMINAIRES.

On a dans le présent travail, étudié la réaction des sols selon la conception moderne de l'acidité et de l'alcalinité. Cette conception repose sur quelques données que l'on peut rappeler brièvement :

a) *Notion de l'exposant d'hydrogène.*

L'eau pure, bien que fort peu conductrice pour l'électricité, n'en est pas moins ionisée a un faible degré selon l'équation :

$$H_2O \rightleftarrows H + OH$$

Si l'on convient de représenter par : (H) ; (OH) ; (H_2O) les concentrations respectives des ions H, des ions OH, et des molécules d'eau, en ions-grammes ou molécules-grammes, la loi de Guldberg et Waage donne :

$$\frac{(H).(OH)}{(H_2O)} = \text{constante.} \qquad (1)$$

Comme le numérateur est extrêmement petit au regard du dénominateur, ce dernier peut sans erreur sensible être considéré comme constant, et il vient :

$$(H).(OH) = C \text{ une constante.} \qquad (2)$$

On met habituellement les valeurs numériques des constantes et des concentrations sous la forme : 10^{-n} et on les désigne par la valeur absolue de l'exposant L'exposant n est le logarithme décimal changé de signe de la valeur représentée. Ceci est surtout avantageux quand on détermine les concentrations d'ions par la méthode des piles de concentration, ce procédé fournissant d'abord les logarithmes des grandeurs cherchées. Pour la concentration des ions H, la valeur de n est appelée l'exposant d'hydrogène et désignée par le symbole : P_H. Pour la facilité de l'écriture, nous écrirons : P. H.

La valeur de n relative à la concentration des ions OH est l'exposant d'hydroxyle, désigné par P indice OH ; nous l'écrirons : P. OH.

La constante C de l'équation (2) a pour valeur à la température de 22° :

$$C = 10^{-14}$$

D'après (2) et selon les conventions rappelées plus haut, on a donc :

$$10^{-PH} . 10^{-P.OH} = 10^{-14}$$

Il en résulte que :

$$P.H + P.OH = 14 \qquad (3)$$

De là on déduit que l'exposant d'hydrogène est susceptible de varier entre les limites extrêmes O et 14.

b) *La notion mathématique de la réaction.*

La neutralité d'une solution aqueuse correspond à la présence simultanée d'un même nombre d'ions H et d'ions OH.

On a donc en milieu neutre :

$$P.H = P.OH. \quad \text{D'où } P.H = 7$$

Les équations (1), (2) et (3) se vérifient quelles que soient les substances en solution dans l'eau.

La solution sera acide si elle contient un excès d'ions H vis à vis des ions OH, donc si le P.H est plus petit que le P. OH. La condition d'acidité est donc : P.H. plus petit que 7.

Plus l'exposant d'H diminue, plus l'acidité devient forte.

En milieu alcalin, au contraire, il y a plus d'ions OH que d'ions H ; le P. H. est donc plus grand que le P.OH et la condition d'alcalinité est : P. H plus grand que 7.

c) *La notion du pouvoir tampon.*

On sait qu'un sel d'acide faible ajouté à une solution de son propre acide en diminue l'ionisation, donc abaisse son acidité et élève le P.H.

Si l'on verse 1 cc. d'acide acétique dans 100 cc. d'eau, le P. H diminue fortement. Par contre si l'eau que l'on additionne d'acide renferme un acétate dissous, le P.H. ne diminue que faiblement pour une même masse d'acide ajoutée. On peut donc dire que l'acétate freine les variations du P. H contre une addition d'acide fort. Tous les sels d'acides faibles jouissent de cette propriété qu'on a appelée le pouvoir tampon. De même les acides faibles freinent les variations du P. H contre les additions de bases fortes.

En général on utilise comme mélanges tampons des solutions de sels d'acides faibles contenant un peu d'acide ou de base forte.

Ces mélanges tendent a conserver leur P.H. Avec de tels mélanges, il est possible de préparer des solutions stables possédant un P. H déterminé. C'est ce qu'a réalisé SÖRENSEN au moyen des solutions suivantes :

citrate bisodique et HCl ou NaOH ;

phosphate mono et phosphate bisodique ;

borax et HCl ou NaOH, etc.

Le pouvoir tampon ou propriété de résister aux variations du P. H est l'apanage d'un certain nombre de matières naturelles, telles le sang. On verra que le sol possède aussi cette propriété.

d) *Détermination du PH.*

La meilleure méthode de détermination est celle des piles de concentration. Elle nécessite un outillage assez coûteux, et quand on peut se contenter d'une approximation moins rigoureuse, on possède un procédé colorimétrique très commode.

Les indicateurs que l'on utilise en acidimétrie changent de teinte entre deux valeurs du P.H. caractéristiques pour chacun d'eux. Ainsi le tournesol (solution d'azolithmine à 1 %) additionné (4 gouttes dans 5 cc.) à des mélanges tampons de P. H compris entre 6 et 8, fournit toutes les teintes du rouge au bleu.

On prépare de la sorte une échelle colorimétrique au moyen de mélanges tampons de P. H connus en présence de tournesol. Pour déterminer le P.H d'une solution, on en traite un même volume par une même quantité de tournesol, et on compare la teinte obtenue à celles des types de l'échelle colorimétrique. Des colorations identiques correspondent à une même valeur du P.H.

Si la solution à examiner possède un P.H plus grand que 8 ou plus petit que 6, on établira des échelles colorimétriques au moyen d'autres indicateurs :

L'orangé III (tropéoline D) pour les P.H de 1,5 à 3 ; le méthylorange de 3 à 4,5 ; le rouge de méthyle de 4,5 à 6 ; la phénolphtaléine de 8,4 à 10, etc.

La méthode décrite fournit le P. H à 0,1 près. La méthode électrique permettrait d'obtenir une approximation de 0,02. Il n'est pas douteux que son emploi n'autoriserait une étude plus complète des propriétés chimiques du sol.

§ 2. — LE PH DE DIVERS SOLS.

En vue de déterminer la réaction d'une terre, on a opéré sur 50 gr. de terre que l'on a agités avec 100 cc. d'eau distillée. Après un certain temps de contact et filtration, on a déterminé le P. H du filtrat par colorimétrie [1].

Nous démontrerons plus loin l'existence d'un pouvoir tampon dans l'eau qui est en contact avec le sol. Comme une solution tampon peut être diluée sans changement notable de son P. H le volume d'eau mis en présence des 50 gr. de terre est arbitraire.

Désignation des sols	P. H trouvé
Limon de Hesbaye (Waremme)	7,3
Argile des Polders	7,3
Terre calcareuse (région jurassique)	7,3
Terre argilo-siliceuse (Couvin)	7,2
Terre argileuse (Ardenne)	6,9 à 7
Sable de bruyère (Campine : Calmpthout)	6,7
Terre tourbeuse (Jalhay)	4

Les terres cultivées normales sont donc en général très légèrement alcalines. Le sable de bruyère et la terre tourbeuse sont par contre nettement acides, propriété qu'ils doivent à la présence d'humus non saturé, et qui n'est pas pour étonner.

[1] On a opéré sur des échantillons de terres sèches provenant des collections de l'Institut.

On a dosé le calcaire (au calcimètre) dans ces divers sols. Il est intéressant de rapprocher leur P. H de leur teneur T en carbonate de chaux :

Désignation des terres	P. H	Teneur en $CaCO_3$
Limon de Hesbaye	7,3	0, 1 %
Argile des Polders	7,3	4,83 »
Terre calcareuse	7,3	21, 6 »
Terre argilo-siliceuse	7,2	0,38 »
Sable	6,7	0 »
Terre tourbeuse	4	0 »

On constate qu'une réaction nettement acide n'est pas comptatible avec la présence de calcaire, comme dans la terre tourbeuse et le sable de bruyère. On peut remarquer aussi que le riche limon de Hesbaye possède une réaction alcaline malgré une faible teneur en calcaire. Son alcalinité doit donc provenir d'autres bases que de la chaux. C'est là une propriété favorable pour autant que la base active soit la potasse.

§ 3. — Démonstration du pouvoir tampon des sols.

L'existence de bicarbonate de chaux et d'autres sels d'acides faibles dans les solutions du sol permet *a priori* d'affirmer le pouvoir tampon de ces solutions. Toutefois ce pouvoir tampon est faible vu la grande dilution de ces solutions.

Ainsi si l'on prend 50 cc. du filtrat sur lequel on a déterminé le P.H et si on y verse une goutte de HCl ou de NaOH dixième normale, le pouvoir tampon n'apparait pas et l'exposant d'hydrogène change profondément.

Par contre si on met de la terre en suspension dans l'eau, l'ensemble possède un pouvoir tampon notable. Ce pouvoir est amphotérique : il se manifeste pour les bases aussi bien que pour les acides, bien qu'à un degré différent.

Si on ajoute quelques gouttes de HCl demi normal à 50 cc. d'eau, le P. H s'abaisse à 2 environ. Si l'on opère de même avec de la soude, l'exposant d'H s'élève au dessus de 10. Par contre si les 50 cc. d'eau renferment en suspension 10 gr. de terre, les mêmes additions d'acides ou de bases ne prevoquent plus que de faibles variations du P.H.

Désignation des terres	Leur P. H	P. H après addition de base	P. H après addition d'acide
Limon de Hesbaye	7,3	7,3	7,1
Terre argilo-siliceuse	7,2	7,2	7,1
Terre tourbeuse	4	4	3,5

Le sol tend donc à conserver sa réaction et cela doit être éminemment favorable à tous les phénomènes biologiques dont il est le siège ou le support [1] Il y a toutefois des sols, tels les sables siliceux purs qui ne résistent que très peu aux additions d'acides et de bases. Le sol tourbeux, très résistant au bases, devient par contre facilement plus acide.

[1] Cela n'empêche d'ailleurs pas de légères variations du P_H.

Il résulte de ce qui précède que les sols jouissent d'un pouvoir tampon amphotérique, propriété plus ou moins accentuée selon le genre de sol en cause.

§ 4. — Evaluation quantitative du pouvoir tampon des terres.

Se basant sur les observations rapportées plus haut, on peut distinguer le pouvoir tampon à l'égard des acides que nous désignerons par T.A. et le pouvoir tampon à l'égard des bases, T. B.

Nous définissons quantitativement ces deux pouvoirs comme suit :

Le pouvoir tampon d'une terre à l'égard des acides est le nombre de cc. d'acide sulfurique demi-normal que l'on doit ajouter à 10 gr. de terre en suspension dans 50 cc d'eau pour abaisser le P. H du mélange à 2, soit donc pour bleuir le rouge Congo.

Le pouvoir tampon à l'égard des bases est le nombre de cc. de soude demi normale qu'il faut ajouter a 10 gr. de terre en suspension dans 50 cc. d'eau pour élever le P. H à 10 soit donc pour rougir nettement la phénolphtaléine.

Ces définitions ramènent la détermination quantitative des pouvoirs tampons à de simples titrages en présence d'indicateurs convenables.

Voici quel a été le mode opératoire employé :

Détermination du T. A. — On a prélevé 10 gr. de terre séchée à l'air et on les a mis en suspension dans 50 cc. d'eau. On a ensuite titré le mélange au moyen d'acide sulfurique demi-normal en se servant de papier au rouge Congo comme indicateur à la touche, jusqu'à légère coloration bleue.

Détermination du T. B. — On a titré de même 10 gr. de terre en présence de 50 cc. d'eau par de la soude demi-normale. On a observé le terme du titrage à la touche sur du papier à la phénolphtaléine, en s'arrêtant quand on obtient une coloration rouge très nette.

Les nombres de centimètres cubes utilisés représentent les pouvoirs tampons.

Pouvoirs tampons de la terre passée au tamis de 1 mm.

	T. B.	T. A.
Limon de Hesbaye	1,3	4
Argile des Polders	1,2	20,5
Terre calcareuse	0,8	46
Terre argillo-siliceuse	1,3	7,8
Terre argileuse	2,4	2
Sable de Campine	0,05	0,1
Terre tourbeuse	9,6	3,8
Kaolin pur	0,1	0,5

Ce pouvoir tampon est surtout l'apanage de la terre fine. En effet les mêmes déterminations effectuées sur la terre *non tamisée* ont fourni en général des nombres moins élevés :

Terre non tamisée	T. B.	T. A.
Limon de Hesbaye	1,2	4
Argile des Polders	0,3	8,9
Terre calcareuse	0,7	38
Terre argilo-siliceuse	0,2	3,1
Sable de Campine	0,05	0,1
Terre tourbeuse	6,5	1,8

L'examen de ces résultats montre que le pouvoir tampon pour les bases est surtout élevé chez l'humus. Toutefois comme on trouve un certain T. B dans des terres ne renfermant que des traces de matières organiques (terre calcareuse) d'autres acides faibles doivent avoir de toute évidence une part aussi dans cette propriété. Nous pensons que le pouvoir tampon pour les bases est en rapport avec ce que l'on appelle le pouvoir absorbant du sol, et doit être attribué à tous les complexes colloïdaux négatifs : humus, colloïdes argilo-humiques, acides alumino-siliciques (argile colloïdale), etc. On doit remarquer à quel point le kaolin pur est dénué de pouvoir tampon, ce qui montre combien il diffère de l'argile proprement dite, colloidale, produit plus hydraté et transformé par les façons les engrais et les actions météoriques.

Quant au pouvoir tampon à l'égard des acides, il est en général (les sols tourbeux et humifères mis à part) plus élevé que le précédent. On peut *a priori* prévoir que le calcaire est un agent très important du T. A. Chose remarquable, une partie seulement du calcaire du sol intervient dans le jeu du T. A. Ainsi, la terre calcareuse jurassique contenant 21,6 % de calcaire, devrait posséder afférent à ce seul carbonate de chaux, un T. A. de 87 : or il n'est que de 46, et même de 38 pour la terre non tamisée. C'est donc qu'une partie seulement du calcaire intervient, vraisemblablement le calcaire amorphe, très ténu.

Le calcaire n'est pas le seul agent du T. A. car dans les sols moins riches en cet élément, le T. A. est plus élevé que ne le comporte leur teneur en carbonate de chaux. D'après cette dernière, et supposant une utilisation totale du calcaire, on peut calculer le T. A. correspondant au carbonate de Ca. Ce nombre sera désigné par : T. A. c.

	T. A. réel	T. A. c
Limon de Hesbaye	4	0,5
Argile des Polders	20,5	19,4
Terre argilo-siliceuse	7,8	1,6
Argile (d'Ardenne)	2	0,3

Au reste dans le liquide obtenu après titrage par l'acide, on trouve, à coté de Ca, les corps les plus divers en solution : acide phosphorique, fer, aluminium, etc. La tourbe elle-même montre dans l'exercice de son T. A. une abondante dissolution de matières ferrugineuses. Ces considérations montrent que les divers oxydes, les phosphates de fer, chaux, alumine et en général les corps solubles dans les acides dilués interviennent dans le jeu du T. A. Il nous paraît certain aussi que les colloïdes pour autant qu'ils soient saturés, peuvent se comporter à l'égard des acides comme des sels d'acides faibles.

§ 5. — Le T. A. varie avec l'acide utilisé.

On a répété les déterminations du T. A. en se servant cette fois d'acide phosphorique au lieu d'acide sulfurique. Comme le rouge Congo ne marque qu'avec un seul des hydrogènes de l'acide phosphorique, on a préparé la solution demi-normale en considérant l'acide phosphorique comme monobasique. On a trouvé :

	T. A. sulfurique	T. A. phosphorique
Limon de Hesbaye	4	3,3
Argile des Polders	20,5	16,5
Terre calcareuse	46	46
Terre argilo-siliceuse	7,8	3,7
Argile d'Ardenne	2	2
Terre tourbeuse	3,8	1,6

Les pouvoirs tampons des sols à l'égard des acides sont donc variables suivant le genre d'acide que l'on envisage. Ce fait paraît assez logique car on pouvait s'attendre à trouver un T. A. moins énergique pour les acides faibles que pour les acides forts. La force d'un acide n'est toutefois pas le seul facteur de son action sur les tampons du sol ; c'est ainsi que l'acide phosphorique est sans action sur le phosphate ferrique que des acides moins forts dissolvent aisément.

§ 6. — Quelques conclusions.

Sauf le cas des sols siliceux purs, et des sols tourbeux on peut dire qu'en général les terres résistent parfaitement à des causes modérées d'acidification ou d'alcalinisation. Les fermentations acidogènes d'un sol normal ne peuvent donc guère changer sa réaction ; il y a simplement par leur fait diminution du pouvoir tampon pour les acides. Dans la nitrification, c'est le T. A. du sol qui neutralise l'acide nitrique ; on ne peut donc pas dire que de fortes fumures organiques azotées acidifient la terre, non plus que de copieuses applications de sulfate d'ammoniaque. Ces pratiques abaissent seulement le pouvoir tampon pour les acides [1].

Pour que les fermentations productrices d'acides forts puissent se poursuivre par l'action d'organismes acidophobes, ce n'est pas tant l'existence d'un P. H. convenable qui importe que celle d'un pouvoir tampon suffisant pour neutraliser les acides formés.

Il n'y a que des causes énergiques ou particulièrement durables, agissant en milieu de T. A. minime, qui sont capables d'acidifier fortement le sol. C'est ainsi que le sable de bruyère à la longue devient acide par suite de son faible T. A. et après une forte accumulation de substances peu décomposables, acidogènes.

On attribue parfois l'action bienfaisante des superphosphates à la solubilité de leur phosphate monocalcique. Or le T. A. des sols où les supers sont le mieux en place s'oppose au maintient en solution de ce sel acide. Le phosphate doit

[1] En ne modifiant qu'assez peu le P_H.

devenir rapidement bicalcique en présence du calcaire et ce nouveau sel ne pourra être utilisé que grâce à d'autres circonstances.

La chaux ne peut pas non plus conserver sa causticité dans une terre possédant un certain T. B.

Les émanations industrielles ont été fréquemment accusées de stériliser le sol : s'il s'agit de corps toxiques comme l'arsenic ou l'acide fluorhydrique, cette imputation est très réelle. Mais en ce qui concerne les apports d'acides ou de bases, il ne peut y avoir pour le sol de stérilisation véritable tant que les pouvoirs tampons ne sont pas détruits. La diminution du pouvoir tampon peut cependant être considérée comme un préjudice. Il va de soi que la nocivité des acides et des bases fortes ne laisse aucun doute si on envisage leur action sur les végétaux, les microbes et en général sur les êtres vivants.

Si l'on examine les valeurs du pouvoir tampon chez les divers types de sols, quelques faits ressortent clairement de cet examen :

Un T. B. très accentué indique un besoin du sol en bases, ce qui est corroboré par la constatation d'un P.H faible (cas du sol tourbeux, du sable de bruyère). Les sols dont le T. A. et le T. B. sont simultanément très faibles réclament à n'en pas douter des apports de calcaire et d'humus. Un T. A. très élevé accompagnant un T. B. faible est l'apanage d'une terre calcaire, où l'humus et les colloïdes sont en quantité insuffisante.

Il semble que l'idéal se rapproche de pouvoirs tampons moyens. Nous ne serions pas éloigné de croire qu'un T. A. dans lequel le calcaire joue un rôle seulement partiel est plutôt avantageux, car il indique la présence de bases telles que la potasse sous une forme accessible, pourvu que ce T. A. ne soit pas dû à la dissolution d'oxydes de fer ou d'Al.

Les solutions du sol ayant un pourvoir tampon plus faible que le sol lui-même peuvent localement et d'une manière passagère devenir plus acides que la terre : le jeu du pouvoir tampon amène alors des mises en solution, d'où une désagrégation des éléments minéraux du sol. Dans le sable de bruyère dont le T. A. est faible le sol est soumis à un délavage intense par suite de l'acidité de l'humus en présence. Dans un sol normal, l'acidité ne pouvant pas se maintenir, le pouvoir tampon protège la terre contre un délavage trop intense.

Les excrétions radiculaires jouissant d'une certaine acidité, celle-ci dans un bon sol doit se heurter au T. A. du substratum, et dans une terre normale, on ne pourra déceler d'acides radiculaires quelconques *à l'état libre*.

La connaissance du pouvoir tampon du sol poussera peut-être à essayer sur lui l'action de matières plus énergiques que les engrais ou amendements en usage. On pourrait peut-être, en l'absence de toute végétation, s'efforcer de détruire certains parasites par des agents chimiques puissants, mais à dose modérée, afin de ménager une partie des corps tampons du sol. Ce système aurait toutefois l'inconvénient de détruire ou d'altérer la microflore et la microfaune de la terre. Dans divers sols, on ne craint d'ailleurs pas d'appliquer une base forte : la chaux.

Pour connaître la quantité d'éléments biogéniques utilisables par la plante, les auteurs les plus divers ont jadis préconisé d'attaquer la terre par des acides faibles et d'analyser les solutions obtenues. Cette méthode ne peut pas donner d'indications utiles, car ses résultats ne sont pas comparables d'un sol à l'autre.

Ainsi si l'on attaque une terre très calcareuse par de l'acide citrique à 2 % l'acidité du liquide diminue fortement annihilée par le pouvoir tampon énergique de cette terre. Dès lors le réactif dissolvant n'a guère plus d'action sur les constituants du sol qu'une simple solution de citrates divers. Par contre si la terre que l'on traite par l'acide citrique possède un très faible T. A., l'acide restera libre et son pouvoir dissolvant s'exercera d'une manière totalement différente.

Prof. R. MEURICE, *Gembloux (Belgique)*. — **Sur la réaction des sols et leur ouvoir tampon.**

RÉSUMÉ.

Le présent travail avait d'abord pour but de déterminer la réaction de divers sols belges et de l'exprimer selon la méthode moderne en exposant d'hydrogène.

Nous avons opéré sur d'anciens échantillons de terres qui se trouvaient dans les collutions de l'Institut agronomique. Les nombres trouvés diffèrent quelque peu de ceux que donnent les sols en place ; ceux-ci d'ailleurs subissent continuellement des variations peu accentuées il est vrai.

En général les échantillons provenant de bons sols cultivés ont fourni par la méthode colorimétrique des chiffres très voisins de 7 avec une légère tendance à l'alcalinité. Le sol de bruyère de Campine est un peu acide ce qu'indique son PH de 6. Quant à la terre tourbeuse provenant des Hautes Fagnes, elle manifestait une acidité très nette de 4. Cette réaction s'est conservée pendant des années en flacons bouchés.

La deuxième partie du travail avait pour but de mettre en évidence la fonction tampon du sol, qui s'exerce tant à l'égard des acides qu'à l'égard des bases. Le pouvoir tampon n'est en effet pas seulement l'apanage des solutions du sol, mais à un degré extrêmement plus élevé, c'est aussi une propriété de la terre elle-même. Si l'on ajoute un peu d'acide ou de base (même forts) à de la terre en suspension dans l'eau, l'ensemble ne change que très légèrement de réaction ; beaucoup moins que ne le comporte la quantité de réactif additionnée. On peut donc dire que : *le sol résiste à des variations un peu accentuées de son exposant d'hydrogène.*

Evaluation quantitative du pouvoir tampon des terres.

Le pouvoir tampon correspond en somme à l'alcalinité et à l'acidité potentielle de la terre. Pour le définir et pouvoir comparer les résultats donnés par les divers sols, il suffit de fixer les conditions de titrage de ces deux propriétés.

Nous avons défini comme suit le pouvoir tampon à l'égard des acides : c'est le nombre de cc d'acide demi-normal qu'il faut ajouter à 50 cc d'eau contenant 10 gr. de terre en suspension pour que l'exposant d'H de l'ensemble s'abaisse à 2, ce que l'on apprécie au moyen de papier au rouge Congo, à la touche. Le procédé à la touche évite l'erreur due à l'adsorption du colorant par la terre. Nous désignons en abrégé le nombre obtenu par T. A.

Le pouvoir tampon à l'égard des bases est le nombre de cc de soude demi-normale qu'il faut ajouter à 10 gr de terre en suspension dans 50 cc d'eau pour que le PH de l'ensemble s'élève à 100 cc que l'on observe à la touche avec un papier à la phénolphtaléine. Le résultat sera désigné par T. B.

Ces définitions indiquent suffisamment le mode opératoire ; remarquons la nécessité d'agiter fortement pendant le titrage.

Les déterminations ont été faites sur la terre tamisée d'une part, et ensuite sur la même terre non tamisée : en général celle-ci jouit d'un pouvoir tampon moins élevé, ce qui montre que cette propriété est due surtout à la terre fine.

Voici *quelques résultats :*

	Terre tamisée		Terre non tamisée :	
	T.B.	T.A.	T.B.	T.A.
Limon de Hesbaye. . . .	1,3	4	1,2	4
Argile des Polders	1,2	20,5	0,3	8,9
Sol calcaire jurassique . .	0,8	46	0,7	38
Sable de Campine	0,05	0,1	0,05	0,1
Terre tourbeuse	9,6	3,8	6,5	1,8
Kaolin pur	0,1	0,5	—	—

L'examen de ces chiffres montre que le T.B. est élevé chez l'humus tourbeux ; la terre jurassique qui ne renferme pas de matières organiques a aussi un T.B. ce qui prouve que les matières organiques ne sont pas seules à jouir de cette propriété.

Il nous paraît que tous les acides faibles peuvent intervenir dans la fonction du T.B. Si l'on admet que les colloïdes peuvent posséder certaines fonctions chimiques, les colloïdes négatifs du sol doivent jouer un rôle dans l'exercice du pouvoir tampon à l'égard des bases.

Le pouvoir tampon vis à vis des acides est plus élevé en général que le précédent, au moins dans les terres qui ne sont pas acides. Le calcaire est sans aucun doute actif dans le T.A. car les terres calcareuses ont toujours un T.A. très élevé. Mais il n'est pas le seul à entrer en jeu dans le T.A., qui existe aussi pour des sols dont la teneur en carbonate de chaux est minime. En outre une partie du calcaire en présence est tout à fait inactive : si l'on dose $CaCO_3$ dans des sols riches en ce corps au calcimètre et si on calcule le T.A. théorique correspondant au calcaire, puis que l'on détermine le T.A. effectif, on trouve que ce dernier est plus faible que le nombre indiqué par le calcul. C'est ce que montrent les résultats suivants :

	T.A. réel	T.A. calculé :
Terre calcareuse jurassique . .	46	87
Limon de Hesbaye :	4	0,5
Argile des Polders	20,5	19,4
Terre argilo-siliceuse dévonienne	7,8	1,6

Au reste si on analyse ce qui passe en solution dans l'acide pendant le titrage, on y décèle outre le calcium, le fer, l'alumine, l'acide phosphorique. Tous les sels d'acides faibles agissent ici, et sans doute avec eux les colloïdes positifs et les colloïdes négatifs dans leur partie saturée.

Le T.A. varie un peu selon l'acide employé au titrage ; nous avons opéré aussi avec l'acide phosphorique demi-normal (en l'admettant monobasique parce que un seul de ses H est actif sur le rouge Congo). Il y a des différences nettes sauf quand le sol doit son T.A. au seul calcaire.

	T.A. sulfurique :	T.A. phosphorique :
Limon de Hesbaye.	4	3,3
Argile des Polders	20,5	16,5
Terre calcareuse jurassique . .	46	46
Terre tourbeuse	3,8	1,6

La différence entre les deux résultats de la terre tourbeuse est peut-être due à la présence de phosphate de fer que l'acide sulfurique attaque tandis que l'acide phosphorique est sans action sur lui.

Quelques réflexions à propos du pouvoir tampon des sols :

Ce pouvoir doit jouer dans le sol un rôle très important : ainsi dans la nitrification ce n'est pas le calcaire seul qui neutralise l'acide nitrique formé, mais tous les corps qui constituent le T.A. Une diminution du PH est certainement possible par suite de l'acide formé, mais elle ne sera jamais que relativement faible.

On dit souvent que le sulfate d'ammoniaque ou de fortes fumures azotées acidifient le sol ; il serait plus exact d'affirmer que ces produits diminuent le T.A.

Le T.A. transforme rapidement le phosphate monocalcique en bicalcique. Quant au T.B. il intervient pour supprimer la causticité de la chaux appliquée aux terrains.

Nous avons constaté que le pouvoir tampon des solutions du sol est infiniment plus faible que celui du sol lui-même : les solutions du sol peuvent donc localement et temporairement devenir plus acides que le sol, ce qui fait jouer le pouvoir tampon et amène des désagrégations ainsi que des mises en solution.

Le suc radiculaire des végétaux est dans le même cas ; son acidité disparaît au contact des particules du sol est il n'est pas possible de déceler cette acidité *en place* dans la terre.

Quand, en vue de connaître la fertilité d'une terre on l'attaque par un acide faible comme l'acide citrique, il est difficile d'obtenir des résultats comparables d'un sol à l'autre, à moins que tous les sols expérimentés ne possèdent le même T.A.

Envisageons une terre à fort T.A. : une grande partie de l'acide d'attaque sera neutralisée par le pouvoir tampon. Si on est par contre en présence d'un sol à T.A. faible ou nul, l'acide d'attaque conservera toute sa concentration et l'action dissolvante sera ici beaucoup plus énergique que dans le premier cas. On devrait étudier l'attaque des terres par une quantité d'acide fournissant dans tous les cas un PH constant que l'on choisirait conventionnellement.

Les terres dont le T.B. est très fort réclament à n'en pas douter une application de chaux et d'autres bases.

Celles dont le T.A. et le T.B. sont en même temps faibles pourront être corrigées par des apports de calcaire et d'humus.

Ce court exposé montre en somme que le pouvoir tampon des sols est une propriété capitale qui est liée intimement à tout le chimisme interne de la terre.

Prof. R. MEURICE, *Gembloux (Belgium).* — **On Soil Reaction and Buffer Action.**

ABSTRACT.

The primary object of the present work was to determine the reaction of various Belgian soils and to express it in terms of hydrogen ions, according to the modern method.

Samples of soils found in the collections of the Agricultural Institute were worked upon. The results obtained differed very little from those given from soils in situ ; it is true that some continually gave rather marked variations.

In general, samples obtained from good, cultivated soils gave by the colouri-

metric method, figures close to 7, with a slight tendency to alkalinity. The heath soil of the Campine is slightly acid as indicated by Pº 6. As regards the peat soils of the Hautes Fagnes, they show a very marked acidity of 4, which reaction is retained in closed bottles for some years.

The second part of the work had for its object the bringing into prominence the buffer action of soil, which acts both in regard to acids and bases. This power is in effect not only a property of soil solutions, but to a much greater extent is a property of the soil itself. If a little acid or base (strong) be added to some soil suspended in water, the reaction is only very slowly changed ; much less so than the quantity of the reagent would admit. Hence, it may be said that, the soil is resistant to marked variations of its hydrogen index.

Quantitative estimation of soil buffer action.

Buffer action corresponds on the whole, with the alkalinity and the potential acidity of the soil. For purposes of definition and comparison of results obtained from different soils, it is sufficient to fix the conditions for estimation of these two qualities. The following is given as a definition of buffer action capacity, in relation to acids : it is the number of cc. of semi-normal acid that is necessary to add to 50 cc. of water containing 10 gm. of soil in suspension, in order that the hydrogen index may be lowered to 2, which is judged by means of Congo red paper. The use of the test paper avoids error due to adsorption of the colouring matter by the soil. The number thus obtained is termed the " T.A. ".

The buffer action capacity in relation to bases is the number of cc. of semi-normal soda that it is necessary to add to 10 gm. of soil suspended in 50 cc. of water, in order that the Pº of the whole may be raised to 10, as judged by means of phenolphthalein. The result obtained is termed the " T.B. ".

These definitions indicate sufficiently the working method ; the suspension should be well stirred during the estimation.

The estimations are made in the first instance on sifted soil, and then on unsifted ; as a rule the latter showed a less powerful buffer action, which indicates that the property is above all, due to the fine earth.

	Sifted soil		Unsifted soil	
	T.B.	T.A.	T.A.	T.A.
Hesbaye loam	1.3	4.0	1.2	4.0
Polders clay	1.2	20.5	0.3	8.9
Jurassic calcareous soil	0.8	46.0	0.7	38.0
Campine sand	0.05	0.1	0.05	0.1
Peat soil	9.6	3.8	6.5	1.8
Pure kaolin	0.1	0.5	6.5	1.8

These figures show that the T.B. is raised in the case of peaty humus ; the Jurassic soil which does not contain organic matter is also a T.B., which proves that it is not organic matter alone that possesses this property. It seems to us that all weak acids are able to intervene in the function of the T.B. If it is admitted that colloids may possess certain chemical functions, the negative soil colloids ought to have some influence in buffer action in regard to bases.

The capacity for buffer action relative to acids is generally higher than the preceding, at least in soils that are not acid. Lime is undoubtedly active in the T.A. because chalky soils always have a high T.A. However, it is not only on

entering into action in the T.A. that the T.A. which exists for soils containing carbonate of lime is lessened. Moreover part of the lime present is entirely inactive and if the theoretical T.A. corresponding to the lime is calculated, and then the effective T.A. estimated, it will be found that the latter is less than the number shown by calculation. This is shown in the following data :

	Actual T. A.	Calculated T. A.
Jurassic calcareous soil	46	87
Hesbaye loam	4	0.5
Polders clay	20.5	19.4
Devonian sandy-clay soil	7.8	1.6

In addition to which, if an analysis is made of substances passing into solution during the estimation the following are shown, calcium, iron, aluminium, phosphoric acid. All the acid salts have a slight action here, and no doubt also one the positive and negative colloids, in their turn saturated.

The author varies the method slightly according to the acid used ; semi-normal phosphoric acid has also been used (considered as monobasic because only one H is active as regards Congs red).

There are marked differences except when the soil owes its T.A. to chalk alone :

	T. A. Sulphuric.	T. A. phosphoric.
Hesbaye loam	4.0	3.3
Polders clay	20.5	16.5
Jurassic calcareous soil	46.0	46.0
Peat soil	3.8	1.6

The difference between the results obtained with the peat soil may be due to the presence of phosphate of iron, which the sulphuric acid attacks, although phosphoric acid would have no action on it.

Note on soil buffer action.

This action should have an important bearing in regard to the soil : for example, in nitrification it is not lime alone that neutralizes the nitric acid formed, but all the substances that constitute the T.A. A lowering of the pH is certainly possible, due to the acid formed, but the effect would be feeble.

It is ofter said that sulphate of ammonia or strong nitrogenous fertilisers make the soil acid ; it would be more correct to say that these substances diminish the T.A.

The T.A rapidly transforms monocalcic into dicalcic phosphate. As regards the T.B., it tends to suppress the causticity of lime applied o the soil.

We have stated that the buffer action of the soil solution is infinitely meaker than that of the soil itself : soil solutions are thus able to become, locally and temporally, more acid than the soil, which leads to some disintegration of matter in solution.

A similar instance is that of the root sap of plants ; as the acidity would disappear on contact with soil particles, it is not possible to detect this acidity *in situ* in the soil.

When, in order to study the fertility of a soil, it is acted upon by a meak acid such as citric acid, it is difficult to obtain results with different soils which are comparable, unless the soils in question have the same T.A. Consider a soil with a strong T.A. : a large part of the active acid will be neutralized by buffer action. If, on the contrary, a soil is taken having a feeble T.A., or no T.A., the active acid

will retain its concentration and the dissolving action will be must more energetic than in the former case. The action on the soil should be studied of the usual acids, taking in each case a quantity of acid such that the Pº is constant.

Soils of which the T.B. is very strong are in want of applications of lime or other bases.

Those of which the T.A. and the T.B. are at the same time weak might be corrected by applications of chalk or humus.

This short account shows to some extent the power of buffer action in soils, which is a primary charactersistic and intimately connected with all soil chemistry.

Dr. L. EDLMANN.

Firenze, Italie.

Titre :

RICERCHE SULLA REAZIONE DEL TERRENO NELLA FORESTA DELL'APPENNINO TOSCANO.

Dr. O. ARRHENIUS,

Experimentalfältet, Stockholm, Sweden.

THE POTENTIAL AND ACTUAL ACIDITY OF SOILS.

The potential and actual acidity of soils [1]. — As the question of liming has been discussed since the beginning of agriculture, man has been working on the problem of soil acidity for a very long time. Many views have been forwarded on this subject and many sorts of acidity have been named. One may group these different kinds of acidity in four groups: the hydrolytic acidity, absortion or exchange acidity, potential acidity and actual acidity.

The true hydrolytic acidity is supposed to be caused by the hydrolysis of a salt of a strong acid and a weak base such as $Al\,Cl_3$. But to assume the existence of $Al\,Cl_3$ in the soil and afterwards having it hydrolyzed is quite an impossible explanation from physical chemical point of view. KAPPEN presents another sort of acidity by hydrolysis which is more like the absorbtion acidity. He supposes that the salts of strong bases and weak acids as phosphates and others first are hydrolyzed and then

[1] For literature etc. see Der Kalkbedarf des Bodens, vom pflanzenphysiologischen Standpunkt. *Ztschr. f. Pflanzenernährung und Düngung*, 1924.

the kation is absorbed. To explain how the hydrolysis takes place is quite as hard as in the case of aluminium chloride, the absorbtion may go on quite as well with not hydrolyzed salts.

The hypothesis of exchange acidity is based on the fact that when adding a neutral salt solution to a soil suspension an increase of acidity takes place. It is believed that this increase is due to absorbtion according to the formula

$$H - Soil + Na\,Cl \rightleftarrows Na - Soil + HCl.$$

The absorbtion should follow the formula of FREUNDLICH $\frac{m}{x} = \alpha \cdot c^{\frac{1}{n}}$. The writer has made a series of experiments on this question and when calculating the constant α no constancy was found. When using the results CHRISTENSENS' experiments the same thing was found.

Log α calculated from electrometrical measurements made by CHRISTENSEN.

Number of sample	The negative value of log α				
10,100	0.199	3.787	5.246	6.591	7.715
10,087	7.399	6.638	7.413	7.199	7.305
10,080	9.183	7.912	6.698	6.510	6.754
2,321	2.893	4.142	5.237	7.225	6.594
6,003	3.945	4.351	4.659	5.295	5.726
2,701	6.574	5.520	5.399	5.789	5.054
6,370	3.016	3.579	4.021	4.373	4.723
10,104	3.580	4.998	3.590	3.987	4.251

When a very dilute solution of an acid, for instance HCl of pH 4, is treated with a solution of a neutral salt, NaCl or others, a strong increase of the acidity is the result. It therefore seems better to explain this action as a neutral salt action followed by an increase in the actual acidity, the hydrogen-ion concentration, than by the aid of not quite clear conceptions of the colloid chemistry. The problem is thus simplified, measuring only the actual acidity of the soil, which is the result of all the other actions and which is the important factor both from the physiological and the physico-chemical point of view.

In the literature of soil science the existence of hydrogenions in the soil solution has been quite neglected, in some cases it has been totally denied. The works of SHARP and HOAGLAND and GILLESPIE were needed to show this simple fact and these authors were even opposed when they demonstrated that a hydrogenion concentration really was present in the soil.

The potential acidity of the soil, that is the bufferaction, has been recognized for a long time, but very few attempts have been made to demonstrate its causes.

The results here briefly reviewed show that we only have to take into consideration the potential and the actual acidity of soils.

The problem of the potential acidity of soils has been attacked recently by several workers. The first ones who really tried to solve the problem were BJERRUM and working independently of him HUDIG and MEIER. The methods used did not

take into consideration the amount of water held by the soil and the results from different soils were therefore not comparable.

The author through a series of experiments has shown the great difference between different soil types in this respect. A sandy soil has a very low bufferaction and the potential acidity increases with increasing percentages of clay and humus. The bufferaction is expressed by a curve (the relation between pH and cc $\frac{n}{10}$ acid (H_2SO_4) or alkali (NaOH) added to one gr. soil). In every point of the curve the bufferaction is expressed by the tangent.

The factors causing the bufferaction are many. In the soil solution there are many salts of weak acids and bases and such salts, we know, are good buffers. The author however has shown that the bufferaction of a HOAGLAND nutrient solution has less bufferaction than a quartz sand. When investigating the bufferaction of soil extracts of different soils it was found that the potential acidity of the extracts was quite negligible (less than 1/200-1/1000) when compared with that of the soil. In general the bufferaction of the soluble salts is very low. But the soil contains large amounts of calcium and other compounds, which are good buffers. When comparing limed and unlimed clay soils in this respect it was found that the differences were within the limits of the errors of the method. But taking a sand and adding great amounts of lime one gets an increase in the potential acidity. We must therefore have to search elsewhere for the source of the greater part of the potential acidity.

As mentioned above the author found a distinct difference between the different sorts of soil with respect to the titration curve. The only exact expression of the physical properties of a soil is the hygroscopicity. Therefore a comparison between the hygroscopicity and the bufferaction of the different soils was made.

The relation between hygroscopicity and bufferaction of soils.

W_H is the hygroscopicity.

B is the bufferaction of the soil expressed in number of cc needed to change the reaction one pH unit (acid and alkali $\frac{1}{10} - n$).

R is the relation between B and W_H.

Number of sample	W_H	B	R
I.	1.65	0.69	0.055
2.	1.70	0.14	82
II.	1.99	0.13	65
4.	2.59	0.19	76
III.	2.89	0.16	55
8.	2.83	0.18	64
3.	2.63	0.13	50
IV.	3.12	0.16	51
V.	3.21	0.17	53
VI.	3.33	0.12	36
VII.	3.48	0.15	43
IX.	3.79	0.16	42
13.	4.07	0.19	47

From the table is seen that there exists a rather close correlation between these two factors, close at least, when taking into consideraction the inhomogeneity of the soils. From these experiments it seems probable that the bufferaction to a great extent is a question of surface activity. This supposition is also sustained by the fact that of two different quartz fractions the finer one shows a stronger bufferaction than the coarse one.

How is this phenomenon explained? Through experiments it has been shown that different sorts of clay behave as ampholytes, i e. they are able to act as both acids and bases. The same thing has been shown to hold true for a quartz suspension. It is also very probable that humus acts in quite the same way, in every case it behaves like a weak acid. In this way the strong bufferaction of soil constituents is explained.

The bufferaction of a culture medium seems to play no direct role but as a stabilizator of the actual acidity it is of great importance.

The hydrogen ion concentration on the other hand is a very important and active factor, both in regard to many other soil factors as physical properties, solubility of nutrients, bacterial activity as well as with regard to plant production. This will be considered in another lecture at this conference.

From the beginning the earth may have been quite neutral or near neutrality and rather uniform within large areas. This assumption is sustained by the fact that many lavasoils investigated show a neutral reaction quite as the mineral soils of Verlaten Eiland of the Krakatoa group. When digging into the soil the deeper layers are generally more neutral than the uppermost ones.

Through leaching the soils have turned acid and where the drain water accumulates and is evaporated the soils are becoming alkaline. This process is exemplified by the difference in acidity between the coast of Palestine and the Jordan Valley, between the southern and northern part of Ceylon, between West and East Java. Also the big accumulator of all waters, the Ocean, is quite alkaline.

Another factor which is of great importance is the vegetation. The vegetable mould and humus formed by different plants is quite different. That of Sphagnum and Calluna has a pH between 4 and 5, that of oak lies at about 6 and that of alfalfa is at least after one year slightly alkaline. The humus formed by different associations has different pH, thus the plants are creating the conditions under which they live. Also when the natural vegetation of the land has disappeared the properties of the humuslayer still remains. So the old heathes of western Sweden show a very high degree of acidity.

The humuslayer also influences the underlying strata by the drainwater. If the humus is acid the drainwater is acidified and when passing into the subsoil it dissolves different soil constituents and carries them downward. When this acid solution passes through the soil it is gradually neutralized and during this process the dissolved substances are precipitated. In this way one gets a good explanation of the hardpan formation.

Of more local interest is the action of acid gasses of volcanoes and that of factories as papermills, copperworks and other factories which give off a smoke rich in sulphur dioxide.

The soil reaction is also changed over wide areas by liming, marling, denshiring, clearing forests and so on.

Here has been shown how different factors change the soil reaction, therefore it may be of interest to see how the reaction is in different countries under different climatic conditions. Here some data concerning this matter have been gathered and it is seen that there are great differences between the different countries. Chiefly it seems as if the climatic factors were the cause of the factor ruling the soil reaction over wider areas.

The soil reaction of different countries. (The figures give the percentage).

	pH 4.0–4.4	4.5–4.9	5.0–5.4	5.5–5.9	6.0–6.4	6.5–6.9	7.0–7.4	7.5–7.9	8.0–8.4	8.5–8.9	> 9.0
Denmark(5,000)		1	3	12	46	21	14	2			
Finland	1	8	23	38	21	8	1				
Sweden (5,000)	1	2	5	10	25	31	24	2	03		
Egypt (56)							14	48	22	—	16
Japan (27)		19	19	15	23	19	5				
Java (73)						14	57	26	3		

The soil reaction has been shown to be of very great importance to the growth of higher plants and therefore it is of value to map it on the farms. Some typical maps are given here from which is seen that some farms are alkaline, some are acid. Sometimes one finds quite spotty land but other areas are very uniform in this respect. When knowing the soil reaction and which plants grow best at different acidities one is enabled to give the farmer a valuable help.

The advices given are based on purely scientific investigations and therefore it is necessary to develop this branch of soil science in order to increase our knowledge.

Only one thing must be remembered, a thing which is often forgotten, that here we deal with only one, but very interesting and unexplored, factor and therefore we have not right to ove estimate quite as little as we have the right to underestimate the results collected.

Dr. OLOF ARRHENIUS, *Stockholm (Suède)*. — **Acidité potentielle et réelle des sols.**

RÉSUMÉ.

Dans la littérature, plusieurs espèces d'acidités du sol sont mentionnées, par exemple : l'acidité d'échange, l'acidité produite par l'hydrolyse, l'acidité réelle et potentielle.

La première serait due à l'absorption du cation d'un sel neutre ajouté au sol ou à une suspension de sol. Cependant, il est possible d'expliquer ce phénomène comme « action de sel neutre », parallèlement à l'augmentation d'acidité qui a lieu lorsqu'une solution de sel neutre est ajoutée à une solution diluée d'un acide ordinaire. L'acidité d'échange (il est très douteux que celle-ci existe réellement) est en tout cas fort peu importante dans le sol.

L'admission d'une acidité causée par l'hydrolyse — c'est-à-dire, la formation d'un composé très instable, qui plus tard se décomposerait sous les mêmes conditions, en mettant en liberté l'acide jusqu'à un certain point — est trop ridicule pour être discutée, ici.

Il est très remarquable, que l'existence des ions-hydrogène dans la solution du sol, ait été reconnue seulement récemment. SHARP, HOAGLAND et GILLESPIE ont été les premiers à démontrer expérimentalement ces faits, mais malgré cela, la littérature d'aujourd'hui est pleine de remarques comme celle-ci : « la concentration des ions-hydrogène dans le sol est de peu d'importance, comparée avec d'autres genres d'acidité ». Quelquefois même on nie entièrement l'existence d'une concentration d'ions-hydrogène dans la solution du sol.

L'acidité potentielle des sols a été considérée comme causée par les sels d'acides faibles, par exemple carbonates et phosphates. L'auteur a trouvé, qu'au contraire, ces composés jouent un rôle fort peu important à ce point de vue. La forte action tampon du sol est maintenue par les fractions argileuses et humiques. Ainsi, on peut définir l'action tampon d'un sol, comme étant la résistance relative à un changement dans l'acidité réelle au moment d'ajouter une matière.

L'acidité potentielle semble être un phénomène de surface, puisqu'il existe une très nette corrélation entre l'hygroscopicité d'un sol et son action-tampon. Dans plusieurs essais l'auteur à trouvé aussi que de deux fractions de quartz, la plus fine montre une acidité potentielle plus élevée que la plus grossière.

La meilleure explication de l'action tampon d'un sol est obtenue en considérant le sol et ses fractions, sable, argile et humus, comme un système d'ampholytes, agissant comme des acides faibles. En admettant cette hypothèse, qui paraît fort probable et est soutenue par une foule de données expérimentales, on obtient une idée nette et claire de la nature de l'acidité potentielle.

Il est très probable que le sol a été tout à fait neutre au commencement de la vie sur la terre, d'autant plus qu'en étudiant les couches plus profondes du sol, qui n'ont pas été exposées à l'effritement, ces couches montrent une réaction près de la neutralité. En étudiant les cendres volcaniques on trouve également une réaction neutre. Par l'action dissolvante de l'eau de pluie qui est saturée d'acide carbonique, un transport de composés basiques a lieu. Les régions plus élevées deviennent acides, et les plaines, enrichies de sels, deviennent plus alcalines. (Comparez les régions montagneuses avec les pays bas, y compris les océans).

La végétation joue un grand rôle dans le développement de l'acidité du sol. Le sphagnum et les bruyères produisent un humus acide ; les herbes, d'autre part donnent un terrain presque neutre. Même lorsque la végétation naturelle est éliminée, la réaction demeure, comme on peut constater sur des terrains autrefois bruyères ou bien dans les tourbières, mises en culture.

La couche humique influence fortement les couches inférieures ; l'eau acidifiée lors de son passage à travers les couches humiques, dissout une grande partie des constituants du sol minéral en les emportant dans le sou-sol. De cette façon s'explique la formation du podzol.

L'homme aussi, cause de grands changements sur de vastes étendues par le chaulage, le marnage, la coupe de forêts, etc.

Bien des recherches ont été entreprises sur la réaction du sol, spécialement du terrain agricole, et cette réaction varie d'environ pH. 2 à pH 12. La majorité des sols est située entre pH 4 et pH 9 et la majorité des terrains agricoles en Europe

est située entre pH 5 et pH 8. Dans les régions arides la réaction du sol est généralement alcaline.

Dans le but d'obtenir une idée claire sur l'acidité du sol dans des régions plus restreintes, l'auteur a fait plusieurs recherches sur les terrains agricoles suédois (couvrant environ 5000 ha, 10.000 acres) en cartographiant la réaction du sol. En général il y a de grandes étendues de terrain de la même ou presque la même réaction, mais à certains endroits le sol est très « taché ».

En connaissant la distribution de la réaction du sol sur le terrain d'une ferme, on est en état de donner des conseils en ce qui concerne les cultures appropriées et le chaulage convenable. Ainsi on est en état de mieux employer le sol, d'en tirer davantage à moins de frais qu'auparavant.

Dr. OLOF ARRHENIUS, *Stockholm (Sweden)*. — **Potential and actual Acidity of Soils.**

ABSTRACT.

In the literature there are many kinds of soil acidity mentioned, *f. i.* exchange acidity and acidity caused by hydrolysis, actual and potential acidity.

The first one is supposed to be caused by absorption of the taxation of a neutral salt added to the soil or a soil suspension. It is, however, possible to explain this phenomenon as " neutral salt action ", as a parallel to the increase in acidity which takes place when adding a neutral salt solution to a diluted solution of a common acid. The exchange acidity (it is very doubtful if it really exists), is in any case of very little importance in the soil.

The assumption of an acidity caused by hydrolysis, that is, to assume the formation of a very unstable compound which afterwards under the same condition will decompose, giving off the acid to a certain extent, is too ridiculous to be discussed here.

Strange to say, the recognition of the existence of hydrogenions in the soil solution is of very recent date. SHARP and HOAGLAND and GILLESPIE were the first to show this fact experimentally, but in spite of this the literature of to day is full of remarks such as " the hydrogenion concentration of soils is of very little importance when compared with other kinds of acidity ". Sometimes it is believed that there is no hydrogen-ion concentration at all existing in the soil solution.

The potential acidity of soils has been looked at as caused by the salts of weak acids, *f. i.* carbonates and phosphates. The author however has found that these compounds play a very unimportant rôle in this respect. The strong buffer action of the soil is held by the clay — and humus fractions. One may, therefore, define the buffer action of a soil as the relative resistance against a change in the actual acidity when adding a substance. The potential acidity seems to be a surface phenomenon as there is a very good correlation existing between the hygroscopicity of a soil and its buffer action. In several experiments I also have found that of two different quartz fractions the finer one shows a higher potential acidity than the coarse one.

The best explanation of the buffer action of a soil is obtained by assuming the soil and its fractions, sand, clay, and humus, as a system of ampholytes, that is acting as weak acids. By the aid of this assumption, which has much evidence and is sustained by several experimental data, one obtains a good and clear idea of the nature of the potential acidity.

It is very probable that the soil was quite neutral at the beginning of the life of the earthball, this is evidenced by the fact, that when investigating the deeper layers of the soil which have not been exposed to withering, these layers show a reaction near neutrality. Also, when investigating this factor on volcanic ashes, one finds a neutral reaction. By the solvent action of rainwater, which is saturated with carbonic acid, a transport of basic compounds takes place. The higher regions turn acid and the plains, enriched in salts, are made more alkaline (compare the mountain regions and the lowlands, the oceans included).

The vegetation plays a great role for the development of the soil acidity. Sphagnum and the heather associations produce an acid humus ; the herb associations on the other hand give a nearly neutral soil. Also when the wild vegetation is removed the reaction remains as is seen on old heather lands or on peat bogs, now under cultivation.

The layer of humus strongly affects the underlying layers of the soil, the water, acidified when draining through the acid humus layer, dissolves a great part of the constituents of the mineral soil carrying them into the subsoil. In this way the formation of the podsol may be explained.

Man also causes great changes over large areas by liming, marling, clearing the forests and denshiring.

There has been a considerable number of investigations on the reaction of the soil, especially of agricultural land, and the reaction varies from about pH 2 to about pH 12. Most soils lie between pH 4 and 9, and most agricultural soils in Europe lie between pH 5 and pH 8. In arid regions the soil reaction is mostly alkaline.

In order to get a more clear idea of the soil acidity in smaller areas I have made several investigations on Swedish farms (totally covering about 5000 hectares, 10,000 acres) mapping the soil reaction. Generally there are large tracts of land of the same or nearly the same reaction, but in some places the soil is very " spotted ".

When knowing how the soil reaction is distributed over the farm one is enabled to give advice with respect to which crops might be cultivated and how much to lime different crops. One is thus enabled to use the soil in a better way, getting more out of it at the same expense as before.

DR. H. R. CHRISTENSEN,

State Laboratory for Plant Culture, Lyngby, Denmark.

THE ACIDITY OF SOILS.

While for many years past, our eyes have been open to the importance of humus acid connected with humus substances, and comparatively perfect methods for determining this acidity have been at our disposal, this question in its application to mineral soils, and in particular to cultivated mineral soils, is comparatively new — indeed the prevailing opinion has been hitherto that in these there was

only a faint possibility for the formation of acid-reacting substances. The very acknowledgment of the presence and importance of acid-reacting mineral substances is also of comparatively new date. The change in interpretation of the entire relationship is doubtless due in a large measure to the results of soil bacteriology and especially to a particular line followed by that science, which aims at placing the bacteriological operations in the soil in relation to the chemical and physical condition of the soil. At the beginning of the century the author of the present article (1906) commenced a series of investigations on the appearance of *Azotobacter chroococcum* in Danish field (mineral) soils and demonstrated that this depended to a very great extent on the reaction of the soil. At the same time it was found that the reaction of the field soils tested, varied within the entire P_H domain over which litmus spans. As there already existed grounds for assuming that soil reaction and its relation to azotobacter bore some relation to the need of the soil for basic substances — lime requirement — the combined litmus and azotobacter test resulting from these investigations was tried out in a very large number of field experiments on field soils, running for several years. From these experiments (HARALD R. CHRISTENSEN and O. H. LARSEN (1910 and 1911) and HARALD R. CHRISTENSEN (1923) it was clearly and positively demonstrated:

1) that field soils showing acid reaction for litmus were greatly in need of lime;

2) that field soils showing basic reaction for litmus had no need for lime:

3) that among soils which gave a neutral reaction for litmus there were about an equal number of soils which needed and which did not need lime.

A further sub-division of this last great group of soils may be made by help of the *azotobacter test* which, within certain boundaries, expresses the buffer-effect of the soil in the vicinity of the neutral point; for those soils which, placed in the lime-free mannite solution inoculated with azotobacter raw-culture, were unable to cause azotobacter development, were most generally lime-requiring, whereas those soils which caused a strong azotobacter development were practically never lime-requiring. These investigations conclusively and definitely showed the practical importance of knowing the reaction and buffer-effect of cultivated mineral soils and the methods mentioned above are now being widely applied here in Denmark in investigating the lime requirement of soil (HARALD R. CRISTENSEN 1923).

Almost everywhere at the same time interest in acidity determinations of soils was aroused, particularly in Sweden (M. WEIBULL 1909 and 1911) and in the United States. At present the literature on this subject is so extensive that it is difficult for one man to oversee it all. This present occasion is not a suitable one for giving a detailed account of the experiment material at hand and I will therefore confine myself to the main points of the question.

1. *Conditions causing soil reaction.*

It has already been stated that the presence of the so-called humus acids formed by the decomposition of plant remains were, until a short time ago, believed to be the main cause of acidity in soil. In 1910, however, the acid character of these substances was energetically denied by BAUMANN and GULLY (1910) who, basing their

arguments both on the results from modern colloid chemistry, as well as on their own special investigations, claimed that in the case of sphagnum-peat at any rate, it is incorrect to speak of acidity in the general accepted meaning of the term, for the acid effects of that substance (its ability to color litmus solution red for instance) may be explained as a surface effect adsorption effect) causing a splitting off of the neutral salts present and a stronger adsorption of their basic than of their acid components. In the case of sphagnum-peat then, an acid content determination is not possible, but only a determination of its ability to adsorb bases.

The correctness of this view has been greatly contested, and many P_H determinations made later in sphagnum-peat as well as in other humus forms or humus acid preparations are sufficient to prove that the acid character of these materials is partly at least determined by the presence of actual acids; moreover after the experiments made by SVEN ODÉN (1919) the presence of acid in humus must be considered proved. Let me state here that ODÉN (l. c.) in contrast to KAPPEN (1920 and 1922) does not believe that humus acids, which are very weak acids, are able to split off neutral salts, and when humus substances act thus he explains the phenomenon as an adsorption-supplanting of the free acids adhering to the humus substances, caused by neutral salts.

DAIKUHARA (1914) concludes from his investigations that the aluminium or iron adsorbed by the soil colloids is the cause of acidity in both mineral and humus soils, an opinion shared by KAPPEN (1917) and (1922). These scientists have proved that in a mixture of acid reacting soil and potassium chloride solution, aluminium — or ferric-chloride is always formed in the solution as a result of the interchange of ions, and the hydrolytic splitting off of these salts is the cause of the acid reaction of the solution.

In this connection it is interesting to note that CONNER (1916), HARTWELL and PEMBER (1918 *a* and *b*) and later, several other scientists, have demonstrated that aluminium-ions have a poisonous effect on plants, especially the decidedly basophile. The above-named scientists believe that the cause of the unfortunate effect of acid soil reaction on plant growth is to be sought in the fact that this reaction favors the presence of soluble aluminium compounds in the soil liquid. These investigations seem to place the question of lime-requirement in a somewhat new light. A method for the determination of active aluminium was published a short time ago by P. S. BURGESS (1923).

H. KAPPEN (1920) differentiates between three acidity forms: 1) active, or true acidity, caused by the presence of free acids, — sulphuric acid, for instance — in the soils; 2) interchange-acidity, which when neutral salts are present, causes an interchange of their cations with aluminium-and to a lesser extent, iron-ions, and 3) hydrolytic acidity which results from a hydrolytic splitting-off of salts of weak acids. TRUOG (1916), who believes that acid silicates are the main cause of acidity in upland soils, differentiates between active and latent acidity, of which two acidity forms, the first is, without doubt, the most detrimental to plants.

Let me finally add that O. LOEW (1913) is of the opinion that acidity in certain humus-poor Porto Rico Clay soils is due to the presence of alumino silicic acid which he proposes calling " argillic acid " and for which he gives a formula.

In humid regions, alkaline soil reaction depends in the main on the presence

of carbonate of lime. This may however, by exception, cause a higher hydrogen ion concentration than that corresponding to a P_H value of ca. 8. A greater alkalinity seems moreover, to be detrimental to the greater number of plants cultivated in these regions. Many observations seem to suggest that as a rule it is better not to seek a higher P_H value than ca. 7, for this seems able to give the optimal crop development even of the most basophile agriculture plants.

Where, as in certain arid regions, conditions are present which favor a large accumulation of salts in the soil (the alkali soils), the alkali carbonates chiefly determine the degree of alkalinity.

As has already been stated, a close connection exists between the soil reaction and the lime-requirement of the soil, and indeed, many of the methods used for making a quantitative acidity determination are just worked out with the purpose to give information about the lime-requirement of the soil.

It is necessary however, to differentiate between methods for determining the actual and potential acidity of soils.

2) *Determination of the actual acidity of soils.*

is expressed by the size of the hydrogen ion concentration and may be made either with the help of the colorimetric or the electrometric method.

In making *colorimetric acidity measurements* litmus was formerly the best and the most used indicator. However since the appearance of the newer sulphone-phthalein indicators, made or tested by the Americans, W. M. CLARK and H. A. LUBS (1920), litmus has yielded its place. Of these indicators, brome-phenol-blue, brom-cresol-purple, brome-thymol-blue and phenol-red are of special interest in soil investigations. GILLESPIE (1916) compared them with electrometric measurements and proved that they are particularly adapted to our work. Investigations, whose results are not yet published made at the Danish State Laboratory for Plant Culture have, however, shown that in neutral or alkaline soil extracts, the colorimetric determination usually gave too low results.

The colorimetric hydrogen ion measurement may be made either in suspensions of soil and water, — after standing 24 hours to clarify — or in their filtrates or centrifugates. The first method is the most convenient and best adapted to mass-investigations ; in suspensions which clarify comparatively readily, it gives very nearly the same results as the other two methods. On account of the very small buffer-effect of the filtrates or centrifugates the greatest care and the greatest cleanliness are required at all the stages of the investigation. Soils which clarify with difficulty in the suspensions often give insufficiently clear filtrates and in the latter cases especially, the P_H values found are too low. The centrifugence methop is better than the filtration method, but even there it is impossible to obtain totally clear liquids with certain soils. There is no doubt but that the electrometric method gives the most accurate results in determining the P_H of the suspensions of soil and water, and it has been largely used in making reaction determinations in soils. When mass-investigations are to be made, as here in Denmark in investigating the lime-requirement of the soil, this method has hitherto been too detailed and required too much time. A very great improvement is now possible by following the discovery of E. BIILMANN (1921 *a* and 1921 *b*) and substituting a quinhydrone electrode for a hydrogen electrode, — a P_H determination now requires only a few minutes. This quinhydrone electrode method is being thoroughly tested at the Danish State Laboratory for Plant Culture, using a very large experiment material. Already at the present stage of the investigations we find that as regards accuracy, the quinhydrone electrode quite equals the hydrogen electrode in measuring the P_H of the mixtures of soil and water (up to a P_H value of ca. 8.4). Since, as I have just indicated, this method permits a great degree of speed in making determinations, it is very probable that it will replace the colorimetric method in mass-investigations (lime-requirement, etc.).

Besides these methods for making direct determinations of the P_H of the soil suspension, there are others which indirectly seek to express the acidity of the soil. To these belong LOEW'S, and BAUMANN and GULLY'S iodo-metric methods, DAIKUHARA'S potassium nitrate method (see further HARALD R. CHRISTENSEN 1917), as well as the very recent methods of HASENBÄUMER (1922) COMBER (1921) which have been greatly discussed and which are still much used. HASENBÄUMER'S method is a modification of DAIKUHARA'S suggestion, — an extraction of the soil with potassium chloride, and will be discussed later. The P_H of the extract which, within certain boundaries, depends on the amount of aluminium held in solution, is determined colorimetrically, using methyl-red as indicator. The true P_H of the suspension of soil and water, cannot, however, be determined by this method, for, as shown by HARALD R. CHRISTENSEN (1923), the extract of the soil with potassium chloride in neutral or acid soils, generally gives a greater P_H than that found in the suspension of soil and water.

COMBER'S method is based on the fact that in the mixtures of soil and water with acid reaction, free ferric ions are generally found. This is shown by help of an alcohol solution of potassium rhodanite, in which the degree of the red coloring is determined. The color scale extends from " colorless " to " dark red ". However all acid reacting soils do not contain ferric ions, so the application of the method is limited. HISSINK'S modification, according to which he tests those soils which give a COMBER reaction, " colorless, " in a solution, which, in addition to potassium rhodanite also contains ferric chloride, is an improvement. CHRISTENSEN'S (1923) tests of the application of the above-named methods of making lime-requirement investigations, show that none alone suffices, but that each gives important information about the reaction condition of the soil. In the case of mineral soils, a decided red color in the COMBER liquid seems synonymous with a decided lime-requirement, but on the other hand, a decided yellow color in the HASENBÄUMER liquid can almost always be regarded as synonymous with non-lime-requirement.

CHRISTENSEN'S (1906) and (1913) azotobacter test may also be considered an indirect reaction determination, for azotobacter development does not take place if the P_H value of the soil is below 6, but on the other hand always takes place when the P_H value is 7.3 or above. Azotobacter development also expresses the fact that the soil in question possesses a certain buffer effect in the vicinity of the neutral point, and this is presumably why the method is important in making lime-requirement investigations, — the determination of this buffer effect is indeed the heart of the entire lime-requirement problem.

3. *Determination of the potential acidity of the soil.*

attempts to give information in regard to the amount of basic substances necessary for saturating the acid content of the soil.

Of the many methods which may be used in a quantitative determination of the acid content of the soil, the following deserve mention here. Br.-TACKE's (1897 and 1911), method, which is particularly applicable to humus soils, has, as main principle, a determination of the amount of carbon acid which a certain quantity of soil mixed with a surplus of carbonate of lime is able to free from that salt. The method is now generally used with SÜCHTING's (1908 and 1909) modification by which instead of making a direct determination of the amount of carbonic acid freed, the amount of carbonate of lime remaining at the close of the reaction is determined.

HOPKIN's (1903) method by which the aluminium chloride formed by a reaction between soil and a 5 % sodium chloride or sodium nitrate solution is determined (titrated).

DAIKUHARA's (1914) method which differs only from the above in that $^1/_1$ mol. potassium chloride solution is used instead of a sodium chloride solution.

VEITCH's (1904) method in which lime water is used to neutralise the acids with phenolphtalein as indicator.

HUTCHINSON's (1914) method in which neutralisation occurs using a ca. 1/50 n. calcium bicarbonate solution with methyl-orange as indicator.

BAUMANN and GULLY's (1910) and JONES (1915) methods in which the amount of acid freed by the reaction between the soil and the calcium acetate solution is determined, using phenolphtalein as indicator.

ACH.GREGOIRE's (1914) method in which the amount of iodine freed by soil acids in as olution of potassium iodide and potassium iodate is determined, using starch-water as indicator.

TRUOG's method (1) which uses baryta-water (barium hydroxide) to neutralise the soil. It is applied only a very short time (1 min.), for the aim is to determine the active acidity (reported by E. R. STEPHENSON (1918).

TRUOG's (1920) method (II) : The soil to be boiled with a diluted Ba. Cl. solution supplied with a little ZnS and the H_2S developed is to be determinated. (See also PARKER and TIDMORE (1923).

In these various titration methods the final reactions are brought to very different P_H values, and even without taking other conditions into consideration, must give very different results. Acid is also freed in potassium chloride solution by those soils which show a decided acid reaction in litmus (CHRISTENSEN 1917) ; litmus-neutral or litmus-alkaline soils never cause this. In calcium acetate solution, even neutral soils are able to free acid, and there seems to be no connection between this phenomenon and the lime-requirement of the soil. (CHRISTENSEN 1917). A complete survey of the soil's content of acid reacting substances on the one hand and the size of its supply of basic substances on the other, presupposes, as N. BJERRUM and J. K. GJALDBAK (1919) first pointed out, acquaintance with the buffer effect of the soil under varying P_H, or in other words, the titration curve of the soil ;

for this not one, but an entire series of determinations is necessary. In making such investigations an electrometric measurement of P_H following Professor BIILMANN's method and using the quinhydrone electrode will doubtless prove of great value.

In future scientific study of the reaction of soils, far more weight than has hitherto been the case should be placed on determining the buffer effect on the soil ; an ordinary determination of the actual acidity of the soil will never give sufficiently complete information on lime-requirement. This entire domain moreover, requires exhaustive special investigations, — the nature of the buffer-acting substances, for instance.

REFERENCES.

BAUMANN, A. & GULLY, E. *Mitt. d. kgl. Bayr. Moorkulturanstalt*, 4. (1910).
BIILMANN, M. E. a). *Annales de Chimie*, 9es., t. XV., (1921).
BIILMANN, M. E. & LUND, M. H. b). *Annales de Chimie*, 9es , t. XVI (1921).
BJERRUM, N., & K. GJALDBAK, K. *Den kgl. Veterinar og Landbohöskoles Aarsskrift* (1919).
BURGESS, P. S. *Soil Science*, XV, p. 131 (1923).
CHRISTENSEN, H. R. *Centralblatt f. Bakt.* I, Bd. 17, S. 109 (1906).
CHRISTENSEN, H. R. *Zeitschrift f. Pflanzenernährung u. Düngung*, Teil A, 1. Jahrg . S. 2 (1913).
CHRISTENSEN, H. R. *Soil Science*, IV, p. 115 (1917).
CHRISTENSEN. *Internationale Mitteilungen f. Bodenkunde* (1923).
CHRISTENSEN, H. R. & O. H. LARSEN. *Centralblatt f. Bakt. II*, S. 347 (1911).
CLARK, W. M. & LUBS, H. A. Baltimore, 1920.
COMBER, N. M. *The Journal of Agricultural Science* (1920).
CONNER, S. D. *Jour. Indus. and. Engin. Chem.* VIII, p. 35 (1916).
DAIKUHARA, G. *Bul. Imp. Cent. Agr. Ep. Sta. Japan*, No. 1, p. 1-40 (1914).
GILLESPIE, L. J. *Journal of the Washington Academy of Science*, VI, N.o 1 (1916).
GREGOIRE, Ach., HENDRICK, J., CARPIAUX, J. and GERMAIN, E. *Ann. Gembloux* XXIII, p. 200 (1914).
GULLY, E. *Mitt. d. kgl. Bayr. Moorkulturanstalt*, Heft 5 (1913).
HARTWELL, B. L. & PEMBER, F. R. a). *Journ. Amer. Soc. Agron.* X, p. 45 (1918).
HARTWELL, B. L. & PEMBER, F. R. b) *Soil Science*, VI, p. 259 (1918).
HASENBÄUMER, J. *Mitt. d. deuts. Landw. Gesellsch.* (1921).
HAZENBÄUMER, J. & KÖNIG, J. *Landw. Jarb.* LV.
HISSINK, D. J. *Chem. Weekblad*, XIX, S. 281 (1922).
HOPKINS, C. J., KNOX, W. H. & PETTIT, J. H. *U. S. Dept. Agr. Bur. Chem. Bul.* 73, p. 114 (1903).
HUTCHINSON, H. B. Mac. LENNAN, K. *Chem News.*, CX, p. 61 (1914).
JONES, C. U. *Journ. Assoc. Off. Agr. Chem.* I, p. 73.
KAPPEN, H. *Landw. Versuchstationen*, 89, (1917).
KAPPEN, H. *Landw. Versuchsstationen*, XCVI (1920).
KAPPEN, H. & HEIMANN, H. *Zeitschrift f. Pflanzenernähung und Düngung*. Teil A., 1. Jahrg. (1922).
LOEW O. *Porto Rico Agric. Exp. St., Bul.* 13 (1913).
ODÉN Sven. Die Huminsäuren, Dre-den, 1919.
PARKER, F. W. & TIDMORE, J. W. *Soil Science* XVI, p. 75 (1923).
STEPHENSON, R. T. *Soil Science*, VI, p. 33 (1918).
SÜCHTING, U. *Zeitschr. Angew. Chemie*, Bd. XXI, S. 151 (1908).
SÜCHTING U. *Landw. Versuchsstationen*, LXX, S. 13, (1909).
TACKE Br. *Chem. Ztg.*, XXI, S. 174 (1897).
TACKE Br. in : KÖNIG, J. Die Untersuchung landw. u. gewerblich wichtiger Stoffe, S. 121 (1911).
TRUOG, E. *Jour. Phys. Chem.*, XX (1916).
TRUOG, E. *Agr. Exp. St. Wisconsin* Bul. 312, (1920).
VEITCH, F. P. *Journ. Amer. Chem. Soc.*, p. 637, (1904).
WEIBULL, M. *Kungl. Landbruks-Akademiens Handlingar och Tidskrift* (1909).
WEIBULL, M. *Kungl. Landbruks-Akademiens Handlingar och Tidskrift* (1911).

Dr. H. R. Christensen *Lyngby, (Danemark).* — **L'acidité du sol.**

Résumé.

L'A. passe en revue les connaissances actuelles sur l'acidité du terrain, en traitant particulièrement : 1) des causes de cette acidité ; 2) de la détermination de l'acidité actuelle ; 3) de la détermination de l'acidité potentielle. D'après l'A. les études sur la réaction du sol doivent principalement se développer en ce qui concerne l'action tampon, car la détermination de l'acidité actuelle, d'après les méthodes en usage, ne pourra jamais donner des renseignements complets sur le besoin de chaux.

L'A. mentionne sa méthode de détermination du beison de chaux au moyen de l'*azotobacter*, dont le développement n'a pas lieu si la valeur Ph est au-dessous de 6, tandis que ce germe se développe toujours quand la valeur en question est au contraire plus élevée.

Dr. H. R. Christensen, *Lyngby (Denmark).* — **Soil Acidity.**

Abstract.

The author gives a summary of the present knowledge respecting soil acidity, and treats particularly : .

(1) the causes of this acidity,
(2) determination of actual acidity ;
(3) determination of potential acidity.

The studies on soil acidity should be developed especially with regard to buffer action, as the method of determinating actual soil acidity will never give complete information on the lime requirements of a soil.

The author mentions also his method of determining lime requirement by means of *azotobacter*, the development of which does not take place if the pH value is less than 6, but on the other hand this bacillus always develops when the value is over six.

J. Wityn,

Ministry of Agriculture, Latvia.

SOIL ACIDITY AND FERTILITY IN LATVIA.

The most extended grounds in Latvia are those which have a light grey soil with an acid reaction, and are greatly carried away by waters. They have formed themselves on a very different kind of soil, even on marly loam containing, to this very day, in a depth of 60-70 cm. 29-30 % of $CaCO_3$.

Neutral grounds not having in former days been acid, are to be found on marly loam where the yearly quantity of precipitations rises to 450 mm. and also on alluvial soils, newly formed by rivers. These constitute only 1-2 % of the total area of the cultivable land. They give the best crops of all. About 8-9 % of grounds have already been meliorated by agricultural labour ; their acidity has considerably lessened and has ceased to exert its great influence over the crops. The greater part of grounds, about 90 % of the total area, shows a great deficiency of lime ; and in order to favour the fertility of the grounds, it is this want that must be redressed by every possible means in the first place. Meliorated grounds can be very fertile, regardless of the minimized ingredients of nutritious substances necessary to plants. 0.05 % of P_2O_5, and 7.08 % of K_2O solvable in hot hydrochloric acid exist in humus in a rate of 1.2-2 % ; there is, however, no need of an intensive and frequent fertilisation. There is always considerably more P_2O_5 and humus, the last 2-5 % and the first even to 0.3 %, in barren grounds ; having, however, no P_2O_5 and no N, plants are stunted in their growth. In some farms where the deficiency of lime formerly amounted to about 5-6 tons of $CaCO_3$ to the hectare, the reaction has entirely been redressed by means of source-lime, and the crops have been increased thrice, and even five times in grounds with miry loam.

The deficiency of lime generally amounts to 3-8 tons of $CaCO_3$ to the hectare ; only in grounds with adhesive loam it rises to 10 tons and more. An easily procurable fertiliser is source- or meadow-lime containing to 98 % of $CaCO_3$, or marly loam with 15-30 % of $CaCO_3$. The last contains, moreover, to 3 % of K_2O which is a particular matter of consequence for meadows and sandy soils. Calcareous fertilisers are plentiful in Latvia, and easily obtainable.

The deficiency of lime in our land is connected with morphologic alterations in the quality and the colour of the soil, with relations to water, temperature and air, with cultivation and fertilisation of the soil, and with its vegetation. Researches in this sphere have particularly in view to appoint the necessary quantum of lime not only as regards its quality, but also as to its quantity. This is tried to attain by way of detailed observations of the symptoms indicating the deficiency of lime, even without performing any chemical analyses.

At present the average corn-crops in Latvia are usually about 1.2 tons to the hectare ; the best neutral and formely very bad, but now increased ones, are already 2.2-2.8 tons to the hectare. It may be hoped that it will be possible to increase the actual average crops up to 2.2 tons to the hectare by meliorating the soil and by exploiting the local natural materials containing $CaCO_3$.

J. Wityn, *Ministère d'Agriculture de Lettonie.* — **Acidité du sol et fertilité en Lettonie.**

Résumé.

La communication donne des renseignements généraux sur les terrains agricoles de la Lettonie, une grande partie desquels ont une légère couleur grise et une reaction acide ; seulement 1-2 % des terrains sont neutres et produisent alors les meilleures récoltes. La plus grande partie des terrains de la Lettonie sont pauvre

en chaux. On a déjà obtenu de considérables augmentation des récoltes par les améliorations du sol et l'on attend des augmentations ultérieures par les résultats des recherches que l'on effectue actuellement sur le besoin de chaux des terrains.

J. WITYN, *Ministry of Agriculture, Latvia.* — **Soil-acidity and Fertility in Latvia.**

ABSTRACT.

The article gives a brief, general account of the agricultural soils of Latvia, a large proportion of which are of a light grey colour and have an acid reaction; only 1-2 % of the soils are neutral and on these are produced the best crops. Most of the soils are deficient in lime. Considerable increases in crop yields have already been obtained by soil improvements, and further increases are anticipated on completion of investigations now being carried out respecting lime requirements.

DR. R. TRNKA,

Prof. de Chimie Agricole à l'Ecole Supérieure d'Agronomie, Brno, Tchécoslovaquie.

NOTES SUR L'ANALYSE CHIMIQUE DU SOL.

1ère *Note.*

On emploie différentes méthodes pour l'analyse chimique du sol, qui pourtant ne sont pas encore suffisantes. Si nous ne prenons pas égards à l'analyse chimique complète du sol, il nous faut avouer qu'il est bien nécessaire de s'occuper de la chimie du sol. Il est assurément important de connaître le but de l'analyse chimique, mais nous voulons aussi connaître les qualités des substances nutritives qui sont contenues dans le sol et selectionnées en partie par les végétaux. Il est naturel que nous avons ici un grand nombre de possibilités de travail, parce que la variété des matières dissolvantes est capable d'exercer l'influence la plus grande sur les sols au but de la dissolution des substances nutritives. Il est évident par cela qu'il existe un nombre assez grand de changements des résultats et pour cela on choisit dans ces cas certaines méthodes analytiques usuelles.

Pour la coopération de tous les savant travaillant en chimie du sol, l'auteur recommande de reconnaître la compétence des normes établies par M. M. VAN BEMMELEN, HISSINK ET GANSSEN, c'est-à-dire : on examine 1° *le complex A et B d'après* VAN BEMMELEN et 2° *le phénomène fondé sur l'échange des bases d'après* HISSINK. Ainsi on connaît la composition chimique et le rapport du sol aux matières différentes, surtout aux engrais et spécialement aux substances nutritives.

Nous pouvons exécuter l'analyse chimique avec les acides concentrés HCl et H_2SO_4, au moins par la quantité de 5 fois du poids du sol employé. Nous pouvons accepter que les conditions et les résultats ne changent pas de beaucoup, si le développement sera accompli dans un vase de Kjeldahl pendant deux heures. Pendant la dissolution du sol par l'acide HCl on peut aussi employer un réfrigérant que l'on insère dans la gorge du vase et on ne s'en sert pas dans le cas de l'acide H_2SO_4. On peut séparer la silice colloïdale des résidus faisant une décoction du carbonate du sonde (5 %) en deux fois et un lavage analytique avec de l'eau distillée. Nous pesons la silice et le résidu, et la différence de 100 % est la quantité des substances qui sont dissoutes. Il est évident que nous en devons soustraire l'humus et l'eau qui sont contenus dans le sol. Dans les analyses spéciales nous déterminons aussi les bases : CaO, MgO, K_2O, Na_2O, Fe_2O_3, Al_2O_3, MnO et SiO_2 colloïdale. Dans le tableau suivant sont contenues les analyses de quelques sols et sous-sols pour l'orientation et on peut se contenter de ces résultats généraux pour une première distinction du sol. Les résultats nous montrent que les sommes des substances dissoutes du sol sont très intéressantes à plusieurs égards. Il est surtout possible de constater les différents degrés de la construction des roches et autres phénomènes de destruction et transformation imputable aux actions chimiques dans la substance minérale du sol. Tout cela sera exécuté dans une autre étude spéciale. On peut dire en général que l'influence de l'humus et la qualité des roches primaires aura une considération plus importante que les influences climatologiques etc. On ne peut pas généraliser ces résultats si nous n'avons pas un grand nombre d'expériences, mais il est nécessaire de les constater. Il est à attendre que les études exactes et étendues éclairciront davantage cette question. Les essais sont faits avec la terre fine tamisée à travers d'un tamis à trous de 2 mm et à l'humidité du laboratoire.

Dans ce sol on dose : l'eau à 105°C, l'humus avec l'oxydation de l'acide chromique et le résidu non dissous par l'acide chlorhydrique et sulfurique après la separation de la silice colloïdale. En même temps sont déterminés gravimetriquement Fe_2O_3, Al_2O_3, MnO, CaO, MgO, K_2O Na_2O et SiO_2 colloïdale. (Ces résultats sont réservés à l'étude spéciale). Les sols sont en majeure partie primitifs (des roches éruptives — granit ou des roches cristallophylliènes — gneiss) et quelques uns sont secondaires-alluviales. Aux premiers appartiennent les numéros: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 25, 26, 27, 28, les autres numéros appartiennent à la 2ème catégorie. (Voir le Tableau 1).

2ème *Note.*

Nous avons remarqué dans cette expérience des rapports intéressants entre les particules les plus fines, sous l'influence de peroxyde de l'hydrogène pendant la destruction de l'humus. Les connaissances étaient employées comme déjà cité dans la communication de la 1ère Commission de cette conférence (notes sur l'analyse mécanique du sol). L'auteur propose la digestion des sols destinés à l'analyse mécanique avec le peroxyde de l'hydrogène généralement employé, car de cette manière on dégage la liaison des grains de sol, surtout les particules colloïdales avec les grains plus grands. En même temps se paralyse aussi l'influence défavorable de l'humus. Quant à la texture du sol, il est possible de faire une opposition, mais nous pouvons y ajouter que le changement est seulement possible chez les substances organiques et colloïdales. Celles-ci selon leur caractère spécial peuvent occasionner les plus grands changements défavorables dans la texture des substances minérales, par exemple :

TABLEAU I.

L'analyse chimique du sol par rapport au complex A *et* B.

Nro.	Le sol — Le complex A %	Le sol — Le complex B %	Nro.	Le sous-sol — Le complex A %	Le sous-sol — Le complex B %
			a) *Le sols primitifs.*		
3	13.78	9.26	4	14.24	10.54
5	11.48	6.38	6	16.38	10.82
7	15.58	4.82	8	12.88	3.15
9	11.31	8.46	10	15.21	6.99
14	—	—	15	12.39	4.19
16	9.32	4.92	17	14.06	6.05
			18	6.65	7.11
19	13.69	7.06	—	—	—
20	14.85	8.96	21	14.94	13.86
24	8.17	10.42	25	8.76	6.93
			26	7.71	9.77
27	4.75	7.72	28	12.01	5.81
Moyenne .	**11.44**	**7.55**	Moyenne .	**12.29**	**7.77**
A : B	1.51	1.—	A : B	1.58	1.—
			b) *Le sols secondairs.*		
1	8.66	9.38	2	11.07	10.43
11	11.97	12.34	—	—	—
12	20.43	15.67	13	18.08	16.82
22	9.85	7.10	23	8.35	9.14
Moyenne .	**12.73**	**11.12**	Moyenne .	**12.50**	**12.13**
A : B	1.15	1.—	A : B	1.06	1.—

Surtout les grains se collent ensemble de sorte que nous ne pouvons pas les séparer d'aucune manière sans détruire la grandeur des particules. On peut atteindre cette séparation avec le peroxyde de l'hydrogène proportionellement facile sans qu'il en souffre la grandeur absolue des grains minéraux. Comment se change la proportion relative entre les particules plus fines dans l'analyse mécanique du sol préparé avec H^2O^2 et non préparé, cela montre le tableau ci-incius, d'après le nouveau appareil sédimentaire. Cependant on peut supposer que la somme des particules les plus fines (dans le cas qui nous occupe *ultra-* et *submicro-*) sera alors moindre si l'humus colloïdal est en quantité plus grande que dans le cas contraire. Il est possible d'admettre une partie de grains plus grande ou plus petite de la substance organique, mais les différences ne sont pas trop grandes et ne depassent pas de l'humus dans le sol. Une plus grande différence est à la faveur de l'influence de H^2O^2. (Voir le tableau II).

TABLEAU II

Les analyses mécaniques des sols dans l'appareil nouveau.[*])

Catégorie	Diamètre des particules en microns μ	I a %	I b %	II a %	II b %	III a %	III b %	IV a %	IV b %	V a %	V b %	VI a %	VI b %	VII a %	VII b %	Note
IV macro-	> 60 μ	67·88	57·94	57·02	56·44	77·90	75·62	78·82	75·49	81·65	71·76	69·99	71·51	78·39	80·22	(*) Il est décrit dans la Communication à la 1ère Commission, page 118.
IIIa,b,c micro-	4 – 0·0 μ	22·31	24·35	28·00	23·83	16·45	17·16	15·12	15·45	13·87	18·91	21·72	18·41	13·96	11·67	a) la terre également préparée comme à l'analyse d'après KOPECKÝ.
	0·75 – 4 μ	1·59	10·64	6·52	13·91	2·46	5·86	1·89	7·55	2·20	6·03	4·16	5·63	6·60	6·27	
IIa,b,c sub-micro-	0·250 0·750 μ	1·89 / 8·22	7·07	3·43 / 7·80	5·82	0·42 / 3·19	1·36	0·65 / 4·17	1·50	0·30 / 2·28	3·30	1·29 / 4·13	4·42	1·18 / 4·14	1·84	b) la terre digérée avec H_2O_2.
I ultra-	< 0·250 μ	9·33		4·43		2·77		3·52		1·98		2·84		2·96		
		100·—		100·—		100·—		100·—		100·—		100·—		100·—		
	Humus	2·03		0·83		2·03		0·83		0·66		2·01		0·61		

Résumé.

a) On recommande pour le but de la connaissance de la chimie du sol à l'analyse chimique la détermination des complexes *A* et *B* d'après VAN BEMMELEN et la détermination des phénomènes fondés sur les changements des bases d'après HISSINK et GANSSEN.

b) En même temps on propose la préparation du sol avec le peroxyde de l'hydrogène pour l'analyse mécanique, car par la destruction de l'humus colloïdale on peut atteindre la meilleure séparation des plus fines particules minérales du sol.

PROF. DR. RUDOLF TRNKA, *Brno (Tchécoslovaquie).* — **Notes sur l'analyse chimique du sol.**

RÉSUMÉ.

A. — On recomande en vue de la connaissance de la chimie du sol par l'analyse chimique, la détermination *des complexes A et B d'après* VAN BEMMELEN et la détermination *des phénomènes fondés sur les changements des bases d'après* HISSINK et GANSSEN.

B. — En même temps on propose la préparation du sol avec le peroxyde d'hydrogène pour l'analyse mécanique du sol, car par la destruction de l'humus colloïdal on peut atteindre la meilleure séparation des particules du sol les plus fines.

Prof. RUDOLF TRNKA, *Brno* (Czechoslovakia). — **Notes on the chemical Analysis of soils.**

ABSTRACT.

A. — The author recommends for the study of soil chemistry the determination of the complexes *A* and *B* by the VAN BEMMELEN method, and the determination of phenomena of base-exchanges after HISSINK and GANSSEN.

B. — The author also proposes the preparation of the soil with hydrogen-peroxide, for the mechanical analysis of soil, because after the destruction of colloidal humus the best separation of the finest soil particles can be obtained.

Prof. P. E. BROWN,

Iowa State College, Ames, Iowa, U. S. A.

THE INTERPRETATION OF THE RESULTS OF SOIL EXPERIMENTS.

In the development of any science, many of the early investigations, no matter how carefully planned, will lead to conclusions which, in the light of later knowledge, are found to be incorrect or at least inconclusive. Some factor, not yet known, may be uncontrolled, some vital condition may be overlooked, some erroneous assumptions may be made.

Agricultural chemistry furnishes many examples of apparently safe conclusions from most careful experiments, which later have been shown to be inaccurate. The classic work of VAN HELMONT which seemed to show that water was the "principle of vegetation" is a typical example. Sometimes the very care with which the work is carried out renders the conclusions incorrect. Such for instance was the case with LAWES, GILBERT and PUGH's work, which apparently indicated quite conclusively that legumes cannot utilize the nitrogen of the atmosphere. But all such work, even if the conclusions are subsequently found to be unwarranted, forms an integral part of that vast mass of experimental data which must always be accumulated before the particular science becomes firmly established on a solid foundation of facts and laws. The negative character of the results or even erroneous conclusions may be of particular significance in bringing about a final solution of the questions involved and in fixing theories into a body of laws.

The development of Soil Science is no exception to the general rule. Many of the earliest investigations now seem throughly unsound. But while the deductions made from this pioneer work, are generally too broad, the studies themselves have paved the way for later more accurate experiments. The pitfalls into which the early investigators sometimes fell, may now be avoided. All the work which has been carried on, has led to a recognition of certain fundamental conditions and important factors which control the results secured in soil experiments. Early studies should not be condemned per se, but should considered an integral part of that necessary preliminary work, which is so essential to the establishment of scientific laws.

A few years ago, an investigator studied the field experiments carried on through out the wold and from his own work which had shown wide variations in soils, he concluded that *all* field experimental work of the past was worthless. His sweeping condemnation was, of course, not taken seriously, by the critical scientist, but while his criticism indicated that broad, widely, applicable conclusions should not be drawn from field tests under one combination of conditions, he overlooked the fact, that such work has played a large part in building up knowledge of soils, aside from its very significant effect on farm practices.

While certain soil studies carried on in the past cannot be accepted as proving the conclusions claimed from them, they should not be severely criticized, for it must be remembered, that many things, which are well known to-day, were not then dreamed of. There is little work which has not thrown some light on some complex soil problems, and hence it is all of value. Of course many of the earliest conclusions have been verified by recent better controlled experiments and their value is unquestioned.

It is not intended here to call attention to the inaccurate interpretation in past work, but many might be cited as illustrations of the errors, which should be avoided in drawing conclusions from present day experiments.

Probably in no other line of work is it so difficult to reach proper conclusions from the data obtained in experiments as is the case in Soil Science. There is danger of too broad conclusions, an over-interpretation of data, and a like danger of incomplete conclusions, an under-interpretation. Both should be avoided. Work carried out under one combination of conditions should not be interpreted

as applicable to all conditions. This is perhaps the most common error made in interpreting data. But neither should important facts, nor valuable suggestions, be overlooked by an under-interpretation of the results. It should always be kept in mind, that the investigator himself is best qualified to interpret his own data. Drawing conclusions from published results of the experiments of others is a dangerous proposition. So the investigator should analyze his data most critically, keeping in mind all the conditions which have been in operation in the experiment.

The complex character of soils has come to be quite generally recognized. It is this complexity, which makes the interpretation of soil experimental data so difficult. There are so many factors, which may have an influence on the results, and the interrelationships of these various factors are so complicated, that it is often almost impossible to separate them and to determine which factor or condition is responsible for the particular results. There are certain physical factors, many chemical factors, and numerous microbiological factors which are all involved in all soil studies.

Perhaps the most difficult of all soil data to interpret is that secured in field experiments. Under field conditions the results may be influenced by any of a large number of factors, many of which cannot be controlled. It is this class of experiments, which will be discussed in this paper.

The climatic and seasonal conditions may easily be the most important. Similar experiments may show entirely opposite results in different climates, as has often been noted. Temperature, amount and distribution of rainfall, snowfall, length of season, frosts and other climatic differences are often the most significant factors in controlling experimental results.

Seasonal variations in one locality are frequently of the utmost importance. The results secured in one season may or may not be supported by those obtained under other seasonal conditions, all other factors being the same, in-so-far as they can be made so. In one experimental field in Iowa the corn yield in 1920 with manure, lime and acid phosphate was 11.2 bushels higher than that on the manure, lime, rock phosphate plot alongside it. In 1923 on the same two plots the yield on the rock phosphate plot was 7 bushels greater than that on the acid phosphate plot. All other factors may be largely eliminated and it appears that the seasonal condition is the cause of the different effects of the two phosphates. Such differences are common in field work and the effect of seasonal conditions can only be overcome by carrying the tests over a long period of years, as is the common practice, in order to reach proper conclusions.

Crop differences should never be overlooked. One crop may respond to a certain treatment, while another does not. In one Iowa field experiment the addition of lime gave a one ton increase in clover while the corn the suceeding year was not affected. This difference in influence of lime on legumes and on others crops is commonly recognized. But often the variety of the crop will be of importance. The kind and purity of seed may influence the results. The method of planting may have an effect on the data secured. The time and rate of seeding may be very important. The rotation or alternation of crops has large influence on the results. In the rotation experiments on the Agronomy farm of the Iowa Agricultural Experiment Station at Ames the increases in corn from the addition of rock phosphate with manure and limestone under different rotations over manure and lime alone, averaging the results of 9 years are as follows:

4 year rotation	9.6 bushels
5 year rotation	4.6 »
3 year rotation	2.9 »
2 year rotation	2.8 »

All crop factors must certainly be considered in interpreting field experimental data on soils.

But while the climatic, seasonal and crop factors should all be taken into account, the soil factors are of equal, if not greater importance.

First of all, the soil type should be determined. Field experiments, which leave the soil type out of consideration, are far from satisfactory. Results are very different on various types and as many of the factors, which have been found to be important in soil tests are recognized in the separation of soil types, it is particularly important that the soil type should be made the basis of all tests. A few results from the Iowa soil experimental fields on different soil types will show how widely the results may be affected by the type.

Increase from Acid Phosphate + Lime and Manure over Lime and Manure

(Individual results in Iowa Experiment Fields)

Soil Type.

Webster silty clay loam:	
Oats	12.8 bu.
Clover	0.42 tons
Corn	10.1 bu.
Carrington loam:	
Oats	5.7 bu.
Clover	1.70 tons.
Corn	3.2 bu.
Waukesha silt loam:	
Oats	1.84 tons
Clover	16.4 bu.
Corn	
O' Neill loam:	
Oats	3.7 bu.
Clover	0.68 tons
Corn	2.8 bu.
Marshall silt loam:	
Oats	20.0 bu.
Clover	0.10 tons
Corn	3.7 bu.

Tama silt loam :

Oats	3.0	bu.
Clover	—	
Corn	5.9	bu.

Carrington silt loam :

Oats	21.9	bu.
Clover	1.8	tons
Corn	7.3	bu.

Grundy silt loam :

Oats	13.6	bu.
Clover	0.5	tons
Corn	7.3	bu.

Grundy silty clay loam :

Oats	7.8	bu.
Clover	0.45	tons
Corn	8.0	bu.

Marion silt loam :

Oats	14.2	bu.
Clover	0.8	tons
Corn	7.1	bu.

Muscatine silt loam :

Oats	4.0	bu.
Clover	0.47	tons
Corn	9.5	bu.

The average increases from the same treatments on some of the same soil types are shown in the following figures, again indicating the different effects on various soil types.

Average Increases from Acid Phosphate + Lime and Manure over Lime and Manure.
(From several years results on Iowa Experiment Fields).

Soil Type.

Carrington loam :

Oats	7.8	bu.
Clover	0.7	tons
Corn	3.7	bu.

Grundy silt loam :

Oats	9.3	bu.
Clover	0.52	tons
Corn	5.4	bu.

Marshall silt loam :

Oats	4.4	bu.
Clover	1.8	tons
Corn	5.9	bu.

Muscatine silt loam :

Oats	4.0	bu.
Clover	0.26	tons
Corn	—	

Carrington silt loam :

Oats	4.9	bu.
Clover	0.7	tons
Corn	3.1	bu.

Tama silt loam :

Oats	0.4	bu.
Clover	—	
Corn	4.5	bu.

The mapping of soils and the separation and recognition of soil types has done much to place Soil Science on a more secure foundation. It is not only in field experiments that the type of the soil should be taken into account. Greenhouse and laboratory studies of soils must also be interpreted on the soil type basis. Chemical, physical and biological soil investigations are applicable only to the particular soil type studied. The results may be quite different on different types. Even if similar results are secured on several types, they cannot be considered to apply to all types.

But in addition to the soil type factor, there are other soil conditions which must be taken into account, which are not distinguished in the separation of soil types.

The effect of drainage conditions in the soil on field experiments is well known. If the soil is not adequately drained, the results may be materially affected. When the need of drainage is quite apparent, there is little difficulty in interpreting results, but frequently the lack of drainage is not evident and the results are colored by the excess of water and the resulting effects on aeration, temperature, reaction and chemical and microbiological conditions in the soil.

The previous handling of the soil is of large significance. The cropping system, the use of the land, the fertilizer or manure treatment, if any, the location of fence rows, previous tree growth and the length of time the soil has been under cultivation are all important factors affecting experimental results.

The preparation of the soil, depth of plowing, time of plowing and cultivation will all play a part in determining the results secured. The factors which should be considered in laying out soil experiment fields and in the carrying out of such tests as well as in the interpretation of data are all admirably summarized in the Report of the Committee on Field Experiments of the American Society of Agronomy, published in the Journal of the Society, for January 1924. They need

not be discussed here except to say, that there is still considerable difference of opinion in the matter of the use of the yields on check plots in the interpretation of data. From experience in Iowa, it is now believed, that the averaging of check yields over a period of years and a comparison with the average of the yields on treated plots shows quite accurately the effect of treatment. *provided the soil type is the same.* Too much mathematical interpretation of data will do little more than multiply the normal discrepancies in the results. Correcting the results for this factor or that factor is not enough, for, in spite of such corrections, some factor is sure to be overlooked. It seems that the average results, as secure over a period of years, will show quite as accurately, what may *be expected* on the particular soil type under average conditions.

The method of treatment of the soils in field tests is important, not only the kind and composition of the fertilizer or manure applied, but the time, method and rate of application play a part. Experiments in Iowa have shown that full applications of fertilizer on winter wheat were more desirable than spring applications. Drilling the fertilizer in the seed rows — " direct contact with the seed " gave the best results when high rates of application of fertilizer which are apt to exert a caustic effect on the seed, are not used. More than 400 of 16 % acid phosphate or more than 300 of 2-12-2 complete commercial fertilizer drilled in the seed rows, " direct contact ", should not be used on wheat as there may be injury to germination and early growth. Locating fertilizers shallower than the seed at planting is not as beneficial as locating it on the same plane or slightly deeper than the seed. With oats, a 200 application of acid phosphate drilled in the seed rows gave greater effect than 400 broadcasted. Drilling the fertilizer as a separate operation to seeding gave similar effects to broadcasting. With corn, hill application of fertilizers was more effective than broadcasting. With clover, broadcasting gave just as good results as applying the fertilizer " direct contact in the seed row ". Many other observations have been made in connection with studies on fertilizer applications and it is apparent that the results secured may be very considerably modified by the method followed in making the applications as well as by the composition of the fertilizer and the time and rate of application.

It is certainly obvious, that in the interpretation of the results secured in field experiments in soils, the greatest care must be used in drawing conclusions. All conclusions should be safeguarded by being made subject to the conditions under which the investigations were carried out. The particular climatic and seasonal conditions, the crop factors and the soil conditions, especially the soil type, will all affect the results. General conclusions should not be drawn until the same results are secured under wide variations in all these conditions. Indications of much value practically and scientifically may be secured from field experiments, but until the results are confirmed in many other places under other conditions, the results can only be of local value. Theories may be advanced, but they cannot become laws for many years. The fullest measure of co-operation among soil scientists is essential for the establishing of facts to supplant the theories suggested and observations which now make up the major part of soil investigations. The increasing amount of work on soils is rapidly 'providing for the later formulation

of fundamental laws in Soil Science. This goal will be reached some time in the future and the work of yesterday, to-day and to-morrow will all aid in the final solution of soil problems. The time will not be shortened by over enthusiastic interpretation of data. The cautious scientist will move slowly and the science itself will be more solidly established by slow, sure progress. Care in interpretation of results is just as necessary as precautions in carrying out the experiment. Good experiments should not be weakened and perhaps discredited by unsound deductions. Poor experiments cannot be bolstered up by pretentious conclusions. In the interest of Soil Science, as a science, every investigator should protect his work, himself and the science itself from criticism by using every possible precaution to draw conclusions which will stand the most critical examination and the test of time.

Prof. P. E. BROWN, *Iowa* (*États-Unis*). — **L'interprétation des résultats obtenus dans les recherches sur le sol.**

RÉSUMÉ.

L'importance d'une interprétation correcte des résultats obtenus dans les recherches sur le sol, est discutée et soulignée à l'aide d'exemples tirés de travaux d'essais poursuivis à Iowa State College. L'auteur attire l'attention sur les difficultés d'arriver à des conclusions exactes, qui peuvent être soutenues.

L'auteur indique qu'il faut toujours bien distinguer entre la *théorie* et le *fait*, bien que d'importantes théories puissent être déduites d'une seule expérience. Trop souvent de simples opinions passent pour des faits, des théories sont acceptées comme lois. Mais on ne peut obtenir des faits et établir des lois qu'en conduisant des essais complets dans les conditions le plus différentes.

L'auteur accorde une grande importance au type de sol comme base pour les essais et il cite des résultats obtenus dans des essais de sols de différents types pour illustrer les inégalités dues aux types différents.

Il suggère que des opinions généralement acceptées en pédologie, pourraient ne pas résister à une critique serrée. Aussi est il désirable d'établir la pédologie sur une base solide de « faits », au moyen d'une large coopération dans l'étude des problèmes fondamentaux.

P. E. BROWN, *Ames, Iowa* (*U. S. A.*). — **The Interpretation of the Result of Soil Experiments.**

ABSTRACT.

The importance of the correct interpretation of results secured in soil investigations is discussed and emphasized by illustrations drawn from experimental work carried on at the Iowa State College. Attention is called to the difficulties which arise in reaching proper conclusions, which may be defended.

It is pointed out that, while most significant theories may be suggested by any experiment, a distinction should always be most carefully drawn between *theory* and *fact*. Too often mere opinions pass for facts, mere theories are accepted

as laws. Only by comprehensive experiments under many conditions can facts be obtained and laws be established.

Special emphasis is placed upon the soil type as a basis for soil experiments and results secured in soil tests of various kinds are cited to illustrate the variations occurring under different soil type conditions.

It is suggested, from these observations, that views generally accepted in soil science may not be tenable when critically examined and broad cooperation on fundamental problems is most desirable to the establishment of soil science upon a solid foundation of fact.

Dr. Th. Saidel et Em. J. Protopopescu-Pake.

Institutul Geologic al României, Sectiunea Agrogeologică, Bucarest.

SUR LES RÉSULTATS DE QUELQUES EXPÉRIENCES DE VÉGÉTATION.

Les questions que nous nous sommes posées lors de ces recherches furent les suivantes :

1) Les extraits aqueux préparés à partir des sols contiennent-ils les substances nutritives nécessaires à la plante pour son développement ? En d'autres mots, la plante trouve-t-elle les substances nutritives, dont elle a besoin, dans les extraits aqueux du sol ou doit-elle les préparer elle-même, transformant les substances contenues dans le sol en substances assimilables ?

2) Dans des conditions de travail égales, comment varie la production d'un sol à un autre, dans la même année, et comment varie, d'une année à l'autre, la production d'un même sol ?

1. — Essais de végétation sur des sables fertilisés avec des extraits de sol.

Pour obtenir la réponse à la première question, nous avons fait des expériences de végétation sur du sable pratiquement stérile, que nous avons fertilisé par l'adjonction de solutions (extractions aqueuses) de sol. Nous avons préparé les extraits aqueux en traitant 10 kg. de sol dans un vase de porcelaine avec de l'eau-distillée, en un excès de 200 à 300 cmc. par rapport à la quantité d'eau nécessaire à la saturation du sol.

La solution formée était prélevée ensuite à l'aide de filtres Pasteur ou Chamberlain reliés par l'intermédiaire d'un vase de verre dans lequel on récoltait les extraits avec une pompe à vide. Chaque jour, on humectait avec cette solution le sable du vase de végétation correspondant, dans lequel on avait semé un nombre déterminé de grains de froment ou d'avoine, *le même*, pour tous les pots d'une série de recherches.

Les pots de végétation étaient confectionés en zinc. Leurs dimensions étaient de 28 cm. de hauteur et 25 cm. de diamètre. À l'intérieur, ils étaient recouverts d'une mince couche de paraffine.

Le sable employé, résultant de la désagrégation du grès blanc connu sous le nom de grès de Kliwa, provenait de la colline dénommée « *Râpa alba* » près de la commune de Gura Vițioarei (Prahova) ; de couleur blanche-grisâtre, à grain fin, ce sable est constitué en majeure partie de quartz avec fort peu d'aiguilles de magnétite et d'un autre minéral verdâtre (amphibole). Le feldspath manque à peu près complètement.

Les essais de végétation furent faits en 1915 avec de l'avoine et en 1915-1916 avec de l'avoine et du froment.

Les sols ayant servi à la préparation des extraits ont été :

1) Un échantillon de *tchernoziome* de couleur chocolat, provenant de la ferme Poiana Erculești (Jalomitza), deux km. au Nord de la gare de Ghimpati, d'un endroit cultivé depuis nombre d'années.

2) Un échantillon de *sol de forêt*, de couleur brun-rougeâtre, de la forêt de Pantelimon (Ilfov), ½ km. à l'Est de la gare de Pantelimon.

3) Un échantillon de *podzol*[1] de couleur gris-jaune, pris dans la forêt de Cornătele, près de la commune de Bolovani (distr. de Dâmbovita).

Ces échantillons représentent donc les trois types principaux de sols que nous trouvons en Roumanie sur des surfaces plus étendues, l'un comme type de sol de steppe, l'autre comme type de sol de forêt, dans un stade de lévigation incomplète, et le podzol comme type des sols qui se trouvent dans un état de lévigation fort avancé sous l'action d'un climat humide.

En dehors de la solution (l'extrait) de sol introduite en quantité égale dans tous les vases, on ajoutait encore la quantité d'eau distillée nécessaire pour maintenir l'humidité du sable à 10 %.

Pour comparer, nous avons fait des cultures parallèles, directement sur le sol, avec les mêmes plantes et dans des vases de même dimension.

À cause de la capacité plus grande des sols pour retenir l'eau, leur humidité était maintenue à 17% par arrosage journalier avec de l'eau distillée. Quatre essais pour chaque sol étaient menés parallèlement.

Toujours en vue de comparer, nous avions pour chaque série de recherches des vases-temoins dans lesquels le sable ne recevait pas d'extrait de sol mais était seulement humecté d'eau distillée, ceci pour juger quelle partie de la récolte est due aux extraits et quelle partie au sable lui-même.

En l'absence d'une installation appropriée et par suite d'inconvénients ambiants, les recherches n'ont pu être effectuées avec toute la précision et l'etendue nécessaires, pour que l'on puisse tirer des résultats obtenus plus que des conclusions d'ordre qualitatif. Nous nous rendons compte que la manière même de procéder à la préparation des extraits présentait de grands inconvénients parce-qu'elle impliquait une extraction inégale et la destruction partielle de la structure du sol. C'est pourquoi il eût été possible que chez un sol quelconque des substances nuisibles au développement de la plante prissent naissance par fermentation putride.

Malgré tous ces inconvénients, les résultats obtenus nous donnent dans une certaine limite une réponse satisfaisante aux questions posées par nous lorsque nous entreprîmes ces expériences.

[1] Des recherches ultérieures ont montré que cet échantillon appartient à un sol de forêt podzolisé n'ayant pas encore atteint l'état de podzol proprement dit.

TABLEAU I.

Cultures d'avoine sur des sables fertilisés avec des extraits de sol (1915). *Ensemencées le* 21 IV, *récoltées le* 27 VII.

Sols ayant servi à la préparation des extraits	Nombre des tiges	Sable fertilisé		Résultats obtenus directement sur des sols	
		Récolte totale	Récolte des grains	Récolte totale	Récolte des grains
		gr.	gr.	gr.	gr.
Tchernoziome chocolat cultivé, Ghimpati, (Jalomita) .	8	10,7	4,08	13,7	6,04
Sol de forêt vierge. Gare de Pantelimon	8	14,8	5,74	26,7	18,4
Podzol Comm. de Bolovani, (Dambovita)	7	10,2	4,48	23,1	9,49
Sans extrait (vase témoin).	8	2,3	0,93	—	—

TABLEAU II.

Cultures de froment sur des sables fertilisés avec des extraits de sol (1915-1916). *Ensemencées le* 7 XII, 1915, *récoltées le* 3 VI, 1916.

Sols ayant servi à la préparation des extraits	Nombre des tiges	Sable fertilisé		Résultats obtenus directement sur des sols	
		Récolte totale	Récolte des grains	Récolte totale	Récolte des grains
Tchernoziome chocolat. Gare de Ghimpati, (Jalomita).	13	19,6	2,65	31,5	9,54
Sol de forêt. Gare de Pantelimon (Ilfov)	13	22,3	3,00	23,2	9,6
Vase témoin (sans extrait)	13	6,8	0,72	—	—

Il ressort de ces essais que *nous avons réussi à assurer le développement des plantes jusqu'à la maturité uniquement avec des substances solubles prélevées par extraction avec de l'eau distillée.* La production sur les sables fertilisés avec des solutions de sol est environ 4—6 fois plus grande que celle des vases témoins arrosés seulement d'eau distillée. La production sur les sables fertilisés n'atteignait cependant dans aucun essai la production obtenue sur les sols eux-mêmes. Ces résultat était surement dû en majeure partie à la préparation défectueuse des extraits.

Nous croyons toutefois qu'en modifiant le procédé de préparation des extraits et en utilisant les connaissances que nous avons acquises (par des travaux ultérieurs) sur les substances solubles du sol, nous pourrons arriver à des résultats plus satisfaisants. Mais déjà les résultats que nous ont fournis ces deux séries d'expériences nous semblent justifier la conclusion que *dans l'extrait aqueux des sols se trouvent représentées toutes les substances nécessaires au développement des plantes.*

Pendant cette année-là, l'essai avec le podzol ne fut pas entrepris. Des expériences et des recherches futures devront décider si le suc naturel du sol contient l'intégrité des substances utilisables par les plantes.

2. — EXPÉRIENCES DE VÉGÉTATION FAITES DIRECTEMENT SUR DES SOLS.

a) *Essais avec du froment d'automne en* 1914-1915.

Ces recherches devaient nous fournir la réponse à la 2ème question qui nous a occupés au cours de ces travaux, à savoir *comment varie la production d'un sol à l'autre et comment varie la production d'un même sol d'une année à l'autre.* Les tableaux qui suivent indiquent les résultats des recherches. Chaque essai fut exécuté de manière identique et quatre fois parallèlement pour pouvoir juger de l'erreur dont étaient affectées les expériences. Cette erreur était plutôt grande dans la série de 1914-1915, par suite des moyens primitifs dont nous avions disposé alors.

Malgré tout, les résultats obtenus, indiqués dans le tableau III permettent de constater des différences réelles entre la production obtenue sur le sol de forêt et celles fournies par les deux autres échantillons de sol.

Les grains furent semés au nombre de 13 dans chaque vase. Le nombre des épis récoltés fut de 22 à 25 sur le sol de forêt et de 14-16 sur les deux autres sols.

En comparant les résultats, nous constatons le fait inattendu que la production sur le sol de forêt est de 1.4 fois supérieure à celle fournie par l'échantillon de tchernoziome. La production sur podzol est la plus petite, comme c'est d'ailleurs naturel, mais contre notre attente trop peu différente de la production sur le tchernoziome.

TABLEAU III.

Cultures de froment sur sols. Ensemencées le 1, II, 1915. — *Récoltés le* 27 VII, 1915

Tchernoziome chocolat Gare de Ghimpati. (Jalomita)		Sol de forêt Gare de Pantelimon (Ilfov)		Podzol Commune de Bolovani (Dambovita)	
Poids en gr. de la récolte		Poids en gr. de la récolte		Poids en gr. de la récolte	
totale	des grains	totale	des grains	totale	des grains
42,6	11,65	56,8	17,23	35,0	11,10
42,3	11,58	56,4	14,65	34,8	10,20
36,7	10,47	55,2	15 16	32 4	10,70
32,8	10,38	52,3	16,68	20,2	8,36
Moyenne 38,6	11,0	55,2	15.90	32,8	10,10

b) *Essais de végétation avec froment d'automne en* 1915-1916.

Les expériences de végétation de l'année précédente furent renouvelés sur une échelle plus vaste ; aux 3 types de sol utilisés l'année précédente vinrent s'ajouter : un échantillon de *sol blanc*, type extrême des sols de steppe sèche, pris à Medjidia (Dobroudja), et un échantillon de *tchernoziome dégradé*, un type de sol intermé-

diaire entre les sols de steppe et les sols de la région de forêt, caractéristique pour les régions d'antésteppe. En outre, les essais furent faits aussi bien sur des échantillons de sols cultivés que sur des échantillons de sols vierges pris aussi près que possible du champ cultivé correspondant, d'une forêt ou d'un buisson. Nous n'avons pu nous procurer le sol vierge correspondant au sol blanc, parce que les plateaux de sol blanc manquent de voisinage non défriché.

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau IV.

Tableau IV.

Cultures de froment sur sols typiques (1915-1916). — *Ensemencées le* 7 XII, 1915. *Récoltées le* 3. VI, 1916.

A) *Sols vierges.*

—	Tchernoziome chocolat d'un buisson		Tchernoziome dégradé de Fundulea (Ilfov)		Sol de forêt Gare de Pantelimon (Ilfov)		Podzol Margineanca (Prahova)	
	Récolte		Récolte		Récolte		Récolte	
	totale	de grains	totale	de grains	totale	de grains	totale	de grains
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
On ne trouve pas de sol blanc non cultivé sur les plateaux de Medjidia.	23,1	6,46	*40,7*[1]	*12,55*	*38,0*	*16,7*	54,3	14,7
	23,5	6,98	25,9	7,45	25,6	10,5	56,0	16,3
	25,7	7,91	23,6	6,54	23,0	9,7	53,5	14,8
	27,6	8,20	25,0	7,44	20,7	8,8	56,0	15,0
Moyenne . . .	25,0	7,4	24,6	7,1	23,2	9,6	54.9	15,2

B) *Sols pris des champs cultivés.*

Sol blanc Medjidia (Constanta)		Tchernoziome chocolat Chimpati		Tchernoziome dégradé, Fundulea (Ilfov)		Sol de forêt Pantelimon (Ilfov)		Podzol Margineanca (Prahova)	
Récolte		Récolte		Récolte		Récolte		Récolte	
totale	de grains	totale	de grains	totale	de grains	totale	de grains	totale	de grains
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
26,0	5,78	31,7	9,93	26,6	7,14	*32,7*	*9,78*	17,1	4,38
25,4	6,82	31,7	9,52	25,9	6,65	19,8	5,32	21,0	6,31
23,8	6,57	31,9	9,28	26,7	8,23	19,3	5,52	20,0	5,80
26,5	6,58	30,5	9,44	25,5	6,30	20,4	5,51	18,4	5,16
25,4	6,45	31.5	9,54	26,2	7.23	19,8	5,45	19,1	5.4

[1] Les nombres en caractères cursives représentent les récoltes des vases auxquelles on a ajouté de l'Azote sous forme de nitrate d'ammonium pendant le développement de la végétation à peu près à l'époque de la floraison. Naturellement ces données ne figurent pas dans le calcul des moyennes.

Tableau IV-*a*.

Valeurs moyennes extraites du Tableau IV.

Type de sol	Vierges		Cultivés	
	Récolte totale	Récolte de grains	Récolte totale	Récolte de grains
1) Sol blanc (Medjidia)	—	—	25,4	6,4
2) Tchernoziome chocolat (Chimpati) .	25,0	7,4	31,5	9,5
3) Tchernoziome dégradé (Fundulea) .	24,6	7,1	26,2	7,2
4) Sol de forêt (Pantelimon)	23,2	9,6	19,8	5,5
5) Podzol. Gare de Plopeni	54,9	15,2	19,1	5,4

Ces résultats sont de même intéressants. Dans la série des sols cultivés, on constate un accroissement de la production du sol blanc au tchernoziome chocolat (Voir aussi Tableau IV-B), puis une décroissance vers les sols des régions plus humides, de sorte que la plus grande production fut atteinte sur le *tchernoziome chocolat*, ce qui est un fait normal.

Dans la série des sols vierges toutefois, la production, du même ordre de grandeur que sur le techernoziome chocolat et sur le tchernoziome dégradé, est inférieure aux productions obtenues sur les sols vierges des régions plus humides, à savoir sur le sol de forêt (seulement en ce qui concerne la récolte de grains) et sur le podzol.

Il est extrêmement surprenant que la production sur le *podzol vierge*, est la plus grande des productions obtenues dans cette série de travaux, soit tant sous le rapport de la récolte totale (2-,3 fois supérieure à celle du tchernoziome chocolat vierge), que sous le rapport de la récolte de grains (1,6 fois plus grande que celle du sol de forêt, 2 fois plus grande que celle du sol chocolat vierge et (1,6 fois supérieure à celle du tchernoziome chocolat cultivé).

Il faut encore observer que sur le tchernoziome chocolat, la production sur le sol cultivé est plus grande que celle sur le sol vierge, tandis que pour le sol de forêt et sur le podzol, le rapport est inverse. Chez le tchernoziome dégradé, les productions sont à peu près de la même grandeur.

Les adjonctions d'engrais ont augmenté considérablement les récoltes dans les vases amendés. On remarque aussitôt que c'est l'économie de l'*azote* qui décide dans les sols étudiés *en premier lieu* de l'augmentation de la production. Il est probable que c'est à la variation du facteur de l'azote que sont dues les fluctuations parfois incompréhensibles des résultats des expériences de végétation sur sols naturels et il serait fort utile d'étudier cette question au moyen d'essais de végétation et de recherches chimiques et bactériologiques en rapport avec la structure mécanique du sol et avec la présence du carbonate de calcium.

Si nous considérons que le tchernoziome contient l'azote total en quantité beaucoup supérieure au podzol et si nous voyons ensuite qu'il produit moins que le podzol vierge qui manque pourtant en premier lieu d'azote, nous trouvons justifié d'admettre que l'intensité des procès de nitrification doit être plus grande dans le podzol vierge que dans le tchernoziome dégradé. Bien entendu qu'en dehors

de l'azote, il peut y avoir d'autres facteurs qui jouent un rôle direct ou indirect dans les phénomènes qui nous occupent. Sans étude systématique de ces facteurs, le problème du sol ne sera jamais résolu.

c) *Comparaison entre les productions des mêmes sols en deux années différentes.*

Nous croyons qu'il est intéressant de suivre la variation de la production d'une série de sols dans des années différentes, aussi bien en ce qui concerne les variations que manifeste un même sol d'une année à l'autre que la variation des rapports existant entre les productions des divers sols d'une année à l'autre.

Dans ces deux séries de recherches, faites en 1915 et 1916, nous ne disposions que de deux sols dont la provenance fut la même pour les deux années.

En comparant les résultats extraits des Tableaux III et IV, on observe qu'en 1916, les productions furent plus petites qu'en 1915 (voir Tableau IV-*b*).

Cette variation peut être déterminée par des variations de facteurs climatériques, mais aussi par une modification de l'état dans lequel se trouvait chaque sol d'une année à l'autre, car dans la même année où le sol de forêt donnait une production plus faible, un autre sol, le podzol vierge, considéré à juste titre comme moins fertile que le sol de forêt, donnait, en 1916, une production de même abondance que celle du sol de forêt en 1915.

Mentionnons que dans chacune de ces deux années, les sols employés furent recueillis fraîchement des mêmes endroits.

TABLEAU IV-b.

Comparaison des récoltes de froment obtenues en 2 années différentes.

Années	1) Tchenoziome chocolat cultivé Gare de Ghimpati		2) Sol de forêt vierge Gare de Pantelimon	
	Poids en gr. de la récolte		Poids en gr. de la récolte	
	totale	de grains	totale	de grains
1915	38,6	11,0	55,2	15,9
1916	31,5	9,5	23,2	9,6

d) *Essais de végétation avec de l'avoine (sans engrais).*

Des résultats obtenus par les expériences de végétation en vases (1914 et 1915) avec de l'avoine et exposés dans les tableaux V et VI, il ressort que :

1) tout d'abord il se confirme que les récoltes les plus abondantes ne sont pas fournies par le tchernoziome ;

2) il se confirme que la production d'un même sol peut varier d'une année à l'autre dans de très larges limites ;

3) on observe que c'est chez le sol de forêt et le sol podzolisé que les fluctuations sont les plus grandes dans les productions d'un même sol d'un vase à l'autre dans le courant d'une même année. Ce fait s'explique par la plus grande facilité avec laquelle ces deux sols peuvent perdre par humectation répétée leur structure granuleuse.

TABLEAU V.

Cultures d'avoine (1914).
Ensem. 13, VI. *Récolt.* 16, XI.

Type de sol	Poids de la récolte totale	Poids de la récolte de grains
	gr.	gr.
Tchernoziome cultivé. Ghimpati, (Jalomita)	13,5	4,65
	15,5	4,29
	15,5	4,95
	15,4	5,12
Moyenne . . .	15,0	4,75
Sol de forêt vierge. Gare de Pantelimon (Ilfov) .	18,6	7,34
	19,3	5,41
	20,0	6,63
	15,4	3,76
Moyenne . . .	18,4	—
Sol podzolisé vierge. Commune de Bolovani. (Dâmbovita)	12,0	3,78
	13,5	3,59
	15,1	4,40
	14,4	5,73
Moyenne . . .	13,7	4,37

TABLEAU VI.

Cultures d'avoine (1915).
Ensem. 20, IV. *Récolt.* 27, VII.

Type de sol	Poids de la récolte totale	Poids de la récolte de grains
	gr.	gr.
Tchernoziome cultivé. Ghimpati, (Jalomita)	13,5	5,75
	13,8	6,01
	14,4	6,65
	13,2	5,75
Moyenne . . .	13,7	6,04
Sol de forêt vierge. Gare de Pantelimon (Ilfov) .	25,4	9,76
	27,1	11,10
	28,6	10,21
	25,7	10,75
Moyenne . . .	26,7	10,45
Sol podzolisé vierge. Commune de Bolovani. (Dâmbovita)	22,6	9,20
	22,4	8,82
	23,1	9,12
	24,4	10,80
Moyenne . . .	23,1	9,49

3. — ESSAIS DE VÉGÉTATION AVEC ADJONCTION D'ENGRAIS.

a) *Sur du podzol cultivé. — Expériences avec de l'avoine* (1916).

Le sol utilisé pour ces essais est le podzol que nous avons mentionnée et que nous avons pris aux environs de la gare de Plopeni (Distr. de Prahova).

Les 15 vases dont nous nous sommes servis dans cette série de recherches furent distribués de la manière suivante :

1) A 3 vases on n'ajouta point d'engrais.

2) A 3 autres, nous ajoutâmes seulement de l'engrais d'azote et de potasse (sous forme de solutions de nitrate d'ammonium et de nitrate de potassium), de sorte que chaque vase contenait 0,206 gr. de N et 0,308 gr. de K. Pendant l'époque de la végétation, on ajouta encore de la solution à l'un des trois vases, de sorte qu'il contenait la dose double d'azote et de potassium (0,413 gr. N et 0,616 gr. K.). L'engrais phosphaté faisait défaut dans ces 3 récipients.

3) Dans 3 autres vases, nous mîmes du phosphore et du potassium sous forme de solutions de phosphate mono-potassique et de chlorure de potassium, en quantités dosées de telle sorte que 0,0769 gr. de phosphore et 0,308 gr. de potassium fussent contenus dans chaque vase. Dans ces 3 récipients manquait l'engrais azoté.

4) Dans 3 autres vases, nous ajoutâmes de l'azote et du phosphore sous forme de solutions de nitrate d'ammonium et de phosphate mono-ammonique, de sorte qu'il se trouvait dans chaque vase 0,206 gr. d'azote et 0,077 gr de phosphore. Pour l'un des vases, on répéta l'adjonction de la dose d'engrais, si bien qu'il contenait la quantité double d'azote et de phosphore (0,412 gr. d'azote et 0,152 gr. de phosphore). Dans ces 3 vases, il n'y avait pas de potassium.

5) Enfin, dans les trois vases restants, nous ajoutâmes l'engrais complet, phosphore, azote et potassium, sous forme de solutions de nitrate d'ammonium, de phosphate mono-potassique et de nitrate de potassium, de sorte que chaque récipient contenait 0,077 gr. de phosphore, 0,206 gr. d'azote et 0,308 gr. de potassium. A l'un des vases, on ajouta pendant la période de végétation encore une nouvelle dose d'engrais, de sorte qu'il contenait 0,157 gr. de phosphore, 0,412 gr. d'azote et 0,616 gr. de potassium.

L'avoine fut semée le 9 avril 1916. L'adjonction des solutions eut lieu au début. La seconde dose d'engrais fut ajoutée le 27 mai. La végétation était terminée le 28 juillet.

Les cultures obtenues par ces essais ont eu à souffrir du charbon, de sorte que pour leur interprétation, il est plus juste de ne pas tenir compe que dés récoltes totales. Voici les résultats obtenus à tableau VII à pag. 539 :

De ces résultats, il ressort :

1) Que l'accroissement de la production sur le podzol cultivé est minime dans le cas où l'on ajoute de l'engrais dénué d'azote. Donc, l'opinion exprimée plus haut se confirme que l'azote est en minimum par rapport au phosphore et au potassium.

2) La production sur ce sol ne se ressent pas du manque de potassium dans l'engrais ajouté, car la production dans le cas de l'adjonction d'un engrais d'azote et de phosphore, mais sans potassium, a presque égalé celle obtenue avec l'engrais complet. Ceci signifie que le potassium même dans le podzol cultivé est en quantité suffisante.

3) Le redoublement de la dose n'a pas manifesté d'effet positif dans les vases qui ont reçu l'engrais partiel (vases 69, 72, 75) ; ceci démontre que les doses employées ont été suffisantes pour mettre en minimum l'élément qui manquait dans l'engrais. Dans le cas de l'application de phosphore et de potassium sans azote l'adjonction d'un excès d'engrais de phosphore et de potassium ne pouvait avoir aucun effet l'azote étant en minimum. Dans des cas semblables, l'effet peut même être négatif, abaissant de beaucoup la production.

Seulement dans le cas de l'application de l'engrais total, le redoublement de la dose a eu un effet sensible. (vase 78)

b) *Podzol vierge.*

Essais avec de l'avoine (1916).

Le sol utilisé pour ces recherches fut pris de la forêt de Mărgineanca, près de la gare de Plopeni (Distr. de Prahova).

En l'absence de récipients et de place, les essais de végétation sans apport d'engrais s'effectuèrent ici dans un seul vase, et les expériences avec apport d'engrais

TABLEAU VII.

Cultures d'avoine sur podzol cultivé (1916), *avec adjonction d'engrais.*

Nos. des vases	Engrais ajoutés	Nre. des tiges	Poids en gr. de la récolte totale	Poids en gr. de la récolte de grains	Forme sous laquelle a été ajouté l'engrais
66	Sans adjonction d'engrais.	13	10,6	2,20	—
67		11	9,9	2,50	
68		13	13,9	4,50	
	Moyenne . . .		11,2	—	
69	P = O N = O, 412 gr. K = O, 616 gr.	13	16,4	5,14	
70	P = O, N = O, 206 gr. .	12	15,6	7,23	Nitrate d'ammonium et Nitrate de potassium
71	K = O, 308 gr.	13	18,8	6,65	
	Moyenne . . .		17,2	6,93	
72	N = O P = O, 152 gr. K = O, 616 gr.	13	14,6	3,45	
73	N = O, P = O, 077 .	12	13,5	4,10	Phosphate monopotassique et Chlorure de potassium
74	K = O, 308 gr.	13	14,5	4,05	
	Moyenne . . .		14,0	4,08	
75	K = O P = O, 152 gr. . N. 0,412	13	23,2	6,05	
76	K = O, P = O. 077	13	23,6	7,62	Nitrate d'ammonium et Phosphate mono-ammonique
77	N = O, 206 gr. .	13	21,5	5,85	
	Moyenne . . .		22,6	6,74	
78	P = O, 154 gr. N = O, 412 gr. K = O, 616 gr.	13	30,4	9,95	
79	P = O, 077 gr.	13	22,9	6,95	Nitrate d'ammonium Phosphate mono-potassique Nitrate de potassium
80	N = O, 206 gr. K = O, 308 gr.	12	18,8	5,30	
	Moyenne . . .		20,8	6,13	

furent faites parallèlement dans deux vases avec la même dose de substances nutritives, introduite dans le vase au moment de l'ensemencement. Les solutions nutritives furent les mêmes que dans les recherches précédentes.

L'ensemencement et la récolte eurent lieu aux mêmes dates que celles du podzol cultivé ; les récipients de culture étaient toutefois plus grands, mesurant 28 cm. de diamètre et 30 cm. de hauteur, avec une capacité de 20 kg. de terre.

Les résultats obtenus sont consignés dans la Tableau VIII. Comme dans le cas des essais sur podzol cultivé, les récoltes ont souffert de charbon ; c'est pourquoi, nous considérerons pour tirer nos conclusions seulement les récoltes totales.

On constate cependant clairement :

1) qu'il se confirme que les productions sur le podzol vierge même lorsqu'il n'est pas engraissé son fort élevées par rapport celles obtenues sur le podzol cultivé. Malgré tout, la production a pu être augmentée considérablement par l'adjonction d'engrais.

2) Le facteur qui fait défaut est l'azote. Le manque de phosphore et de potassium se ressent à peine lors de l'adjonction d'engrais.

3) Le podzol vierge étudié est un exemple typique de sols a grande fertilité actuelle et à très faible fertilité durable. Sa teneur en substances nutrives est sans aucun doute très petite mais ces substances doivent se trouver sous une forme et dans une ambiance spécialement appropriées à la plante.

TABLEAU VIII.

Cultures d'avoine sur podzol vierge (1916).

Nos. des vases	Engrais ajoutés	Nre. des tiges	Poids en gr. de la récolte totale	Poids en gr. de la récolte de grains	Forme sous laquelle a été ajouté l'engrais
45	Sans adjonction d'engrais.	13	30,6	10,50	—
46	P = 0 N = 0, 412 gr.	13	51,2	16,7	Nitrate d'ammonium et Nitrate de potassium
47	K = 0, 616 gr. .	13	45,7	12,5	
	Moyenne . . .		48,5	—	
48	N = 0 P = 0, 152 gr..	13	36,3	9,5	Phosphate mono-potassique et Chlorure de potassium
49	K = 0. 616 gr.	13	33,3	11,6	
	Moyenne . . .		34,8	—	
50	P = 0, 152 gr.	13	47,0	8,2	Nitrate d'ammonium et Phosphate mono-ammonique
51	N = 0, 412 gr. K = 0	13	48,6	12,1	
	Moyenne . . .		47,1	—	
52	N = 0, 412 gr. P = 0, 152 gr.	13	52,1	16,1	Nitrate d'ammonium Phosphate mono-potassique et Nitrate de potassium
53	K = 0, 616 gr.	13	54,7	17,8	
	Moyenne . . .		53,4	—	

PROF. DR. TH. SAIDEL et EM. I. PROTOPOPESCU-PAKE, *Bucarest (Roumanie).* —

Sur les résultats de quelques expériences de végétation entreprises pour l'orientation de futures recherches sur le sol.

RÉSUMÉ.

A) *Le rôle des solutions aqueuses des sols pour la végétation.*

Au cours d'une réunion de la Commission pour l'étude chimique du sol qui eut lieu à Munich en 1914, on décida d'entreprendre des études spéciales sur les solutions aqueuses des sols. L'un des auteurs du présent travail s'offrit, parmi d'autres participants, de s'en occuper.

Le rapporteur pensa, qu'avant tout il était nécessaire de se rendre compte du rôle des solutions aqueuses du sol pour la végétation. Comme les expériences faites à Rothamsted lui étaient inconnues à cette époque, il se proposa de s'occuper aussi de cette question préalable et il arrangea à cet effet une série d'expériences de végétation.

La disposition des essais était déterminée par la manière même de poser la question : « Les plantes trouvent-elles dans les solutions aqueuses du sol les substances nécessaires à leur développement normal ? »

Les plantes d'essai étaient cultivées dans des vases de zinc, paraffinés intérieurement, remplis de sable de quartz pur. Les cultures étaient arrosées pendant la durée de la végétation avec des solutions de sols claires obtenues par l'extraction d'une quantité déterminée de sol avec de l'eau distillée.

Bien que le mode d'opérer présentait des inconvénients influençant défavorablement la production, on parvint quand même à des résultats permettant de tirer la conclusion que les plantes avaient trouvé dans les solutions aqueuses la quantité de substances nutritives nécessaire à leur développement normal. Ces résultats qui paraissent suffisants pour une première orientation apparaîtraient encore plus convainquants, si, dans de futures expériences, on arrivait à obtenir des productions beaucoup plus rapprochées de celles fournies par le sol même. On arriverait bien probablement à ce résultat par la suppression des sources d'erreur.

A l'avis du rapporteur, il fallait accorder une importance spéciale à la détermination du rapport existant entre la production végétale obtenue avec les solutions aqueuses et celle obtenue en même temps avec le sol correspondant. L'auteur est pour l'instant dans l'impossibilité de poursuivre ces expériences. Il les considère néanmoins comme nécessaires à la connaissance du rôle des solutions aqueuses dans le processus de l'absorbtion des substances nutritives par les racines de la plante.

B) *Les rapports existant entre les productions des diverses espèces de sol.*

Le rapporteur communique les résultats d'une série d'expériences de végétation, dont le but était de faire connaître les rapports pouvant exister entre les productions des divers sols dans des conditions égales, ainsi que les variations de la production d'un même sol en deux années différentes.

Le présent travail a été conçu dans le but de mettre d'accord la méthodique de l'analyse chimique des sols avec les connaissances accessibles actuellement sur le sol et sur le système sol-plante.

Les résultats de ces expériences étaient en partie imprévus, cependant très instructifs. Ainsi par exemple les plus abondantes productions ne furent pas fournies par les riches sols de steppe, mais par certains sols de climat humide. D'autres résultats étaient prévus, mais ne sont pas moins importants pour le problème général du sol que pour l'analyse chimique de ce dernier. Par exemple, on a obtenu que la production d'un même sol peut accuser des variations importantes d'une année à l'autre.

Le rapporteur insiste sur la signification et la portée des résultats acquis lesquels donnent des indications précieuses sur la manière de poser le problème en vue d'investigations futures, encore nécessaires pour atteindre le but proposé. Il ne croit pas qu'il soit besoin d'insister sur le fait que les résultats de pareilles investigations auront leur importance dans n'importe quelle application des connaissances pédologiques.

DR. THEODORE SAIDEL and EM. I. PROTOPOPESCU-PAKE, *Bucarest (Roumanie)*. —
On the Result of some Pot-Experiments, undertakes for the Direction of future Investigation on Soils.

ABSTRACT.

A. — The part played by watery soil-solutions in vegetation.

During the reunion of the Commission from the soil chemistry, held in Munich in 1914, it was decided to undertake special studies on watery soil-solutions.

One of the authors of this paper, offered to take part in these investigations.

The author thought that the first to do was to obtain a clear insight into the part played by soil-solutions in vegetation. As the Rothamsted experiments were not known to him at that time, he decided to arrange a series of pot experiments in one of these preliminary investigations.

The disposition of the tests was determined by way of putting the question: "Do plants find in the watery soil-solutions the necessary substances for their normal development?".

The plants for this test were grown in zinc pots, paraffined inside and filled with pure quartz sand. The cultures were watered during the whole vegetation period with clear soil solutions, obtained from extraction of a determined amount of soil, with distilled water.

This method had certain drawbacks unfavourable to production, but nevertheless results were obtained, allowing the conclusion that the plants found in the watery solutions the necessary amount of nutritive matter for their normal development.

These results seem sufficient for a first orientation, but they would be still more convincing, if in future experiments productions were obtained, nearer to those furnished by the soil itself.

Probably this result could be attained if sources of error could be suppressed.

It is the author's opinion that it is especially important to determine the relation existing between vegetal production obtained with the watery soil solutions and the production obtained at the same time with the corresponding soil.

It is not possible for the author at present to continue these experiments. However he considers them necessary for the knowledge of the part played by watery solutions in the process of the assimilation of nutritive matter by the plant roots

B. — Relations existing between the productions of different soil types.

The author communicates the results of a series of vegetation experiments, the object of which was to study the relations which might exist between the production of different soils under similar conditions, and also the variations in production of a single soil during two different years.

The author's object has been to make the methods of chemical analysis correspond with the actually available knowledge of the soil and the soil-plant system.

The results of these experiments were partly unexpected, however very instructive.

For instance the most abundant productions were not obtained with the rich soils of the "steppes", but with certain soils from a wet climate. Other results were expected, but not less important for the general soil-problem than for its chemical analysis. For instance, it has been proved, that the production of the same soil may vary considerably from one year to another.

The author considers that the results obtained are very significant and him give him important indications for future investigations, which are necessary.

It does not seem necessary to insist on the fact that results of this kind of investigation will be important in all application of soil science.

Prof. Dr. A. A. J. VON 'SIGMOND

Kir. József. Müegyetem Mezögazd. Chem.-Technologiai Laboratorium, Budapest, Ungarn.

ZUSAMMENFASSENDER BERICHT UND VORSCHLAG FÜR EINE EINFACHE KONVENTIONELLE METHODE ZUR BEREITUNG DES KONZENTRIERTEN SALZÄUREAUSZUGES.

Meine hochgeehrten Herren!

Es ist meine Aufgabe, dass ich Ihnen hier eine tunlichst einfache Methode des Salzsäureauszuges in Vorschlag bringe, welche wenn hier und in der Plenarsitzung angenommen als eine vereinbarte der Internationalen Konferenz für Bodenkunde gelten dürfte.

Gestatten Sie mir, meine Herren, dass ich die Vorarbeiten unserer Kommission, betreffend dieser Frage als Beweggründe dieses Vorschlages hier ganz kurz zusammenfasse.

Die Frage einer internationalen Vereinbarung auf dem Gebiete der chemischen Methoden der Bodenuntersuchung wurde gleich bei der I. Internationalen Agrogeologischen Konferenz in Budapest im Jahre 1909 von mehrerer Seiten aufgeworfen, und an der folgenden Konferenz in Stockholm (1910), weiter befürwortet. Die grosse Wichtigkeit dieser Frage hat dazu geführt, das die II. Internationale Agrogeologische Konferenz in Stockolm für die Behandlung und Ausarbeitung dieser Fragen eine internationale Kommission ernannte, und mir die Ehre zufiel, als Vorsitzender der kurz genannt II. Kommission diese kooperative Arbeit einzu-

leiten, organisieren und zum Ziele führen. Die schriftlichen Vorarbeiten der Kommission wurden in meinem: « *Bericht über die Arbeiten der Internationalen Kommission für die chemische Bodenanalyse* », im Jahre 1914, in den *Internationalen Mitteilungen für Bodenkunde* (Bd. IV. 1914., S. 270) zusammenfassend mitgeteilt. Im Jahre 1914, den 23. und 24. April hat die Kommission eine recht besuchte Versammlung in München abgehalten, dessen Ergebnisse im « *Protokoll der Tagung der internationalen Kommission für die chemische Bodenanalyse* » München den 23-24. April 1914. (Siehe « *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde* » Bd. V. 1915, S. 25) mitgeteilt wurden. Wie aus diesen Mitteilungen hervorgeht haben in unserer Arbeit die hervorragendsten Vertreter der Bodenkunde tätig mitgewirkt und haben alle ihre Erfahrungen in die Wage gelegt um die zu lösenden Fragen am besten aufklären und lösen zu können.

Bezüglich der Methode des Salzsäreauszuges, welche Frage als 1. Punkt am Programm der münchener Tagung vorlag, wurden heftige Kämpfe unter den Vertretern und Verteidigern der verschiedenen Methoden vorgeführt. Es wurden hauptsächlich drei Richtungen entwickelt. Die eine verteidigte die Hilgard-sche Methode, welche mit einer fünf tägigen Behandlung eine sogenannte « *natürliche Grenze* » der Zersetzbarkeit mit konz. heisser Salzsäure bestrebt. Die andere befürwortete die van BEMMELEN'*sche* Methode, welche durch den Salzsäureauszug den sogenannten « Verwitterungs-Komplex », d. i. den aktiven, namentlich bei den Absorptionserscheinungen tätigen Bodenanteil bestimmen will. Endlich waren einige der Meinung, dass « die völlige Lösung », d. i. die sog. Bauschanalyse nur für allgemeine Methode anerkannt werde, denn diese liefert eigentlich den Endzustand der Zersetzung. Im ersten Moment schien eine Vereinbarung kaum möglich so verschiedentlich und auseinander schweifend entfalteten sich die gegnerischen Begründungen.

Da trat Prof. RAMANN mit seiner schwer wiegenden Autorität auf um die Streitfragen zu ebnen und eine Vereinbarung der eifrigen Gegner einzuleiten. Er fasste eigentlich zusammen die eigentlichen wertvollen Ergebnisse der vorgetragenen Arbeiten und sprach sich wie folgt aus: [1]

« Durch den Säureauszug werden nur grobe Unterschiede erkennbar und die Analyse gibt nur ein ungefähres Bild von den zersetzbaren Bestandteilen. Es ist eine Frage der Praxis, damit einen Vergleich zwischen verschiedenen Böden zu erhalten. *Die Menge des vorliegenden Materials ist so gross und wertvoll, dass es ein Frevel wäre, dasselbe nur deshalb aufzugeben, weil man keine absoluten, sondern nur relative Werte erhält.* Redner ist der Ansicht, dass man am Salzsäureauszug festhalten aber *möglichst gleichmässig* arbeiten soll. »

Und tatsächlich erhellt aus den noch nachher erschienenen Arbeiten einigen Vertreter des Salzsäureauszuges [2], dass wenn auch der Wert der Analysenergebnisse eine relative, also nur mit den Angaben derselben Methode vergleichbar sind, jedoch die mit einer einheitlichen Methode erhaltenen Werte zur Charakterisierung und für wissenschaftliche Beurteilung der Bodentypen sehr wertvolle Angaben liefern und dass die Bedeutung des Salzsäureauszuges nochmehr zur Geltung kommen könnte, wenn eine Vereinbarung der Fachgenossen über eine tunlichst einfache aber einheitliche Methode zustandekommen würde.

[1] Intern. Mitt. f. Bodenkunde Bd. V. (1915), S. 28.

[2] Dr. D. J. HISSINK: Über die Bedeutung und die Methode der chemischen Bodenanalyse mit starker heisser Salzsäure. *Inter. Mitt. f. Bodenkunde*, Bd. V. (1915), S. 1; ferner Prof. Dr. ALEXIUS A. J. VON 'SIGMOND: Über die Charakterisierung des Bodens auf Grund des salzsauren Bodenauszuges und des Basenaustauschvermögen. *Intern. Mitt. f. Bodenkunde*, Bd. V. S. 165.

Und wenn wir nun diesen Kernpunkt der Frage vor uns halten, und frei von jeder Vorliebe für die eine oder andere uns geläufige Methode nur den grossen Vorteil einer Vereinbarung im Vordergrung der Bewegungen stecken: so scheint mir die Frage nicht unlösbar.

Das war auch der Grund, dass trotz der eifrigen Gegensätze, die münchener Versammlung auf RAMANN's Antrag einstimmig folgenden Beschluss fasste:

« Die internationale Kommission für die chemische Bodenanalyse beschliesst, dass im Falle die Salzsäure angewendet wird, eine vereinbarte Methode benutzt wird ».

« Eine zu wählende Kommission wird der nächsten Kommissionstagung eine *tunlichst einfache* Methode des Salzsäureauszuges in Vorlage bringen. »

Der Krieg hat nun die Zusammenwirkung dieser Subkommission vereitelt, und die nach dem Krieg obwaltenden schweren und unheilen Verhältnisse haben es nicht ermöglicht, dass diese Subkommission die Arbeit wieder aufnehmen und eine tunlichst einfache Methode des Salzsäureauszuges ausarbeiten könne. Als Vorsitzender der II. Kommission habe ich an der Tagung in Zürich 1923. des Organisations Comités dieser Konferenz vorgeschlagen diese Frage im Programm aufzunehmen und ich versuche nun hier der im Sinne der III. Intern. Konferenz in Prag (1922) neu rekonstruirten II. Kommission auf Grund der früheren Arbeiten einen Vorschlag zu unterbreiten, welcher nach eventueller Diskussion angenommen resp. abgeändert und der Plenarsitzung zum Beschluss gebracht werden kann.

Kochdauer. — Nachdem der Beschluss welcher in München (1914) einstimmig angenommen wurde eine *tunlichst einfache*, also einfach, rasch und genau ausführbare Methode verlangt, fällt die HILGARD'*sche* Methode, welche zwar einfach und genau, aber mindestens 5-mal 24 Stunden Digestion im Wasserbade verlangt, von selbst weg. Ich will hier nicht wieder alle Beweggründe, welche ich als hartnäckigster Verteidiger dieser Methode durch Jahre langer Arbeiten aufgeführt habe, nochmals hören lassen. Obzwar ich selbst ein Opfer bringe, wenn ich die mir gewohnte und bis dahin gut gediente Methode aufgebe, allein ich muss einsehen, dass für die Förderung der Bodenkunde sehr nutzbringend sein wird, wenn mit der Zeit eine allgemein angenommene Methode des Salzsäureauszuges platzgreifen wird. Und wenn auch das sich nicht sofort verallgemeinern lässt, ist schon einmal eine Konventionelle Methode anerkannt, so werden immer mehr Anhänger sich finden, und das Vergleichsmaterial wird sich stets an Zahl und Wert vergrössern. Damit aber dies baldigst erreicht werden kann, muss die Methode expeditiv und genau ausführbar sein. Das ist eben ein weiterer Grund, wesshalb ich die Methode von HILGARD, wie auch die amerikanische officielle Methode mit 10 Stunden Digestion von vornherein hier ausschalten muss. In einem gut eingerichteten Laboratorium, wo tag-täglich solche Analysen ausgeführt werden, fällt zwar dieser Beschwerungspunkt weg und der Zeitverwand für sogar 5- mal 24 Stunden im Wasserbad kann mit rationeller Arbeitseinteilung ganz ausgeschaltet werden. Allein will man nur einen, oder einzelne Bodenproben, zeitweise, nach den Bedürfnissen des praktischen Lebens analysieren, so ist diese Zeit entschieden zu lang.

Und es gibt auch sehr viele Laboratorien wo eine ununterbrochen Digestion von 5 Tagen nicht ausführbar ist. In diesem Falle wird bei dem HILGARD'*schen* Verfahren die Digestion 10, eventuell auch noch mher Tage beanspruchen. Wir wollen aber laut dem Beschluss der münchener Verammlung ein Verfahren haben, welches tunlichst einfach und allgemein und rasch ausführen sich gettaltet. Und das ist eben nur mit Methoden von kurzer Kochdauer zu erreichen.

Allein es wäre immerhin noch zu bedenken, wenn man mit den obengenannten langwierigen Arbeitsmethoden eine viel bessere, und den Verwitterungszustand wie auch die Bodenauslaugung besser charakterisierende Vorstellung erreichen könnte.

Durch die mühsamen Arbeiten unserrer Kommissionsmitglieder hat sich aber eben ergeben, dass für die Charakterisierung der verwitterten Bodenanteile ein Methode umso mehr entspricht, je weniger von der heissen Salzsäure die unverwitterten Mineralfragmente zersetzt werden, das ist eben, namentlich die Zersetzung der unverwitterten Bodenbestandteile bei dem « natural limit » von HILGARD am grössten. An der münchener Versammlung der II. Kommission hat sich ferner auch die Wichtigkeit der Bodenabsorption und der Basenaustauschprobleme voll entwickelt und aus VAN BEMMELEN's und anderer Arbeiten scheint hervorzugehn, dass das Absorptionsvermögen der Ackererde nach einer Behandlung mit starker heisser Salzsäure schon ungefähr nach 1 Ztunde Kochdauer gleich null wird, wenn nur die bei der Salzsäure-Behandlung zurückgebliebene kolloidaldispergierte Kieselsäure durch Lauge entfernt wird. HISSINK meint in seiner Abhandlung : « Uber die Bedeutung und die Methode der chemischen Bodenanalyse mit starker Salzsäure » [1], dass die Kochdauer darf nicht viel länger als ungefähr zwei Stunden betragen.

VESTERBERG, welcher nur eine Stunde Kochdauer vorgeschlagen hatte, bemerkt, dass er nichts dagegen hat wenn die Kochdauer nicht länger als zwei Stunden geführt wird. Wenn wir noch hinzunehmen, dass die kleinen Abweichungen bei den verschiedenen Bodentypen und Vorbehandlungen bei einer 2 stündigen Kochdauer leichter ausgeglichen werden können, so glaube ich vorschlagen zu dürfen, dass die Kochdauer nach HISSINK- VAN BEMMELEN für zwei Stunden festgestellt werden mag.

Säurekonzentration. — Damit wäre auch der schwierigste Punkt der Vereinbarungen erledigt. Denn die Differenzen in den Säurekonzentrationen der verschiedenen Methoden so nahe an einander liegen, dass man hier kaum dafür weiter noch diskutieren wird und ich möchte auch hier die Arbeitsweise von HISSINK am wärmsten empfehlen.

Aus den Beweisfürungen von HISSINK geht nämlich hervor, dass bei konstanten Kochen nur die Salzsäure von 1.100 sp. Gew., d. i. welche 20 Gewichtsprozente HCl enthält konstant bleibt und auch einen konstanten Siedepunkt von 110°C besitzt. Beginnt man also mit einer viel stärkeren Säure, z. B. einer Salzsäure von 1.19 sp. Gewicht (=37.3 Gew. Prozent) bei offenen Gefäss an, da beginnt das Sieden schon bei 50°C und die Temperatur steigt rasch und immerfort, bis man die maximale Temperatur von 110°C und Spec. Gew. von 1.100 erreicht. Begint

[1] *Intern. Mitt. f. Bodenkunde*, Bd. V. 1915. S. 5.

man mit einer schwächeren Säure, dann wird man auch nach einer Zeit die konstante Siedetemperatur und Konzentration erreichen.

Wenn HISSINK dennoch nach der Erreichung dieser Siedetemperatur ein 2 stündiges Kochen mit Rückflusskühler vorschreibt, das bezweckt nur um einer Einkonzentrierung des Bodenauszuges vorzubeugen. Er hat nämlich gefunden [1], dass ohne Rückflusskühler nach 2 stündigen Erhitzen nur noch ungefähr 30-40 ccm Säure übrig geblieden sind. Er hat auch bewiesen, dass die anfängliche Stärke der Säure die Resultate der Bodenzersetzung überhaupt nicht beeinflusst [2].

Relative Menge der Säure zum Boden. — Ferner muss auch eine Vereinbarung bezüglich der Menge der Säure, welche auf je 1 g. Boden verwendet werden, soll, geschaffen werden. Denn da wir hier mit chemischen und Lösungs-Gleichgewichten verschiedener Stoffe zu tun haben, wird natürlich die Analyse stets anders ausfallen, je nachdem man das Verhältnis des Bodens zur Säure ändert. Nachdem es schwer zu beurteilen ist ob man auf je 1 g. Boden 5, 10, 15, 20 resp. 25 ccm. Säure verwenden mag, möchte ich vorschlagen, dass nachdem ich hier eigentlich in jedem Punkte das Verfahren von VAN BEMMELEN, in der Form wie das von HISSINK ausgearbeitet der Kommission zum Vorschlag gebracht war, zur Annahme empfehle, scheint mir am besten, dass wir auch die Mengenverhältnisse, welche HISSINK vorschlägt und anwendet beibehalten, also auf 10 g. Boden 250 ccm. Säure d. i. auf je 1 g. Boden 25 ccm. Säure zu nehmen.

Korngrösse. — Bezüglich der Korngrösse der zur Analyse dienenden Bodenprobe herscht zur Zeit grosse Ungleichheit. Viele benützen zur Analyse den 2 mm., andere den 1 mm. und wieder andere den 0.5 mm. Sieb passierten, sogenannten « Feinboden ». In einzelnen Fällen werden die Analysen mit dem Gesammtboden ausgeführt resp. auf den Gesammtboden bezogen. Auch kommt es nicht selten vor, dass überhaupt nicht angegeben wird, ob die chemische Analyse auf den Gesammtboden respektive auf die sogenannte « Feinerde » von bestimmter Grösse bezogen worden ist. Hier muss allerdings Klarheit geschaffen werden. Und wenn auch zur Zeit nicht allgemein gültig festgestellt werden kann, dass in gegebenem Falle welche Korngrösse als Grenzwert angenommen werde, denn wie aus den, den Kommissionsmitgliedern schon vorgelegten Mitteilungen hervorgeht, sind Fälle bekannt wo der Bodenanteil gröber als 0.5 mm. durch die konz. Salzsäure kaum angegriffen wird, kommt dennoch auch der Gegenteil vor. Es muss also vorderhand dem Versuchsansteller angewiesen werden, zu beurteilen, welche Korngrösse zur chemischen Analyse herangezogen mag. Die geologische resp. mineralogische Kenntnis des Bodens, Klima, Verwitterungs resp. Auslaugungszustand des Bodens etc. können als Wegweiser dienen. Es dürfte aber beschlossen werden, dass die Korngrösse welche als Maximalgrenze bei der zur Analyse dienenden Bodenprobe gedient hat stets festgestellt und angegeben werde.

Die Wiederauflösung der durch die Säure ausgeschiedener Kieselsäure. — Endlich dürfte noch eine Vereinbarung bezüglich der Wiederauflösung der bei der Salzsäurebehandlung niedergeschlagenen Kieselsäure getroffen werden. Die von HILGARD vorgeschlagene kalt gesättigte Sodalösung greift beim Sieden die

[1] *Intern. Mitt. f. Bodenkunde*, Bd. V. 1915. S. 15.

[2] *Ibid.*, S. 16.

unzersetzten Mineralien selbst den Quarz an. Nach LUNGE und MILLBERG [1] dürfte zur Trennung von amorfer Kieselsäure und feinem Quarzmehl das Erhitzen auf Wasserbade bis 15 Minuten mit einer Sodalösung von 5 % am nächsten entsprechen. BÉLA VON HORVÁTH hat festgestellt, dass bei verschiedenen Bodentypen die Mehrauflösung durch das Angreifen des Quarzmehles ganz utergeordnet war und für die Bodenbeurteilung vernachlässigt werden kann [2]. Van Bemmelen hat bei seinen Analysen stets eine Kalilauge von sp. Gew. 1.04 und 5 Minuten Erwärmung auf 50-60°C benützt, da er gefunden hat [3] dass der Hydrosol von SiO_2, auch wenn er ganz getrocknet, ja selbst geglüht worden ist, unter diesen Umständen sich ganz leicht auflöst. Einige orientierenden Versuche haben auch wir im unter meiner Leitung stehenden Laboratorium für Landwirtschaftliche Chemie und Technologie der Technischen Hochschule zu Budapest ausgeführt. Aus diesen noch nicht publizierten Versuchen ging hervor, dass mit 5 %-iger Sodalösung wärend 15 Minuten Erhitzen im Wasserbade die Auflösung des Kieselsäurehidrates unvollständig, allein beim Kochen mit freier Flamme schon binnen 1'20'' ganz gelöst wird. Auch nach VAN BEMMELEN's Verfahren war die Auflösung praktisch vollständig. Es könnten also beide Verfahren benützt werden. Jedoch scheint mir die Methode mit der verdünnter Kalilauge von spez. Gew. 1.04 einfacher und kürzer, wesshalb ich dasselbe hier zur Annahme im Vorschlag bringen möchte.

Wenn ich nun die zum Beschluss angetragenen Vorschläge in Punkte zusammenfasse so lautet der Antrag wie folgt:

Vorschlag einer tunlichst einfacher Methode des Salzsäureauszuges für Bodenanalyse.

1) 10-20 g. Boden werden mit der 25 facher Volummege von Salzsäure einer anfänglichen Stärke von etwa 25-35 Gew. Prozent auf freier Flamme rasch zum Kochen gebracht und ohne Rückflusskühler solange gekocht bis die maximale Kochtemperatur von etwa 110° erreicht ist. Diese Zeit darf nicht länger als 25Minuten dauren, kann meistens innerhalb 10 Minuten schon erreicht werden. Sodann wird der Rückflusskühler aufgesetzt und mit offener Flame die Lösung in kräftigen Sieden erhalten. Vom Beginn dieser Kochung unter dem Rückflusskühler gerechnet wird genau zwei Stunden gekocht, dann sofort mit kalten Wasser verdünnt und nach dem Absetzen der ungelösten Teile sorgfältig dekantiert. Das Dekantieren wird fortgesetz, bis dass die saure Reaktion der filtrierten Flüssigkeit beinahe verschwunden ist. Damit ist die Salzsäurelösung fertig und wird auf SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 (MnO) CaO, MgO, K_2O, Na_2O und P_2O_5 wie üblich untersucht.

2) Die letzten Reste der Säure werden durch hinzufügen von etwas NaCl weiter dekantiert und bis zur neutralen Reaktion ausgewaschen. Der Kolben inhalt wird nun bis zum Eintrocknen auf dem Wasserbade eingedampft, das Filter getroknet verascht und zum eingetrokneten Rest gegeben. Beim Versaschen des Filters ist es möglich, dass die kolloidal abgeschiedene Kieselsäure ihre Löslichkeit in verdünnte Lauge etwas einbüsst. Darum hat man dafür Sorge zu tragen, dass beim Filtrieren nur sehr geringe Menge Boden auf das Filter kommen. Zur Lösung der abgeschiedenen Kieselsäure wird der Trockenrest im Erlenmayer mit 200 ccm. Kalilauge von 1.04 Sp. Gew. wärend 5 Minuten bei 55°C geschüttelt resp. gerührt, sodann sofort kaltes Wasser hinzugefügt und dekantiert, am Schluss wieder unter Zusatz von etwas NaCl, bis die alkalische Reaktion ganz verschwunden ist. Die alkalische Lösung wird auf SiO_2, eventuel auch auf Al_2O_3 und Basen untersucht.

Der Rückstand im Erlenmayer stellt den durch die Salzsäure unzersetzten Teil des Bodens dar, welcher wenn verlangt wird nach SABEK resp. LEOPOLD weiter untersucht werden kann.

3) Die Korngrösse der zur Analyse dienenden Bodenprobe kann zur Zeit nicht allgemein gültig vorgeschrieben werden. Auf Grund der geologischen resp. mineralogischen Kenntnis des Bodens, Klima, Verwitterungs-und Auslaugungszustand des Bodens etc., hat der Versuchsansteller zu beurteilen, dass im gegebenen Falle welche Korngrösse als Maximalgrenze für die Bodenprobe gewählt werden mag. In den meisten Fällen wird eine Bodenprobe, welche durch den 0.5 mm. Sieb getrieben war, den Bedürfnissen entsprechen. Jendenfals ist aber stetz zu bestimmen und bei der Analyse anzugeben, welche Korngrösse gewählt wurde und wie gross der Anteil dieser Bodenfraktion zum Gesammtboden ausfällt.

Die weiteren Einzelheiten bei der chemischen Analyse werden für weitere Verhandlungen vorbehalten.

[1] *Zeitschrift. f. angew Chimie* 1897, S. 393, 425.

[2] *Zeitschrift. f. angew Chemie* LV. (1916), S. 513.

[3] J. M. VAN BEMMELEN: Beiträge zur Kenntnis der Verwitterungsprodukte der Silikate in Tone Vulkanischen und Laterit- Böden. *Zeitschr. f. anorganische Chemie*, Bd. 42 (1904), S. 266.

PROF. DR. A. A. J. DE 'SIGMOND, *Budapest (Hongrie)*. — **Résumé et proposition concernant une méthode conventionnelle simple pour la préparation de l'extrait par l'acide chlorhydrique concentré.**

RÉSUMÉ.

Après des études profondes et circonspectes de la II^ème Commission on peut résumer les résultats de cette Commission comme suit:

1) L'extrait du sol par l'acide chlorydrique concentré se montre parfaitement utilisable pour caractériser la composition chimique des différents types de sol.

2) Mais les données de l'analyse ne sont pas absolues et donnent seulement des caractères relatifs à la partie minérale décomposée chimiquement, pourtant plus instructifs que l'analyse chimique totale du sol.

3) Comme on a démontré qu'aucune méthode ne donne une limite naturelle de la décomposition du sol, et que les résultats des analyses de l'extrait chlorhydrique seront d'autant mieux utilisables, si l'on cherchera une méthode simple et rapide, et pourtant précise, à accepter et employer conventionnellement dans tous les cas, lorsqu'on veut déterminer la composition chimique d'un extrait de sol par l'acide chlorhydrique concentré. En qualité de président de la II^ème Commission Internationale, m'appuyant sur la précieuse collaboration des membres de la Commission, je me permets de proposer la méthode de VAN BEMMELEN-HISSINK comme procédé conventionnel, dont j'ai essayé de résumer les caractéristiques dans les points suivants:

a) 10-20 gr. de l'échantillon du sol sont mis à bouillir rapidement au bec de gaz libre, avec 25 fois le volume d'acide chlorhydrique (à 25-35 % en poids), dans un flacon ouvert, jusqu'à ce que la température d'ébullition monte a 110°C. Ce temps ne doit pas dépasser 25 minutes, mais peut être abaissé régulièrement à 10 minutes. On met alors un condenseur à reflux sur le flacon, et on fait bouillir constamment et fortement au bec de gaz libre pendant deux heures exactement. Après deux heures d'ébullition, on dilue brusquement avec de l'eau froide, et on laisse précipiter les parties insolubles. Puis on décante la solution claire et on répète ce procédé jusqu'à ce que la réaction de la solution filtrée ne devient que faiblement acide. Dans cette solution on détermine ordinairement le taux de SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, (MnO_4), CaO, MgO, K_2O, Na_2O et P_2O_5.

b) Pour enlever du précipité insoluble les derniers restes de l'acidité on additionne un peu de NaCl, et on continue avec le lavage par décantation jusqu'à ce que la réaction de la solution filtrée devient parfaitement neutre. Le résidu insoluble est alors desséché au bain-marie, le filtre avec son contenu minime est incinéré et additionné au reste insoluble. Il est possible que par l'incinération le SiO_2 colloïdal perde un peu sa solubilité en alcali dilué. Pour cela on doit faire attention, que du résidu insoluble, pendant la décantation, il n'en vienne que peu sur le filtre. Pour dissoudre le SiO_2 soluble en alcali, on traite pendant 5 minutes à 55°C. dans un flacon d'Erlenmayer avec 200 cmc. KOH de 1.04 de gravité spécifique avec agitation ou secouement. Après les cinq minutes on verse de l'eau froide dans le flacon et on lave avec décantation, comme auparavant, jusqu'à disparition de la réaction alcaline, c'est-à-dire, à la fin, avec l'addition de quelque peu de NaCl. Dans la dissolution alcaline on détermine le taux de SiO_2, eventuellement encore Al_2O_3 et d'autres bases.

Le résidu dans le flacon représente le taux insoluble du sol en acide chlorhydrique concentré, que l'on peut encore analyser plus spécialement d'après SABECK resp. LEOPOLD par l'acide sulfurique concentré.

c) Il est bien difficile de donner aujourd'hui une limite généralement acceptable pour la finesse de terre, qui servira pour l'analyse chimique. L'expérimentateur lui-même doit juger, selon les conditions minéralogiques ou géologiques du sol, les circonstances climatiques, la décomposition et l'état de déplacement des éléments dans le sol, etc., quelle sera dans chaque cas la limite maximum la plus rationnelle pour la finesse de terre. Le plus souvent la terre fine qui passe au tamis de 0,5 mm. conviendra le mieux. Mais en tout cas, il est indispensable de déclarer toujours le rapport de la terre fine à la terre totale.

Les autres détails de l'analyse chimique seront réservés pour les travaux prochains de la Commission.

Prof. A. A. J. VON 'SIGMOND, *Budapest (Hungary)*. — **Propositions concerning a simple, conventional Method, for the Preparation of a concentrated Hydrochloric acid Extract.**

ABSTRACT.

1. The soil extract prepared with concentrated hydrochloric acid can very well be used for characterising the chemical composition of different soil types.

2. However, the results of the analysis are not absolute and only characterise the soluble mineral part, but are nevertheless more instructive than the total chemical analysis of the soil.

3. It has been proved that no method whatever, represents a natural limit of soil decomposition, and the results of the analysis of the hydrochloric acid extract, will be the more useful, if a simple and quick method is established, accurate enough to be generally employed.

The author, in his position as president of the IInd International Commission, proposes to adopt the VAN BEMMELEN-HISSINK method as a standard :

(*a*) 10-20 gm. of the soil sample are rapidly boiled with 25 times its volume of hydrochloric acid, of about 25-35 % (in weight), in an open flask, until the boiling temperature reaches 110°C. This should not take more than 25 minutes, but as a rule it can be reached in 10 min. We then adapt a reflux condenser to the flask and boil constantly on an open fire for two hours exactly, after which the liquid is diluted with cold water, and the unsoluble part is allowed to deposit. The clear solution is decanted, and this is repeated until the reaction of the filtered solution becomes only slightly acid.

In this solution is determined the amount of : SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO_4, CaO, MgO, K_2O, Na_2O and P_2O_5.

(*b*) In order to remove the last traces of acidity from the precipitate, we add some NaCl and continue the washing until the reaction of the filtered solution becomes neutral.

The insoluble residue is dried over the water bath, the filter with its content ignited and added to the rest. It may happen that the colloidal SiO_2 loses some of its solubility in weak alkali through the ignition, therefore, care must be taken to introduce as little as possible of the residue on to the filter during decantation.

In order to dissolve the SiO_2, it is treated for 5 minutes at 55°C., in an Erlenmeyer flask with 200 cc. KOH, Sp. Gr. 1.04, and well stirred. After 5 minutes cold water is added to the flask and we again wash as before, until disappearance of the alkaline reaction (in the end adding some NaCl as before). In the alkaline solution the amount of SiO_2 is determined, and eventually Al_2O_3 and other bases.

The residue in the flask represents the part of the soil, insoluble in concentrated hydrochloric acid. It can be further analysed with concentrated sulphuric acid (SABECK, resp. LEOPOLD).

(*c*) It is difficult to give to-day a general limit for the fineness of the soil, to be used for chemical analysis. Chemists should judge for themselves, taking into account mineralogical, geological and climatic conditions, and also decomposition and the extent to which bases have been removed. Generally, the portion of soil passing through sieves of 0.5 mm. mesh, will be most convenient. In any case the proportion of fine earth to the total sample should always be noted.

The other details of the chemical analysis will be reserved for further work of the Commission.

Prof. A. VESTERBERG,

Stockholms Högskola, Analytiska Laboratoriet, Stockholm, (Schweden).

ÜBER EINE METHODE, DIE ZUSAMMENSETZUNG DES NATÜRLICHEN BODENWASSERS ZU ERMITTELN.

In einem Aufsatz, « Gedanken über die chemische Bodenanalyse », gedruckt in Intern. Mitteilungen für Bodenkunde 1922, sowie in einem Vortrag bei der agrogeologischen Konferenz zu Prag 1922 [1] habe ich zu zeigen gesucht, dass die Pflanzen, um sich normal entwickeln zu können, gewisse *Minimalkonzentrationen* eines jeden Pflanzennährstoffes im Bodenwasser finden müssen. Dabei ist auch ein Versuch gemacht worden, eine wenigstens annähernde Schätzung von diesen für die Pflanzen notwendigen Minimalkonzentrationen zu erreichen. Und als eine erste Annäherung bin ich zu den folgenden Zahlen gekommen: Phosphorsäure etwa 1-2 [2], Stickstoff etwa 2-5 und Kali etwa 10-20 mg pro Liter Wasser. Es muss ausdrücklich betont werden, dass es sich hier *nicht um die Menge wasserlösliches Kalis etc. im Boden* handelt, sondern um die *Konzentration* dieser Stoffe *im Bodenwasser*.

Wenn nun dieser Gedanke, nämlich dass die Pflanzen, vor allem die Kulturpflanzen, gewisse Konzentrationen ihrer Nährstoffe von Nöten haben, richtig ist — und eine solche Anforderung der Pflanzen scheint ja so ziemlich selbstverständlich — so entsteht die wichtige Aufgabe, wie man dann die im natürlichen Bodenwasser vorhandenen Nährstoffkonzentrationen bestimmen könne? Die Hauptschwierigkeit hierbei liegt natürlich darin, dass es in vielen Fällen, z. B. bei tonartigen Böden, kaum möglich ist, das natürliche Bodenwasser in unveränderter Form und in genügender Menge abzuscheiden, um es analysieren zu können. Für gewöhnlich dürfte man sich damit begnügen müssen, die zu untersuchenden Bodenproben mit Wasser (mit oder ohne CO^2) zu extrahieren; und es fragt sich dann, in wie weit man von der Zusammensetzung solcher künstlichen Auszüge auf diejenige der natürlichen Bodenwässer schliessen darf? Diese Frage kann auch so formuliert werden:

Wie verändert sich die Zusammensetzung des natürlichen Bodenwassers, wenn der Boden mit mehr Wasser versetzt wird? Oder welche Form nimmt die « Verdünnungskurve » jedes einzelnen Pflanzennährstoffes dabei an?

Eine erschöpfende Antwort hierauf kann natürlich noch nicht gegeben werden, aber ich werde versuchen, hier zu zeigen, *erstens* dass die fraglichen Veränderungen

[1] Comptes rendus de la Conf. de Prague, 1922, S. 131.

[2] Eine interessante Bestätigung von der Richtigkeit dieser Schätzungen in Bezug auf Phosphorsäure hat Prof. ACH. GRÉGOIRE, Gembloux, gegeben in seinem Vortrag bei dieser Konferenz über "Contributions à l'étude de la solubilisation de l'acide phosphorique du sol" (siehe die Resumé in Sect. II, No. 30). Er findet nämlich als Maximumkonzentration von Phosphorsäure in wässrigen Bodenextrakten (dargestellt durch "levigation") für einen reichen Tonboden 4,2 für einen mageren Tonboden 0,4 und für einen Sandboden 1,1 mg P_2O_5 pro Liter. — In Zusammenhang hiermit ist zu bemerken, dass die von Prof. TH. SAIDEL und I. PROTOPOPESCU PAKE, Bukarest, mitgeteilten Versuche (siehe Comm. II No. 5 f) dafür sprechen, dass eben die im *Bodenwasser gelösten* Nährstoffe für die Entwicklung der Pflanzen in erster Linie massgebend sind.

sich zwischen zwei Grenzwerten bewegen müssen, *zweitens*, wie man auf empirischen Weg zu einer annähernden Schätzung der Zusammensetzung des natürlichen Bodenwassers kommen kann.

Um dies zu erreichen, wollen wir untersuchen, wie sich die Zusammensetzung eines Bodenextraktes ändern muss, wenn man Bodenproben mit steigenden Mengen Wasser behandelt. Wir können hierbei zwei verschiedene Grenzfälle unterscheiden, je nachdem der zu lösende Bestandteil des Bodens ein *sehr schwer löslicher* oder ein *leicht löslicher* ist:

1. Als Beispiel des *ersten* (oberen) *Grenzfalles* denken wir uns ein Gemisch aus wenig Calciumcarbonat mit viel Quartssand. Die Konzentration der Lösung an $CaCO^3$ bleibt (beim Vermehren der Wassermenge) *konstant*, so lange noch etwas festes $CaCO^3$ da ist. Die Verdünnungskurve, *k*, verläuft also hier *parallel* der *x*-Axe.

2. *Zweiter* (unterer) *Grenzfall*: Beispiel: Gemisch aus sehr wenig Kaliumsulfat mit viel Quartssand. Schon durch eine geringe Menge Wasser wird hier alles Lösliche gelöst, und die Konzentration fällt beim Verdünnen nach einer *Hyperbelkurve* ab: wenn z. B. die Konzentration bei der Wassermenge 1 (auf 1 Teil Boden) gleich *a* ist, so wird bei anderen Mengen $y = \frac{a}{x}$ (wo x = Wassermenge auf 1 Teil Boden). In diesem Falle kann man also aus einer Konzentrationsbestimmung bei einer grösseren Wassermenge diejenige bei kleineren berechnen.

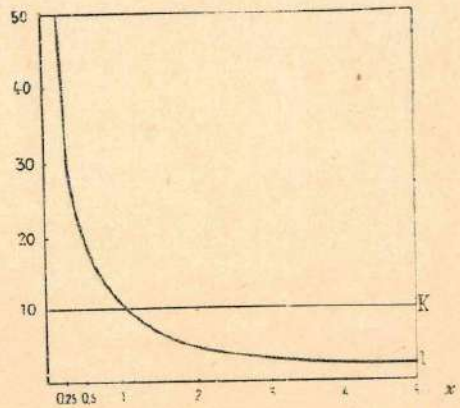

FIG. 104. — Verdünnungskurven: *k* erster Grensfall; *l* zweiter Grensfall.

Die Kurventafel zeigt dieses, für den Fall, *l*, dass beim Verhältniss Wasser: Boden = 1 die Konzentration = 10 mg pro Liter ist.

Dies sind die zwei Grenzfälle, die doch, wie leicht einzusehen ist, bei wirklichen Böden nie (oder äusserst selten) realisiert sind und zwar aus folgenden Gründen:

Erstens haben die meisten Bodenbestandteile, wie die Silikate und Phosphate, wegen der Hydrolyse keine konstante, genau definierte Löslichkeit in Wasser. Ortoklas z. B. gibt zum Wasser kleine Mengen von Kali und Kieselsäure ab, wodurch aber die Löslichkeit des Rückstandes vermindert wird. Unter solchen Verhältnissen kann aber die *erste* Grenzkurve, *k*, die konstante Löslichkeit voraussetzt, offenbar nicht erreicht werden.

Zweitens. An und für sich leicht lösliche Bodenbestandteile werden durch Absorption im Boden mehr oder weniger fest gebunden. Hierdurch wird bewirkt, dass beim Verdünnen des Bodenwassers, z. B. auf die doppelte Menge, die Konzentration nicht auf die *Hälfte* fällt, sondern auf einem *höheren* Betrag stehen bleibt, weil ja das zugefügte Wasser auch etwas von der absorbierten Substanzmenge her-

auszulösen vermag. Aus diesem Grunde sinkt also die Konzentration nicht bis zur *zweiten* Grenzkurve.

Und nun *drittens* : Die meisten Bodenbestandteile, z. B. die Feldspate und andere Silikatmineralien, werden vom Wasser nur *ganz allmählich* angegriffen, d. h. ihre *Lösungsgeschwindigkeit* ist recht niedrig und hängt in hohem Masse von der « wirksamen Fläche », d. h. von dem Zerkleinerungsgrad der Substanzen ab. In der Tat spielt, wie ich vor vielen Jahren hervorgehoben habe, die Lösungsgeschwindigkeit eine grosse Rolle für die Zusammensetzung des Bodenwassers. Viele sogenannte « schwerlösliche » Bodenbestandteile dürften eher als *Substanzen von geringer Lösungsgeschwindigkeit* bezeichnet werden. Weil aber die Lösungsgeschwindigkeit beim Verdünnen der Lösung steigen muss, kann man sagen, dass auch hierdurch (wie im zweiten Falle) dem Herabsinken bis zur zweiten Grenzkurve entgegengewirkt wird.

Nur bei *einem* Pflanzennährstoff und in einer bestimmten *Form* kann angenommen werden, dass die *zweite Grenzkurve*, wie man diese Kurven zweckmässig benennen kann, wenigstens annähernd erreicht wird, und zwar bei Stickstoff in Form von Nitrat. Denn alle Nitrate sind ja leicht löslich und werden im Boden kaum absorbiert.

Im allgemeinen aber muss dagegen aus den drei hier angeführten Gründen die Verdünnungskurve eines jeden Pflanzennährstoffes *zwischen* den beiden Grenzkurven zu liegen kommen. Wo sie für eine gewisse Bodenart faktisch liegt, lässt sich natürlich *experimentell* ermitteln durch Extrahieren der Bodenprobe mit steigenden Mengen Lösungsmittel und Analysieren der erhaltenen Auszüge. Zweckmässig dürfte es hierbei sein, auf 1 Teil Boden 1, 2 und 4 oder 5 Teile Wasser zu verwenden.

Sobald es gelungen ist, auf diese Weise die faktische Verdünnungskurve, zwischen z. B. 1 und 5 Teilen Wasser auf 1 Teil Boden, festzulegen, dürfte man daraus Schlüsse ziehen können in zwei Richtungen : Erstens zeigt der Verlauf der Verdünnungskurve, ob die Konzentration des fraglichen Stoffes überwiegend durch leicht lösliche, wenig absorbierbare Salze oder durch schwerlösliche Stoffe bestimmter Löslichkeit bedingt wird. Andererseits aber dürfte es auch erlaubt sein, rückwärts zu extrapolieren und so zur Kenntnis zu kommen von den Konzentrationsverhältnissen im « natürlichen », experimentell nicht zugänglichen Bodenwasser, d. h. bei Wassermengen von etwa 40-25 % des trocknen Bodens. Wahrscheinlich wird es sich zeigen, dass die faktische Verdünnungskurve weit *flacher* verläuft, als die zweite, hyperbelformige Grenzkurve, so dass das Extrapolieren mit relativ grosser Wahrscheinlichkeit vorgenommen werden kann.

* * *

Ein Hauptzweck dieses Vortrages ist, die Aufmerksamkeit der Herren Kollegen, die sich mit Bodenanalysen beschäftigen, darauf zu richten, dass man durch Bestimmung von *Verdünnungskurven* für Bodenarten zur Kenntnis der wirklichen Zusammensetzung der natürlichen Bodenwässer kommen kann. Und hierdurch sollte man auch einen rationellen Grund für die chemische Bodenanalyse erreichen können, insoweit als man mit solchen Analysen bezweckt, das pflanzenernährende Vermögen der Bodenarten kennen zu lernen.

Prof. K. A. VESTERBERG, *Stockholm* (*Suède*). — **Les matières nutritives du sol, solubles dans l'eau.**

RÉSUMÉ.

Dans un mémoire sur l'analyse chimique du sol, présenté à la Conférence Agrogéologique à Prague (1922) [1], j'ai essayé de démontrer que le besoin d'engrais d'une terre doit être jugé par son pouvoir de donner dans la terre même une solution dont les concentrations de potasse, d'azote, d'acide phosphorique etc., suffisent pour les besoins des plantes. Et j'ai essayé d'estimar, de quelle grandeur ces concentrations des substances nommées doivent être au minimum.

Mais comme il est très difficile d'avoir la solution naturelle de sol en quantités suffisantes pour l'analyse chimique, il faut extraire au laboratoire des échantillons de terre avec de l'eau, soit successivement avec plusieurs quantités d'eau, égales au poids de l'échantillon, soit avec une petite et avec des plus grandes quantités du dissolvant.

Il faut savoir selon quelles lois la concentration de la solution varie avec la quantité relative du dissolvant. Si les ingrédients de la terre étaient d'une solubilité déterminée, ce problème serait très simple, mais pour la plupart de ces matières (les silicates, les phosphates, etc.) la solubilité change par l'hydrolyse, par l'adsorption, avec la grandeur de surface etc., et beaucoup de ces matières ne sont que très lentement attaquées par l'eau.

Il est donc indispensable de faire des expériences nombreuses avec des terres de qualité variable pour voir, comment les concentrations dont il s'agit, varient quand la terre est extraite avec 1, 2, 5 et 10 fois son poid d'eau. Cela connu, il sera probablement possible de calculer, par extrapolation, quelles seront les concentrations au titre normal de l'eau dans la terre (p. ex. à 30 p. c. d'eau dans une terre argileuse).

Prof. K. A. VESTERBERG, *Stockholm* (*Sweden*). — **The Importance of Solubility n Water of Soil constituents.**

ABSTRACT.

The author has shown in his paper " Aufgabe der chemischen Bodenanalyse " for the Agrogeological Conference at Prague in 1922 [2], that the *concentration* of the soil-solution is of great importance for the rate of plant growth.

He now puts the important question : How do these concentrations vary with a variation of the water-content of the soil ?

There are only very few soil-compounds which are dissolved *as such* in water that is to say, so that they can be regained unaltered by evaporation of the solution. Only in this case, dissolution is reversible, and only in this case it is possible to allude to a *definite solubility*.

An example of definite solubility would be $CaCO_3$. A mixture of some little $CaCO_3$ with a large amount of quartz-powder gives at first a solution of constant concentration (as long as some $CaCO_3$ remains undissolved). As soon as all the $CaCO_3$ is dissolved, the concentration of the solution decreases, with an increase of water addition, after a hyperbolic curve $y = \frac{a\,b}{x}$, in which a = concentration

[1] Comptes rendus de la Conf. à Prague, 1922, p. 131.
[2] Comptes rendus de la Conf. à Prague, 1922, p. 131.

of the saturated solution, b = the amount of water necessary for the complete solution of the $CaCO_3$ (this formula is only correct for $x = b$).

For most soil compounds the process of solution is more complicated.

Phosphates and silicates, are dissolved under hydrolytical decomposition, and cannot be precipitated unaltered from their solutions.

Thus we cannot talk about a definite " solubility ", as there is no reversible equilibrium between the solution and the undissolved residue.

An *apparent* equilibrium can be obtained, when the substance to be dissolved becomes passive, while it will be covered with a layer of undissolved decomposition-products, for instance silicic acid.

In the second place adsorption phenomena give rise to other difficulties for the calculation of the concentration of the soil solution as a function of the water content. The adsorption prevents, in some way, variations in the composition of the soil solution, that is to say, the concentrations decreases less rapidly with an increase of the water-content than the formula requires.

In the third place, the composition of the soil solution varies also with the time, as many soil constituents (silica minerals) are dissolved only very slowly, The author has proved many years ago that the *rate of solution* of the soil constituents is very important for the composition of the soil solution.

It is very difficult, if not impossible, to obtain unaltered " soil solution ", especially when larger amounts are required (for the determination of phosphoric acid). It is therefore desirable to investigate the concentrations one obtains, when soil-samples are extracted with very little water (the same weight as the sample) or with rather larger quantities of water. These investigations would show, if the soil is able to maintain certain minimum concentrations of potassium, phosphoric acid, etc. for some time.

On the other hand, when it has been determined, which concentrations are given from one and the same soil-sample, with different amounts of water, it might be possible to " extrapolate " the concentration of the soil solution at a *normal water-content* (for instance clay with 30 %).

Dr. THÉOD. SAIDEL.

Institutul Geologic al României, Sectiunea Agrogeologica, Bucarest.

CONTRIBUTION À LA CONNAISSANCE DES SOLUTIONS AQUEUSES DU SOL.

Le but final de la science du sol ne pourra pas être atteint avant qu'une série entière de problèmes partiels aient été résolus. Mais la résolution des problèmes partiels s'appuie elle-même sur l'éclaircissement préalable des questions plus simples, de sorte que dans la voie vers le but final de la science du sol, on doit atteindre, successivement, but après but, et tenir compte d'une hiérarchie qui leur est propre et dont les rapports sont bien déterminés par la nature des choses. La crise prolongée que subit le problème de ce qu'on appelle l'analyse chimique du sol et qui constitue un but d'une espèce spéciale dans la science du sol, durera jusqu'à ce que nos connaissances sur la constitution et les fonctions du sol, et les multiples rapports

existant entre ce dernier et la végétation qu'il porte, seront suffisamment avancées, pour que nous puissions être fixés définitivement sur le rôle des mesures chimiques, et la modalité de leur application à l'examen d'un sol donné. Inversement, on peut dire que la crise de l'analyse chimique des sols reflèchit l'insuffisance de nos connaissances sur le sol et ses fonctions.

Partant de ces considérations, nous avons pensé que le problème des solutions aqueuses du sol constitue, dans le stade actuel de nos connaissances, l'un des buts accessibles de la science du sol.

L'importance de la question des solutions du sol a été mise en évidence depuis longtemps. En ce qui nous concerne, l'importance de cette question s'est imposée à nous, surtout par les faits suivants :

1) Les expériences de végétation dans des vases [1], portant sur divers types de sol, ont conduit au résultat inattendu que, sur un podzol vierge, on obtient des productions beaucoup plus grandes que sur des sols noirs de steppe; il est évident que nous nous trouvons ici en face d'un exemple frappant d'une fertilité « momentanée » très grande, à laquelle correspond toutefois une fertilité « durable » fort petite. On sait que la productivité du podzol devient très faible après peu d'années de culture. Cette grande fertilité momentanée ne peut être expliquée que par le fait de la mobilité des substances nutritives qui doivent se trouver contenues en majeure partie dans les sucs du sol.

2) Au cours des mêmes expériences de végétation, on a observé que chez deux sols, l'un de steppe et l'autre de forêt, une inversion de leur fertilité relative (c'est-à-dire du rapport de la fertilité de l'un à la fertilité de l'autre) pouvait avoir lieu. Il est justifié d'admettre, qu'ici, de même la variation de la fertilité d'un sol doit être l'écho des variations dans le contenu et par conséquent dans les propriétés du suc du sol.

3) La preuve directe de l'importance des sucs du sol pour la croissance des plantes nous fut donnée par les expériences de végétation faites à Rothamsted [2] et un peu plus tard en 1914 à Bucarest [3] par nous-mêmes, sans avoir connaissance des recherches exécutées en Angleterre. Au cours de ces expériences de végétation, des plantes purent croître et être amenées à se développer et fructifier sur du sable de quartz fertilisé par des solutions aqueuses de sol.

4) Le rôle joué par la « réaction » des solutions de sol dans la vie des micro-organismes. Relevée décisivement par H. CHRISTENSEN [4], cette propriété des solutions aqueuses de sol jouit d'une attention sans cesse croissante de la part des pédologistes [5].

Sans doute les travaux entrepris jusqu'alors dans cette direction ont été inspirés par des considérations analogues sur le rôle physiologique des solutions du sol. Comme il est bien naturel, leurs auteurs ont cherché à déterminer soit

[1] D. TH. SAIDEL & E. PROTOPOPESCU-PAKE. Sur les résultats de quelques expériences de végétation. *Comptes rendus de l'Institut Géologique*, 1920, TOME VIII.

[2] *Zentralblatt für Agrikulturchemie*, etc. 1914, p. 305.

[3] TH. SAIDEL & E. I. PROTOPOPESCU-PAKE, Loc. cit.

[4] *Zentralblatt f. Bakter.* etc., 1911, Bd. 29, p. 358.

[5] Voir la littérature jusqu'en 1919. NIELS BJERRUM og I. K. GJALDBAEK SAERSTRYK. *Den kgl. veterinaer og Landbohøgiskole Aarskrift*, 1919.

le quantum de substances nutritives qui se trouvent dans le suc, ou dans la solution de sol, soit les lois régissant le passage des substances solubles du sol dans l'eau. Le présent travail est la continuation de l'effort des observateurs précédents.

La plupart des recherches antérieures furent effectuées à l'aide d'une extraction unique (non-répétée). Parmi les essais de ce genre, citons ceux de M. CAMERON et de ses collaborateurs ; ces travaux ont eu un écho remarquable dans la littérature du sol, de sorte que je regrette de n'avoir pu en prendre connaissance d'après le mémoire original [1].

Des recherches méthodiques de Mr. MITSCHERLICH [2] sur les solutions aqueuses de sols ont fourni de précieuses contributions et un apport considérable. Mr. MITSCHERLICH a étudié le rôle de la variation du rapport de quantité entre le sol et l'eau, de la température, de la durée d'extraction, et il parvint entre autres à constater dans le sol la présence de substances facilement solubles dont le quantum dans la solution de sol est indépendant de la quantité d'eau employée, et de substances difficilement solubles dont la quantité, trouvée dans la solution, varie avec la quantité d'eau employée.

Autant que nous en savons, M. MITSCHERLICH n'a publié que les résultats obtenus au moyen d'extractions uniques, bien qu'il nous soit connu que ce savant s'est occupé aussi de la question des extractions répétées.

Plus tard, M. E. RAMANN [3] fit des recherches fort intéressantes sur le suc du sol qu'il réussit à isoler tel qu'il se trouve dans le terrain, par filtration sous pressions considérables. A notre avis, le procédé de M. RAMANN est appelé a rendre encore de grands services à la recherche du sol.

En bas de la page 22 du manuel de KOENIG, *Untersuchung ldw. und gew. wichtiger Stoffe* (1906), nous avons vu signalée une nouvelle voie de recherches dans une note se référant à un ancien travail d'ULBRICHT dont nous n'avons pu consulter l'original [4]. ULBRICHT a soumis le sol à des extraction répétées avec de l'eau et il a trouvé qu'après les deux premières extractions, on obtient des valeurs à peu près constantes pour la quantité des substances solubles extraites.

Selon ULBRICHT, la valeur de cette constante dépendrait, entre autres, la fertilité « durable » du sol. Il semble que les recherches d'ULBRICHT (continuées par WOLF et TANI [5] n'ont plus été poursuivies.

Nous n'avons pas l'intention d'énumérer ici tous les travaux en relation avec la question qui nous occupe, charge dont nous ne pourrions pas nous acquitter, même si nous le désirions. Par contre, nous avons signalé consciencieusement les travaux dont nous avons eu directement ou indirectement connaissance pendant l'exécution de ce travail.

De tous ces travaux, comme de toutes nos propres recherches antérieures à l'entreprise de ce travail, nous avons gagné la conviction que le résultat désiré ne pourra être atteint au moyen d'une extraction unique ou d'un « lavage » continu du

[1] Cité dans RUSSEL E. J. Boden und Pflanze. 1914, p. 221.
[2] *Ldw. Jahrb.* 1910, p. 299. V. aussi *Fuchlings Ldw. Ztg.*, 55, ainsi que MITSCHERLICH, Bodenkunde, p. 361 et suiv.
[3] E. RAMANN, S. MAERZ et H. BAUER. Über Bodenpressäfte. *Int. Mitt. für Bodenkunde*, 1916, p. 1-26
[4] *Ldw. Vers.-Stationen*, 5, p. 200.
[5] Voir KOENIG, op. cit., p. 22.

sol. Ces moyens ne nous permettront pas de trouver tous les facteurs qui influencent le quantum de substances passant du sol dans l'eau. Nous ne devons pas perdre de vue qu'en dehors de l'existence de substances difficilement ou facilement solubles, il intervient aussi au cours de l'extraction le phénomène d'adsorption des substances solubles par les substances colloïdes du sol. Nous avons donc besoin d'un plus grand nombre de données expérimentales pour pouvoir nous rendre compte de l'influence des différents facteurs ; mais nous ne pouvons obtenir ce nombre de déterminations qu'au moyen d'extractions répétées. Une fois que nous serons arrivés à connaître quantitativement la marche de l'extraction, nous pourrons peut-être trouver un mode de représentation qui puisse nous expliquer les faits en accord avec nos connaissances actuelles sur la constitution et les propriétés du sol. Si toutefois, nous ne réussissions en aucune façon à expliquer les faits, de l'exactitude desquels nous sommes complètement assurés, cela signifierait alors qu'il y a encore des connaissances fondamentales qui nous font défaut et dont l'acquisition aurait du précéder les études entreprises prématurément.

RECHERCHES PERSONNELLES.

1) *Extractions en présence de bioxyde de carbone.* — La directive qui guida nos recherches fut la suivante : *La loi d'après laquelle s'opère l'extraction ne peut être trouvée qu'au moyen d'une série d'extractions répétées, la quantité totae ld'eau qui sert à l'extraction restant la même pour toutes les extractions, et la quantité d'eau prélevée, après chaque extraction, constituant une fraction bien déterminée du quantum d'eau totale.*

Il était naturel d'effectuer les extractions dans un courant de bioxyde de carbone, étant donné que ce dernier est également contenu dans le suc du sol naturel [1]. L'emploi de ce gaz a encore l'avantage qu'il permet d'établir d'une manière plus définie les conditions de travail et que la solution obtenue devient bien plus rapidement limpide après l'extraction.

Le procédé expérimental est le suivant :

On introduit 50 gr. de sol dans un cylindre d'une capacité d'environ 250 cmc. et l'on ajoute 150 gr. d'eau distillée, pratiquement dépourvue de résidu fixe. (Fig. 105).

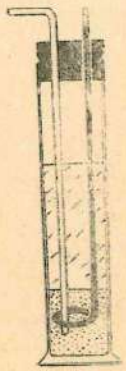

FIG. 105.—Appareil pour l'extraction en présence de bioxyde de carbone.

Pendant une heure, on fait passer un courant en bioxyde de carbone par le tube T et on maintient l'homogénéité du mélange au moyen de l'agitateur A. Au bout de ce temps, on enlève le bouchon et ses annexes de verre, et l'on bouche le cylindre avec un autre bouchon en caoutchouc muni d'un seul trou, par lequel on fait passer le tube abducteur de l'appareil Kipp au bioxyde de carbone. De cette manière, le contenu du cylindre est conservé jusqu'à la sédimentation complète dans une atmosphère de bioxyde de carbone à la pression d'une atmosphère. On évite ainsi la variation de concentration de la solution pendant la sédimentation.

[1] A ce point de vue, voir aussi les considérations ultérieures.

Lorsque la limpidité est parfaite, on prélève au moyen d'une pipette[1] (Fig. 106) 100 gr. de solution, c'est-à-dire $^2/_3$ de la quantité d'eau qui fut ajoutée au sol.

Le poids du résidu fixe déterminé dans ces 100 gr. multiplié par $^3/_2$ nous donne le poids du résidu fixe qui se trouve dans 150 gr. à la fin de la première extraction. Désignons ce poids par a_1.

Par l'adjonction de 100 gr. d'eau distillée, opération contrôlée par la pesée du cylindre après le remplissage, nous ramenons la quantité d'eau dans le cylindre à 150 gr. et nous répétons les opérations décrites plus haut, pour la première extraction. Nous obtenons ainsi une valeur a_2 pour le *poids de la substance qui se trouve dissoute dans* 150 *gr.* de solution après la deuxième extraction.

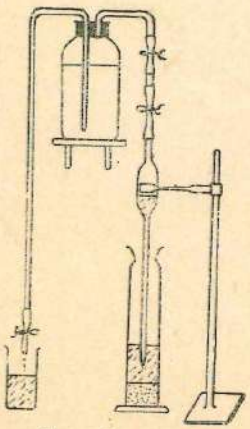

Fig. 106. — Dispositif pour le pipettage des solutions.

On répète l'extraction une troisième fois et l'on obtient la valeur a_3 pour le poids des substances dissoutes qui se trouvent dans 150 gr. de solution au bout de la troisième extraction.

Exemple : Nous avons procédé de la manière indiquée avec un échantillon de sol clair de Medjidia. Le résidu fixe obtenu de 100 gr. de solution, pipetté après la première extraction, fut $r_1 = 0{,}1246$ gr. En multipliant ce nombre ave $^3/_2$, on obtient $a_1 = 0{,}1869$ gr., = poids des substances dissoutes dans 150 gr. soit dans la quantité entière de solution.

A la deuxième extraction, nous avons obtenu $r_2 = 0{,}1060$ gr. et $a_2 = 0{,}1620$ gr. A la troisième extraction $r_3 = 0{,}0984$ gr. et $a_3 = 0{,}1478$ gr.

Ces 3 valeurs a_1, a_2, a_3, doivent avoir un rapport quelconque avec la quantité de substances facilement solubles contenues dans le sol et avec la nature des substances difficilement solubles.

Ce qui nous intéresse, c'est de connaître la quantité totale des sels facilement solubles qui se trouvent dans le sol (A gr.), ainsi que la quantité des substances difficilement solubles contenues dans le suc du sol (d gr.). Nous nous proposons de calculer, à partir des données de l'expérience, la valeur en grammes de A et de d.

Si le sol était constitué d'un matériel dénué de toute capacité d'adsorption et s'il ne fallait faire aucune distinction parmi les substances solubles, comme ce serait par exemple le cas pour un sable de quartz grossier, parmi les particules duquel se trouveraient des substances facilement solubles dans l'eau, alors il est évident que a_1 aurait la même valeur en grammes que A ; et le calcul de a_2 et de a_3 serait bien simple. Dans notre exemple, a_2 serait égal à 0,0623 gr. et a_3 à 0,0208 gr., valeurs qui ne concordent nullement avec celles fournies par l'expérience, où la décroissance des valeurs de a_1 à a_2 et à a_3 est, contre toute attente, petite.

[1] Ce procédé de prélever la solution au moyen d'une pipette par aspiration avec la bouche est pénible et peut souvent produire un trouble de la solution, le sédiment au fond du cylindre formant un tourbillon. C'est pourquoi nous effectuons les pipettages à l'aide d'un flacon aspirant, procédé commode et absolument sûr. L'esquisse annexée nous dispense de toute explication. Les pinces à vis sont celles de Hoffmann.

En fait il ne nous est pas permis de faire de semblables suppositions. La formule logarithmique :

$$\log (A-y) = K - cn$$

à laquelle nous pourrions penser ensuite, ne nous conduit pas non plus à des résultats satisfaisants, parce que la formule logarithmique s'applique à une catégorie de phénomènes pour lesquels la valeur de y (dans notre cas les quantités extraites) est asymptotique par rapport à la valeur A, tandis que l'expérience nous montre que dans le cas de l'extraction répétée du sol, l'accroissement de y est, dans cette dernière, une constante. Ceci se voit nettement de la différence entre la forme des courbes (fig. 107 et 108) correspondant l'une à la formule logarithmique et l'autre à la marche de l'extraction d'après les données de l'expérience.

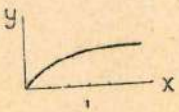

Fig. 107. Courbe de la formule logarithmique.

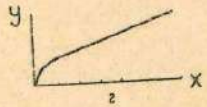

Fig. 108. Courbe de l'extraction répétée.

Une interprétation satisfaisante de ces résultats est seulement possible si nous tenons compte de la constitution du sol. Par rapport à la question qui nous intéresse, nous devons envisager dans le sol la présence des substances suivantes :

1) Un squelette, pratiquement insoluble dans l'eau.

2) Des substances colloïdes, elles-mêmes difficilement solubles, surtout en présence d'électrolytes.

3) Des substances facilement solubles, réparties dans le sol humide en concentration différente, dans les colloïdes et dans le suc ambiant.

4) Des substances difficilement solubles dans l'eau, présentes dans le sol en quantité suffisante pour subsister comme « corps de sédiment » (Bodenkoerper) après un nombre quelconque d'extractions (carbonates et phosphates de calcium, etc., hydrates d'aluminium, de fer, de silicium, substances organiques complexes).

En face de ce système de substances, il faut s'attendre à ce que, lors du traitement du sol avec de l'eau, deux procès aient lieu parallèlement :

1) Le passage dans l'eau des substances solubles, dans la mesure donnée par le coefficient de répartition entre la solution et les substances adsorbantes colloïdes du sol.

2) Le passage dans l'eau des substances difficilement solubles (carbonate de calcium, etc.) jusqu'à la limite de leur solubilité.

Si nous désignons maintenant par A le poids des substances du sol facilement solubles dans l'eau et par d le poids des substances difficilement solubles, qui se trouvent à la fin de chaque extraction dans 150 gr. de solution, alors nous pouvons exprimer le poids a_1 de l'extrait contenu dans 150 gr. de solution de sol, au bout de la première extraction, par l'équation suivante :

$$Ax + d = a_1 \text{ [I]}.$$

dans laquelle x est un facteur dont la valeur numérique est plus petite que 1 et qui représente la quantité des substances solubles qui passe en solution pour cha-

que unité de leur poids. La valeur de x peut varier de sol à sol. Nous proposons pour ce facteur la dénomination de coefficient de répartition.

Nous nous rappelons qu'après le pipettage de 100 cmc., à la fin de la première extraction, 50 gr. de solution sont restés dans le cylindre C, de sorte que la quantité de substances facilement solubles prélevée par pipettage est de $^2/_3\ Ax$.

De la quantité totale de A gr. de substances solubles présente dans le sol, il reste donc dans le contenu du cylindre : $A - {}^2/_3\ Ax$ gr. dont, à la seconde extraction, $(A - {}^2/_3\ Ax)\ x$ gr. passeront en solution et auxquels s'ajouteront de nouveau d gr., quantité constante de substances difficilement solubles qui se dissolvent jusqu'à la saturation dans 150 gr. d'eau.

Nous aurons donc pour la valeur de a_2, livrée par l'expérience, l'équation :

$$(A - {}^2/_3\ Ax)\ x + d = a_2 \quad [2].$$

Après le pipettage de 100 gr. de solution (après l'accomplissement de la seconde extraction) nous aurons prélevé : ${}^2/_3\ (A - {}^2/_3\ Ax)x$ qui, avec la quantité de ${}^2/_3\ Ax$ gr. prélevée après la première extraction, constituent le total des substances facilement solubles prélevées après les deux premières extractions, à savoir : ${}^2/_3\ Ax + {}^2/_3\ (A - {}^2/_3\ Ax)x$. Par conséquent, dans le contenu du cylindre après la deuxième extraction se trouve être :

$A - {}^2/_3\ Ax - {}^2/_3\ (A - {}^2/_3\ Ax)x$ gr. de substances facilement solubles ; et à la fin de la troisième extraction, il y aura dans 150 gr. de solution a_3 gr. de résidu fixe déterminés par l'équation [3] :

$$[A - {}^2/_3\ Ax - {}^2/_3\ (A - {}^2/_3\ Ax)x]\ x + d = a_3. \quad (3).$$

Nous avons donc 3 équations avec 3 inconnues : A, d et x, dont les valeurs peuvent être calculées.

Nous obtenons :

$$d = \frac{a_1 a_3 - a_2^2}{a_1 + a_3 - 2a_2} \quad (I).$$

$$x = \frac{a_1 - a_1}{{}^2/_3\ (a_1 - d)} \quad (II.$$

$$A = \frac{a_1 - d}{x} \quad (III).$$

Dans l'exemple pris plus haut, nous obtenons par les déterminations faites sur un sol blanc de Medjidia les valeurs suivantes :

$$a_1 = 0{,}1869 ; \qquad a_2 = 0{,}1619 ; \qquad a_3 = 0{,}1475 ;$$

lesquelles nous permettent de calculer les valeurs de A, d et x, à l'aide des relations (I), (II), (III).

$A_{50} = 0{,}0933$ gr. dans 50 gr. de sol.
$d_{150} = 0{,}1278$ gr. rapporté à 150 gr. de solution.
$x = 0{,}633$.

Autres exemples :

Pour un sol vierge de forêt (de la forêt de Pantelimon, Distr. d'Ilfov), en procédant de la même façon que pour le sol blanc de Medijdia, nous avons obtenu pour : a_1, a_2, a_3 les valeurs suivantes :

$a_1 = 0{,}0669$ gr.
$a_2 = 0{,}0441$ gr.
$a_3 = 0{,}0354$ gr.

Les valeurs obtenues par calcul pour A, d et x sont les suivantes :

$A_{50} = 0{,}0405$ gr. dans 50 gr. de sol.
$d_{150} = 0{,}0300$ gr. rapportés à 150 gr. de solution.
$x = 0{,}91$.

Pour un échantillon de *podzol vierge* de la forêt de Margineanca (Prahova), nous avons obtenu les valeurs :

$a_1 = 0{,}0540$ gr. ; $\quad a_2 = 0{,}0387$ gr. ; $\quad a_3 = 0{,}0309$ gr.

et par calcul :

$A_{50} = 0{,}0486$ gr. pour 50 gr. de sol.
$a_{150} = 0{,}0228$ gr. rapportés à 150 gr. de solution.
$x = 0{,}65$.

Les valeurs obtenues par calcul pour Ax, et d, introduites dans les équations [1], [2] et [3] nous donnent pour a_1, a_2, a_3. pour chacun des trois sols les chiffres qui se trouvent bien concorder avec les données obtenues par l'expérience (voir le tableau suivant) :

	Sol blanc		Sol de Forêt		Podzol	
	Déterminé gr.	Calculé gr.	Déterminé gr.	Calculé gr.	Déterminé gr.	Calculé gr.
a_1	0,1869	0,1859	0,0669	0,0668	0,0540	0,0543
a_2	0,1619	0,1623	0,0441	0,0446	0,0387	0,0405
a_3	0,1475	0,1464	0,0354	0,0357	0,0309	0,0326
a_5	0.1344	0,1354				

Extractions sans emploi de bioxyde de carbone [1]. — Pour ces recherches, nous avons introduit le sol et l'eau dans un cylindre muni d'un bouchon correctement rodé (fig. 109) et nous avons noté le poids B du cylindre rempli.

On agite bien, pendant environ 5 minutes, à diverses reprises, à des intervalles de quelques heures, puis on laisse reposer. Lorsque la solution est devenue tout-à-fait limpide, on prélève une fraction déterminée de la quantité d'eau totale employée et l'on détermine le résidu fixe dans une partie aliquote de la solution extraite. On introduit de nouveau la quantité d'eau distillée nécessaire, pour ramener le poids du cylindre de mesure à sa valeur initiale B [2].

[1] Th. SAIDEL, Contributions à la connaissance dex extractions aqueuses des sols *Comptes rendus des Séances de l'Institut Géologique*. Vol. X, Bucarest, 1921.

[2] Comme l'on voit, nous ne tenons pas compte de la différence entre les poids spécifiques de la solution et de l'eau distillée, étant donné que l'erreur commise est absolument négligeable.

Ces extractions sans bioxyde de carbone s'effectuent beaucoup plus difficilement à cause de la lenteur avec laquelle se déposent les corps en suspension (suspensoïdes). C'est pourquoi nous n'avons pris d'abord pour ces recherches que des sols plus riches en sels, à savoir un sol de steppe sèche et un sol salé.

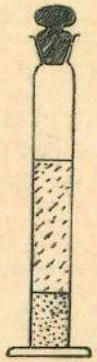

FIG. 109 — Cylindre pour l'extraction sans bioxyde de carbone.

Voici les résultats obtenus :

1) *Sol de steppe sèche* : 50 gr. de sel, 300 gr. d'eau. Quantité de solution prélevée après chaque extraction : $^2/_3$ 300 = 200 gr.

Déterminé :				*Calculé :*
$a_1 = 0{,}0720$	On calcule	$d_{300} = 0{,}0420$		$a_1 = 0{,}0720$
$a_2 = 0{,}0576$	d'après ces	$x = 0{,}75$		$a_2 = 0{,}0570$
$a_3 = 0{,}0504$	valeurs :	$A_{30} = 0{,}03996$		$a_3 = 0{,}0498$.

2) *Sol salé* [1]. 8,33 gr. de sol, 50 gr. d'eau. Quantité prélevée à chaque extraction : $^1/_2$. 50 = 25 gr. de solution.

Déterminé :			*Calculé :*
$a_1 = 0{,}1986$			$a_1 : 0{,}1985$
$a_2 = 0{,}1037$	Valeurs	$d_{50} = 0{,}0072$	$a_2 : 0{,}1037$
$a_3 = 0{,}0558$	permettant	$x = 0{,}9895$	$a_3 : 0{,}05485$
$a_4 = 0{,}0332$	de calculer :	$A_{8{,}33} = 0{,}1934$	$a_4 : 0{,}0335$.

Considérations relatives aux résultats obtenus.

Nous voyons de toutes les recherches effectuées par voie d'extractions répétées que les chiffres obtenus expérimentalement peuvent être expliqués suffisamment grâce à l'introduction des éléments A, d et x qui ont tous les trois une signification concrète, bien établie, et sont en bonne concordance avec les résultats obtenus par Mitscherlich et avec nos connaissances actuelles sur le sol.[2] Si se recherches présentes n'ont pas été déjà faites par d'autres (un travail de ce genre

[1] Pour les sols salés, on pèse le résidu fixe après avoir transformé les sels en sulfates, selon les prescriptions de FRÉSÉNIUS (*Analyses quantitatives*) pour la détermination du résidu fixe dans les eaux minérales.

[2] Dans le tableau de la page 563, les valeurs élevées de résidus des sol blanc (a_1, a_2.....) sont dues à la valeur de d (0.1278). On sait que les sols de steppe sèche comme le sol blanc font effervescence avec les acides, étant riches en $CaCO_3$ (le sol blanc de Medgidia [Dobroudja] contient 1 % de $CaCO_3$). Effectivement la plus grande partie des résidus obtenus avec le sol blanc est constituée de $CaCO_3$ en quantité égale dans chaque résidu et du même ordre de grandeur que d, un peu plus petite que ce dernier, comme l'on devait s'y attendre. Mentionnons encore que la constante dont parle ULBRICHT trouve aussi son explication ; elle ne peut être que ce que nous appelons la quantité de substances difficilement solubles (contenues dans l'unité de volume de la solution) qui seules passent encore en solution, après que les substances facilement solubles ont été pratiquement éliminées de la solution. D'après les résultats obtenus par nous dans les conditions de nos expériences, nous nous approchons plus lentement qu'il n'en devrait être d'après ULBRICHT, de la constance des valeurs a, de sorte que c'est seulement après un grand nombre d'extractions que commence à se manifester la tendance des valeurs des résidus de devenir égales entre elles. On voit encore d'après les résultats obtenus par nous, que la concentration des solutions de sol ne peut pas être considérée comme semblable (même approximativement) pour toutes les espèces de sol.

ne m'est pas connu, non plus qu'à mes collègues d'ici), nous sommes alors en présence des premiers essais ayant pour objet la détermination quantitative de la quantité de substances facilement solubles (A), de la quantité de substances difficilement solubles (contenues dans l'unité de volume de la solution) (d), ainsi que du facteur x dont la signification fut démontrée plus haut et dont la valeur est probablement en relation étroite avec le degré de saturation adsorptive du sol et son degré de colloïdité.

Le nombre de nos expériences étant restreint, nous nous bornerons à insister sur les conséquences qu'on pourrait tirer des résultats obtenus. Il est vrai qu'à cet effet il serait nécessaire d'avoir déterminé quantitativement les substances nutritives contenues dans les solutions obtenues. Nous essayerons de compléter ces recherches et de revenir ensuite sur l'interprétation des résultats.

Nous ne pouvons pas nous occuper à présent ni de l'interprétation des faits observés, à propos des expériences de végétation (faites précisément sur les sols qui ont servi aussi aux recherches présentes), ni du fait que nous aurions dû nous approcher des conditions dominantes dans la nature et par conséquent ne pas travailler avec CO_2 à la pression d'une atmosphère, ni avec de l'eau distillée, pratiquement dénuée de CO_2. Si nous avons toutefois choisi ces conditions, c'est que nous devions travailler dans des conditions bien définies, indispensables à des recherches quantitatives.

A présent, il nous reste à voir, dans la méthode de l'extraction répétée du sol, une voie de recherches qui nous permet d'espérer de réaliser un progrès de nos connaissances sur la constitution des solutions aqueuses du sol, sur l'échange de substances entre le sol et les solutions, et, par là-même, sur la constitution, les propriétés et les transformations du sol.

Difficultés techniques. — Pour séparer la solution du sol, nous avons utilisé, au début, des filtres de porcelaine poreuse (bougies de filtration), mais nous les avons abandonnés, parce qu'ils présentent de graves inconvénients dans les conditions spéciales dans lesquelles nous étions obligés de travailler. Le prélèvement exact d'une fraction déterminée de la quantité totale de solution devient impossible si l'on emploie des bougies de filtration et, en outre, nous n'avons pu établir avec certitude que des variations dans la concentration des solutions n'interviennent pas lors de leur emploi.

Nous avons été contraints d'effectuer la séparation de la solution par pipettage, après que celle-ci s'est clarifiée, par la sédimentation complète des substances en suspension. Ce procédé est convenable dans le cas de solutions plus riches en sels, mais fort difficile à appliquer aux sols de forêt et de podzol chez lesquels, surtout après les deux premières extractions, la sédimentation réclame fort long temps. Lorsqu'on extrait au moyen de bioxyde de carbone, la limpidité des solutions s'obtient plus rapidement ; dans le cas contraire, elle peut durer plusieurs semaines.

Il reste à voir si la centrifugation nous permettra d'éliminer ces difficultés ; l'absence d'une centrifuge appropriée nous a empêchés de mettre ce procédé à l'étude.

Critique de la méthode et sources d'erreur. — Pour prévenir un malentendu possible, répétons encore une fois que cette méthode d'étude n'a pas pour but

d'établir une nouvelle méthode d'analyse des sols. Elle est le résultat des efforts entrepris pour atteindre l'un des premiers buts de la science du sol. Nous sommes d'avis que ce but ne doit pas être laissé de côté dans le marche vers le but final de la science du sol, et, ceci établi, nous ne devons pas abandonner une méthode de recherches à cause des dfficultés dues à la complexlté même du problème. Au contraire, nous croyons qu'il est nécessaire que nous cherchions à obtenir tous les résultats qu'elle peut nous fournir en vue d'un progrès de nos connaisances, si petit qu'il soit. Jusqu'à la découverte d'une meilleur méthode (par rapport a laquelle la nôtre peut représenter une étape nécessaire) nous chercherons donc a améliorer celle-ci, autant que possible.

Les objections qu'on peut faire à la méthode sont nombreuses et de diverses espèces. Les unes sont fondées sur l'insuffisance des équations établies, qui dans leur forme actuelle sont peut-être beaucoup trop simples pour rendre quantitativement, de manière exacte, la marche réelle des phénomènes. Une objection de cette espèce concerne les grandeurs x et d, que nous avons admises tacitement comme constantes, tandis qu'elles pourraient être variables d'une extraction à l'autre. Si x et d variaient effectivement, dans une mesure appréciable, d'une extraction à l'autre, alors nos équations ne pourraient plus être appliquées et il faudrait chercher à les modifier, ce qui, à coup sûr, compliquerait la question considérablement.

Théoriquement, nous pouvons nous attendre à une variation de x d'une extraction à l'autre, mais il semble que cette variation soit tellement petite dans des solutions normales que x puisse être regardé comme pratiquement constant pendans ces 3-4 extractions ; car, autrement, nous n'aurions pu atteindre une concordance entre les chiffres obtenus expérimentalement et ceux qui furent calculés.

Les mêmes considérations nous conduisent à admettre que les variations de d, elles aussi, doivent être pratiquement si petites de façon que sa valeur apparaisse constante. Il est toutefois possible qu'une certaine compensation ait lieu par la variation en sens contraire des valeurs de x et de d pendant les extractions.

Ce sont seulement des expériences plus nombreuses, sur des sols aussi divers que possible, et dans les conditions les plus variées, qui fourniront des résultats sur la base desquels on pourra apporter à la méthode les modifications nécessaires.

Une autre imputation concerne le calcul de la valeur d des données de l'expérience. Nous avons montré que :

$$d = \frac{a_1 a_3 - a_2^2}{a_1 + a_3 - 2 a_2}.$$

Une petite variation de l'une des trois grandeurs déterminées expérimentalement peut provoquer des variations relativement grandes de la valeur de d. En d'autres mots, une petite erreur dans la détermination expérimentale peut causer des erreurs plus grandes dans l'établissement de la valeur de d. Comme d intervient dans le calcul de x et de A, tous ces résultats peuvent être affectés de fautes relativement grandes. Nous avons tenté d'éliminer cette difficulté inhérente au problème, en affinant autant que possible la technique du travail. Toutefois, on peut trouver une autre voie pour déterminer d'autre manière la valeur de d. Si nous faisons deux extractions avec le même sol, l'une avec une proportion déterminée $\frac{\text{sol}}{\text{eau}}$ (par ex. $\frac{50}{300}$) et l'autre avec une autre proportion (p. ex. $\frac{50}{600}$), nous avons alors pour ces premières extractions les deux relations suivantes :

1) pour l'extraction 50/300 : $Ax+d=a_1$
2) » » 50/600 : $Ax+2d=a_1'$, d'où : $d = a_1' - a_1$.

De cette manière, nous avons le moyen de déterminer par une voie, en quelque sorte directe, la valeur de d et d'obtenir des valeurs probables. En tout cas, nous avons un moyen de contrôler les valeurs de d obtenues par trois extractions.

Par des expériences semblables, faites parallèlement avec deux échantillons de sol différents, avec des proportions d'eau variées, on peut, au moyen d'extractions répétées, obtenir des résultats également intéressants pour l'éclaircissement des doutes que nous avons, non seulement sur la valeur de d, mais aussi sur la variabilité de a et de x.

Les recherches préliminaires que nous poursuivons dans cette direction, sont à peine à leur début.

Une grave source d'erreurs peut être due au fait que l'équilibre d'extraction d'une ou de toutes les opérations d'extraction d'une expérience ne soit pas atteint complètement. Pour prévenir des erreurs de ce genre, il serait nécessaire que nous sachions quel est le minimum de temps et d'agitation nécessaire pour que toute la quantité pouvant être extraite, passe du sol dans l'eau. C'est seulement une série de recherches systématiques, que nous désirons d'ailleurs exécuter, qui pourront nous donner une orientation dans cette question. Le peu d'expériences que nous avons pu faire jusqu'à présent nous a convaincus que notre temps d'agitation et notre délai d'extraction furent suffisants pour une extraction complète. Récemment, nous avons fait usage dans nos expériences d'un agitateur dont l'emploi, nous l'espérons, facilitera les opérations.

La question qui se pose encore est la suivante : Est-ce qu'un autre procès de solubilisation du sol ne marche pas de pair avec le procès d'extraction des substances solubles ? Sans doute que ceci a lieu, mais dans une mesure si petite que nous croyons justifié d'admettre que le squelette du sol soit pratiquement insoluble dans l'eau dans les conditions de travail indiquées. Les substances, qui ont passé de cette manière dans l'eau, forment une partie plus ou moins grande de d, mais toujours petite par rapport à a.

En relation avec ces considérations surgit une autre question. Imaginons un sol, duquel par extractions répétées l'on aurait enlevé toutes les substances facilement et difficilement solubles (ce qui dans le cas d'un tchernoziom contenant 1 % de $CaCO_3$ aurait lieu après 10 extractions) et que nous laisserions ensuite en repos dans des conditions voisines de celles qui prédominent dans la Nature. Dans un tel sol, après un temps quelconque, les substances facilement et difficilement solubles vont se reproduire dans une mesure qui dépendra, pour des conditions

égales, de la nature du sol. Un sol de steppe sur du « loess » se comportera sûrement tout-à-fait autrement qu'un podzol de terrasse [1].

L'étude de ce phénomène de reproduction des substances solubles et difficilement solubles constitue, de même, à notre avis, un côté intéressant de l'étude du sol. Car à côté d'autres considérations qui parlent en ce sens, il y a encore celle-ci que, des procès d'extraction ont lieu aussi dans la nature, soit par les moissons, soit par le procès de lévigation naturelle des sols des régions à climat humide.

Nous considérons la connaissance aussi exacte que possible des circonstances et de la mesure dans laquelle s'effectue cette réproduction des substances solubles et difficilement solubles également comme l'un des buts partiels du problème du sol.

Prof. Dr. TH. SAIDEL, *Bucarest (Roumanie)*. — **Contribution à la connaissance des solutions du sol.**

RÉSUMÉ.

Le procédé de l'auteur peut être esquissé très sommairement de la manière suivante :

On mélange le sol avec de l'eau en proportions de poids déterminées. Le mélange est agité jusqu'à ce que l'équilibre de dissolution soit obtenu. On laisse déposer jusqu'à clarification complète de la solution surnageante et, à l'aide d'une pipette, on puise une quantité déterminée de solution. Après avoir remplacé le poids de la solution enlevée par un poids égal d'eau distillée, on répète les mêmes opérations (agitation, sédimentation, pipettage) en prélevant ainsi une nouvelle quantité de solution du même poids que la première. En répétant encore une fois les mêmes opérations, on obtient une troisième portion de solution. On détermine les résidus fixes pour chaque portion prélevée, ce qui permet de connaître les résidus de la quantité totale de solution dans les trois phases consécutives d'expérience.

Si l'on désigne par : a_1, a_2, a_3, les poids des résidus fixes déterminés de cette manière pour la quantité totale de solution dans ces trois phases : par A le contenu total de substances facilement solubles de la quantité de sol employée, par x un coefficient qui représente la quantité de substances solubles entrée en solution par rapport à l'unité de poids de substances facilement solubles du sol, par d le poids de substances soit-disant difficilement solubles, contenues dans la quantité totale de solution (ces substances sont considérées comme « corps de sédiment », qui se trouve en présence pendant toute la durée de l'extraction), alors les valeurs a_1, a_2, a_3, peuvent être mises en relation avec les grandeurs A, x et d, en première approximation de la manière suivante :

$$a_1 = Ax + d; \qquad a_2 = (A - \frac{2}{3} Ax)\, x + d. \qquad (1)\ (2)$$

$$a_3 = [(A - \frac{2}{3} Ax - \frac{2}{3} (A - \frac{2}{3} Ax)\, x]\, x + d. \qquad (3)$$

[1] Une reproduction semblable sera pratiquement nulle dans un podzol de terrasse, dans lequel la présence des substances solubles est due en majeure partie à la putréfaction du feuillage des forêts dont le contenu en substances minérales a été pompé par la forêt depuis les profondeur jusqu'à la surface.

dans lesquelles le facteur $\frac{2}{3}$ signifie le rapport du poids de la solution extraite au poids de la solution totale.

Par la résolution de ces trois équations à trois inconnues, on arrive à la détermination des valeurs des trois grandeurs : A, x et d, ayant chacune une signification concrète et pouvant acquérir une certaine importance pour la connaissance de la constitution et des propriétés d'un sol et de sa solution aqueuse.

Les résultats obtenus par l'application de ce procédé aux diverses espèces de sol, soit en présence, soit en l'absence du bioxyde de carbone, nous montrent que ce procédé peut conduire à une méthode de recherches du sol et de sa solution aqueuse.

L'auteur finit sa communication avec une critique de son procédé, préconisant la nécessité d'investigations spéciales sur des systèmes simples pour établir l'ordre de grandeur des variations de (x) et de (d) avec la dilution et la température. De cette manière, le procédé peut conduire aussi à établir une méthode pour l'étude des phénomènes d'adsorption.

Dr. THEODOR SAIDEL, *Bucarest (Roumania)*. — **Contribution to the Knowledge of watery Soil-Solutions.**

ABSTRACT.

The proceeding of the author can be shortly outlined as follows :

Soil and water are mixed in determined proportions. The mixture is shaken, until the equilibrium of dissolution has been obtained. The mixture is left to settle until completely clear in the upper solution, then with a pipette a certain portion of the solution is withdrawn. After having replaced the weight of the solution taken away, by an equal weight of distilled water, the same operations ara repeated (agitation, sedimentation) and a fresh quantity of solution of the same weight as the first portion is withdrawn.

In repeating once more the same operations a third portion of solution is obtained, fixed residues are determined for each portion, which allows us to know the residues of the total quantity of solution in the three phases of the experiment.

We will call a_1, a_2, a_3 the weights of the permanent residues determined in this way for the total amount of solution in the three phases. A is the total content of easily soluble substances of the quantity of soil used, and x is a factor representing the quantity of soluble matter dissolved in comparison to the unit of weight of the easily soluble matter of the soil.

d is the weight of the difficult soluble matter contained in the total amount of soil solution (these substances are considered as a sediment).

We can now combine the value of a_1, a_2, a_3, with A, x and d, in the following way :

$$a_1 = A\,x + d\,; \; a_2 = \left(A - \frac{2}{3} A\,x\right) x + d \qquad (1)\ (2)$$

$$a_3 = \left[A - \frac{2}{3} A\,x - \frac{2}{3}\left(A - \frac{2}{3} A\,x\right) x\right] x + d \qquad (3)$$

The factor $\frac{2}{3}$ signifies here the relation between the weight of the extracted solution and the weight of the total solution.

In resolving these three equations we can determine the values of A, x and d which have each a concrete meaning and can acquire a certain importance for the knowledge of the constitution and properties of a soil and its watery solution.

The results obtained by the application of this method to different types of soil, either in the presence or absence of carbon dioxide, show that this method may lead to a special method of investigation of soils and soil-solutions.

The author concludes his communication with a critical study of his method, foreseeing the necessity of special investigations on simple systems, in order to establish the variations of x and d to be applied in connection with dilution and temperature. In this way, the proceeding can also lead to the establishing of a method for the study adsorption phenomena.

Prof. Dr. W. VERNADSKY

SUR L'ANALYSE DES SOLS AU POINT DE VUE GÉOCHIMIQUE.

1. Il existe un grand nombre d'analyses chimiques des sols, mais il est rare qu'on puisse les comparer les unes aux autres et il est presque impossible de s'en servir pour se faire une représentation exacte de la composition de l'enveloppe des sols de l'écorce terrestre. En général ces analyses poursuivent des buts pratiques ou tâchent de resoudre des problèmes agronomiques. Elles sont très incomplètes et ne donnent qu'une idée très imparfaite de la composition chimique des sols.

Il existe des données nombreuses pour certains éléments chimiques. Ainsi dans les travaux cartographiques des pédologistes russes on a rassemblé un grand nombre de déterminations du carbone (humus). Dans des recherches analogues on s'est intéressé quelquefois à d'autres éléments, par exemple au phosphore dans les sols des pays baltiques de l'ancien Empire Russe (travaux du Prof. THOMS) ou au manganèse dans les sols de Hawaï. On a un grand nombre de déterminations des éléments répandus tels que Si, Al, Ca, Mg, Na, K, Fe, (malheureusement sans distinction des valences), ainsi que de N, Ti, Mn.

Au XX siècle l'attention des savants est de plus en plus attirée par la présence dans les sols des éléments chimiques rares en quantités minimes. Un grand nombre de ces éléments y a été constaté et il est certain que tous les éléments doivent y exister. L'importance de ces « infiniment petits » (selon l'expression du prof. G. BERTRAND) dans les processus biologiques nécessite leur détermination dans les sols, la source unique de ces éléments pour les organismes. Généralement ces déterminations ne sont pas systématiques.

Deux tentatives systématiques doivent être, cependant, mentionnées :

Le « Bureau of Soils » de Washington a entrepris un grand travail d'ensemble sur les éléments chimiques qui existent dans les sols des Etats-Unis de l'Amérique du Nord.

En France, à l'Institut Pasteur de Paris, M. G. BERTRAND et ses élèves étudient à ce point de vue la distribution dans les sols et les sous-sols d'éléments tels que le manganèse, le zinc, le cuivre, le nickel, le cobalt.

Il existe un certain nombre de déterminations spéciales des éléments tels que I, As, Cu, B et autres qui montrent leur grande diffusion dans les sols. Mais généralement ces déterminations n'embrassent que des territoires restreints et les sols pour lesquels elles ont été faites ne peuvent pas être classés parmi les types naturels.

2. L'insuffisance des données chimiques existantes se fait sentir d'autant plus que les nouveaux problèmes, sont posés par l'évolution de la nouvelle science, la *géochimie*.

Parmi ces problèmes l'*évaluation de la composition globale de l'enveloppe terrestre des sols*, qui couvre presque sans interruption toute la surface des continents et des îles, nécessite une organisation systématique des analyses chimiques des sols.

Cette organisation ne peut être qu'une œuvre internationale collective.

La géochimie étudie l'histoire des éléments chimiques dans l'écorce terrestre et autant que possible dans notre globe entier. Une des acquisitions récentes les plus importantes de cette science est la découverte que l'écorce terrestre n'est pas á sa composition chimique un produit du hasard, que cette composition n'est pas un simple résultat de l'action de diverses forces géologiques. Cette composition est une fonction de la structure des atomes chimiques.

Le prof. G. ODDO a le premier indiqué que les éléments à nombre atomique pair y prédominent (86,5 % en poids) et W. HARKINS a constaté le même fait dans un degré encore plus net pour la constitution des météorites (97,59 % en poids). On peut trouver dans la constitution de l'écorce d'autres relations entre la structure des atomes et sa composition chimique.

La détermination exacte de la composition chimique des différentes parties de l'écorce présente ainsi un grand intérêt scientifique.

On connaît avec une certaine précision la composition moyenne de l'écorce terrestre jusqu'à une profondeur de 16 kilomètres. Elle correspond à peu près à la composition de la lithosphère, de la partie solide de l'écorce, car l'atmosphère et même l'hydrosphère ne la changent pas considérablement. Elles ne représentent que 7% de la matière de l'écorce.

La composition moyenne de l'écorce, ainsi que la composition moyenne de la lithosphère, correspondent en chiffres ronds à la composition des roches éruptives, sont voisines de celle des granodiorites.

3. Mais il est évident que ni la composition moyenne de l'écorce, ni celle de la lithosphère ne peuvent nous donner une idée nette de la composition des couches supérieures de notre planète — du milieu des sols.

L'atmosphère et l'hydrosphère, chimiquement si distinctes de la lithosphère, y ont une grande importance et embrassent une grande partie de la matière de ces couches.

On peut distinguer dans les couches supérieures des parties chimiquement distinctes, qui peuvent être représentées comme des corps naturels réellement individualisés dans ces régions de l'écorce ou comme leurs ensembles. Ce sont l'atmosphère, l'hydrosphère (l'Océan mondial), l'ensemble des roches sédimentaires, l'ensemble des sols et des vases marines, la matière vivante (c'est à dire l'ensemble des organismes vivants) et l'ensemble des eaux des fleuves.

Nous connaissons en traits généraux la composition moyenne de l'atmosphère et de l'hydrosphère. Dans le dernier cas les données existantes exigent des corrections.

On a essayé de donner un tableau de la composition moyenne des roches sédimentaires en se servant des analyses de roches déterminées et de leurs mélanges faits en proportion de l'importance des différentes roches dans la suite sédimentaire. Les évaluations les plus complètes ont été faites par F. CLARKE. Ces données sont d'une précision beaucoup moindre que celles de la composition des roches éruptives et elles s'appuient sur un nombre peu suffisant d'analyses chimiques.

La composition de la matière vivante n'est connue qu'en traits généraux : on peut se représenter l'ordre d'abondance des éléments chimiques qui la constituent, mais non leurs quantités réciproques.

La composition moyenne des sols et des vases marines n'est pas encore connue et cependant ces deux données présentent un grand intérêt au point de vue géochimique et peuvent être obtenues à l'état actuel de la science sans grandes difficultés.

La composition moyenne de l'eau des rivières, grâce à J. MURRAY et F. CLARKE, est connue pour les métaux les plus répandus avec une certaine précision. En connaissant le débit annuel des fleuves, on peut en déduire la quantité des matières dissoutes qu'ils apportent à l'Océan et évaluer ainsi le travail de drainage accompli sur les continents et les îles.

4. Ainsi il est évident que la connaissance précise de la composition moyenne des sols et celle des vases marines présente un problème géochimique urgent.

Sans elles il est impossible de connaître la composition chimique de la biosphère et de l'enveloppe sédimentaire en général, et de résoudre les grands problèmes géochimiques et géologiques touchant les couches supérieures de notre planète.

Généralement on ne tient pas compte dans la science de l'importance qu'ont les analyses chimiques des sols dans l'élaboration de nos représentations des phénomènes chimiques terrestres; on oublie que l'expression exacte de la composition moyenne des sols est une des constantes chimiques de notre planète.

La composition des sols n'est pas accidentelle. Elle est en relation évidente très intime avec la composition des autres parties de la biosphère.

Les sols correspondent aux couches terrestres les plus supérieures, en contact immédiat avec l'atmosphère et avec les roches sédimentaires, métamorphiques ou éruptives qui se trouvent à la surface.

Ces sols ne sont pas des produits simples de l'altération superficielle des roches [1] — comme on le pense encore quelquefois par routine scientifique — mais

[1] En langue française il n'existe pas de mot spécial qui corresponde au mot allemand « Verwitterung », anglais « Weathering » ou russe Выветривание (Vyvietrivanié), indiquant l'altération vadose des roches et des minéraux. L'altération superficielle est prise ici dans ce sens. Les agents de cette altération superficielle sont l'eau, l'oxygène libre, l'acide carbonique, la matière vivante et ses produits. La température et la pression sont toujours celles de la surface.

des « *corps naturels* », distincts des roches, analogues dans leur effet géochimique aux minéraux, aux eaux douces naturelles, aux organismes.

5. Cette idée fut en dernier compte introduite dans la science par le savant russe B. DOKOUTCHAJEFF et les faits scientifiques obtenus depuis lui ont donné une nouvelle force et importance.

On peut appeler *corps naturels* des objets qui sont individualisés dans la nature, ont leur existence propre, peuvent être dégagés de leur milieu, ont une structure intérieure et des lois spéciales distinctes des autres corps naturels.

L'enveloppe pédique est composée de différents types de sols, considérés comme corps naturels.

Les sols accaparent les composés insolubles des météores et des ruisselages qui les empreignent. Ces eaux avec les parties solubles — et les particules en suspension — *après avoir passé par les sols* ou en contact avec les sols — se rassemblent dans les eaux des rivières et, après y avoir subi de nombreux changements biochimiques (en partie chimiques), rentrent dans l'Océan, en formant la plus grande partie de la masse saline. Il existe ainsi un rapport intime entre la composition chimique des eaux de mer et la composition chimique des sols.

L'ensemble : les sols → les eaux de rivières → l'eau de l'Océan, est chimiquement déterminé.

Il n'y a rien d'occasionnel dans la composition des membres de cet ensemble, si nous prenons les moyennes, où l'influence des actions locales est éliminée.

Nous ne pouvons pas exprimer quantitativement les lois qui régissent cet ensemble par manque d'analyses chimiques, mais l'existence d'une influence réciproque des réactions chimiques dans toutes ces parties de la biosphère n'est pas douteuse.

6. Les sols sont liés chimiquement non seulement aux eaux de mer. Des relations non moins intimes existent entre eux et la composition des vases marines. Ces vases représentent des corps naturels d'une analogie très profonde avec les sols. *Ce sont des sols sous-marins* où l'hydrosphère remplace l'atmosphère.

Leur composition chimique peut être représentée comme dérivée des sols par l'intermédiaire de l'eau de mer.

Il est même évident que toutes ces parties de la biosphère représentent en fin de compte un cycle géochimique fermé unique d'une grande importance :

Les sols → les eaux douces → l'eau de mer → les vases marines

↑ roches sédimentaires ↓ roches sédimentaires.

Les vases marines donnent par diagenèse des roches sédimentaires dont les parties superficielles dans la biosphère forment de nouveau le milieu des sols.

7. La relation entre la composition de la matière vivante, les organismes vivants et celle des sols semble être encore plus intime.

En général c'est la matière vivante qui accapare l'énergie du soleil et qui règle par ce moyen tous les processus chimiques de la biosphère, en particulier ceux des sols, des eaux douces, de l'eau de l'Océan, des vases marines.

Toutes ces parties de l'écorce sont remplies d'organismes vivants (de matières vivantes) qui composent certainement plusieurs pour cent de leur poids.

Il est probable que la plus grande partie des éléments chimiques des sols s'y trouve à l'état d'organismes vivants. Ainsi probablement presque tout le carbone y est lié à la matière vivante. Il est certain que le carbone du sol — à l'état de carbonates et de matières organiques — s'y trouve en dernier lieu à l'état de composés biogènes et qu'à un certain moment il avait fait partie des organismes, particulièrement des organismes des sols. Même la partie prépondérante des matières organiques des sols doit être considérée comme matière vivante, car elle est remplie de micro-organismes, est remuée et travaillée par eux incessamment.

On ne peut pas douter qu'une grande partie des autres éléments chimiques, par exemple de l'iode ou de l'azote, y soit au même état.

Il semble que les vases marines et les sols sont les parties de l'écorce les plus riches en organismes vivants, ces derniers représentant quelquefois plus de 20-25 % de leur matière. Non seulement la matière vivante règle les processus chimiques des sols, mais encore elle entre comme telle dans leur constitution.

Quand on connaîtra la composition chimique moyenne de la matière vivante qui habite les sols et la composition chimique moyenne des sols qui la contiennent — on pourra évaluer exactement le travail chimique de la matière vivante des continents et des îles.

8. L'évaluation de la composition moyenne des sols du globe doit être faite en relation avec leurs types naturels et avec la distribution de ces types sur la surface terrestre. On doit préalablement connaître la composition des principaux types des sols — des tchernozèmes, des regours, des podzols, des différentes terres sablonneuses ou argileuses, des terres latéritiques et krasnozièmes, etc. Les premiers schémas mondiaux comme ceux de C. D. GLINKA ou les cartes pédologiques des pays où les sols ont été étudiés comme corps naturels, distincts des roches, par exemple les cartes pédologiques de la Russie, peuvent servir à faire les premières évaluations approximatives de la composition moyenne de l'enveloppe pédique.

Il faut suivre ici la voie qui a déjà donné des résultats appréciables dans l'évaluation de la composition moyenne de la lithosphère. Il est même beaucoup plus facile de le faire pour les sols que pour les roches éruptives, car on connaît exactement l'épaisseur des sols : les sols superposés (récents et fossiles) ne doivent pas être pris en considération, car seuls les sols actuels forment l'enveloppe terrestre pédique que nous étudions.

9. La plus grande difficulté consiste dans l'absence d'un nombre suffisant d'analyses chimiques pour la plupart des types naturels des sols. Les analyses existantes ne renferment généralement qu'une partie des éléments chimiques qui entrent dans la composition des sols. Plusieurs éléments dont la teneur est grande (par exemple TiO_2, quelquefois plus de 1 %) ne sont généralement pas pris en considération. Il est certain que ces analyses, au point de vue géochimique, sont très approximatives et ne peuvent pas être comparées aux analyses des minéraux.

On doit introduire des changements assez profonds dans les méthodes utilisées. Ces changements ne pourront que profiter à l'évolution de la pédologie, car ils permettront de comparer les sols aux autres phénomènes chimiques de leur milieu.

Le premier changement essentiel et nécessaire consiste dans la préparation d'échantillons pour l'analyse et dans les corrections qu'on doit introduire dans les résultats d'analyses.

En géochimie, on doit connaître la composition moyenne du sol autant que possible à son état naturel, c'est-à-dire avec son humidité moyenne. On doit l'analyser avec tout son contenu — avec tous les organismes et tous leurs restes et les déchets organiques qu'elle contient.

Les analyses habituelles correspondent aux sols séchés à l'air libre ou à 100° C. Pour préparer le sol pour l'analyse, on le débarrasse des organismes et de leurs restes.

Il en suit que le sol d'une analyse géochimique n'est pas le sol des analyses ordinaires.

Il est facile d'introduire une correction pour l'humidité, en utilisant les données météorologiques. Cette correction augmentera le pourcentage de l'oxygène et de l'hydrogène et abaissera celui de tous les autres éléments (sauf probablement Cl, N, S, Na,I).

Avant de faire l'analyse d'un sol, on tâche de le libérer de tous les restes d'organismes et de tous les organismes qui s'y trouvent. On ne pourrait rien objecter à ce procédé s'il était possible de le mener à bonne fin et de libérer ainsi le sol de tous les organismes et de tous leurs restes et déchets. Mais cela n'est pas possible — une grande partie des organismes (microscopiques) et une non moins grande partie de débris organiques reste toujours dans les échantillons analysés.

Le sol de nos analyses n'est pas un corps naturel, c'est un objet qui n'existe pas comme tel dans la nature.

Nous ne pouvons même pas introduire dans nos données les corrections nécessaires, car nous ne connaissons ni les quantités de la matière que nous excluons des analyses, ni leur corposition chimique.

Il est certain que ces corrections touchent tous les éléments chimiques qui entrent dans la composition de la matière vivante. Il est certain aussi que leurs concentrations dans les parties des sols analysées et dans les parties vivantes et organogènes rejetées sont très différentes.

10. Les analyses doivent contenir tous les éléments chimiques des sols. Certes en fin de compte, on doit les déterminer tous, mais pour le début il suffit de prendre en considération les plus importants.

Les résultats d'analyses doivent être exprimés en éléments et non en oxydes comme cela se fait actuellement. Il est évident que les oxydes, en grande partie n'existent pas comme tels dans les sols, toujours riches en matières organiques et en matières vivantes. Dans ces matières, les éléments ne sont pas liés à l'oxygène en quantité appréciable.

Même dans l'analyse des roches, les oxydes ne donnent pas toujours une idée de leur composition avec une précision suffisante, par exemple quand les roches sont riches en chlore, fluor ou en sulfures. On commence depuis longtemps à ne pas représenter sous forme d'oxydes les données des analyses des eaux terrestres. En le faisant pour les sols, on augmente la teneur en oxygène à un degré que ne pouvons pas apprécier exactement.

L'oxygène est le seul élément chimique dont la détermination directe dans les sols présente de grandes difficultés. Cependant ces difficultés ne sont pas insurmontables. Tout de même l'évaluation indirecte de l'oxygène — basée sur la différence entre la somme de tous les éléments et le poids total du sol — est probablement d'un

ordre d'exactitude plus élevé que ses quantités maximales qui dérivent de la représentation de l'analyse par les oxydes.

Outre la détermination quantitative des éléments chimiques qui constituent les sols, il est important, au point de vue géochimique, de déterminer leur valence. La détermination exacte de la valence du fer, l'élément le plus important à ce point de vue, est entré en usage courant dans les analyses des roches et des minéraux. Je crois qu'il n'existe pas d'analyses de sols où l'état du fer soit déterminé. On le représente généralement à l'état de fer trivalent (Fe_2O_3). Il est certain que cela ne correspond pas à la réalité, car par exemple, dans la matière vivante et les matières organiques qui en dérivent, c'est le fer bivalent qui prédomine. La valence des atomes du fer dans les milieux des réactions terrestres a une importance énorme. La détermination de cette valence en relation à la fertilité du sol serait d'un grand intérêt.

11. Les éléments chimiques se trouvent dans les sols en trois milieux différents :

1. Dans la *partie squelettaire* du sol — les parties peu changées des roches mères — A.

2. Dans la *matière vivante* et ses *débris* plus ou moins décomposés — B.

3. Dans les concentrations nouvelles, formées dans les sols (peut-être toujours par les processus biochimiques) *minéraux vadoses des sols* plus ou moins stables — C.

La partie squelettaire — A — n'est pas en relation directe avec la chimie des sols. Elle correspond, dans la composition moyenne de l'enveloppe des sols, à la composition moyenne des roches sédimentaires et à celle des roches éruptives, prises en relations qui correspondent à leur distribution sur la surface terrestre.

12. Ce sont les compositions moyennes de C et B qui déterminent la chimie des sols. L'étude chimique de ces parties est le but principal de l'étude géochimique des sols.

La matière vivante — B — qui contient au moins 28 éléments chimiques, peut concentrer dans les sols les éléments suivants : B, C, N, O, H, F, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Cu, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se ?, Sr, Mo, Ag, Sn, Ba, Au ?, Pb, Bi, Li, Sc, Br, Rb, I, Cs, Ce, [Ce], [Y].

13. La partie C est la plus importante au point de vue de la géochimie. Elle embrasse les éléments chimiques dont les composés sont peu solubles dans les eaux terrestres et se concentrent dans les sols sous forme de dépôts, des minéraux vadoses.

En prenant en considération que les parties solubles des sols se concentrent par l'intermédiaire des rivières dans l'eau de mer, il est clair que les éléments qui restent dans les sols forment des concentrations — minéraux vadoses — sur les îles et les continents et ne se concentrent pas dans les roches sédimentaires d'origine marine.

Leurs composés ne passent dans les bassins océaniques qu'à l'état de poussières et de détritus en suspension.

Nous pouvons sous toutes réserves indiquer à présent la liste suivante de ces éléments :

C, N, F, Al, Si, P, S, K, Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni, Y, Zr, Sn, Sb ?, As ?, I ?, Ba ?, terres rares ?, Hf, Pb ?, Bi ?, Th.

La distinction et l'évaluation quantitative des éléments chimiques des parties A, B et C dans l'ensemble des sols et dans les types naturels des sols est un des problèmes actuels de la géochimie qui ne peut être résolu avant que la composition chimique moyenne des sols ne soit connue.

14. Sous toutes réserves je présente ici une ébauche de la composition moyenne des sols en me basant sur les données existantes. Cette composition correspond aux sols secs. L'introduction de l'eau — en augmentant la teneur en pourcentages de l'oxygène et de l'hydrogène, diminue la teneur de tous les autres éléments (sauf de C, N, S, Cl, I ?).

Composition moyenne des sols en décades des pourcents.

	Pour cents	Eléments.
I Décade	plus de 10^1	O, H, Al, Si
II »	$10^1 - 10^0$	C, Na, K, Ca ? Fe
III »	$10^0 - 10^{-1}$	N, Mg ? P, S, Cl ? Ti, Ba
IV »	$10^{-1} - 10^{-2}$	V, Mn ? Sr,
V »	$10^{-2} - 10^{-3}$	Li ?, Ni ?, Cu, Zn, Rb, Zr ?
VI »	$10^{-3} - 10^{-4}$	Cr ?, Co, I ?
VII »	$10^{-4} - 10^{-5}$	As, Th ?

Les éléments suivants ont été constatés dans les sols : U et ses dérivés, Ra ($n \times 10^{-12}$ %), Ga, Mo, Ag, Au, Sb, Pb, F, Be, B.

Il est certain que Bi, Se, Y, Sn, Br, Sc doivent y exister, car on les retrouve dans les organismes.

Prof. Dr. W. VERNADSKY. — **Sur l'analyse du sol au point de vue géochimique.**

RÉSUMÉ.

L'auteur indique l'importance pour la compréhension du mécanisme chimique de l'écorce terrestre (§ 5-6) de la connaissance de la composition chimique élémentaire moyenne des sols, représentant une constante chimique de notre planète (§ 3 s.). Il indique l'insuffisance des données existantes (§ 11). Dans le § 14 il donne un essai pour représenter la composition chimique moyenne des sols (enveloppe pédique de planète) — en *décades* de pourcents de poids, dont chacune se trouve être *dix fois* plus grande ou plus petite que la voisine.

Prof. Dr. W. VERNADSKY. — **Soil Analysis from the Geo-chemical Stand-point.**

ABSTRACT.

The author indicates the importance, for understanding the chemical mechanism of the earth's crust, of a knowledge of the average elementary composition of soils, and draws attention to the insufficiency of the existing data.

He gives a representation of the average chemical composition of soils in a weight-percent series, of which each is ten times greater or less than the one next to it.

Prof. Dr. A. A. J. VON SIGMOND.

Kir. József. Müegyetem Mezögazd. Chem.-Technologiai Laboratorium, Budapest.

ÜBER DIE PRAKTISCHE BEDEUTUNG DER DURCH VERDÜNNTE SÄUREN ZERSETZBAREN BODENPHOSPHORSÄURE.

An der Münchener Tagung der II. Kommission in 1914 (Zweiter Verhandlungstag den 24 April) wurde auf Prof. MITSCHERLICH's Antrag folgende Resolution angenommen :

« Man darf einer Bestimmung der leichtlöslichen Bodenstoffe nur dann endgültig eine pflanzenphysiologische land - resp. forstwirtschaftliche Bedeutung zusprechen, wenn der *pflanzenphysiologische Beweis* dafür erbracht ist, dass es gestattet, die unter bestimmten Bedingungen aufnehmbaren Pflanzennährstoffe quantitativ zu bestimmen ».

Ferner wurde auf Prof. RAMANN's Antrag folgende Anweisung für die Mitglieder der Kommission angenommen :

« 1) Die Kommission spricht sich dahin aus, dass die Bestimmung der leichtlöslichen Mineralstoffe des Bodens zunächst auf die Anwendung von dauernd mit Kohlensäure gesättigtem Wasser zu beschränken sei ».

« 2) Die Empfehlung einer bestimmten Methode zur Bestimmung der leicht löslichen Bodenstoffe ist zurzeit noch nicht spruchreif. Mitglieder der Kommission werden Untersuchungen anstellen, deren Resultate der nächsten Versammlung zur weiteren Beschlussfassung vorgelegt werden ».

Ich habe diese Beschlussfassungen unserer Kommission hier vorausgeschickt, um darauf hinzuweisen, dass ich natürlicher Weise diese Beschlüsse anerkenne, und als fernere Ziele unserer praktischen bodenkundlichen Arbeiten betrachten will. Ich will nicht zweifeln, dass man mit der Zeit nicht nur eine richtige pflanzenphysiologische Düngeranalyse, sondern auch eine auf fester pflanzenphysiologischer Grundlage stehende Bodenanalyse ausarbeiten wird können, und dann wird auch der Antrag MITSCHERLICH's nicht nur einen theoretischen, sondern einen wahrhaft praktischen Wert erreichen. Allein bis jetzt ist das, trotz mühevoller und strengstens wissenschaftlicher Arbeit MITSCHERLICH's und seiner Schule noch nicht geglückt. Auch denke ich den Grundgedanken O. LEMMERMAN's über eine kontinuirliche Extraktion des Bodens mit einem bestimmten Lösungsmittel, was u. a. auch RAMANN, für mit Kohlensäure gesättigten Wasserauszügen, an der Münchener Tagung unserer Kommission vorgetragen hat, wärmstens in unsere Studien aufnehmen zu wollen. Ich habe selbst einige Versuche in dieser Richtung ausgeführt, allein konnte ich die Versuche, der inzwischen kommenden unheilen Verhältnisse halber, nicht zum Abschluss bringen. Und der Ausspruch von RAMANN, welchen wir in München einstimmig angenommen haben, steht auch heute noch fest, dass nämlich : « die Empfehlung einer bestimmten Methode zur Bestimmung der leicht löslichen Bodenstoffe ist zurzeit noch nicht spruchreif ».

Der Boden ist nicht so ein einfacher Wachstumsfaktor, wie z. B. ein chemisches Düngemittel. Und es genügt auch nicht, den Boden einfach als einen leblosen Wachstumsfaktor zu behandeln. Im Boden obwaltet nicht nur eine *stetige Umwandlung physikalischer und chemischer Prozesse*, sondern der Boden ist der *Sitz lebhafter Lebenserscheinungen*, welche auf den Boden selbst einwirken, wie auch die physikalischen, chemischen und klimatologischen Eigenschaften und Verhältnisse des Bodens auf das Leben im Boden vielfach entscheidend sein können.

Man muss zuerst den Boden, und die im Boden obwaltenden Umsetzungen näher erforschen und dann werden wir nur die rätselhaften Erscheinungen des Bodens als Wachstumsfaktor richtig beurteilen und nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ bewerten können.

Wenn ich dennoch hier untersuchen will, die praktische Bedeutung der in verdünnten Säuren zersetzbaren Phosphorsäure, nochmals vorzuführen, geschieht das von zwei verschiedenen Gründen :

1) Möchte ich zeigen, dass man mit Hülfe dieser Methode schon jetzt einzelne *wenn auch grobe Merkmale über die Bodenphosphorsäure und ihrer Beziehung zur Pflanzenernährung erkennen mag*, welche in gegebenem Falle auch praktische Anwendung finden kann.

2) Möchte ich *auf die Vorteile der Anwendung einer verdünnten Mineralsäure gegenüber der Kohlensäure resp. der schwachen organischen Säuren das Augenmerk lenken.*

Ich habe schon vor mehr als 20 Jahren die Frage der Bodenphosphorsäure studiert [1]. Kam dabei zu einer Gesetzmässigkeit und einer Methode, welche ich seithin für praktische Aufgaben gut benützen konnte. Natürlich nicht in jener eleganten, mathematisch-exakten Weise, wie das MITSCHERLICH inauguriert und verlangt. Ich behaupte auch nicht, dass die Methode exakten quantitativen Aufschluss über die Löslichkeit resp. über den pflanzen-physiologischen Wert der Bodenphosphorsäure angibt. Allein ich betrachte den Boden so, wie der Arzt seinen Patienten. Ich stellte ihm Fragen, die zunächst sein Bewirtschafter, der seinen Boden am besten kennt, beantworten muss. Sodann bestimme ich den allgemeinen Charakter des Bodens und des Klimas, die Art und Weise der Bewirtschaftung, wenn möglich auch die ganze Entwicklungsgeschichte der heutigen Bewirtschaftung, die übliche Bearbeitung und Bepflanzung des Bodens, die Düngung etc. Aus all diesen Erfahrungen bekommt man *eine vorläufige Diagnose* und erfährt auch, *woran dem Boden bezüglich wirtschaftlicher Forderungen etwas fehlt.*

Nun werden Bodenprofile gegraben und Bodenproben genommen. Aus jenen wird der allgemeine chemische, resp. physikalische Charakter des Bodens, aus letzteren einzelne spezielle Verhältnisse beurteilt. So kann z. B. die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit, Kapillarität, Wasserhaltungskraft etc. oft gute und praktisch verwertbare Dienste leisten. In ähnlicher Weise kann auch die Bestimmung und Verteilung der Karbonate im Bodenprofil, das Basenaustauschvermögen wie die Zersetzung des Bodens mit starken resp. verdünnten Säuren nicht nur lehrreiche Aufklärungen über den chemischen Charakter des Bodens geben, sondern auch zu praktischen Düngungsfragen verwertbaren Folgerungen Gelegenheit bieten.

[1] Meine erste Abhandlung erschien in den Annales de la Science agronomique française et étrangères.

Ich will mich hier nur auf die praktische Bedeutung der durch schwachen Salpetersäure unter bestimmten Verhältnissen aufgelöste Bodenphosphorsäuren beschränken. Schon im Jahre 1904 habe ich meine grundlegenden Erfahrungen, welche ich an der *kgl. ungarischen Landesversuchsstation für Pflanzenbau in Magyaróvár* durchgeführt in ungarischer Sprache zusammengefasst [1] und kurzgefasste Berichte in deutscher, französischer und englischer Sprache publiziert [2]. Ich kann leider in diesem kurzen Referate nicht einmal den Leitfaden dieser Studien wiedergeben, ich kann nur hervorheben, dass mein Grundprinzip war, zunächst *die Zersetzbarkeit der Bodenphosphorsäure mit verschiedenen schwachen Säuren zu studieren*, sodann die erhaltenen Ergebnisse mit den an reinen Phosphorsalzen gewonnenen zu vergleichen. Sodann habe ich eine Gesetzmässigkeit bei der Zersetzbarkeit der Bodenphosphorsäure wahrgenommen, welche kurz mit folgendem Schaubild (Fig. 110) dargestellt werden kann:

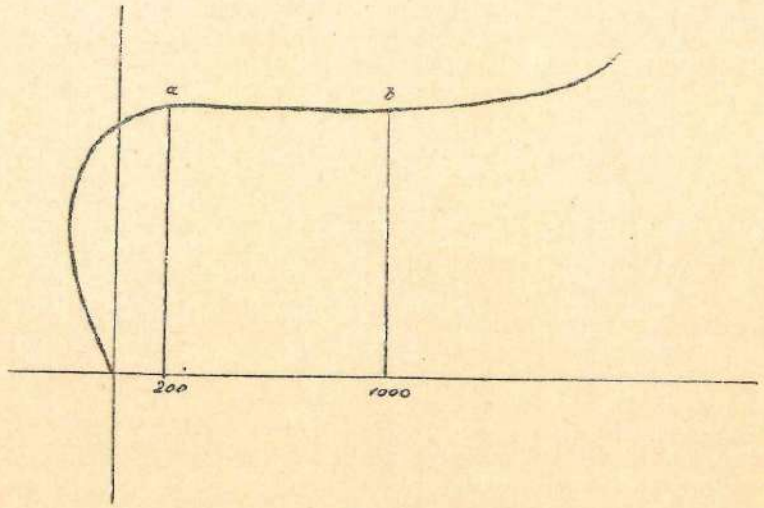

FIG. 110,

Kurve der Zersetzbarkeit der Bodenphosphorsäure.

In diesem Koordinaten System wurden die Endaciditäten der Bodenlösung in N_2O_5 mg. pro Liter auf die horizontale Ordinate, und die dabei gelöste Phosphorsäure in P_2O_5 mg. pro 100 g. Boden auf die senkrechte Abscisse aufgelegt und dem-

[1] DR. SIGMOND E. «A könnyen átsajátítható phosphorsav jelentösége és meghatározása talajaink trágyaszükségletének megállapitása czéljából». *Preisgekrönte Arbeit der Ungarischen Akademie d. Wissenschaften zu Budapest. Math. és Természettud. Közlemények XXIX. kötet 1. szám* 1906.

[2] DR. A. de SIGMOND: Expériences préliminaires pour déterminer dans la terre végétale, la partie dite assimilable de l'acide phosphorique. *Ann. d. Sc. Agron. française et étrangères.* T. II, 3^e Fasc. 1900 ferner: Méthode chimique pour déterminer la réserve dite assimilable de l'acide phosphorique dans la terre arable. *Daselbst*: 3^e sér. 1ère année, To II, 1906: Chemical Method for the Determination of the Available Phosphoric Acid in Soils. Jorn. of the American Chem. Soc. XXIX. S. 929, 1907. Ueber die praktische Bedeutung der chemischen Bodenanalyse. *Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich.* S. 581-603. 1907

entsprechend die der obigen Kurve ähnlichen Diagramme konstruirt. Aus dieser Darstellung geht hervor, dass anfangs mit zunehmender Stärke der Acidität der Bodenlösung auch die gelöste Menge Phosphorsäure zunimmt, sodann bei einer Grenze von etwa 200 mg. N_2O_5 Endacidität, bis mindestens 1000 mg. N_2O_5 Endacidität nichts mehr gelöst wird, um nachher wieder eher oder später mehr und mehr Phosphorsäure im Boden gelöst zu werden. Diese Regel, welche später auch in Tollen's Laboratorium (Göttingen) von JAMES HARVEY PETTIT bestätigt wurde [1] lässt vermuten, dass die Endazidität von 200-1000 mg. N_2O_5 *eine natürliche, wenn auch grobe Grenze* in der Zersetzbarkeit der Bodenphosphate darstellt.

Ferner habe ich mit etwa 52 verschiedenen Böden Ungarns Topfversuche nach folgendem Schema ausgeführt: O, P, N, K, PN, PK, PNK. Ausserdem hat die obengenannte Versuchsstation in verschiedenen Wirtschaften Phosphorsäuredüngungsversuche auf Freilandsparcellen ausgeführt, und von denselben Böden mir Proben zur chemischen Analyse verschafft. Im Ganzen habe ich 100 Böden untersucht und zwischen den Düngungsversuchen (incl. Vegetationsversuchen) und der gelösten Phosphorsäure folgende Regelmässigkeit gefunden:

Im allgemeinen hat es sich herausgestellt, dass Böden, welche in 100 g Boden mindestens 75-80 mg P_2O_5 in dieser leicht zersetzbaren Form enthielten, überhaupt weder bei den Vegetationsversuchen, noch bei Felddüngsversuchen eine praktisch rechenbare Phosphorsäurewirkung verrieten. Das wurde auch bei den oben erwähnten Versuchen von PETTIT bestätigt. Recht interessant sind hier die Bodenproben von dem permanenten E-Felde des landwirtschaftlichen Versuchsfeldes der Universität zu Göttingen. Namentlich enthielt die eine Parzelle seit 35 Jahren keine Düngung, die andere während dieser ganzen Periode jährlich eine Phosphorsäuredüngung. Der in obengenannter Weise durch verdünnte Salpetersäure gelöste Phosphorsäuregehalt des Bodens war in den Parzellen im Jahre 1908:

	Winterweizen Reihe —	Pferdebohnen Reihe —
Ungedüngt	27 7 mg P_2O_5	29.0 mg P_2O_5
mit P_2O_5 gedüngt	38.4 » »	38.4 » »

pro 100 g, trockenem Boden.

Zunächst ersieht man, dass alle Parzellen sehr reich an leicht zersetzbarer Phosphorsäure gewesen sind. Und tatsächlich wurde noch im Jahre 1908 keine Phosphorsäurewirkung beobachtet. Das steht also mit meiner oben angegebenen Regel in vollem Einklang. Bei der Parzelle mit P_2O_5 - Düngung finden wir noch eine erhebliche Erhöhung der leicht zersetzbaren Phosphorsäure, was damit zusammenhängt, dass der Boden mit P_2O_5 gedüngt jährlich ein Teil der Phosphorsäure des Düngers in leicht zersetzbarer Form zurückgehalten hatte.

Wenn wir nun zu den Böden, welche eine praktisch nennenswerte Phosphorsäurewirkung verrieten, zurück kommen, so habe ich gefunden, dass obzwar die oben angegebene Grenze von etwa 75-80 mg. P_2O_5 in keinem Falle erreicht wurde, jedoch der Gehalt an leicht zersetzbarer Phosphorsäure stetig wechselte. Und

[1] J. H. PETTIT: Beiträge zur Bodenanalyse. 1907. Göttingen.

namentlich fand ich, dass je *karbonatreicher resp. basischer der Boden war, im groben Durchschnitt umso mehr Phosphorsäure in einen leicht zersetzbaren Zustand der Boden enthält.*

Ich habe also die Böden nach der Basizität wie folgt gruppiert :

Gruppe	Basizität des Bodens mg N_2O_5 äquiv.	Mittelwert in mg P_2O	Maximalwert pro 100 g Boden
I.	200— 300	5.5	6.0
II.	300— 600	13.0	30.0
III.	600— 900	27.6	45.0
IV.	900— 4000	36.4	60.0
V.	4000—18100	49.1	70.0

Ich lasse zu, dass diese Gruppierung eine willkürliche und die Regel nur annähernd ausdrückende sein mag. Ich kann hier wieder nicht weiter in die Begründung dieser Gruppierung eingehen. Ich wollte nur damit die Beziehung der Basizität des Bodens mit der steigenden Menge der gelösten Phosphorsäare zum Ausdruck bringen. *Wieder eine Erscheinung, welche bis dahin für die Beurteilung der Bodenphosphorsäure nicht berücksichtigt worden ist.*

Und die Erklärung ist dem sehr einfach. Die Basizität der Böden wird durch die mit verdünnter Salpetersäure zersetzbaren basischen Bodenbestandteile verursacht. In den Böden, wo Kalkarmut obwaltet, sind die Bodenphosphate meistens als Eisenphosphate vorhanden, was ich unter anderem auch in einigen Proben direkt bestätigen konnte. Diese Phosphate sind an und für sich durch schwache Säuren schwer zersetzbar, und die Basizität dieser Böden rührt zumeist von den absorptiv gebundenen Basen her.

In den karbonatreichen Böden hingegen wird die Basizität grösstenteils von den Karbonaten bedingt, und die leicht zersetzbaren Bodenphosphate sind zumeist als Tricalciumphosphat vorhanden, welche durch die angewendete verdünnte Salpetersäure leichter zersetzt und gelöst werden, und für sich auch für die Pflanzenwurzeln viel zugänglicher wie die Eisenphosphate sind. Nun würde man vermuten, dass eben deshalb die Phorphorsäure der kalkreichen Böden besser aufnehmbar als der Kalkarmen Böden sein muss.

Dies ist auch der Fall, wenn wir reinen Tricalciumphosphat in kalkarmen Böden den Pflanzen darlegen. *Wenn wir aber Tricalciumphosphat in kalkreichen Böden den Pflanzen zugeben, so wird die Wirkung stark herabgesetzt, manchmal ganz vernichtet resp. zu einer negativen Wirkung gebracht.* Das haben u. a. die Versuche von KELLNER und BÖTTCHEN [1] ferner SÖDREBAUM [2] E. WEIN [3] und auch meine Düngungsversuche bestätigt [4]. Auch E. MITSCHERLICH hat neulich gefunden, dass durch die Zugabe von $CaCO_3$ die Wirkung des Tricalciumphosphats stark geschädigt wurde [5]. Die Erklärung liegt an der Hand, dass nämlich in Gegenwart von $CaCO_3$ die zersetzende Wirkung des kohlensäurehaltigen Bodenwassers, wie auch der Wurzelausscheidungen, je nach der Menge und Verteilung des $CaCO_3$ im Boden, geschwächt wird, und folglich die in Lösung gehende Phosphorsäuremenge auch herabgesetzt und den Pflanzenwurzeln nicht zugänglich wird. Ob hier noch eine Giftwirkung, wie das MITSCHERLICH vermutet, mit im Spiel kommt, will ich nicht bestreiten. Aber für die angeführten Fälle finde ich die näher nicht bestimmte Giftwirkung, *nicht notwendig.*

[1] *Deutsche Landw. Presse* XXVIII. S. 665, 1900.
[2] *Biedermann's Centrbl.* XXXII. S. 737 u. 745, 1903.
[3] Dr. O. LEMMERMANN : Die Düngerlehre S. 161.
[4] *Kisérletugyi Közl.* IX. Heft. 2, 1906.
[5] *Landw. Jahrbücher* S. 392, 1916.

Wenn es dem so ist, dann scheint mir hervorzugehen, *dass mit der Basizität die Aufnahmefähigkeit der Bodenphosphorsäure herabgedrückt wird.* Bei der Bestimmung der leicht zersetzbaren Phosphorsäure durch schwache Säuren wird die störende Wirkung der Karbonate, durch die zur Zersetzung derselben verwendete Mehrsäure aufgehoben, was eben im natürlichen Boden nicht der Fall ist.

Wenn wir diese Erscheinung vor den Augen halten, so wird auch die oben angegebene Regelmässigkeit nicht unverständlich.

Ich möchte aber nochmals hervorheben, *dass ich von Anfang an niemals daran dachte, weder behaupten wollte, dass die in dieser Weise gelöste Bodenphosphorsäure eben die Menge darstellt, welche von den Pflanzen aufgenommen wird, oder deren Menge mit der eben aufgenommenen Menge der Phosphorsäure durch die Kulturpflanzen, resp. die Ernteerträge in quantitativen Zusammenhängen steht.* Im Gegenteil, habe ich stets betont, dass so ein enger Zusammenhang schon darum nicht vorkommen kann, *da die Grösse der Ernten von verschiedenen anderen Wachstumsfaktoren mit bedingt wird,* und es kann auch vorkommen, dass ein Boden, trotzdem er relativ wenig Phosphorsäure in dieser Weise abgibt, dennoch keine Phosphorsäuredüngewirkung zeigt, da die obwaltenden anderen Verhältnisse die Wirkung der Phosphorsäuredüngung nicht zur Geltung kommen lassen.

Das war eben der Fall bei der Düngung der ungarischen Alkaliböden. Es war eine allgemein verbreitete Ansicht, dass diese sogenannten Szikböden an sich reich an Nährstoffen sind, nur ihr Salzgehalt verhindert das Fortkommen der Pflanzen. Als dann im Jahre 1900 die systematische Amelioration dieser Böden durch die oben genannte Versuchsstation begonnen wurde, hat man mich mit den bodenkundlichen und chemischen Studien dieser Arbeit betraut. Im Jahre 1905 habe ich dieselben Parzellen der Rieselwiese in Békéscsaba chemisch untersucht, wo gleichzeitig auch Düngungsversuche ausgeführt wurden ; denn man hat gefunden, dass die anfangs hohen Erträge der Wiese schon im dritten Jahre zurückgingen. Ich habe nun an dem Felde Nr. 17, wo damals die Phosphorsäuredüngung weder allein noch mit Stickstoffdüngung zur Wirkung kam, folgende Analysenwerte erhalten :

Basizität	3025 mg N_2O_5
in verd. HNO_3 lösl.	32 mg P_2O_5

für 100 g. trockenen Boden.

Laut der obigen Gruppierung musste ich folgern, dass der Szikboden arm an leicht zersetzbarer Phosphorsäure ist, und dass die Phosphorsäuredüngung wegen anderen Gründen nicht zur Wirkung gekommen ist. Das hat sich nach kurzer Zeit auch bestätigt. Denn in den darauf folgenden 9 Jahren wurden die Düngungsversuche fortgesetzt, und es stellte sich heraus, dass die Thomasschlacke für sich,

wie auch mit Chilisalpeter erhebliche Mehrerträge hervorgebracht haben. Die Gesamternte an Wiesenheu der 9 Jahre war wie folgt:

Parzelle ungedüngt	161.96	Doppelzentner
» gedüngt mit Thomasmehl . .	276.01	»
» gedüngt mit Thomasmehl u. Chilisalpeter	292.25	»

Ich habe auch gefunden, dass die meisten Szikböden arm an der in verdünnter Salpetersäure gelösten Phosphorsäure sind, und dass sie eben unter gewöhnlichen Verhältnissen keine Phosphatdüngung verlangen, rührt zumeist daher, dass sie in ihrer natürlichen Beschaffenheit, ohne Amelioration, stets nur sehr bescheidene Erträge abgeben. Wenn sie aber einmal durch die Bewässerung verbessert und in gute Fruchtbarkeit gebracht werden, so kann diese nur mit Phosphat- und Stickstoffdüngung aufrecht erhalten werden.

Im Jahre 1922 habe ich eine vernachlässigte moorige Wiese in Puszta-Berény untersucht. Die Analysen-Ergebnisse sind in Tabelle I zusammengefasst.

TABELLE I.

Benennung des Bodens			Basizität	Endazidität	P_2O_5 in 100 g lufttrockenem Boden
I a)	VIII.	Kassete	12.872	218	22
I b)	»	»	15.412	523	37
II a)	VI.	»	11.031	545	16
II b)	»	»	6.822	262	51
III a)	VII.	»	11.759	502	13
IV a)	IX.	»	11.405	632	5
IV b)	»	»	15.739	458	46
VI a)	V.	»	8.750	392	48
VII a)	III.	»	7.643	283	13

Aus diesen Angaben geht wiederum hervor, dass nicht nur der Obergrund (mit *a* bezeichnet), sondern auch der Untergrund (mit *b* bezeichnet) ziemlich arm an leicht zersetzbaren P_2O_5 sind. Tatsächlich haben die Düngungsversuche der Casette III, V, VII und VIII diese Feststellung bestätigt.

Aus alledem geht zur Genüge hervor, dass meine im Jahre 1904 zusammengestellte und auf 100 verschiedenen Bodenarten festgestellte Regel nicht willkürlich geschaffen ist, *sondern auch nachher stets auf sehr verschiedenen Bodenarten bestätigt wurde.* Wenn auch mein Verfahren theoretisch nicht allen Ansprüchen entspricht, wie das mir schon wiederholt vorgeworfen war, und wenn es auch nicht eine mathematisch exakte Berechnungsweise des Wirkungsfaktors für Bodenphosphorsäure ermöglicht, so hat es mir bis jetzt für praktische Zwecke gut gedient.

Ich möchte jetzt noch kurz auf die Frage eingehen, *weshalb ich einer verdünnten Mineralsäure gegenüber der Kohlensäure resp. den schwachen organischen Säuren einen Vorzug verschreibe?* — Zunächst sind es rein analytische Vorteile. Denn mit den verdünnten Mineralsäuren, und namentlich mit der Salpetersäure wird die

Bestimmung der Phosphorsäure sehr einfach und genau, was bei den organischen Säuren, besonders bei der so vielfach anempfohlenen Zitronensäure nicht der Fall ist. Mit der Kohlensäure steht die Sache etwas anders. Theoretisch hat sie den grossen Vorsprung, dass sie die einzige, in der Bodenlösung und Wurzelausscheidung allgemein anerkannte Säure darstellt. Allein die Sättigung einer Bodenlösung mit CO_2 für die Analyse von karbonatreichen Böden ist gar nicht so leicht, und in solchen Böden wird auch ihre Wirkung durch die Karbonate ziemlich eingeengt. Ich will nicht behaupten, dass diese Schwierigkeiten nicht aufgehoben werden können, aber auch dann scheint mir die verdünnte Salpetersäure, besonders für Böden, welche viel kolloidalen Ton enthalten, bequemer zu sein.

Ich habe mich auch überzeigen können, dass wenn ich durch eine Bodensäule von 50 g Boden täglich etwa 1000-1500 ccm. von einer n/10 HNO_3 — Lösung durchfiltrieren liess, die gelöste Phosphorsäure schon am dritten Tag sehr gering ausfiel wie das die Analysenwerte der Tabelle 2 näher bestätigen.

TABELLE 2.

Probenahme No.	Zeit der Abfiltrierung in St.	Menge der abfiltrierten Lösung in ccm	In 50 g lufttrockenen Boden Mezőhegyes ausgelaugt in Milligrammen P_2O_5	In 1000 ccm Lösung enthalten in Millimolen P_2O_5	Menge der abfiltrierten Lösung	Aus 50 g lufttrockenen Boden aus Keszthely ausgelaugt in Milligrammen P_2O_5	In 1000 ccm Lösung enthalten in Millimolen
1	24	1379	59.2	0.29	1176	31.1	0.23
2	24	1212	22.3	0.12	1471	15.0	0.071
3	24	1365	0.5	0.002	1337	3.6	0.018
4	24	1217	1.2	0.006	1146	2.8	0.016
5	48	1246	2.4	0.012	2463*	2.9	0.007
6	48	2119	5.7	0.019	2952	2.5	0.005
7	48	2599	2.5	0.006			
8	48	2341	2.8	0.008			
9	48	2374	1.1	0.007			
10	48	2220	0.2	—			
11	38	2083	1.4	0.004			

* Zeit der Abfiltrierung war 48 Stunden.

Ich will damit hinweisen, dass mit einer Mineralsäure, wie auch die Salpetersäure, das kontinuirliche Extrahieren auch bei strengen Tonböden ohne Schwierigkeiten vorgeht, was eben bei den schwachen organischen Säuren, oder bei dem mit CO_2 gesättigten Wasser nicht der Fall ist.

Wie nun diese Werte mit der pflanzenphysiologischen Wirkung zusammenhängen kann ich vorderhand nicht voraussagen. Ich möchte hier noch nur einige vergleichende Versuchsergebnisse mit einigen verschiedenen Lösungsmitteln tabellarisch mitteilen. Ich habe nämlich bei einigen Böden, die zur Bearbeitung meiner Salpetersäure-Methode dienten, auch einige bekannten Methoden von WOLFF, HILGARD, PETERMANN mit starker Mineralsäure angewendet und die in Tabelle 3 zusammengestellte Werte erhalten.

TABELLE 3.

Name des Bodens	Die in Lösung gegangene P_2O_5-Menge in mg. pro 100 g. trockenen Boden			
	nach v. 'Sigmond	nach Wolff	nach Hilgard	nach Petermann
1. Böden, bei denen keine nennenswerte Wirkung der P_2O_5 beobachtet wurde.				
Fáczenkert	76 (III)	—	430	243
Csanád Apácza	91 (IV)	195	95	—
Tihany (1-9)	136 (V)	284	—	—
Fekete Puszta, réttábla	136 (IV)	—	321	236
Suszta Vace	136 (IV)	267	—	—
2. Böden mit mässiger P_2O_5 Düngerwirkung (etwa 15-30 % Mehrertrag).				
Gavosdia	5 (II)	86	—	—
Kaposvár	21 (II)	—	182	—
Puszta Bashalom	24 (IW)	108	—	—
Bábolna B.	41 (III)	—	175	—
» C.	45 (III)	—	142	—
Mezöhegyes	55 (IV)	—	135	—
3. Böden mit guter P_2O_5 Düngerwirkung (etwa 31-50 % Mehrertrag).				
Cseberki	Spuren (II)	85	—	—
Jánosháza	» (IV)	111	—	—
Puszta Pél	5 (II)	143	24	33
Léva	13 (II)	110	—	—
Bábolna F	29 (III)	—	165	—
Pápa	31 (IV)	—	120	—
4. Böden mit starker P_2O_5 Düngerwirkung (etwa 51-100 % Mehrertrag).				
Cseberki	15 (II)	83	—	—
Kis-Bér	17 (III)	—	78	70
Puszta Somorja	34 (V)	—	173	80
Kalocsa	40 (V)	108	—	—
Magyaróvár	56 (V)	—	147	128
Magyaróvár	57 (V)	—	165	—
5. Böden mit sehr starker P_2O_5 Wirkung (über 100 % Mehrertrag).				
Hanság	25 (III)	108	—	—

Die in Klammer gesetzten römischen Ziffern geben die Gruppen der Basizität wie oben angegeben an

Man sieht aus dieser Zusammenstellung, dass die kochende cc. HCl wie sie WOLFF [1] vorschreibt, wie auch die cc. HNO_3 nach HILGARD [2] resp. die kalte Digestion mit cc. HCL nach PETERMANN [3] in ihrer Wirkung auf die Bodenphosphate keine näheren Beziehungen mit der Wirkung der von mir angewendeten verdünnten HNO_3 aufweist. Auch scheint keine nähere Beziehung zwischen der Düngerwirkung und der Analysen-Ergebnisse mit diesen starken Mineralsäuren zu bestehen.

In der Tabelle 4 habe ich nun meine Analysen-Ergebnisse, welche ich mit der Zitrat-Methode von PETERMANN [4] wie mit der Methode von 1 %iger Zitronensäure

[1] EMIL WOLFF's Anleitung zur Untersuchung landw. Stoffe IV Ausgabe von Dr. E. HASSELHOFF S. 29. 1899.
[2] *United States Dep. of Agriculture, Division of Chemistry*, Bull. No. 38. S. 80.
[3] A. PETERMANN: Recherches de chimie et de physiologie. Bd. III. S. 23.
[4] Daselbst, S. 26, 49 u. 50.

nach DYER [2] und mit der Methode von SCHLÖSING mit Wasser [6] erhielt zusammengestellt.

TABELLE 4.

Name des Bodens	Die leicht zersetzbare P_2O_5 Menge in mg. pro 100 g. trockenen Boden bestimmt			
	nach v. 'Sigmond	nach Dyer	nach Petermann	nach Schlösing
1. Böden ohne P_2O_5 Düngerwirkung.				
Fáczánkert	76 (III)	56	23 (9 %)	0.28
Tihany 1-8	136 (V)	126	—	—
Fekete Puszta, rétitábla	136 (IV)	44	12 (5 %)	0.17
Puszta Vacs	159 (IV)	155	—	—
3. Böden mit guter P_2O_5 Düngerwirkung (etwa 30-50 % Mehrertrag).				
Prószek	Spuren (II)	15	—	—
Puszta Pél	5 (II)	—	4 (12 %)	0.09
4. Böden mit starker P_2O_5 Wirkung (etwa 51-100 % Mehrertrag).				
Kis Bér	17 (III)	12	5 (7 %)	0.14
Puszta Somorja	34 (V)	37	11 (14 %)	5.13
Kalocsa	45 (III)	27	—	—
Magyaróvár	56 (III)	—	8 (6 %)	0.18
5. Böden mit sehr starker P_2O_5 Wirkung (über 100 %).				
Hanság	25 (III)	3	—	—

Die in Klammer gesetzten Prozentzahlen beziehen sich auf die Gesammt-Phosphatsäure gleich 100 gesetzt.

Am meisten wird hier die DYER'sche Methode der meinigen näher treten und auch mit den Düngungsversuchen nicht Gegensprüche hervorrufen. Die Werte sind durchwegs etwas niedriger, wie mit der verdünnten Salpetersäure und könnten vielleicht mit der Basizität kombiniert ebensogut Verwendung finden. Allein die Ausscheidung des Zitronensaurenkalkes bei kalkreichen Böden, sowie die Zerstörung der Citronensäure vor der Bestimmung der Phosphorsäure, macht die Bestimmung unbequem.

Nach diesen Erwägungen möchte ich als Ergänzung unserer oben zitierten Beschlüsse hinzufügen, dass bei dem Studium der leicht löslichen Bodenphosphorsäure die verdünnten Mineralsäuren, wie auch die Basizität des Bodens nicht ausser acht gelassen werden möge.

Prof. Dr. A. A. J. DE 'SIGMOND, *Budapest (Hongrie)*. — **La valeur pratique de l'acide phosphorique du sol soluble dans les acides dilués.**

RÉSUMÉ.

Le problème de la détermination pratique du taux assimilable de l'acide phosphorique dans le sol n'a pas encore été réalisable dans l'état actuel de notre science sur le sol. Mais cela n'empêche pas que certaines méthodes, examinées dans

[1] *Journ. of Chem. Society*. S. 141. 1894.
[2] TH. SCHLÖSING: Contribution à l'étude de la chimie agricole. Enayel. Chim. de Fremy, S. 125, 1888.

la pratique, puissent nous servir comme guide utile s'il s'agit des questions de fertilisant. Il y a plus de deux dizaines d'années que l'auteur a publié en diverses langues ses expériences avec une méthode chimique, dans laquelle il se sert d'un acide nitrique très faible pour diviser l'acide phosphorique du sol en deux parties: partie aisément décomposable par des acides faibles, et partie plus résistante à l'attaque des acides faibles. Puis il a trouvé par de nombreuses expériences de fertilisants, que cet acide décomposable par l'acide nitrique très faible, laisse entrevoir des limites pratiques pour juger si le sol est riche ou pauvre en acide phosphorique assimilable. Depuis ce temps un agronome américain, M. le docteur J. J. PETTIT, a vérifié les résultats de l'auteur à l'Université de Göttingen, et l'auteur lui-même ne cesse pas d'employer la méthode avec succès dans la pratique.

Il a trouvé aussi que, par une extraction permanente d'un sol avec un acide nitrique, n/10 HNO_3, l'acide phosphorique décomposable par cet acide faible était presque epuisé en 48 heures d'extraction et avec une quantité inférieure à 2 ½-3 litres de solution.

Il ressort aussi de ces expériences que l'acide nitrique très faible pourrait bien remplacer l'acide carbonique ou d'autres acides organiques dans des études semblables, car 1) le dosage analytique de l'acide phosphorique est plus simple, 2) la percolation de cet acide minéral ne se laisse pas déranger par des colloïdes du sol.

Mais en tout cas, si on travaille avec un acide pour extraire l'acide phosphorique utile par les plantes il faut se rendre compte de la basicité du sol, qui peut empêcher la décomposition des phosphates du sol soit par les eaux du sol, soit par les racines ou bactéries.

Proposition.

Dans les études cooperatives de la IIème Commission sur l'acide phosphorique utile pour les plantes la Commission envisagera, outre l'eau saturée d'acide carbonique, l'acide nitrique très faible et prendra en considération la basicité du sol.

Prof. A. A. J. VON 'SIGMOND, *Budapest (Hungary)*. — **The practical Value of easily soluble Phosphoric Acid in Soil.**

ABSTRACT.

The problem of an accurate determination of the amount of available phosphoric acid in the soil, has not yet been solved, however, certain practical methods may guide us in the case of fertilisers. More than twenty years ago, the author published in several languages, a chemical method, in which he makes use of very weak nitric acid in order to divide the phosphoric acid of the soil into two parts: the first part being easily soluble in weak acids, the other part being more resistant. From other fertilizer experiments he concludes that this acid, soluble in very diluted nitric acid, indicates a practical limit to judge if the soil is rich or poor in available phosphoric acid. Since then an American scientist, Dr. J. J. PETTIT, has verified the author's results, at the University of Göttingen, and the author himself always makes use of his method.

He also has found that in a permanent soil extraction with n/10 nitric acid, the soluble phosphoric acid was almost entirely dissolved after 48 hours of extraction with no more than 2 ½-3 litres of solution.

These experiments also show that very weak nitric acid might very well replace carbonic acid or other organic acids in this type of work, because (1) the analytical determination of phosphoric acid is simpler; (2) the percolation of this mineral acid is not disturbed by the soil colloids.

But in every case, when using an acid for the extraction of available phosphoric acid, it is necessary to determine the basicity of the soil, while this may hinder the decomposition of the soil phosphates by the soil-water, by the roots and by bacteria.

Proposition.

In the co-operative studies of the IInd Commission on available phosphoric acid, the Commission will consider the use of very weak nitric acid next to the use of water saturated with carbonic acid, and will also take into account the basicity of the soil.

Dr. D. J. HISSINK

Groningen, Holland.

DIE METHODE DER PHOSPHORSÄUREBESTIMMUNG IM BODEN

A. *Bestimmung der säurelöslichen Phosphorsäure.*

12.5 g. des lufttrocknen und feinzerriebenen Bodens werden während 5 Stunden vorsichtig auf kleiner Flamme in Platinschale geglüht (dann und wann umrühren), in einen 250 cc. Kolben geschüttelt und mit 150 cc HNO_3 (12 ½ %) während 75 Minuten in einem Glyzerinbade (Siedepunkt 105 Gr. Celcius) gekocht (Kolben wiederholt umdrehen). Beim Stossen des Kolbens wird das Glyzerin mit etwas H_2O verdünnt Nach dem Kochen unter Hinzufügen von etwas Wasser abkühlen, 5 cc konzentrierte H_2SO_4 beifügen, schnell abkühlen, Wasser bis der Marke zufügen, mischen und filtrieren. In 50 cc des Filtrates wird die Phosphorsäure mit 50 cc Sulfatmolybdenreagens (nach Lorenz) präzipitiert und am folgenden Morgen durch Neubauer-Tiegel abfiltriert, mit NH_4NO_3 und Aceton ausgewaschen und während einer halben Stunde in Vacuum getrocknet.

B. *Bestimmung der zitronensäurelöslichen Phosphorsäure.*

55 g. des nicht-geglühten, lufttrocknen, fein-zerriebenen Bodens werden unter wiederholtem Schütteln während 48 Stunden mit 500 cc 2 %-Zitronensäure-Lösung bei Zimmertemperatur digeriert. Bei $CaCO_3$-haltigen Böden wird 500 cc einer entsprechend stärkeren Zitronensäure-Lösung angewendet 200 cc (Böden mit mehr als 5 % $CaCO_3$ 100 cc) werden in Porzellanschale auf dem Wasserbade eingedampft und mit 5 × 10 cc HNO_3 (S. G. = 1.4) destruiert. Um das Spritzen vorzubeugen, darf das Wasserbad nicht zu stark kochen. Das Residuum wird in 10 cc HNO_3 von 10 % und heissem Wasser gelöst und warm in einen Becherglas

filtriert, im Becherglas auf dem Wasserbade bis ungefähr 15 cc eingedampft, 35 cc H_2SO_4-HNO_3-Lösung (Lorenz) hinzugefügt, und in der Kochhitze mit 50 cc Sulfatmolybden-Lösung (Lorenz) die P_2O_5 präzipitiert.

Die relative Löslichkeit der P_2O_5 = 100 B : A.

Dr. D. J. Hissink, *Groningue* (Pays-Bas). — **Dosage de l'acide phosphorique du sol.**

A. *Le dosage de l'acide phosphorique, soluble à l'acide.*

12.5 g. de sol, séché à l'air et finement pulvérisé, sont doucement calcinés pendant 5 heures sur une petite flamme, dans une capsule de platine (agiter de temps à autre). On les verse ensuite dans une fiole de 250 cc. avec 150 cc. NO^3H (12 ½ %) et on les fait bouillir pendant 75 minutes dans un bain de glycérine (point d'ébullition 105° C.) en agitant souvent la fiole. Dans le cas où l'ébullition se ferait avec secousses, on dilue la glycérine avec un peu d'eau. Après l'ébullition on laisse refroidir en ajoutant un peu d'eau, et on ajoute 5 cc de SO^4H^2 concentré ; on refroidit brusquement et on ajoute de l'eau jusqu'au trait de jauge, on mélange et on filtre. Dans 50 cc. du filtrat on dose l'acide phosphorique en précipitant avec le réactif au sulfomolybdate (selon la methode Lorenz) ; on filtre le lendemain sur un creuset-filtre en porcelaine, on lave avec du nitrate d'ammoniaque et du acétone, et on sèche une demi-heure dans le vide.

B. *Dosage de l'acide phosphorique, soluble à l'acide citrique.*

55 g. de sol non-calciné, séchés à l'air et finement pulvérisés sont digérés pendant 48 heures avec 500 cc. d'une solution d'acide citrique à 2 %, à la température ordinaire. Pour les sols calcaires on emploie 500 cc. d'une solution convenablement plus concentrée.

200 cc (pour les sols contenant plus de 5 % de CO^3 Ca : 100 cc) sont évaporés à sec dans une capsule de porcelaine au bain-marie ; ensuite on ajoute 5 fois 10 cc NO^3 H (p. sp. = 1.4) pour détruire la matière organique. Pour éviter des pertes par éclaboussement le bain-marie ne doit pas bouillir trop fortement. On dissout le résidu dans 10 cc de NO^3H à 10 % et de l'eau chaude et on filtre à chaud dans un verre. On concentre au bain-marie jusqu'à environ 15 cc. ; on ajoute 35 cc du mélange SO^4 H^2 — NO^3 H (selon Lorenz) et à l'ébullition encore 50 cc de solution sulfo-molybdate (selon Lorenz) pour précipiter P^2 O^5.

La solubilité relative des P^2O^5 = 100 B : A.

Dr. D. J. Hissink, *Groningen* (*Holland*). — **Estimation of Phosphoric Acid of Soil.**

A. *The estimation of phosphoric acid, soluble in acid.*

12.5 gm. of soil, air-dried and finely pulverised, are gently calcined for 5 hours over a small flame, in a platinum capsule, being stirred at intervals. The soil is then transferred to a 250 cc. flask, with 150 cc. HNO_3 (12.5 %) and boiled for 75 minutes in a glycerine bath (boiling point 105° C), the flask being frequently shaken.

In case of boiling causing bumping, the glycerine is diluted with a little water. After boiling it is allowed to cool, and then 5 cc. of concentrated H_2SO_4 are added ; it is again cooled quickly and water added to make up to the original volume, mixed and filtered. The phosphoric acid is estimated in 50 cc. of the filtrate, precipitating with sulphomolybdate reagent (Lorenz method) ; the next day the liquid is filtered in a china crucible-filter, washed with ammonium nitrate and ketone, and dried for half an hour in a vacuum.

B. *Estimation of phosphoric acid, soluble in citric acid.*

55 gm. of soil, non-calcinated, air-dried and finely pulverised, are dissolved for 48 hours with 500 cc. of a 2 ½ solution of citric acid at room temperature. In the case of calcareous soils, 500 cc. of a more concentrated solution are used.

200 cc. (for soils containing more than 5 % Ca CO_3, 100 cc.) are evaporated to dryness in a china basin over a water bath ; then is added, five times, 10 cc. HNO_3 (s. g. = 1.4) in order to destroy organic matter. In order to avoid loss by spirting, the waterbath should not boil too strongly. The residue is dissolved in 10 cc. of 10 % HNO_3 and some hot water, and filtered hot into a beaker. The liquid is concentrated over a water-bath to about 15 cc. ; 35 cc. of a mixture of H_2SO_4 and HNO_3 (Lorenz method) are then added, and, when boiling, 50 cc. of sulphomolybdate solution (Lorenz method), in order to precipitate the P_2O_5.

The solubility of the P_2O_5 = 100 B. A.

A. Grégoire,

Directeur de la Station de Chimie et de Physique agricoles de l'État, Gembloux, Belgique.

CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE LA SOLUBILISATION DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE DU SOL.

Si les travaux de de Saussure, Wiegemann et Polstorf, Liebig, Boussingault, Knop, etc. (1) ont montré péremptoirement que la plante met en œuvre pour son développement des éléments minéraux déterminés qu'elle doit trouver dans le sol, le mécanisme intime de cette absorption est encore inconnu. De bonne heure, on a constaté analytiquement que le sol ne renferme que des proportions infimes de ces éléments nutritifs sous forme soluble dans l'eau et, conséquemment, susceptibles de passer immédiatement dans l'organisme végétal par osmose à travers les poils radicaux des racines. Dès lors, on a pensé que la plante doit nécessairement procéder à une espèce de digestion des éléments minéraux qu'elle doit s'approprier et qu'elle secrète à cette fin, par ses racines, des acides organiques qui solubilisent les éléments minéraux indispensables. Cette action semblait démontrée par la sélection, tant qualitative que quantitative, qu'opère la plante parmi les éléments du sol, et surtout, par les résultats fournis par l'expérience de Sachs (2). Les racines de plantes se développant au contact d'une plaque de marbre polie y inscrivent leur passage par une corrosion bien nette de la surface. Cette théorie a été longtemps

admise et, récemment B. DYER, (3) dans l'étude de la méthode d'analyse des sols qu'il a proposée, a commencé par titrer l'acidité des racines de plantes appartenant aux familles les plus diverses.

Cependant, toutes les tentatives en vue de l'isolement et de la caractérisation de ces acides émis par les racines ont fourni des résultats négatifs. Ces résultats ont conduit nombre de physiologistes et de chimistes agricoles, entre autres TH. SCHLOESING fils, KOSSOVITCH, STOCKLASA, ABERSON, MITSCHERLICH, (4) à se rabattre sur l'acide carbonique dont l'action dissolvante sur certaines substances minérales est bien connue depuis longtemps.

Puis sont venues des données plus précises sur la nature même des substances acides, données qui dérivent de la théorie électrolytique d'ARRHÉNIUS. Un acide est un corps qui fournit à l'eau dans laquelle il est dissous des ions H et sa force dépend de la proportion d'ions H qu'il produit pour une concentration donnée (5).

Dans la solution aqueuse qui existe dans le sol sous la forme de films entourant chaque grain de terre, il ne peut évidemment intervenir que des acides très faibles, à peine dissociés malgré leur grande dilution, qu'il s'agisse de l'acide carbonique ou d'acides organiques comme l'acide acétique. Dans ce cas, la teneur de la solution en ions H est donnée approximativement par la formule:

$$(H^{\cdot}) = \sqrt{k \,.\, (A)}$$

A) désignant la concentration de la solution en moléculegramme par litre et k le coefficient de dissociation. Comme il s'agit en l'occurrence de concentrations très faibles, o, ool ou o, oool normales, on arrive à des teneurs en ions H très réduites.

Ce n'est pas tout, car dans le sol la solution de l'acide hypothétique ne peut être pure. Une portion plus ou moins considérable de cet acide doit être neutralisée par des bases alcalines ou alcalino-terreuses, c'est-à-dire par des bases fortes. Les sels ainsi formés agissent évidemment comme tampon vis-à-vis de l'acide dont la force se trouve diminuée. Celle-ci est alors donnée par la formule :

$$(H^{\cdot}) = k \frac{\text{(Acide libre)}}{\text{(Ton acide)}}$$

Certes, la plante n'agit pas vis-à-vis du sol nourricier de la même façon que le chimiste analyste qui traite sommairement par ses réactifs la masse entière de la matière ; par ses poils radicaux, elle se met en contact intime avec un certain nombre de films liquides qui entourent les particules terreuses. Comme d'après les résultats obtenus par ACH. MUNTZ (6), la diffusion est extrêmement lente dans le sol, chacune de ces particules, avec son film, constitue un système plus ou moins totalement isolé qui est, par cela même, beaucoup plus sensible à une action éventuelle de la plante. Néanmoins, d'après les considérations théoriques qui précèdent, et comme la titration directe des ions hydrogène dans les solutions aqueuses contenues dans les sols agricoles a montré que ces solutions sont ou légèrement alcalines ou à peine acides, il est permis de penser avec ABERSON, (7) que l'augmentation de la concentration en ions hydrogène que pourrait produire une émission par les racines d'un acide organique ou d'acide carbonique est bien insuffisante pour expliquer la mise en solution des éléments minéraux biogéniques. Ces déductions paraissent confirmées par une

constatation faite il y a lontemps déjà par TH. SCHLOESING fils, (8) ; la teneur en acide carbonique de l'eau employée pour extraire l'acide phosphorique d'un sol n'a que peu d'influence sur la solubilisation de cet élément, tant que la teneur de la solution en chaux est en rapport avec la tension de l'acide carbonique.

Il faut mentionner ensuite le changement qui s'est opéré dans les idées relativement à la constitution même du sol et à la nature des minéraux qui fournissent les éléments nutritifs à la végétation.

Jusque dans ces derniers temps, ces éléments étaient étudiés et classés minéralogiquement. A la suite de ses travaux sur l'adsorption, VAN BEMMELEN (9) est arrivé à cette conclusion que les espèces minéralogiques qu'il groupe sous l'appellation générale de complexe B et que le microscope permet de reconnaître facilement dans le sol, sont tellement peu solubles qu'elles n'interviennent que peu ou point dans la nutrition végétale. Mais à côté de ce complexe B, le sol contiendrait un complexe A formé par des éléments à l'état colloïdal et des substances fixées adsorptivement par ces derniers. C'est dans ce complexe que les plantes trouveraient leur alimentation. Ces idées sont admises depuis plusieurs années par les chimistes agricoles hollandais et par un certain nombre de chimistes étrangers et notamment par TH. SCHLOESING fils, RAMANN et J. DUMONT, (10) qui donne au complexe A le nom d'enduits.

La détermination de la quantité d'éléments nutritifs qu'un sol donné met à la disposition de la végétation présenterait un haut intérêt pratique ; elle permettrait de rendre la fumure rationnelle et de la proportionner aux besoins réels de la végétation. Aussi a-t-elle préoccupé activement les chimistes agricoles dès que l'importance des éléments nutritifs minéraux a été reconnue. Les travaux effectués dans cette voie sont pour ainsi dire innombrables, et extrêmement diverses, les conclusions qui en sont résultées. Ce sont naturellement les échecs successifs de ces propositions qui ont amené les changements dans les idées qui viennent d'être mentionnés relativement au mécanisme de l'absorption des éléments nutritifs par la plante.

On s'est d'abord adressé à la détermination de la teneur globale du sol en chacun des éléments biogéniques. Cette méthode s'est rapidement montrée comme étant sans valeur, hors du cas limite de l'absence totale d'un élément.

Dans la suite, pensant imiter la plante et établir une distinction entre la partie des éléments qui se trouve dans le sol sous forme facilement soluble et celle qui est si résistante qu'elle ne peut jouer aucun rôle dans l'alimentation végétale, on a attaqué le sol par des dissolvants plus ou moins énergiques. C'est ainsi, pour ne citer que quelques noms, que COULOMB-PRADEL (11) emploie l'acide nitrique dilué, JOULIE l'acide nitrique à 0,05-0,1 et 1,25 % ; SCHLŒSING, DE SIGMOND et les Stations agronomiques américaines le même acide à 1 % ; OPITZ et le Service géologique prussien, l'acide chlorhydrique à 10 % ; B. DYER, l'acide citrique à 1 % ; J. KÖNIG le même acide à 2 %, GERLACH l'acide oxalique à 1 %, DEHÉRAIN l'acide acétique à 1 % et MITSCHERLICH l'eau saturée d'acide carbonique.

Tout cela porte l'estampille de l'empirisme. Il faut, en outre, remarquer que, d'après les données de la Physico-chimie, tous les acides n'agissent que d'après la proportion des ions *H* qu'ils fournissent à leur solution ; pour tous, l'action est

qualitativement la même. Il n'y a guère d'exception que pour les acides organiques, qui étant susceptibles de former des ions complexes avec l'oxyde de fer, peuvent agir d'une manière différente sur les combinaisons de cet ion.

Les auteurs qui ont étudié ces méthodes comparativement aux essais de culture sont parfois parvenus à relever une certaine corrélation entre les résultats fournis par les deux séries de recherches. Tel est notamment le cas de DE SIGMOND quand il a fait intervenir en même temps que les teneurs en acide phosphorique soluble, les teneurs en chaux et en oxyde de fer et celui de B. DYER quand il a opéré sur les sols de Rothamsted soumis depuis longtemps à une culture sans restitution. Mais, en fait, il s'agit là de cas très particuliers comme celui de Rothamsted ou de corrélations trop incertaines pour servir de bases à des applications pratiques. C'est ce qui explique pourquoi ces méthodes n'ont eu aucun succès.

Il convient cependant de faire une place à part parmi les méthodes qui recourent à l'extraction du sol par une solution acide, à celle indiquée par TH. SCHLŒSING fils. Celui-ci a reconnu que les combinaisons d'adsorption se dissolvent dans une solution d'acide nitrique dont la concentration finale ne dépasse pas 1 à 2 dix-millièmes N^2O^5, tandis que celles qui font partie intégrante des éléments minéralogiques ne commencent à se dissoudre qu'à partir d'une acidité de 1/1000e environ.

De cette revue succincte des études qui ont été faites sur la question, on doit conclure qu'il règne encore une très grande incertitude sur la nature des combinaisons minérales dans lesquelles la plante puise les éléments nutritifs qui lui sont indispensables, sur la façon dont elle s'approprie ces éléments et, comme conséquence, sur la méthode à mettre en œuvre pour en déterminer la proportion dans le sol. Si l'on veut aboutir, il paraît donc nécessaire de reprendre l'étude sur de nouvelles bases, en s'éclairant des données actuelles de la Physico-Chimie.

C'est dans le but de contribuer à cette étude que nous avons entrepris depuis plusieurs années de rechercher selon quelle loi se dissout dans l'eau l'acide phosphorique du sol et les facteurs qui influent sur cette dissolution. Cette étude a déjà été entamée de divers côtés: SCHLŒSING père l'envisageait en 1870 et SCHLŒSING fils a publié sur la question de très importantes études. On doit citer aussi des recherches du Bureau of Soils du Ministère de l'Agriculture des Etats-Unis (12).

Nos recherches ont nécessité l'étude de nouvelles méthodes d'analyse et nos résultats sont encore incomplets, spécialement en ce qui concerne la dissolution de la chaux concomitante de celle de l'acide phosphorique. Tels qu'ils sont à ce moment, ils peuvent cependant présenter un certain intérêt.

I.

RELATION ENTRE LA SOLUBILITÉ DANS L'EAU DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE DU SOL ET LA PROPORTION D'EAU UTILISÉE POUR LA DISSOLUTION.

Cette question, qui a été touchée incidemment déjà par SCHLŒSING fils, présente un intérêt considérable.

On admet généralement que les cristalloïdes mis en présence d'une quantité quelconque d'eau, fournissent, dès que l'équilibre est établi entre les phases solide et liquide, des solutions de concentration bien déterminée, caractéristique pour

chaque corps, et variable seulement avec la température et la pression. Ce principe n'a cependant pas une validité absolue. On doit mentionner l'exception prévue par la théorie et confirmée par des recherches de HULETT (13) et relative aux substances finement divisées qui possèdent un coefficient de solubilité plus élevé que si elles se trouvaient en fragments plus gros. Il faut probablement faire une exception aussi pour les corps très peu solubles dont les solutions très diluées sont totalement dissociées. D'après MICHAÉLIS ces solutions seraient très fortement influencées par une faible variation de la concentration en ions hydrogène.

Quoi qu'il en soit, en adoptant le principe courant, on arrive à des conclusions bien déterminées si l'on considère un mélange de plusieurs combinaisons d'un même ion et si l'on fait varier dans de larges mesures la proportion du dissolvant. Quand la proportion de celui-ci est faible, la combinaison la plus soluble se dissout seule tant qu'elle est en excès et le titre de la solution reste constant. Si l'on augmente le volume du liquide après que cet excès a disparu, la teneur de la solution diminue proportionnellement à la dilution jusqu'à atteindre le coefficient de solubilité de la combinaison la plus soluble qui reste. Si l'on continue la dilution, la concentration demeurera de nouveau fixe tant qu'il y aura un excès de cette seconde combinaison et ainsi de suite. Les phénomènes d'équilibre peuvent apporter quelques troubles dans le processus, mais dans son ensemble la courbe de dissolution de l'élément envisagé doit présenter une suite de paliers.

Telle devrait être, semble-t-il, la courbe de solubilité de l'acide phosphorique du sol qui se présente sous la forme de phosphate tricalcique amorphe, d'apatite, de phosphate de fer, de phosphate d'alumine, voire de combinaisons organiques pour autant que celles-ci produisent des ions phosphatés. Les ions complexes doivent fournir évidemment des séries séparées, qui peuvent ainsi apporter quelques perturbations dans la forme de la courbe de solubilité.

La question se présente tout autrement pour les combinaisons d'adsorption; leur dissolution s'opère selon une règle totalement différente de celle que suivent les cristalloïdes. Il existe, dans ce cas, une relation bien définie entre les concentrations de la substance adsorbée dans la phase solide et dans la phase liquide (14). Cette relation est exprimée par la formule suivante qui est purement empirique:

$$\frac{X}{M} = k \cdot C^n$$

dans laquelle X représente la quantité de substance adsorbée dans la masse adsorbante M, C la concentration de cette même substance dans la solution et k et n deux coefficients numériques. Ces deux coefficients ont des significations très différentes: n, toujours plus petit que l'unité, indique la stabilité de la combinaison d'adsorption laquelle est d'autant plus forte que n est plus petit, et k est un coefficient de proportionnalité. Il faut ajouter, toutefois que certains physico-chimistes n'attribuent qu'une valeur relative à cette formule. Pour NERNST, (15) la présence des deux coefficients permettrait de l'appliquer à toutes les conditions et pour DUCLAUX, elle ne serait valable qu'entre des limites bien déterminées.

Ces manières très différentes de se comporter des combinaisons cristalloïdes et des combinaisons d'adsorption doivent permettre de déterminer la nature des

combinaisons phosphatées qui se dissolvent quand on met le sol en contact avec l'eau.

Nous avons, en conséquence, traité différents sols avec des quantités croissantes d'eau distillée.

Comme sols, nous avons choisi deux limons glaciaires, l'un en très bon état de culture, prélevé dans la ferme de l'Institut agronomique, l'autre épuisé par une mauvaise culture (Gembloux, lieu dit « La Bouteille »), un sol pauvre provenant de la désagrégation des schistes siluriens (Culot) et un sable tertiaire récemment mis en culture (Campine, Merxplas).

Ces sols séchés à l'air, on été passés au tamis de un m/m, puis intimement mélangés. On en a ensuite pesé des quantités telles qu'en y ajoutant un volume d'eau distillée suffisant pour les analyses, on ait, en tenant compte de l'eau contenue dans la prise d'essai, les rapports suivants entre la terre sèche et l'eau :

1 : 5 - 10 - 20 - 50 - 100 - 300 - 700 - 1000 - 10000 et 100000.

Cette dernière relation a été obtenue en mettant 0,5 gr de terre en présence de 50 litres d'eau.

L'eau distillée employée avait été produite par l'appareil du laboratoire qui est muni d'une colonne rectificatrice arrêtant les vésicules de vapeur. Elle était très pure. Sa teneur en $P^2 O^5$ n'était que 1,6 millième de milligramme (mmgr) par litre, mais elle était sensiblement saturée d'acide carbonique. Son p H, déterminé colorimétriquement, était de 5,3. Dans les conditions de l'essai, il eût été difficile, si pas impossible, d'écarter totalement cette impureté.

Le mélange d'eau et de sol, placé dans un flacon bouché à l'émeri, a été mélangé avec soin, puis abandonné au repos dans un local à température constante jusqu'à dépôt aussi complet que possible. La réaction de TYNDAL n'a cependant jamais complètement disparu des solutions obtenues. Le dépôt a surtout été défectueux dans la terre de La Bouteille à cause de la faible teneur de celle-ci en électrolytes.

Le dépôt étant réalisé, on a pipetté ou siphoné la quantité nécessaire de la solution claire. Les solutions les plus concentrées ont été suffisamment diluées afin de pouvoir être soumises au titrage.

Pour la solution la plus diluée, on a opéré sur un litre que l'on a évaporé à siccité dans un ballon en verre d'Iéna à large goulot, placé incliné sur le bain-marie. L'évaporation doit se faire à température modérée, sinon il se produit facilement des pertes en acide phosphorique.

Au début de nos essais, nous suivions la méthode de dosage décrite par SCHREINER et FAILYER du Bureau of Soils de Washington (16), bien qu'elle soit peu sensible. Cet inconvénient et la réquisition du platine par l'armée allemande nous ont ensuite fait adopter la méthode POUGET et CHOUCHAK (17) qui est basée sur la formation de phosphomolybdate de strychnine. En remplaçant la strychnine par la quinine, on obtient un réactif plus sensible et se conservant durant des mois. La méthode ainsi modifiée et l'appareillage utilisé ont été décrits ailleurs.

Bien que les résultats fussent, en général, d'une concordance très satisfaisante, les déterminations ont été répétées un grand nombre de fois afin d'obtenir des moyennes aussi exactes que possible. Ces moyennes, exprimées en millièmes de milligram-

Acide phosphorique.

Rapports Terre/Eau 1 :	En solution			Adsorbé		k M
	Par litre	Log	Par gr. de terre	Par gr. de terre	Log	
TERRE DE L'INSTITUT						
0,343	3 466	3,53983	1,20	1098,8	3,04060	486
5	2 649	3,42308	13,25	1086,8	3,03582	494
10	2 242	3,35064	22,42	1077,6	3,03262	498
20	1 906	2,28012	38,12	1061,9	3,02612	499
30	1 600	3,20312	48,00	1052,0	3,02202	503
50	1 506	3,17783	75,30	1024,7	3,01072	493
100	1 043	3,01828	104,30	995,7	2,99813	497
300	515	2,71181	104,50	946,0	2,97589	507
700	374	2,57287	261,80	839,9	2,92428	468
1.000	307	2,48714	307,00	794,6	2,90015	448
10.000	40,5	1,60746	405,00	711,0	2,85187	491
100.000	6.59	0,81889	659,00	601,0	2 77887	498
					Moyenne . . .	489.5
					Erreur probable d'un résultat	± 11,0
TERRE DE LA BOUTEILLE						
0,33	370,0	2,56820	0,1	599,9	2,77808	332
5	280,0	2,44716	1,4	598,6	2,77714	341
10	251,0	2,39967	2,5	597,5	2,77634	344
20	183,2	2,26293	3.7	596,3	2,77546	354
50	174,1	2,24079	8,7	591,3	2,77181	353
100	124,7	2,09587	12,5	587,5	2,76901	363
1000	32,2	1,50786	32,2	569,4	2,75542	402
10000	12,8	1,10721	128,0	488,0	2,68842	378
100000	4,32	0,63549	432,0	328,0	2,51587	302
					Moyenne . . .	352
					Erreur probable	± 17,9

Acide phosphorique.

Rapports Terre/Eau 1 :	En solution			Adsorbé		k M
	Par litre	Log	Par gr. de terre	Par gr. de terre	Log	
			TERRE DU CULOT			
	mmg		mmg	mmg		
0,33	506	2,70415	0,2	799,8	2,90298	429
5	400	2,60206	2,0	798,0	2,90200	438
10	295,6	2,47070	3,0	797,0	2,90146	451
20	235,6	2,37218	4,7	795,3	2,90053	461
50	197,6	2,29579	9,9	790,2	2,89774	466
100	172,6	2,23704	17,3	783,5	2,89376	468
1000	60,2	1,77960	60,2	741,4	2,87005	492
10000	16,5	1,21748	165,0	651,0	2,18136	492
100000	4,27	0,63043	427,0	533,0	2,72673	461
					Moyenne . . .	462
					Erreur probable ±	13,9
			TERRE DE MERXPLAS			
0,33	1151	3,06108	0,4	799,6	2,90287	395
5	1029	3,01662	5,2	794,8	2,90026	397
10	979	2,99078	9,8	790,2	2,89773	397
20	852	2,93044	17,0	783,0	2,89376	399
50	780	2,89210	39,0	761,0	2,88138	391
100	695	2,84198	69,5	730,7	2,86374	380
300	395	2,59650	118,5	682,0	2,83378	375
1000	150	2,17609	150,0	651,6	2,81398	395
10000	33	1,51851	330,0	486,0	2,68664	343
					Moyenne . . .	386
					Erreur probable ±	11,8

mes de P^2O^5 par litre, sont consignées dans les tableaux suivants. Le premier résultat provient d'une seconde série d'essais, (Voir plus loin).

Une simple inspection de la colonne où sont portées les teneurs des solutions en P^2O^5 montre que ces teneurs ne sont fixes à aucun moment et pour aucune des 4 terres étudiées, mais qu'elles vont constamment en diminuant avec l'augmentation du rapport entre l'eau et le sol. D'autre part, les quantités de P^2O^5 passées en solution par unité de poids de terre augmentent régulièrement avec ce même rapport. D'après cette constatation, il est peu probable que dans les sols étudiés, il existe différentes combinaisons phosphatées se dissolvant successivement.

Afin de rendre ces résultats plus explicites, on les a traduits dans le diagramme ci-contre, (fig. 111) du moins les plus intéressants d'entre eux, car un diagramme com-

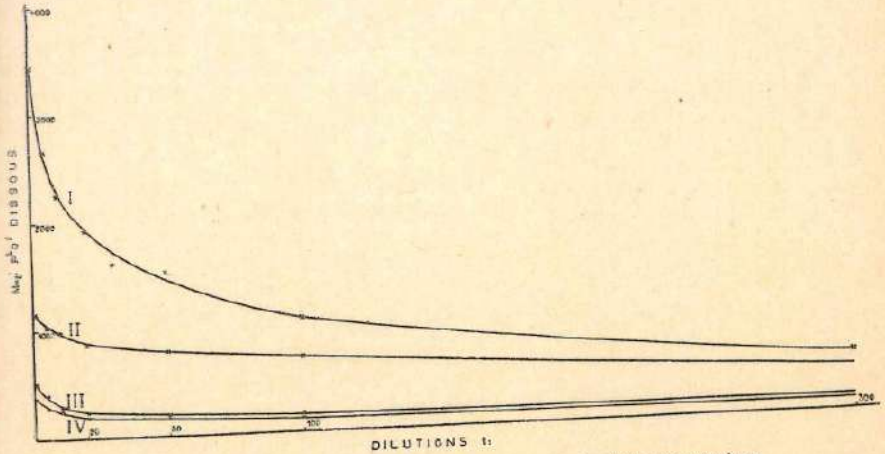

FIG. 111. — Diagramme de la solubilisation de l'anhydride phosphorique.

plet offrirait de grandes difficultés d'exécution à cause de ses dimensions. Dans ce diagramme, les dilutions se trouvent portées en abscisses et les teneurs des solutions en ordonnées. Les courbes ainsi obtenues sont parfaitement régulières et ne présentent nulle trace des paliers qui devraient exister si un ou plusieurs cristalloïdes phosphatés s'étaient dissous. Au contraire l'allure générale de ces courbes fait immédiatement penser aux courbes d'adsorption.

Avant d'examiner jusqu'à quel point cette analogie existe, il convient de noter l'énorme différence que les quatre courbes présentent entre elles selon le degré de fertilité du sol auquel elles correspondent. La comparaison des sols de l'Institut et de la Bouteille, qui appartiennent à la même formation géologique, est surtout frappante. La première se tient notablement au dessus de la seconde et son point aux grandes concentrations est beaucoup plus marqué.

La formule donnée ci-dessus pour les combinaisons d'adsorption peut se mettre sous la forme :

$$k\,M = \frac{X}{C^n}$$

Dans cette formule C, la concentration des solutions, est seule connue. Nous ignorons la quantité d'acide phosphorique mise en jeu dans le phénomène d'adsorption éventuel, car il est impossible d'y comprendre P^2O^5 de l'apatite et d'autres combinaisons cristallines. Il en est de même de la masse adsorbante M agissant dans le sol ainsi que des coefficients k et n. En rapportant P^2O^5 passé en solution à l'unité du poids de terre, la valeur k M devient constante pour une terre donnée. Si l'on écrit alors :

$$\text{Log } k\,M = \text{Log } x - \frac{\text{Log } C}{n}$$

cette expression représente une ligne droite. Conséquemment, en portant les log C en abscisses dans un système d'axes rectangulaires, (fig. 112), il est possible d'obtenir

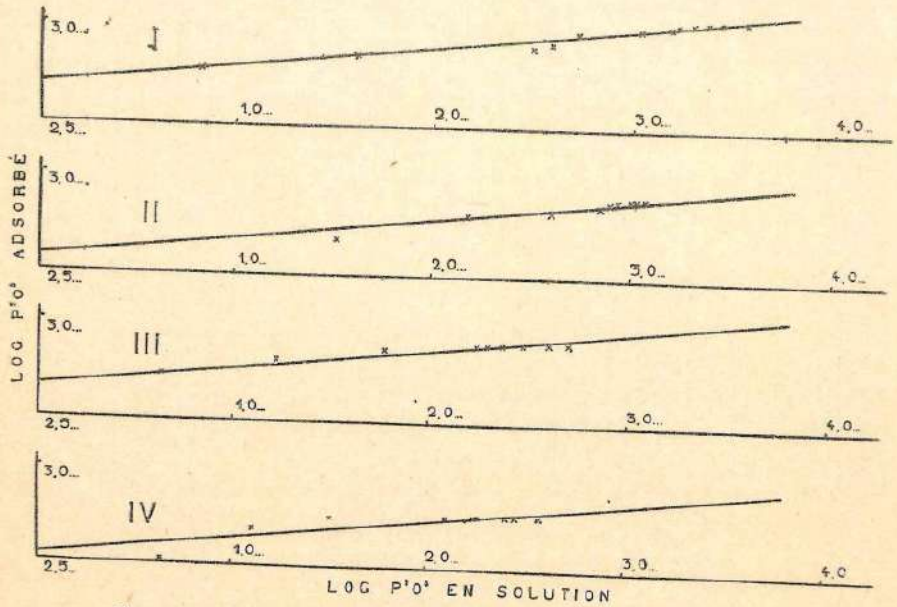

FIG. 112. — Diagrammes de la solubilisation de l'anhydride phosphorique.

les valeurs approchées de k M et de Q, la quantité de P^2O^5 mis en jeu dans l'adsorption, en prenant celles qui fournissent une ligne droite quand les x sont inscrits en ordonnées. Q est égal à x augmenté de C. Volume. La valeur de Log k M est donnée par la distance qui sépare du point d'origine des coordonnées le point d'intersection de la ligne droite avec l'axe des ordonnées. Le même diagramme fournit n qui est représenté par l'angle formé par la droite avec l'axe des abscisses.

Dans cette détermination, il faut naturellement compter avec les erreurs expérimentales dont l'action peut être très forte si Q est faible. La correction qui doit être faite aux grandes dilutions pour la quantité de P^2O^5 fournie par l'eau distillée (1,6 mmg. par litre) apporte également des perturbations. Cette correction a été faite en augmentant du montant de l'apport, la quantité d'acide phosphorique mis

en jeu. Pour le sol de l'Institut, Q est élevé et les déterminations particulièrement nombreuses, conditions favorables à une bonne détermination de Q et de n. En fait, on constate une bonne concordance des résultats. Celle-ci est moins satisfaisante ailleurs, particulièrement pour le sol de la Bouteille.

Les valeurs de Q ainsi déterminées sont réunies dans le tableau suivant, et mises en regard des teneurs totales en P^2O^5.

Acide phosphorique pour mille de terre.

	Total	Adsorbé	
		Valeurs absolues	Pour % P^2O^5 total
Institut	2,05	1,100	54
Bouteille	1,12	0,600	54
Culot	2,31	0,800	35
Merxplas	0,845	0,800	95

La teneur en P^2O^5 adsorbé varie exactement comme la fertilité des sols alors qu'il n'existe aucun rapport entre cette fertilité et l'acide phosphorique total.

La comparaison des deux limons est surtout instructive. Leurs richesses en P^2O^5 devaient être assez semblables à l'origine, tandis qu'à l'heure actuelle, celui qui a été bien cultivé renferme 0,93 pm de P^2O^5 en plus que l'autre, soit pour une couche de 20 centimètres d'épaisseur, 2,850 kilos par hectare. Cet apport correspond pour les 60 années de bonne culture à un excès annuel des importations sur les exportations de 47 kilos, valeur qui paraît admissible. Comme la proportion de l'acide phosphorique adsorbé par rapport à l'acide phosphorique total reste la même dans les deux sols, il faut admettre que l'acide phosphorique laissé par les fumures s'est partagé exactement de la même manière entre le complexe colloïdal et les formes cristallines. On peut rappeler à ce sujet d'anciens résultats de Stoklasa (18) ; l'action de H^3PO^4 sur le carbonate de chaux donne du phosphate tricalcique.

Pour le sol du Culot, bois défriché depuis relativement peu de temps, la teneur en P^2O^5 total est très élevée, mais la fraction sous forme adsorbée est très minime. Ce fait doit être attribué à une culture défectueuse.

Quant au sol de Merxplas, où pour ainsi dire tout l'acide phosphorique a été apporté par les fumures, celui-ci a été fixé par adsorption.

Cependant de nouvelles recherches paraissent nécessaires pour permettre des conclusions sur ces différents points.

Si nous passons maintenant à n, nous constatons qu'il est très probable que sa valeur est la même dans tous les sols, qu'elle ne doit pas s'écarter sensiblement de 0,1 et qu'elle correspond ainsi à une fixation très énergique. C'est certes là une donnée qui est connue d'une manière générale depuis longtemps, mais une détermination exacte peut avoir des conséquences heureuses en autorisant un pas en avant. Cependant des essais plus nombreux permettront seuls de préciser cette valeur.

Comme on l'a vu ci-dessus, k M est déterminé par le diagramme, mais nous l'avons calculé également en adoptant pour Q et n les valeurs ci-dessus. Les résultats de ce calcul sont portés au tableau général qui précède. Comme le montre l'erreur

probable affectant un résultat, qui se maintient en dessous de 3 %, la concordance est des plus satisfaisantes pour toute l'étendue de la courbe.

Les résultats ne permettent pas une détermination, même approchée, des valeurs à attribuer au coefficient k et à la masse adsorbante active. Cette dernière détermination paraît cependant, à première vue présenter une réelle importance. En effet, la masse adsorbante constitue le substratum dont la plante dispose pour son approvisionnement en acide phosphorique. Si ce substratum fait défaut ou s'il existe en trop faible proportion, la quantité disponible de cet élément nutritif sera insuffisante. En conséquence, le sol ne pourra être réellement amélioré que par un accroissement de cette masse adsorbante.

On peut dire à priori que cette masse adsorbante n'a que peu ou point de rapport avec l'argile colloïdale. Le sol de Merxplas ne contient que des traces d'argile colloïdale, le limon de l'Institut est assez riche en ce constituant qui est encore mieux représenté dans le sol très pauvre de la Bouteille. Il est donc probable, comme le pensent de nombreux chimistes agricoles et notamment J. DUMONT, que ce sont surtout des substances organiques qui remplissent ce rôle. Ces substances organiques possèderaient donc, pour l'approvisionnement de la plante en acide phosphorique, une importance considérable et aussi essentielle que pour l'alimentation azotée.

L'ancienne théorie de l'humus contenait, d'après ceci, un grand fond de vérité. Les faits sur lesquels elle était basée étaient parfaitement exacts et, seule, leur interprétation était erronée.

Toutes les constatations rapportées ci-dessus imposent la conclusion que les combinaisons phosphatées du sol qui se dissolvent dans l'eau se comportent exactement de la même façon que les combinaisons d'adsorption.

II.

RAPPORT ENTRE LA SOLUBILISATION DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE ET CELLE DE LA CHAUX.

L'acide phosphorique du sol qui se dissout dans l'eau est évidemment combiné avec des bases et spécialement avec la chaux. Il était donc nécessaire de rechercher si celle-ci se dissout selon la même règle que l'acide phosphorique. Dans ce but, la chaux a été déterminée dans les solutions obtenues dans l'essai précédent concurremment avec l'acide phosphorique. Malheureusement, la méthode de CLARK, qui a été employée à cette fin sur les indications du Bureau of Soils et après une vérification un peu trop sommaire, ne nous a fourni que très peu de résultats utilisables. Elle manque à la fois de sensibilité et de précision. Nous avons été obligés d'étudier une méthode colorimétrique spéciale et après d'assez longs essais, nous sommes arrivés à un procédé, basé sur l'insolubilité de l'oléate de calcium, au moins comparable à celui appliqué pour $P^2 O^5$. Ce procédé a été décrit ailleurs (19).

Toute cette partie de notre travail est donc à reprendre. Cependant quelques résultats obtenus avec les solutions les plus concentrées, pour lesquelles la méthode de CLARK conserve une valeur réelle, prouvent que la chaux du sol se comporte d'une façon tout à fait analogue à celle de l'acide phosphorique. Seulement, le coefficient est notablement plus fort pour la chaux, de sorte que la courbe de dissolution de cet élément, qui part d'un point beaucoup plus élevé que celle de $P^2 O^5$, se rapproche rapidement de cette dernière.

La chaux joue donc un rôle essentiel dans l'économie de l'acide phosphorique du sol et il est impossible d'étudier cette dernière sans l'envisager.

Nous devons nous borner ici à ces quelques indications générales.

III.

LA MARCHE DE LA DISSOLUTION DE L' ACIDE PHOSPHORIQUE DU SOL.

Si les courbes de dissolution de l'acide phosphorique trouvées précédemment sont pleines d'enseignement sur les propriétés des combinaisons phosphatées du sol, elles ne présentent cependant pas un intérêt immédiat pour la Physiologie végétale, à part, cependant, leur point d'origine qui provient d'ailleurs de la présente série. La plante explore, en effet, par ses racines les films aqueux entourant les particules de terre, dans lesquels le rapport de l'eau au sol est plus étroit que dans les conditions où les courbes précédentes ont été obtenues. En second lieu, l'arrivée d'un poil radical dans un film doit apporter des perturbations dans la composition de la solution, tandis que dans l'essai précédent il s'agissait d'un équilibre statique. Si donc on désire obtenir des indications sur ce qui se passe à l'intérieur du film, il est nécessaire de procéder autrement. Voici la méthode que nous avons employée à cette fin.

Le sol, préparé comme pour les essais précédents, a été soumis à une lixiviation dans des conditions qui se rapprochent le plus possible de celles dans lesquelles la plante opère. On s'est servi d'entonnoirs cylindriques de 50 mm. de diamètre intérieur sur 100 mm. de longueur. Cette partie est raccordée par un cône d'angle très faible à une douille de 20 mm. de diamètre, longue de 150 mm. et légèrement rétrécie à son extrémité. On place à cette extrémité et par l'intérieur, un petit bouchon en caoutchouc perforé, soigneusement lavé et recouvert d'un petit morceau de mousseline. Dans l'entonnoir ainsi préparé, on verse d'abord 150 gr. de sable quartzeux blanc, à grains de diamètre supérieur à 0,2 mm., préalablement lavé à l'acide sulfurique et à l'eau et soigneusement séché. Ce sable étant bien tassé par tapotement et égalisé, on verse dans l'entonnoir 25 gr. de la terre étudiée, puis après un nouveau tassement, 50 gr. de sable. L'entonnoir ainsi rempli est placé sur un support en bois et reçoit par 24 heures 25 cc. d'eau distillée déversée d'une manière régulière et continue.

Cette eau est répartie par le sable supérieur et les films qui se forment dans ce dernier, la transmettent à la terre sous-jacente et, de là, au sable inférieur. Celui-ci étant dépourvu de pouvoir capillaire, la laisse écouler régulièrement par l'orifice du bouchon. Les films ainsi constitués forment un réseau continu ; aussitôt qu'une goutte d'eau tombe à la surface, une autre goutte s'échappe à la partie inférieure de l'entonnoir. Les solutions obtenues sont parfaitement limpides, même pour les sols pauvres en électrolytes. D'autre part, des mesurages ont établi qu'environ 1/3 de l'espace lacunaire du sol reste rempli d'air. Cette teneur correspond à ce que les agrologistes désignent sous le nom de saturation minimum. Tout se passe donc comme si chaque grain était lavé très lentement. Cependant, l'épaisseur de la couche, qui est réduite à environ 10 mm., empêche que des changements très brusques apparaissent dans la composition de la solution obtenue.

Le déversement régulier d'une aussi faible quantité d'eau n'est pas facile à obtenir à cause de l'action des phénomènes capillaires. Après des tâtonnements assez nombreux, voici le système simple qui nous a donné toute satisfaction.

Le liquide à déverser est logé dans une fiole bien cylindrique et de diamètre approprié (fiole de pharmacien). Cette fiole est munie d'un petit siphon à branches à peu près égales. La longue branche plonge dans un petit tube fermé à la partie inférieure et de longueur convenable. Ce tube est placé dans un second tube ouvert aux deux bouts, mais étiré à la partie inférieure. On comprend que si ces deux tubes sont abaissés, le niveau dans la fiole se maintiendra toujours au niveau du bord supérieur du tube intérieur qui forme déversoir.

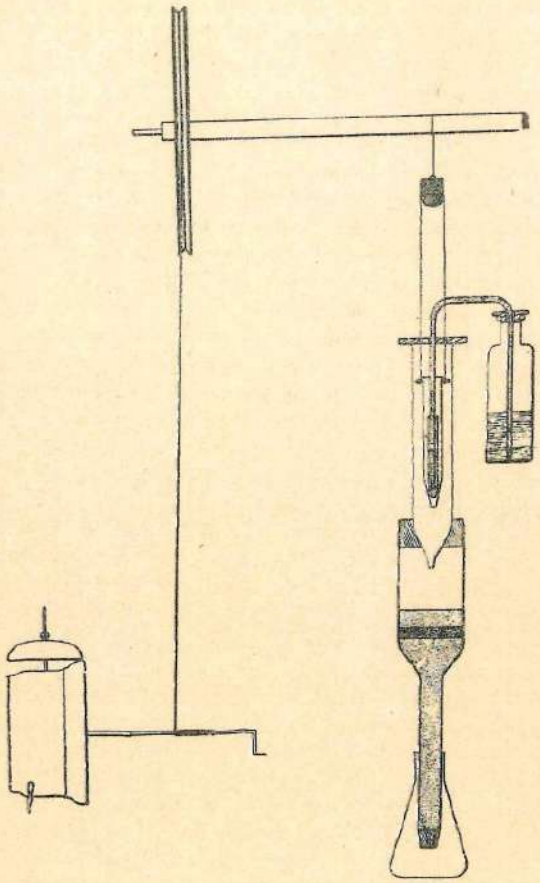

FIG. 113. — Appareil pour la détermination de l'anhydride phosphorique.

Pour obtenir ce mouvement, le tube extérieur est suspendu par un fil à un treuil dont le mouvement est réglé par une simple horloge (un réveil matin suffit), au moyen d'un petit treuil réducteur de vitesse. En variant les diamètres des poulies et des treuils, il est facile de régler le débit avec une grande précision. Les variations de ce débit peuvent être maintenues dans des limites de ± 2 %. Il est possible de monter sur le treuil un nombre considérable d'appareils qui sont ainsi contrôlés par une seule horloge. Nous avons pu employer ce système pour opérer le déversement journalier de 50 litres de solution nutritive sur des cultures. Le croquis ci-contre (fig. 113) suffit pour faire comprendre ce montage qui peut être réalisé au laboratoire.

Chaque portion de 50 cc. du liquide filtrant était recueillie séparément et soumise à un examen comportant les dosages de P^2O^5 et de Ca O. Comme dans l'essai précédent, ce dernier dosage a été effectué par la méthode de CLARK, mais comme il s'agissait de solutions suffisamment concentrées, la plupart des résultats conservent une réelle valeur. Le tableau suivant réunit les moyennes fournies par trois essais parallèles et pour les dix opérations successives effectuées.

Ils sont exprimés en millimilligrammes par litre.

N° d'ordre	Institut		Bouteille		Culot		Merxplas	
	P^2O^5	CaO	P^2O^5	CaO	P^2O^5	CaO	P^2O^5	CaO
1	3 466	172 000	370	25 000	506	43 500	990	14 000
2	3 134	50 000	238	9 000	733	17 600	1 016	10 000
3	4 620	28 000	250	8 600	651	10 900	1 200	5 000
4	4 254	20 000	210	10 000	575	6 200	1 070	4 000
5	5 110	17 000	360	9 000	432	3 200	1 118	3 600
6	3 966	14 000	440	9 000	555	3 200	1 098	2 000
7	3 774	11 600	324	6 600	538	2 000	1 094	2 000
8	2 926	17 000	324	6 600	483	2 000	1 118	2 000
9	3 214	15 000	396	5 000	450	1 400	972	1 000
10	2 974	12 000	392	5 000	450	1 400	990	1 000
Totaux	37 426	356 600	3 308	93 800	5 373	91 400	10 626	44 000

Les quatre sols étudiés présentent donc des différences énormes quant à la teneur en P^2O^5 et en CaO des solutions qu'ils fournissent quand la quantité d'eau employée correspond au pouvoir de saturation minimum.

En représentant par 100 les teneurs fournies par le sol de l'Institut, qui se trouve en excellent état de culture, on obtient les valeurs relatives suivantes :

100 100 9 26 14 26 28 12

Le classement ainsi obtenu est identique à celui qui correspond à la productivité des sols. Particulièrement intéressante à ce point de vue est la comparaison des deux limons. Celui qui a été soumis à une mauvaise culture fournit à l'eau moins de 1/10e de la quantité d'acide phosphorique qui est soluble dans le limon riche. (Institut).

Une différence très nette se marque ainsi entre les sols très fertiles et les sols épuisés.

La marche de la dissolution de l'acide phosphorique n'est pas régulière comme le montre une simple inspection des valeurs fournies par le sol le plus fertile. La proportion d'acide phosphorique qui se dissout va d'abord en augmentant avec la prolongation du lavage, puis elle diminue ensuite lentement. Les valeurs proportionnelles obtenues en faisant égales à 100 les teneurs constatées lors de la première opération feront mieux voir l'importance de cette augmentation. La teneur maximum en P^2O^5 est ainsi :

Institut	147
Bouteille.	119
Culot	146
Merxplas.	127

Le phénomène paraît donc général, mais avant de l'examiner de plus près, il est nécessaire de mentionner les résultats fournis par une lixiviation de longue durée (23 juin au 22 septembre) dans laquelle deux litres d'eau ont été employés. Les

teneurs en P^2O^5 des solutions obtenues ont diminué très régulièrement. Le dernier prélèvement a donné en mmg. par litre :

Institut	1037 mmg.	ou 30 %	de la teneur originelle
Bouteille	89 »	ou 24 %	» »
Culot	89 »	ou 18 %	» »
Merxplas	723 »	ou 73 %	» »

Les trois premiers sols se comportent d'une manière très analogue tandis que le sable humeux de Merxplas montre une diminution moins accentuée de la teneur en P^2O^5.

Enfin on peut se demander si la quantité d'acide phosphorique mis en dissolution par la lixiviation régulière ou par la digestion est la même. Le tableau suivant indique pour différents rapports du sol au dissolvant les quantités de P^2O^5 (en mmg.) dissous par gramme de sol traité :

Rapport Terre : Eau	Institut		Culot		Merxp as	
	Digestion	Lixiviation	Digestion	Lixiviation	Digestion	Lixiviation
1 : 10	22,4	36,8	3,0	4,1	9,8	15,8
1 : 20	38,1	68,6	4,7	6,3	17,0	30,1
1 : 50	75,3	110,0	9,9	15,9	39,0	63,9

Un résultat manquant empêche de donner les valeurs pour le sol de la Bouteille. Sans aucun doute, on doit conclure que la même proportion d'eau enlève au sol plus d'acide phosphorique quand elle est employée par lixiviation que lorsqu'elle agit par digestion.

Revenons maintenant à nos résultats primitifs et examinons comment se comporte la chaux qui, comme nous l'avons vu précédemment, exerce une grande action sur la solubilisation de l'acide phosphorique. En considérant les résultats des épuisements, on trouve les rapports suivants, entre les quantités de chaux et d'acide phosphorique dissous.

Institut	1 : 9,5
Bouteille	1 : 28,3
Culot	1 : 17,0
Merxplas	1 : 4,4

Si la chaux se dissout donc avec plus d'intensité que l'acide phosphorique, il est toutefois impossible de trouver un rapport fixe entre ces deux valeurs. Il est cependant nécessaire de noter que ce rapport est maximun pour le sol le plus pauvre.

La marche que suit la dissolution de la chaux est très différente de celle qui a été vue ci-dessus pour l'acide phosphorique. Le premier prélèvement est, en effet, caractérisé par une teneur massive en chaux. On y retrouve les proportions suivantes de la chaux enlevée par les dix lavages :

Institut	48,2 %
Bouteille	26,6
Culot	47,6
Merxplas	31,8

Ce départ intense de la chaux au début de la lixiviation doit évidemment avoir pour conséquence une profonde modification des conditions d'équilibre entre les différents éléments adsorbés et le dissolvant et il est permis de rapporter à cette cause l'augmentation de la dissolution de P^2O^5 lors des lavages subséquents. Le phénomène présente ainsi une certaine analogie avec la déminéralisation du squelette chez les animaux, qui débute également par une forte perte en chaux, pour se continuer par une élimination de l'acide phosphorique, lorsque l'alimentation est physiologiquement acide.

Les différences rapportées ci-dessus entre les quantités d'acide phosphorique dissoutes par le même volume d'eau pour un même poids de terre selon qu'elle agit par digestion ou par lixiviation trouvent dans cette constatation une explication très simple et tendent à confirmer notre supposition.

Afin d'obtenir d'autres confirmations et en même temps de rechercher l'influence éventuelle des substances salines employées comme engrais sur la solubilisation de l'acide phosphorique du sol, nous avons opéré plusieurs séries de lixiviations en remplaçant l'eau pure par des solutions renfermant 2/1000èmes d'équivalent par litre, concentration que fournit pour un sol à 30 % d'eau, l'application de 200 kilos de sel par hectare.

Pour abréger, nous ne donnerons que les valeurs globales relatives obtenues pour les essais, celles fournies par l'eau pure étant faites égales à 100.

	Institut		Bouteille		Merxplas	
	P^2O^5	CaO	P^2O^5	CaO	P^2O^5	CaO
Eau pure	100	100	100	100	100	100
$NaNO^3$	95	132	70	127	75	167
NaCl	98	122	80	144	82	135
KNO^3	72	173	48	285	47	393
KCl	72	155	56	300	50	245
K^2SO^4	72	202	51	468	50	407
$(NH^4)^2SO^4$	74	148	58	282	69	251
$Ca(NO^3)^2$	58	198	59	352	31	727
$CaSO^4$	61	201	39	365	28	747
$MgSO^4$	60	178	45	377	35	649

D'une manière absolument générale, on constate que tous les sels essayés réduisent la teneur de la solution en P^2O^5 et augmentent la teneur en CaO et que ces deux actions sont approximativement inversement proportionnelles. On doit conséquemment conclure que la dissolution de l'acide phosphorique dépend dans une large mesure de la teneur de l'eau du sol en chaux.

Cette action de la chaux est des plus intéressantes, car elle fournit une explication extraordinairement simple du mécanisme de l'absorption de l'acide phosphorique du sol par la plante. Dès qu'un poil radical se met en contact avec un film aqueux entourant une particule de terre, les phénomènes osmotiques qui s'établissent immédiatement abaissent la concentration de la chaux dans l'eau formant ce film, car l'intérieur des racines contient des acides (oxalique ou autres) dont les sels calciques sont peu ou point solubles. Par cela même, tout comme dans nos lavages et

d'une manière plus marquée, la solubilité de l'acide phosphorique se trouve augmentée dans une proportion plus ou moins considérable et rapprochée de la teneur optimale pour la végétation. D'après les résultats obtenus par le Bureau of Soils et par nous-mêmes, cette valeur optimale se trouverait dans les environs de 7-10 mgr. P^2O^5 par litre (20).

En fait, dans les conditions dans lesquelles nous avons opéré et où la netteté du phénomène est certainement diminuée dans une mesure assez considérable par l'épaisseur encore forte de la couche de terre, la teneur de la solution en P^2O^5 est montée dans la bonne terre de l'Institut à 5 milligrammes par litre.

Pour la terre de Merxplas, cette concentration maximum n'est que de 1,3 mgr. Cette dernière valeur est si fort en dessous de la précédente et paraît si peu en concordance avec la productivité de ce sol qu'il intervient probablement ici une action secondaire.

Il n'y a donc pas lieu de faire appel, pour expliquer l'absorption de l'acide phosphorique par les plantes, à l'émission par les racines de celles-ci d'un acide organique ou d'acide carbonique.

Le pouvoir désagrégeant de la plante pour l'acide phosphorique du sol, qui varie dans de si larges limites selon les espèces, serait tout simplement déterminé par le degré d'insolubilité du sel calcique de l'acide contenu dans les racines. Les plantes à acide oxalique tiendraient ainsi, tout naturellement, la première place. C'est un point dont nous proposons de nous occuper aussitôt que cela sera possible.

Si la théorie qui vient d'être esquissée correspond aux faits, la racine doit s'enrichir en chaux au fur et à mesure qu'elle poursuit son action désagrégeante, c'est-à-dire qu'elle vieillit. Cependant cet enrichissement doit surtout porter sur les poils radicaux dont la vie est brève et se limite au temps nécessaire à l'épuisement des films avec lesquels ils arrivent en contact. Ils disparaissent ensuite plus ou moins complètement, comme les feuilles mortes, et si l'on opère sur la racine entière, il est certain qu'une forte proportion des poils radicaux échappe à l'examen. D'autre part, le développement du tronc de la racine apporte également des perturbations dans les résultats.

En fait, la littérature ne fournit presque pas de données pouvant servir de vérification aux idées ci-dessus émises. Voici cependant quelques résultats de Fittbogen (21) obtenus dans des cultures d'orge faites en sable pur, selon la méthode de Hellriegel (22).

Teneur en chaux pour cent.

	Partie aérienne		Racine	
	Cendre pure	Matière sèche	Cendre pure	Matière sèche
22 mai	12,02	1,63	32,50	7,99
2 juin	16,73	1,20	37,26	7,99
16 juin	20,23	0,83	35,26	2,38
24 juin	22,75	0,71	32,62	2,22

Dans tous les cas, on constate donc que les teneurs en chaux sont considérablement plus élevées pour la racine que pour la partie aérienne.

Il faut noter aussi, semble-t-il, la pauvreté en chaux qui caractérise presque toutes les graines et qui oblige la jeune plante à exploiter la chaux du sol aussitôt que sa radicelle s'est mise en contact avec ce dernier.

Enfin, on peut ajouter qu'Osterhourt (23) a constaté directement la facile pénétration de la chaux dans les poils radicaux d'après la formation de cristaux d'oxalate de chaux dans des germes de *Dianthus barbatus*.

Passons maintenant à un autre point intéressant. Si l'on calcule pour la terre de l'Institut, d'après la teneur en acide phosphorique de l'eau du premier lavage, on trouve, pour une couche d'eau d'infiltration de 30 centimètres de hauteur, que celle-ci peut entraîner dans les couches profondes 10 kilos d'acide phosphorique. Pour le limon pauvre de la Bouteille, cet entraînement s'abaisse à un kilo. L'acide phosphorique enlevé aux couches superficielles ne peut aller très loin ; il est fixé dans les couches inférieures où les plantes à enracinement profond (trèfle rouge, luzerne, sainfoin) vont le reprendre pour le ramener à la surface. On comprend, dès lors, que la reconstitution du sous-sol après une récolte qui en tire la majeure partie de ses constituants, exige un laps de temps souvent considérable, même dans les bonnes terres.

Malgré cette rétention énergique de l'acide phosphorique par le sol, l'augmentation de la solubilité de cet élément par suite de l'absorption de la chaux par les racines a pour effet de mettre à la disposition de la plante une solution notablement plus concentrée et mieux appropriée à ses besoins que l'eau d'infiltration. Ainsi se trouve détruite l'antinomie profonde qui existait entre la nécessité de l'approvisionnement de la plante en acide phosphorique et le pouvoir de fixation du sol pour ce principe nutritif essentiel.

Revenons maintenant à l'action déprimante des sels sur la solubilisation de l'acide phosphorique du sol. Cette action est intéressante à considérer à plusieurs points de vue.

D'abord, elle paraît très générale, comme on l'a déjà vu ci-dessus.

Non seulement les solutions salines dissolvent pour l'ensemble des lavages notablement moins d'acide phosphorique que l'eau pure, mais elles restent également nettement en arrière en ce qui concerne la concentration maximum des solutions phosphatées qu'elles fournissent. Le tableau suivant condense les valeurs obtenues à ce sujet.

Concentration maximum des solution en P^2O^5.

Mg par litre.

	Institut	Bouteille	Merxplas
Eau	5,1	0,44	1,12
$NaNO^3$	3,6	0,35	1,03
NaCl	3,4	0,55	1,06
KNO^3	2,5	0 35	0,62
KCL	2,2	0,56	0,69
K^2SO^4	3,0	0,39	0,65
$(NH^4)^2SO^4$	2,7	0,48	0,90
$Ca(NO^3)^2$	2,0	0,49	0,51
SO^4Ca	2,4	0,25	0,61
SO^4Mg	2,3	0,28	0,63

Sauf pour la terre de la Bouteille pour laquelle les variations restent dans les limites des erreurs d'analyses, la réduction est considérable partout.

L'application unilatérale d'un sel à un sol peut conséquemment nuire à l'approvisionnement de la plante en acide phosphorique.

Cette action dépend à la fois de l'anion et du cation du sel. En moyenne pour les trois sols étudiés, la réduction de la quantité d'acide phosphorique passé en solution, exprimée en centième de la quantité enlevée par l'eau pure, s'est élevée à

Anions	Cations				
	Sodium	Ammonium	Potassium	Calcium	Magnésium
Chlorure	13	—	37	—	—
Nitrate	20	—	44	51	—
Sulfate	—	26	39	57	53

En ce qui concerne l'anion, les chlorures ont manifestement une action déprimante moins marquée que les nitrates et surtout que les sulfates. L'influence du cation est plus variable que celle de l'anion. Elle reste faible pour le sodium, s'accentue nettement pour l'ammonium, devient considérable pour le potassium et atteint son maximum pour le calcium et le magnésium qui se comportent sensiblement de la même manière. Ces deux actions agissant dans le même sens s'additionnent évidemment et il en résulte pour les différents sels des écarts considérables dans leurs effets sur la dissolution de l'acide phosphorique. Il suffit pour s'en rendre compte de comparer les résultats fournis par le chlorure de sodium à ceux produits par le sulfate de potassium.

Ces actions se font probablement sentir dans la pratique agricole. On peut citer en premir lieu l'effet souvent plus considérable des chlorures comparativement aux autres sels, spécialement pour la potasse, pour toutes les plantes qui ne sont pas défavorablement influencées par le chlore.

On peut citer aussi l'influence très défavorable exercée dans certain cas par une application de nitrate de calcium sur l'effet des phosphates qui a éte signalée de divers côtés dans ces derniers temps et que nous avons nous-mêmes constatée.

Nous avons perdu des séries entières d'essais pour avoir appliqué la fumure azotée exclusivement sous forme de nitrate de chaux (24).

Ne serait-il pas possible de rapporter à la même cause l'infériorité que montre souvent l'azote ammoniacal comparativement à l'azote nitrique (sulfate d'ammoniaque et nitrate de soude) et qui est restée inexplicable jusqu'ici ?

Le chaulage a souvent pour effet d'occasionner d'abord une dépression plus ou moins marquée des rendements. KELLNER et d'autres expérimentateurs ont montré il y a longtemps que cette dépression était due à une diminution de l'utilisation de l'acide phosphorique.

Enfin, il est également permis de penser que ces actions secondaires ont joué dans de larges limites dans les nombreuses recherches qui ont été entreprises dans ces dernières années (A. MITSCHERLICH, PFEIFFER, BONDORFF et nous-mêmes) (25) sur a relation qui existe entre l'approvisionnement de la plante en éléments nutritifs et la

production. Alors que certains résultats conduisent à des courbes diverses, d'autres correspondent manifestement à une ligne brisée formée de deux droites.

L'influence des sels sur la solubilisation de l'acide phosphorique du sol ne se fait pas sentir avec la même intensité dans toutes les terres comme le montre le tableau suivant qui donne la réduction de la quantité de P^2O^5 dissous pour cent de la quantité enlevée par l'eau.

	Institut	Bouteille	Merxplas
Sels sodiques	3	25	21
Sels ammoniacaux	26	42	21
Sels potassiques	28	48	49
Sels calciques	41	51	70
Sels magnésiens	40	55	65
Moyenne	26	44	48

La comparaison des deux limons glaciaires montre manifestement que les sols en bon état de culture sont moins sensibles à l'action déprimante des sels sur la solubilisation de P^2O^5 que les sols mal cultivés. Il faut attribuer ce fait à une saturation plus avancée des substances adsorbantes chez les premiers.

Ces constatations permettent d'espérer qu'il sera possible d'établir des relations bien définies entre ces actions déprimantes des sels sur la solubilisation de P^2O^5 du sol et les variations si nombreuses et encore si mystérieuses de l'effet des engrais selon les sols auxquels ils sont appliqués.

La solubilisation de la chaux du sol en présence des solutions salines se poursuit d'une manière analogue à celle qui a été mentionnée ci-dessus pour l'eau. Le tableau suivant indique les teneurs en chaux par litre (mg) constatées lors du premier titrage, et, à côté, le pourcentage que cette teneur représente par rapport à l'ensemble des dix opérations.

	Institut		Bouteille		Merxplas	
	Par litre	Pour cent	Par litre	Pour cent	Par litre	Pour cent
$NaNO^3$	202	43	48	40	30	40
NaCl	180	41	48	36	21	36
KNO^3	228	37	49	18	37	27
KCl	168	30	58	20	30	28
K^2SO^4	226	31	83	19	47	27
$(NH^4)^2SO^4$	178	34	54	21	30	27
$Ca(NO^3)^2$	236	33	53	16	44	14
$CaSO^4$	260	36	46	13	45	14
$MgSO^4$	180	28	54	15	38	13
Moyennes	206	35	59	22	36	25
Eau	172	48	25	27	14	32

Pour la terre riche de l'Institut, la teneur en chaux, lors du premier prélèvement est plus élevée pour toutes les solutions salines qu'en présence d'eau pure et cette situation s'accentue encore lors des prélèvements suivants comme le montrent

bien les valeurs proportionnelles. Il y a toutefois des différences marquées dans cette action des sels et il faut surtout noter qu'elle est plus faible pour les sulfates ammoniacal et magnésien. Pour le sol de la Bouteille l'action des sels est plus uniforme et les deux sulfates agissent très fortement. Le sol de Merxplas, qui est plus riche que le précédent, montre une action plus semblable à celle du sol très fertile.

Les sulfates d'ammonium et de magnésium agissent sensiblement comme le nitrate de soude. Ces différences dans l'action des sels ammoniacaux peuvent évidemment se répercuter dans l'effet de l'azote ammoniacal relativement à celui de l'azote du nitrate.

L'action des sels calciques est intéressante. En général, ces sels n'ont montré qu'une influence nulle ou très faible sur la teneur des solutions en chaux. Comme les solutions employées contenaient 56 mmg. de chaux par litre, on constate, dès le premier prélèvement, une fixation notable de cette base chez le sol de Merxplas, et une fixation faible dans le sol de la Bouteille. Cette fixation s'est produite dès le quatrième prélèvement pour le sol de l'Institut. Cette constatation montre bien l'extrême labilité des combinaisons calciques d'adsorption qui existent dans le sol et la rapidité avec laquelle ce dernier se dépouille de sa chaux par l'action des eaux d'infiltration. Cette chaux est retenue plus ou moins totalement par les couches profondes.

La fixation d'une certaine proportion de la chaux apportée au sol par les solutions calciques se fait évidemment par double décomposition ; la chaux remplace la soude ou la potasse dans certains composés du sol et ces bases se combinent à l'acide du sol. Certains silicates doubles et plus ou moins hydratés jouissent, en effet, d'un grand pouvoir d'échange.

Ces actions donnent l'explication de l'influence si profonde produite par l'eau de mer sur le sol arable dont elle modifie totalement les propriétés physiques. A cause de sa teneur en chlorure de sodium, elle remplace par la soude une forte proportion de la chaux du sol non seulement dans les combinaisons d'adsorption mais même dans de véritables composés chimiques. Dans ces conditions, il est très probable que l'état originel ne peut être rétabli rapidement et sûrement que par l'application d'un sel calcique soluble.

Conclusions.

1. — Les sols, traités par des volumes croissants d'eau, fournissent des courbes de dissolution de l'acide phosphorique très différentes selon leur fertilité.

2. — Ces courbes sont régulières et s'adaptent très exactement à la formule $\frac{x}{M} = k \cdot C^n$ qui résume les relations que montrent les combinaisons d'adsorption avec leurs dissolvants. L'acide phosphorique du sol qui se dissout dans l'eau, se trouve donc engagé dans une combinaison d'adsorption.

3. — La quantité d'acide phosphorique adsorbé dans le sol peut être déterminée d'une manière très approchée. Elle est très variable selon le degré de fertilité des sols et approximativement proportionnelle à celle-ci.

4. — La valeur du coefficient n paraît être identique pour tous les sols et voisine de 0,1 qui correspond à une fixation très énergique.

5. — La détermination du coefficient k, qui n'est pas encore réalisée, permettra de calculer la valeur de la masse adsorbante M. Cette détermination fournira probablement de très utiles indications sur les moyens à mettre en œuvre pour l'amélioration des sols.

6. — La masse adsorbante est probablement surtout de nature organique. La matière organique remplirait conséquemment dans l'alimentation phosphatée des plantes un rôle aussi essentiel que dans l'alimentation azotée.

7. — La dissolution de la chaux du sol suit la même règle que celle de l'acide phosphorique. Le coefficient n est plus élevé.

8. — Dans une quantité d'eau correspondant au pouvoir de rétention minimum du sol et constamment renouvelée, la quantité d'acide phosphorique dissous va d'abord en augmentant notablement, puis elle diminue lentement.

9. — Cette marche de la dissolution de P^2O^5 doit être attribuée au très fort départ de chaux qui accompagne les premières portions du liquide filtrant à travers le sol.

10. — Ce phénomène donne une explication simple du mécanisme de l'absorption de l'acide phosphorique par la plante. Les acides organiques contenus dans les racines, en abaissant la concentration de la chaux dans l'eau qui forme les films, augmenterait ipso facto la solubilité de l'acide phosphorique.

11. — L'action de la chaux sur la solubilisation de l'acide phosphorique fournit également l'explication d'un grand nombre de faits constatés expérimentalement ou dans la pratique agricole.

12. — Tous les sels minéraux solubles appliqués en quantités équivalant aux fumures usuelles paraissent diminuer la solubilité de l'acide phosphorique du sol. Cette action va en augmentant des chlorures aux nitrates et aux sulfates, des sels sodiques aux sels ammoniacaux, potassiques, calciques et magnésiques.

13. — Cette action est due à une dissolution plus grande de la chaux.

14. — Ce phénomène explique un grand nombre de faits constatés dans la pratique.

15. — L'action déprimante des sels minéraux solubles sur la solubilisation de l'acide phosphorique du sol n'est pas identique pour tous les sols. Elle reste faible dans les sols en bon état de culture et elle est maximum dans les sols mal cultivés.

16. — Il faut attribuer à ce fait un grand nombre des divergences constatées dans les recherches expérimentales et dans la pratique.

Bibliographie.

(1) De Saussure. Recherches sur la végétation, 1800. — J. Liebig. Trad. Scheler. Les lois naturelles de l'Agriculture, Bruxelles. — Boussingault. Agronomie, Chimie agricole et Physiologie. Paris, 1860. — Wiegemann et Polstorff. Ueber die anorganischen Bestandtheile der Pflanzen. Braunschweig. 1842. — W. Knop. Lehrbuch der Agrikultur-Chemie.

(2) J. Sachs. Lehrbuch der Experimentalphysiologie des Pflanzen, 1865.

(3) B. Dyer. On the analytical determination of probably available mineral plant foods in soil. *Journ. chem. Soc.*, p. 117, 1894.

(4) F. Czapeck. Biochemie der Pflanzen. Bd. II, p. 470. Jena. — Zur Lehre von den Wurzelausscheidungen, *Jahrb. wiss. Bot.* XXIX, p. 324. — Th. Schloesing fils. Sur l'atmosphère confinée dans le sol. *C. R.* p. 618 et 673. *Paris*, 1889. — Kossovitch. Le rôle des plantes dans la dissolution des prin-

cipes nutritifs qui se trouvent à l'état insoluble dans le sol. *Ann. Science agron.* 2e Série, 8e année, p. 836. 1908. — A. H. ABERSON. De zure Afscheidingen der wortels. Meddedeelingen van de rijks Land-Tuin en Boschbouwschool, 1. 1908, p. 1. — N. PRIANISCHNIKOF. Zur Frage nach den Wurzelausscheidungen. XVIII, p. 411. *B. D. Bot. G.* — J. STOKLASA und ERNST. Beiträge zur Lösung der Frage der chemischen Natur des Wurzelsekretes. *Jahrb. wiss. Botanik* XLVI, p. 55. — A. MITSCHERLICH und SIMMERMACHER. Zur Düngemittelanalyse. — *Landw. Jahrb.* XLIII, p. 405, 1912.

(5) L. MICHAËLIS. Die Wasserstoffion-Konzentration. Springer, Berlin.

(6) ACH. MÜNTZ et GAUDECHON. Sur la diffusion des engrais salins dans le sol. *Ann. Institut nat. agron.* Paris 7e Série, p. 205 et *Ann. Science agron.* 3e Série, 4e année, I, p. 379. 1909.

(7) J. H. ABERSON. De adsorbtieerschijnselen van den bouwgrond. *Mededeel. van de L. T. B. bouwschool.* Deel V, p. 1.

(8) TH. SCHLOESING fils. Etude sur l'acide phosphorique dissous dans les eaux du sol. *C. R. Paris* 127, pp. 236 et 327. 1898.

(9) VAN BEMMELEN. Die Absorption. Steinkopf Dresden.

(10) TH. SCHLOESING fils. Sur l'acide phosphorique des sols. *C. R. Paris* 132, p. 1189. 1901. — E. RAMANN. Bodenkunde. Springer. Berlin. — J. DUMONT. La terre arable. Amat. Paris.

(11) J. KÜNING. Untersuchung landw. und gewerb. wichtiger Stoffe. Parey. Berlin. Chapitre relatif au sol. — Bestimmung der Fruchtbarkeit und des Nährstoffbedürfnisses des Ackerbodens. *Landw. Vers.-Stat.* LXI, p. 391. 1905. — TH. SCHLOESING fils. Action des liqueurs acides très étendues sur les phosphates du sol. C. R. Paris, 128, p. 1004. 1899. — F. WAHNSCHAFFE. Anl. wiss. Bodenuntersuchung. Parey, Berlin. — M. GERLACH. Über das Verhalten der wasserlöslichen Phosphorsäure gegen absorbierende Bestandtheile des Bodens. *Vers-Stat.* XLVI, 1896, 201. — DEHÉRAIN. L'acide phosphorique dans le sol. *Ann. agron.* XVII, p. 445, 1891, — D. A. DE' SIGMOND. Expériences préliminaires pour déterminer dans la terre végétale la partie dite assimilable de l'acide phosphorique. *Ann. Science agron.* 2e série, 11, p. 451. 1900.

(12) TH. SCHLOESING père. *C. R. Paris*, 70, 1870. — WITNEY et CAMERON. The Chemistry of the soil as related to crop production. *Bull.* 22. *Bureau of soils.* Washington. — WHITNEY. Investigations in soil fertility. BULL. 23. BUREAU OF SOIL — O. SCHREINER et G. FAILYER. The absorption of phosphate and potassium salts by soils. *Bull.* 32, *Bureau of Soils.*

(13) G. HULETT. *Zeitschr. phys. Chem.* XXXVII, p. 385. 1901.

(14) J. DUCLAUX. Les colloïdes. Gauthier Villars. Paris.

(15) NERNST. Trad. CORVISY. Chimie générale. Hermann, Paris.

(16) G. SCHREINER et G. FAILYER. Colorimetric, turbidity and titration methods used in soil investigations. *Bull.* 31 *Bureau of Soil*, Washington.

(17) POUGET et CHOUCHAK. Dosage colorimétrique de l'acide phosphorique. *Ann. Chim.*, XIV, p. 125. 1909. — ACH. GRÉGOIRE. Le dosage colorimétrique de l'acide phosphorique. *Bull. Soc. Chim. Belg.*, XXIX, p. 253. 1920.

(18) J. STOKLASA. Die wasserlöslichen Verbindungen der Phosphorsäure in den Superphosphaten. *Landw. Vers.-Stat.* XXXVIII, p. 197 et 401 et XLII, p. 459 et XLV, p. 161.

(19) ACH. GRÉGOIRE (en collaboration). Le dosage colorimétrique de la chaux. *Bull. Soc. Chim. Belg.* XXXII, p. 123, 1923.

(20) O. SCHREINER et SKINNER. Some effets of a harmful organic soil constituent. *Bull.* 70 *Bureau of Soils.* Washington.

(21) J. FITTBOGEN. Untersuchungen von Hordeum vulgare in verschiedenen Stadien der Entwickelung. *Ladw. Vers.-Stat.* XIII, 81.

(22) H. HELLRIEGEL. Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen der Landwirtschaft. Braunschweig.

(23) OSTERHOUT. *Ztschr. für physikalische Chemie*, LXX, II, p. 408, 1909.

(24) K. A. BONDORFF et A. PETERSEN. Det kvantitative forhold meleem planternes ernaehring og stofproduktion. *Den kgl. veterinaer og landbohoiskoles. Afdeling for land brugets plantdrykning. Medd.* Nr. 2.

(25) A. MITSCHERLICH. Nombreuses publications résumées dans : Das Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren. *Landw. Jahrb.* LVI, p. 71, 1921. — ACH. GRÉGOIRE. La loi du minimum. *Congrès des stations et laboratoires d'analyses.* Bruxelles, 1923. — K. A. BONDORFF. Det kvantitative forhold mellem planternes ernaering og stofproduktion. *Den kgl. veterinaerog landbohoiskoles Afdeling for landbrugets plantedyrkninh. Meddelelse Nr.* 3.

Prof. A. GRÉGOIRE, *Gembloux (Belgique)*. — **Contribution á l'étude de la solubilisation de l'acide phosphorique du sol.**

RÉSUMÉ.

Cette étude fait partie d'une longue recherche entreprise depuis plusieurs années et non encore terminée. Les résultats les plus importants de cette étude sont seuls rapportés ici.

On a opéré sur 4 sols de nature très différente : deux limons glaciaires provenant, l'un, d'un champ en excellent état de culture (institut), l'autre, d'une terre très mal cultivée (Bouteille) ; un sol pauvre dérivant des schistes siluriens (Culot) et enfin un sable tertiaire mis en culture depuis peu de temps (Merxplas).

Ces sols ont été traités de deux manières très différentes : par digestion et par lixiviation.

Digestion. Une partie de sol a été mise en digestion avec 5-10-20-50-100 1000-10.000 et 100.000 parties d'eau distillée. Après clarification par dépôt, P^2O^5 a été dosé colorimétriquement avec le nitromolybdate de quinine comme réactif.

Les résultats portés sur un diagramme, les dilutions figurant en abscisses et les teneurs en P^2O^5 en ordonnées, fournissent des courbes d'allure très régulière rappelant les courbes de dissolution des combinaisons d'adsorption. Ces dernières correspondent à la formule :

$$\frac{X}{M} = kC^n$$

dans laquelle X représente la quantité adsorbée de l'élément considéré, M la masse adsorbante, C la concentration de la phase liquide et k et n deux facteurs numériques, n, qui est toujours inférieur à l'unité est fonction de l'énergie avec laquelle le corps est adsorbé, tandis que k est un facteur de proportionnalité.

Dans le cas présent, C et le rapport du volume du liquide au solide sont seuls connus, mais il est possible d'en déduire certaines conséquences. Les résultats montrent :

1) que pour les 4 sols étudiés, les courbes de dissolution de P^2O^5 s'adaptent étroitement à cette formule ;

2) que P^2O^5 qui se dissout dans l'eau est engagé dans une combinaison colloïdale ;

3) que la valeur du coefficient n est le même pour les 4 sols ; elle est de 0,1 et indique que P^2O^5 est fixé très énergiquement ;

4) qu'il est possible de déterminer très approximativement la quantité de P^2O^5 mise en jeu dans le phénomène d'adsorption et conséquemment mobilisable ;

5) que la détermination du coefficient k qui n'est pas encore réalisée permettra l'évaluation de la proportion de P^2O^5 actuellement disponible pour la plante ;

6) que la détermination de la masse adsorbante, qui n'est pas réalisée non plus fournira des indications précieuses sur la méthode à suivre pour une amélioration éventuelle du sol ;

7) que la dissolution de P^2O^5 est intimement liée à celle de la chaux qui suit la même règle, mais pour laquelle le coefficient n'est pas beaucoup plus fort.

Lixiviation. Le sol (25 gr.), maintenu dans sa structure normale, a été lixivié d'une manière continue et très lente (25 cc. d'eau distillée par 24 heures) et P^2O^5

a été determiné dans chaque portion successive de solution par voie colorimétrique au moyen du mitromolybdate de quinine comme réactif.

Par suite du départ plus rapide de la chaux et d'une manière tout à fait comparable à la marche de la déminéralisation des os chez les animaux, la teneur de la solution en acide phosphorique commence par augmenter ; elle passe par un maximum vers le 4ème prélèvement, puis redescend rapidement pour prendre une allure sensiblement régulière. Les concentrations maximums en $P^2 O^5$ ont été, par litre, de 5,1 mgr. pour le limon riche, de 0,4 mgr. pour le limon pauvre et de 1,2 mgr. pour le sable.

Ces résultats paraissent donner une explication simple de l'absorption de $P^2 O^5$ par la plante. Celle-ci, en abaissant plus ou moins près de 0 la teneur en chaux de l'eau des films avec lesquels ses poils radicaux arrivent en contact, augmente *ipso facto* la teneur en $P^2 O^5$ de cette eau et la rapproche de la teneur optimum.

Prof. A. GRÉGOIRE, *Gembloux (Belgium)*. — **Contribution to the Study of Phosphoric Acid in Soil.**

ABSTRACT.

This study forms part of a long series of researches that were begun some years ago and are not yet finished. Only the most important results obtained are here given.

Four soils of very different character were employed, two glacial loams one from a field in excellent state of cultivation (at the Institute) and the other from a much neglected field (Bouteille) ; one poor soil derived from the Silurian schists (Culot), and finally a Tertiary sand that had only been a short time under cultivation (Merxplas).

These soils were treated in two entirely different ways, by digestion and by lixiviation.

Digestion. One part of soil was put to dissolve with 5 — 10 — 20 — 50 — 100 — 1000 — 10,000 and 100,000 parts of distilled water ; after it had become clear through deposition, the $P_2 O_5$ was determined colorimetrically, nitromolybdate of quinine being used as the reagent. The results are given in a diagram in which the dilutions are plotted as the abscissae and the $P_2 O_5$ content as the ordinates. The curves thus obtained are vey regular resembling the solution curves of adsorption combinations. These are represented by the formula:

$$\frac{X}{M} = kC^n$$

Where X is the amount adsorbed by the element under consideration, M is the adsorbent mass, C the concentration of the liquid phase, while k and n are the two numerical factors, n which is always less than unity being a function of the energy with which the body is adsorbed, whereas k is a factor of proportionality.

In the present case, C and the ratio of the volume of liquid to the solid alone are known, but from these it is possible to deduce certain consequences. The results show that :

1) In the case of the soils studied, the $P_2 O_5$ solution curves are very close to this formula.

2) The $P_2 O_5$ dissolved in the water enters into a colloidal combination.

3) The value of the coefficient n is the same for all 4 soils ; it is 0.1 and shows the $P_2 O_5$ to be very energetically fixed.

4) It is possible to estimate very approximately the amount of $P_2 O_5$ taking part in the adsorption process and consequently capable of moving.

5) The determination of the coefficient k which has not yet been found will permit of the estimation of the proportion of $P_2 O_5$ that is actually at the disposal of the plant.

6) The determination of the adsorbent mass which is also unknown, will give useful indications as to the method to be followed in the future improvement of the soil.

7) The solution of $P_2 O_5$ is closely connected with that of the lime which follows the same rule though the coefficient n in the latter case is much greater.

Lixiviation. The soil (25 gm.) was taken on its natural condition and levigated continually and very slowly (25 cc. distilled water per 24 hours), the $P_2 O_5$ in each successive portion of the solution was determined colorimetrically, nitromolybdate of quinine being used as the reagent.

Owing to the more rapid removal of the lime by a process in every respect comparable to the demineralisation taking place in the bones of animals, the phosphoric acid content of the solution begins by increasing ; it reaches its maximum in the 4th sample, and then falls rapidly, afterwards following a regular course. The maximum $P_2 O_5$ concentrations per liter were 5.1 mgm. in the rich clay, 0.4 mgm. in the poor clay and 1.2 mgm in the sand.

The results seem to give a simple explanation of the absorption of $P_2 O_5$ by the plant. The latter by lowering more, or less, to zero the lime content of the water film with which the roots come into contact increases *ipso facto* the $P_2 O_5$ content of this water and raises it nearly to the optimum amount.

Dr. L. SMOLÍK,

Institut pédologique, Brno, Tchécoslovaquie.

ÉTUDE SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DE L'HUMUS ET LE CLIMAT

L'humus est un des éléments les plus importants du sol. Il exerce de l'influence sur le profil du sol, surtout s'il se trouve en majeure partie en état colloïdal (humus propr. dit) [1]. A l'état d'emulsoïde il possède la faculté d'empêcher la précipitation (colloïde préservatrice) de divers éléments [2] tels que le fer et l'alumine, favorisant dans la terre arable la diffusion de ces hydrosols minéraux. Il joue un rôle important dans l'acidité, le pouvoir absorbant du sol et dans la ge-

1 SVEN ODÉN, Huminsäuren, 1919.

2 MAYER. « Bleisand u. Ortstein ». Landw. Versuchstat., 1903.
AARNIO. « Experim. Untersuch. Z. Frage d. Ausfäl. d. Eisens in Podzolböden-Internat. Mitt. F. Bodenkunde, 1913.

nèse de l'argile qui lui est aussi attribuable (GLINKA). C'est pourquoi l'humus est fort en vogue et beaucoup des études les plus importantes sur lui ont été effectuées par les Américains et par les Européens du Nord.

Nous allons mentionner ici, cependant, seulement la composition chimique de l'humus et sa relation au climat.

Nous choisîmes un grand nombre de profils qui ne différaient qu'un peu dans la composition mécanique et dans lesquels le rapport favorable entre la poussière et les particules très fines (d'après la dénomination de KOPECKÝ) favorisa l'ectodynamomorphose du profil (limons). Tous les profils appartenaient au sols cultivés. Le climat du sol limoneux est en relation intime avec celui atmosphérique qui peut diversifier le mode de la décomposition des matières organiques. L'humus est un indicateur du climat du sol plus sensible que des détritus inorganiques. Pour plus de simplicité, on exprima la diversité du climat atmosphérique par le facteur de pluie d'après LANG. On prit en considération ici seulement les profils suivants :

TABLEAU I.

Endroit	Facteur de pluie
Hulín	53,1
Šlapanice	70,9
Radomín	91,1
Frenštát	144,1

Les opérations élémentaires furent effectuées d'après DENNSTEDT [1], l'azote organique déterminé d'après LIPMANN (1916), l'humus colloïdal (matière noire) d'après GRANDEAU L., l'acidité du sol, d'après la méthode de COMBRE, modifiée par KILBINGER [2], la saturation de l'humus dosée qualitativement d'après SCHUTZE [3]. Pour détruire les carbonates, on se servit de l'acide phosphorique à 10 p. ct. L'hygroscopicité fut déterminée d'après RODEWALD- MITSCHERLICH [4], les analyses mécaniques furent effectuées d'après KOPECKÝ, dans l'eau distillée, l'activité de la catalase d'après KOENIG, à 17° C. (3 % p. H_2O_2).

Les profils de Hulín et de Šlapanice appartiennent aux limons de diluvion, au type du tchernoziome châtain dégradé ayant les couches humifères très puissantes. On les range parmi les terres les plus fertiles (terres du Hanna). Les profils de Radomín et de Frenštát se trouvent sur le diluvium et ils sont évidemment podsolisés. Les chiffres des analyses mécaniques de ces sols figurent au Tableau II.

Le tableau IIème nous montre que tant la somme de deux catégories plus fines que l'hygroscopicité, dans le profil de Hulín, ne changent pas beauconp. A Radomín, le limon de diluvion est placé sur du gneiss décomposé par l'air. C'est pourquoi on trouve la teneur en sable, dans la profondeur de 80 centimètres, si haute. Dans le profil de Frenštát, l'hygroscopicité monte fortement avec la profondeur, ce qui

[1] ABDERHALDEN. Handbuch d. biochem. Arbeitsmeth. I et Chem. Ztg., 1909.
[2] Landw. Zeitg., 1923.
[3] SEEMANN. Leitfaden d. mineralog. Bodenanalyse.
[4] BODENKUNDE, III Aufl.

TABLEAU II.

Endroit	Profondeur en centimètres	Valeur hydraulique [1] en millimètres inférieures à 0,01	0,01–0,05	0,05–0,01	0,1–2	Couleur de la terre	Réaction	Hygroscopicité
Hulín	10–20	36.874	40.937	15.139	7.050	brun	neut	5.282
»	30–40	38.763	42.846	14.676	3.715		»	5.987
»	60–70	36.858	43.778	15.602	3.672	brun foncé	»	5.751
»	90–100	37.464	43.656	15.546	3.334		»	6.256
»	120–130	34.268	46.717	14.619	4.396	jaun	»	6.018
Šlapanice	20–30	46.163	46.114	5.876	1.847	brun foncé	»	6.877
»	40–50	51.417	44.204	3.822	1.557	brun	»	7.747
»	60–70	42.823	42.454	10.020	4.703	jaun	»	5.451
»	120–130	37.881	38.165	16.584	7.370	»	»	5.074
Radomín	8–13	30.596	27.630	6.770	29.004	gris	acid	3.811
»	30–40	38.643	23.702	4.871	32.784	jaun	neutr.	4.260
»	80–90	18.418	13.750	10.900	56.932	»	»	4.512
Frenštát	5–15	44.850	32.145	5.950	17.055	gris	acid	5.075
»	20–30	42.684	30.306	7.416	19.594	jaun	neutr.	5.437
»	70–80	44.597	21.922	9.438	24.043	»	»	9.671
»	150–160	51.927	29.776	7.021	11.276	»	alk.	8.547

[1] D'après KOPECKÝ.

est l'indice de la podsolisation On considère les profils Hulín et Frenštát du climat extrême, comme les plus typiques et les plus importants.

En premier lieu on détermina la quantité de l'humus (total et colloïdal) et sa saturation d'après SCHÜTZE. L'humus est exprimé par la différence entre la perte par calcination et l'eau chimique.

Les résultats obtenus suivent dans le Tableau III.

TABLEAU III.

Endroit	Profondeur en centimètres	Humus total	Humus colloïdal	Saturation de l'humus d'après SCHÜTZE
Hulín	10–20	4.834	2.156	saturé
»	30–40	3.861	2.217	»
»	60–70	3.952	2.156	»
»	90–100	3.666	2.057	»
»	120–130	2.596	1.980	»
Šlapanice	20–30	4.432	2.250	»
»	40–50	3.609	2.448	»
»	60–70	2.951	0.365	»
»	120–130	1.930	0.332	»
Radomín	8–13	5.497	0.824	non saturé
»	30–40	2.295	0.903	saturé
»	80–90	2.861	0.567	»
Frenštát	5–15	3.908	0.916	non saturé
»	20–30	2.917	1.228	saturé
»	70–80	3.760	1.871	»
»	150–160	3.233	0.532	»

Il résulte de l'inspection de ces nombres que la dose de l'humus total est extrêmement variable et qu'elle n'est pas en relation avec le facteur pluie. Comparé à Frenštát et Radomín, qui se trouvent dans un climat plus humide, la teneur en humus colloïdal du profil de Šlapanice et de Hulín est plus haute. Dans le profil de Hulín et de Šlapanice l'humus est saturé, au contraire, dans les terres arables de Radomín et Frenštát l'humus est non saturé et, d'après COMBRE, très faiblement acide [1].

Par le calcul on trouve la quantité moyenne suivante de l'humus total et colloïdal dans les profils.

TABLEAU IV.

Endroit	Facteur de pluie	Quantité moyenne de l'humus		Degré moyen de la dispersité de l'humus[2]
		Total	Colloïdal	
Hulín	53,1	3,78	2,11	55,8
Šlapanice	70.9	3,23	1,35	41,8
Radomín	91,1	3,55	0,76	21,4
Frenštát	144,1	3,45	1,14	33,0

Le Tableau précédent montre ce qui fut déjà mentionné plus haut. Outre cela, on trouve le degré de dispersité de l'humus plus haut dans les profils tels que Šlapanice et Hulín. Le haut degré de dispersité et la quantité suffisante d'électrolytes produisent la structure finement granuleuse dans ces profils plus secs, où on la trouve pendant toute l'année. Au contraire, dans les profils plus humides, par suite du manque de sels, l'emulsoïde de l'humus est délavé et il n'est coagulé. qu'à la profondeur de 70 à 80 centimètres, à Frenštát par exemple, Il va sans dire que l'on y trouve l'humus saturé.

[1] L'acidité échangée (Indic. Méthode d'après MICHAELIS). L'acidité actuelle.

PH			PH
7.0	Šlapanice	20-30	7.2
7.2	»	40-50	7.2
7.2	»	60-70	7.2
7.3	»	120-130	7.2
7.0	Hulín	10-20	7.3
7.0	»	30-40	7.1
7.0	»	60-70	7.1
7.0	»	90-100	7.0
6.4	Radomín	8-13	7.1
4.6	»	30-40	6.4
4.4	»	80-90	6.4
6.4	Frenštát	5-15	6.6
6.3	»	20-30	6.6
4.4	»	70-80	6.3
4.4	»	150-160	6.3

[2] (humus colloïdal × 100): humus total. voir: Smolik: Sur la quantité et le caractère de la matière noire dans quelques sols moraves-Zemědělský archiv-Praha 1924.

Les résultats des opérations élémentaires et de l'azote organique exprimés par rapport à la différence entre la perte par calcination et l'eau chimique nous font voir la composition chimique de l'humus. Voir le Tableau V.

TABLEAU V. — *Composition chimique de l'humus.*

Endroit	Profondeur	C	H	N	O + S	C : H	C : N
Hulín	10–20	44.725	11.758	1,866	41.651	3,8	24,0
»	30–40	38.743	4.120	1,481	55.656	9,4	26,1
»	60–70	35.766	7.085	1,562	55.587	5,0	22,9
»	90–100	32.097	7.654	1,516	58.733	4,1	21,2
»	120–130	25.628	11.888	1,548	60.936	2,1	16,5
Šlapanice	20–30	37.951	8.935	0,789	52.545	4,2	48,1
»	40–50	37.545	9.504	1,247	51.705	3,9	30,1
»	60–70	24.330	8.539	1,829	65.302	2,8	13,2
»	120–130	14.404	12.228	1,088	72.280	1,2	13,2
Radomín	8–13	42.041	7.931	1,146	48.882	5.3	36,7
»	30–40	10.893	12.026	0,523	76.558	0.9	20,7
»	80–90	5.872	12.932	0,314	80.886	0,4	18,7
Frenštát	5–15	37.103	10.158	1,433	61.306	3,6	25,9
»	20–30	20.809	11.553	1,131	66.507	1,8	18,4
»	70–80	4.707	8.803	0,372	86.118	0,5	12,6
»	150–160	5.815	12.960	0,340	80.885	0,4	17,1

L'humification des matières organiques dans les profil donnés est en relation directe avec la profondeur, excepté Hulín où l'horizon de 30 à 100 centimètres en dehors dans le terrain est déjà coloré en brun foncé (horizon carbonisé). La composition moyenne de l'humus dans les profils serait la suivante :

TABLEAU VI. — *Composition chimique moyenne de l'humus total.*

Endroit	Facteur pluie	C	N	H	C : H	C : N
Hulín	53,1	35,4	1,6	8,5	4,2	22,2
Šlapanice	70,9	28,6	1,2	9,8	2,9	23,1
Radomín	91,1	19,6	0,7	10,9	1,8	29,9
Frenštát	144,1	17,1	0,8	10,9	1,6	21,0

D'après le tableau précédent, l'humus de Hulín et de Šlapenice est plus riche en carbone et azote que celui des endroits qui possèdent le facteur pluie plus élevé. Le degré de l'humification est d'autant plus haut que le facteur de pluie décroît.

La composition chimique de l'humus colloïdal est analogue à celle de l'humus total, seulement les rapports entre carbone et hydrogène sont plus hauts, ce qui est l'indice du degré plus haut de la humification (l'humus colloïdal est plus riche en carbone). Le rapport entre C : H dans l'humus colloïdal est le suivant :

TABLEAU VII.

Endroit	Profondeur	Rapport C : H
Hulín	10–20	5,2
»	30–40	7,4
»	60–70	15,3
»	90–100	9,2
»	120–130	1,8
Šlapanice	20–30	5,4
»	40–50	3,9
»	60–70	—
»	120–130	1,4
Radomín	8–13	9,6
»	30–40	—
Frenštát	5–15	4,7
»	20–30	2,2

Le rapport entre le carbone moyen et l'hydrogène moyen du tout profil est le suivant :

TABLEAU VIII.

	Rapport C : H
Hulín	5,5
Šlapanice	3,2
Radomín	2,8
Frenštát	1,9

On chercha aussi la relation entre la composition chimique de l'humus et l'activité de la catalase [1] du sol. Elle fut dosée dans les sols séchés à l'air, à 50° et à 100° C. Les résultats figurent dans le tableau à pag. 623.

En majeure partie, l'activité de la catalase décroît avec la profondeur comme l'humus. Il est très intèressant qu'elle monte par le desséchement du sol à 50°C. par rapport à l'activitè de la catalase du sol desséché à l'air dans deux profils du climat plus sec, à savoir de Hulìn et de Slapanice.

La relation précise entre l'activité de la catalase du sol et le climat ne fut pas recherchéz.

Attendu que notre tavail n'est pas encore terminé et attendu le petit nombre des analyses (60), on ne peut pas généraliser les résultats obtenus. Les différences que nous avons constaté dans le rapport entre le carbone et azote chez les sols de climat les plus divers nous amènent à conclure :

1) La quantité moyenne de l'humus des profils n'est pas en relation avec le facteur de pluie.

2) La composition chimique de l'humus semble tenir étroitement au climat car

[1] 5 grammes de la terre; eau oxygenée: 3 p. 100 en poids; NaOH : 1/10; température 17° C.

TABLEAU IX.

Endroit	Profondeur en centimètres	Terre séchée : à l'air — Temps en minutes	à l'air — Oxygène [1] en centimètres cubes	à 50°C — Minutes	à 50°C — Oxygène [1] centimètres cubes [2]	à 100°C — Minutes	à 100°C — Oxygène [1] centimètres cubes
Hulín	10–20	10′	57,2	5′	38,0	5′	27,2
				10′	58,2	10′	43,4
»	30–40	10′	52,4	5′	33,5	5′	27,0
				10′	56,6	10′	42,6
»	60–70	10′	36,4	5′	24,0	5′	19,8
				10′	39,0	10′	31,3
»	90–100	10′	20,0	5′	14,4	5′	12,2
				10′	22,0	10′	18,0
»	120–130	10′	25,6	5′	18,8	5′	15,0
				10′	28,5	10′	23,8
Šlapanice	20–30	5′	72,3	5′	71,0	5′	69,8
		5′55″	80,0	4′6″	80,0	6′12″	80,0
»	40–50	5′	68,6	5′	79,6	5′	75,4
		6′	80,0	5′5″	80,0	5′22″	80,0
»	60–70	5′	46,0	5′	51,4	5′	50,8
		10′	79,2	8′25″	80,0	8′45″	80,0
»	120–130	5′	61,0	5′	61,8	5′	61,2
		7′55″	80,0	7′15″	80,0	7′22″	80,0
Radomín	8–13	5′	37,0	5′	34,2	5′	26,0
		10′	52,2	10′	51,8	10′	37,8
»	30–40	5′	2,5	5′	3,0	5′	1,2
		10′	2,2	10′	2,6	10′	0,4
»	80–90	5′	2,2	5′	2,2	5′	0,
		10′	1,0	10′	1,2	10′	0,
Frenštat	5–15	5′	44,6	5′	43,6	5′	35,2
		10′	69,8	10′	65,6	10′	53,3
»	20–30	5′	25,0	5′	20,8	5′	18,6
		10′	36,2	10′	32,5	10′	28,7
»	70–80	5′	80,0	5′	76,4	5′	66,0
		5′	22,8	5′21″	80,0	6′35″	80,0
»	150–160	10′	33,6	5′	22,8	5′	18,5
				10′	36,0	10′	27,3

[1] Centimètres cubes après 5 minutes ne sont pas réduits à la pression atmosphérique.

a) sa teneur moyenne en carbone et azote est une fonction indirecte du facteur de LANG,

b) les rapports entre le carbone et l'hydrogène dans l'humus sont d'autant plus grands que le facteur de pluie diminue.

3) Malgré que la teneur moyenne en humus colloïdal du profil ne dépend pas précisément du facteur de Lang, il semble que les profils du climat sec en soient plus riches.

4) La composition chimique de l'humus colloïdal semble aussi tenir étroitement au climat. L'humification de l'humus colloïdal monte continuellement avec le facteur de pluie décroissant et elle est plus haute que l'humification de l'humus total.

Dr. L. SMOLÍK, (*Brno Tchecoslovaquie*). — **La composition chimique de l'humus et le climat.**

RÉSUMÉ

Le climat du sol dépend principalement du climat atmosphérique et des propriétés physiques du sol. En prenant les sections de terre en conditions approximativement identiques au point de vue physique et sur lesquelles le climat atmosphérique peut avoir l'action la plus forte (sols moyens), nous pouvons comparer les divers effets de ce climat sur le type du sol. Puisque les débris des végétations antérieures ont presque la même composition élémentaire, on peut s'attendre à une diverse composition chimique de l'humus d'après les divers climats atmosphériques. L'humus est un indicateur du climat du sol plus sensible que la décomposition inorganique, qui demande de longues époques géologiques pour briser les diverses formes pétrographiques originelles.

On a analysé élémentairement l'humus des terres limoneuses de diluvium de climats divers. A cause de simplicité, pour indiquer le climat on a employé le facteur de pluie (au sens de LANG). On a compté les moyennes arithmétiques des résultats des analyses élémentaires pour chaque section de terre qu'on a prise en considération.

L'azote organique a été déterminé, d'après LIPMAN C. B. 916, de l'extrait à l'aide de 3 % NaOH ; les analyses élémentaires d'après DENNSTEDT.

Des analyses effectuées jusqu'à présent, on déduit :

1) La quantité de l'humus des sols moyens ne correspond pas avec le facteur de LANG.

2) La composition chimique de l'humus semble dépendre étroitement du climat :

a) le contenu en carbone et en azote organique est une fonction indirecte du facteur de pluie.

b) Les rapports entre le carbone et l'hydrogène dans l'humus sont d'autant plus grands que le facteur de LANG diminue.

3) Le contenu en humus colloïdal (d'après GRANDEAU) ne dépend pas précisément du facteur de LANG ; donc il semble que les profils du climat sec en soient plus riches.

4) La composition chimique de l'humus colloïdal semble aussi dépendre étroitement du climat, quoiqu'elle soit plus riche en azote et carbone que l'humus. L'humification de l'humus colloïdal monte continuellement avec le facteur de pluie décroissant et elle est plus haute que l'humification de l'humus total.

5) La relation entre la composition chimique de l'humus et l'activité de la catalase des sols de divers climats ne fut pas recherchée.

Dr. LADISLAV SMOLÍK, *Brno* (*Tcheco-Slovakia*). — **Chemical Composition of Humus and the Climate.**

ABSTRACT.

The climate of the soil depends on the atmospheric climate and on the physical properties of the soil. Considering soil sections, which are from a physical point of view, nearly identical and on which the atmospheric climate may have a strong influence, we can compare different effects of this climate on the soil-types. Where fragments of former vegetation have nearly the same elementary composition, we may expect a different chemical composition of the humus due to different atmospheric climates. Humus is a much more sensitive indicator of the soil climate, than is inorganic detritus, which requires long geological periods, in order to brake down the different original petrological forms.

The author has analysed the elements of humus from diluvial loam-soils in different climates. To indicate the climate, he has used only the rain-factor, after LANG. The arithmetical averages of the results of the elementary analysis were taken for every section considered.

Organic nitrogen was determined after LIPMAN C. B. 1916, in the extract with 3 % NaOH and the elementary analysis after DENNSTEDT.

From the analysis made until now, the following conclusions may be drawn :—

1) The quantity of humus [1] in soils does not correlate with the factor of LANG [1].

2) The chemical composition of humus seems to correlate with the climate :

a) the carbon and organic nitrogen content is an indirect function of the rain factor.

b) the ratio carbon to hydrogen in humus increases with the decrease of the factor of LANG.

3) The colloidal humus content (after GRANDEAU) does not depend accurately on the LANG factor ; it seems that the soil sections from the dry climate are in it richer.

4) The chemical composition of the colloidal humus seems to depend also on the climate, although it is richer in nitrogen and carbon than the total humus; humification of colloidal humus increases continually with the factor of rain decrease and it is higher than the humification of the total humus.

5) There is no relation between the chemical composition of humus and the catalase of the soils from different climate.

Prof. H. HESSELMAN.

Statens Skogsförsöksanstalt, Naturvetenskaliga Avdelningen. Stockholm., Schweden.

ÜBER DIE HUMUSDECKE DES NADELWALDES.

Das nördliche Europa, Norwegen, Schweden, Finnland und das nördliche Russland liegen innerhalb des kalten gemässigten Nadelwaldgebietes. Der vorherrschende klimatische Bodentypus ist der Podsol. Innerhalb dieses Bereiches bildet Fennoscandia, d. h. die Skandinavische Halbinsel, Finnland, die Kolahalbinsel und Russisch-Karelien ein natürlich gut begrenztes Gebiet, unter anderem gekennzeichnet durch das Vorherrschen archäischer Gesteine, besonders solcher von saurer Beschaffenheit. Die Nadelwälder in diesem grossen Gebiet bilden unterhalb der Hochgebirge und südlich der arktischen Waldgrenze die Haupt-

[1] In a broad sense to include all organic matter.

masse der Vegetation. Unter den Nadelbäumen sind nur zwei Arten von Bedeutung, die Kiefer (*Pinus silvestris*) und die Fichte (*Picea excelsa*). Eingemischt unter die Nadelbäume treten Birke, Espe, Salweide, Erle auf sowie in den südlichen Teilen Buche und Eiche. Die Vegetation in den reinen Nadelwäldern ist einförmig und artenarm, wo nicht der Boden besonders reich an Kalk ist oder feucht durch bewegtes, durchrieselndes Wasser. In diesen Fällen kann man einen grösseren Reichtum an Gräsern und Kräutern finden. Sonst besteht die Bodendecke vorwiegend aus Zwergsträuchern wie Heidekraut, Preisselbeere, Heidelbeere, Krähenbeere u. s. w., sowie aus Moosen, besonders *Hylocomium*-Arten und auf trockenerem Boden weissen und grauen Flechten, *Cladina*- und *Cladonia*-Arten. Die Humusdecke besteht auf dem kalkarmen Boden immer aus mehr oder weniger ausgeprägtem Rohhumus, der als eine besondere Schicht auf dem Mineralboden ruht, dessen oberster Teil, die Bleicherde, durch die Humussäuren gebleicht ist. Unter der Bleicherde liegt die Orterde, die nur ausnahmsweise hart, zusammengekittet und für die Baumwurzeln schwerdurchdringlich ist. Der Waldboden in den Skandinavischen Ländern gehört also einem Typus an, der in Mitteleuropa zu den minderwertigen gerechnet zu werden pflegt. Der Ertrag ist jedoch gut. Man kann bei guter Bestandspflege mit den folgenden Holzerträgen pro ha, in 100 Jahren in cbm. ausgedrückt rechnen:

	Bester Boden	Mittelmässiger Boden	Ärmer Boden
Lappland und das nördlichste Schweden	450	300	150
Das übrige Norrland und Dalekarlien	600	400	225
Das südliche Schweden.	750	500	300

Einer der wichtigsten, auf den Ertrag und die Verjüngung des Waldes einwirkenden Faktoren ist der Zustand der Humusdecke. Dieser Frage habe ich während einer Reihe von Jahren eingehende Untersuchungen gewidmet. Um jedoch an die Verhältnisse in Mitteleuropa anzuschliessen, habe ich ausserhalb Schwedens die betreffenden Fragen im Schwarzwald im südlichen Deutschland, im Böhmerwald in der Tchekoslowachei, und in Bärenthoren im mitteren Deutschland studiert. Mein Untersuchungsgebiet erstreckt sich also vom Schwarzwald und Böhmerwald im Süden bis zum schwedischen Lappland im Norden und stellt einen Querschnitt durch das europäische Nadelwaldgebiet nördlich der Alpen dar. Ich möchte hier einige der wichtigsten Resultate meinen ausländischen Kollegen unterbreiten. Diejenigen unter Ihnen, die für die Waldbodenforschung besonders interessiert sind, erlaube ich mir auf eine grössere im Verlauf des Jahres erscheinende Arbeit zu verweisen.

Bei dem Studium der Humusdecke der nordischen Nadelwälder auf kalkarmem Boden ist es wichtig, zwei Schichten zu unterscheiden, eine obere weniger zersetzte, oft durch Pilzhyphen verwobene, und eine untere, mehr zersetzte Schicht, bisweilen mit Krümelstruktur. Diese beiden Schichten haben verschiedene Eigenschaften in sowohl biologischer wie chemischer Hinsicht.

Da wo der Boden arm an Kalziumkarbonat ist, also auf einem Gesteinsgrund aus Graniten, Gneissen, Leptiten und kalkarmen Sandsteinen, reagiert die Humusdecke sauer. Die Reaktionszahlen schwanken innerhalb ziemlich enger Grenzen. Im Schwarzwald mit seinen gutgeschlossenen, hochproduktiven Nadelwäldern von Fichten, Tannen, Kiefern und eingemischten Buchen hat die obere Humusschicht ein p_H von 3,8, die untere von 3,6. Im Urwald bei Schattawa im Böhmerwald sind, an den Stellen, wo die Buche im Bestand fehlt, die entsprechenden p_H Werte beide 4,1. Auf dem kalkarmen Sand in den Kiefernwäldern bei Bärenthoren im mittleren Deutschland hat der mehr einheitlich ausgebildete, einschichtige Rohhumus ein p_H von 3,6-3,8. Im mittleren Schweden haben die Nadelmischwälder von Kiefer und Fichte, die sich oft auszeichnen durch gute Verjüngungsmöglichkeiten, schöne Stammform und ein grosses Produktionsvermögen — es gibt hier Bestände mit 900 cbm. pro ha. bei einem Alter von 140 Jahren — eine ausgeprägt saure Humusdecke mit einem p_H von etwa 4,2 in der oberen und 3,7 bis 3,9 in der unteren Schicht. Ungefähr dieselbe Reaktionszahl hat die Humusdecke der nordschwedischen Fichtenwälder, wo der mächtige, schwerzersetzliche Rohhumus oft beschwerlich ist; die Reaktionszahlen sind hier 4,1 in der oberen und 3,8 bis 3,9 in der unteren Schicht. Es zeigt sich also, dass der Nadelwald in dem gesamten grossen Gebiet von den Alpen im Süden bis zum nördlichen Lappland im Norden auf kalkarmem Boden eine Humusdecke von ausgeprägt saurer Reaktion erzeugt. Die Reaktionszahlen variieren nur wenig und zeigen keine direkte Beziehung, sei es zum Produktionsvermögen des Waldes, sei es zu der waldbaulich mehr oder weniger günstigen Beschaffenheit der Humusdecke. Die dünne Humusdecke mit guter Tätigkeit in einem wohlgepflegten Bestand kann eben so sauer oder saurer sein als eine mächtige Rohhumusdecke mit geringer Tätigkeit. Eine elektrometrische Titrieranalyse des Humus zeigt, dass dieser sehr reich an Pufferstoffen ist, die eine Reaktionsänderung in alkalischer Richtung verhindern, ärmer aber an solchen, die eine Reaktionsänderung in saurer Richtung verhindern [1]. Wie die Reaktionszahl, so ist auch der Gehalt an Pufferstoffen in der oberen und unteren Schicht verschieden; die untere ist reicher an sauren aber ärmer an alkalischen Pufferstoffen. Die Unterschiede zwischen günstigen und ungünstigen Humusdecken sind in dieser Hinsicht ziemlich unbedeutend.

Ein gewöhnliches normales Podsolprofil unter einem Nadelwaldbestand kann folgende Reaktionszahlen zeigen:

Humus oberer.	4.1
» unterer	3.9
Bleicherde	4.5
Rosterde	5.7
Untergrund	6.8

Unter den Schichten des Bodenprofils zeigt also der untere Rohhumus die höchste Azidität.

Die Ursache dazu, dass die Humusdecke des Nadelwaldes immer sauer reagiert, ist in der chemischen Beschaffenheit der toten Pflanzenreste im Nadelwald

[1] Im folgenden werden der Kürze wegen diese beiden Arten von Stoffen einfach als *alkalische* bezw. *saure Pufferstoffe* bezeichnet werden, obgleich diese Stoffe ja gar nicht notwendig basischer bezw. saurer Natur zu sein brauchen.

zu suchen. Tote Kiefern- und Fichtennadeln sowie dürre Blätter der Heidel- und Preisselbeere reagieren sauer mit einem p_H von etwa 4.0-4.5 und sind sehr reich an sauren Pufferstoffen, ärmer an alkalischen. Titrierungskurven der stark zerkleinerten dürren Nadeln und Blätter dieser Pflanzen zeigen eine grosse Ähnlichkeit mit der Titrierungskurve der Humusdecke. Die Humusdecke ist etwas reicher an sauren und etwas ärmer an alkalischen Pufferstoffen. Der Nadelwald bestimmt also durch die saure Beschaffenheit der von ihm gebildeten Waldstreu den sauren Charakter und andere wichtigen Eigenschaften der Humusdecke. Hierin hat man den Grund der grossen Gleichförmigkeit zu suchen, die in dieser Hinsicht in den Nadelwäldern Mittel- und Nordeuropas herrscht.

Der Gehalt an sog. assimilierbarem d. h. chlorammonlöslichem Kalk bezogen auf den Glühverlust variiert ziemlich stark bei ein und demselben p_H. Nimmt man jedoch die Mittel sämtlicher Bodenproben mit demselben p_H, so zeigt sich sehr schön eine Beziehung zwischen dem p_H und dem Gehalt an assimilierbarem Kalk: der numerische Wert der Reaktionszahl steigt mit steigendem Kalkgehalt.

Diejenigen Faktoren, die den Kalkgehalt der Humusdecke beeinflussen können, sind teils der Kalziumkarbonatgehalt des Bodens oder des Untergrundes, teils die Beschaffenheit der Waldstreu. In denjenigen Teilen Schwedens, wo die Urgesteinsmoränen mehr oder weniger reich an silurischen Kalksteinen sind, zeigt die Humusdecke in der Regel einen etwas höheren Gehalt an assimilierbarem Kalk als gewöhnlich, obwohl ihr Rohhumuscharakter erhalten sein kann. Gewöhnlich wird gleichzeitig die Reaktionszahl in alkalischer Richtung verschoben. Wo der Kalkgehalt der Moräne etwas höher ist und die Verhältnisse es erlauben, dass sich der Kalk geltend machen kann, d. h. wo die Kalkauslaugung mässig ist, entsteht ein schwach saurer Humus mit Mullcharakter. Aber auch der Blattabfall kann den Kalkgehalt beeinflussen, da die dürren Blätter der Buche, Eiche, Birke, Espe und Salweide reicher an Kalk sind als die Nadeln der Fichte und der Kiefer. Die Einmischung solcher Bäume in Nadelwäldern verursacht oft eine Verschiebung der Reaktionszahl in alkalischer Richtung. Es ist aber nicht nur der Kalkgehalt von Bedeutung, sondern auch der Umstand, dass in der Regel die toten Blätter der Laubbäume weniger reich an sauren Pufferstoffen sind als die dürren Kiefer- und Fichtennadeln oder die Reste der Rohhumusvegetation, wie Moosreste und die dürren Blätter der Heidel- und Preisselbeeren. Die Titrierungskurven der dürren Laubblätter gleichen mehr den Kurven des Mulls oder des mullartigen Bodens, während die Kurven für die Nadelwaldstreu mit der Titrierungskurve der Rohhumusdecke mehr übereinstimmt. Die primäre Beschaffenheit der Pflanzenreste spielt also eine grosse Rolle für den Charakter der Humusdecke, ist aber nicht allein entscheidend. Die obere Humusschicht ist reicher als die Blattreste an sauren Pufferstoffen, wie auch ärmer an alkalischen. Die untere Humusschicht weicht noch weiter in derselben Richtung ab. Die Prozesse, welche im Waldboden vorsichgehen, erhöhen also die potentielle Azidität, doch wird der Charakter des Produktes weitgehend vom Ausgangsmaterial bestimmt. Eine Einmischung von Laubbäumen, wie Buche, Eiche aber auch Birke, Salweide und Espe kann die Azidität herabsetzen, d. h. den numerischen Wert von p_H erhöhen, und sie verringert gewöhnlich wesentlich die Menge der sauren Pufferstoffe, vermehrt aber die Menge der alkalischen. Es ist also klar, dass die Pflanzenreste sehr weitgehend die Eigenschaften der Humusdecke bestimmen, was jedoch nicht hindert, dass die Humusbildung ein ganz selbständiger Prozess im Boden sein kann, der andere chemische Verbindungen bildet als die, welche sich in den Pflanzenresten vorfinden. Was für Säuren und saure Stoffe in den Pflanzenresten enthalten sind, und wie diese sich von den Humussäuren des Bodens unterscheiden, ist jedoch eine komplizierte Frage, deren Klarlegung ich keine Untersuchungen habe widmen können. Doch sei bemerkt, dass schon die dürren Blätter mit Ammoniak stark braungefärbte Lösungen ergeben, genau wie der Rohhumus.

Was bedeuten nun verschiedene p_H- Werte und verschiedene Gehalte an Pufferstoffen für die Tätigkeit in der Humusdecke und dadurch mittelbar für den Zuwachs im Walde? Ein näheres Eingehen auf diese interessante und wichtige Frage würde viel mehr Zeit nehmen als ich bei dieser Gelegenheit beanspruchen kann. Nur einige wichtigere Tatsachen möchte ich hervorheben. Zunächst sei daran erinnert, dass in der sauren Humusdecke des Nadelwaldes in der Regel keine Nitrifikation stattfindet, sondern dass das Endprodukt bei dem Abbau der Stickstoffverbindungen Ammoniak ist. Nur in Humus mit ausgeprägtem Mullcharakter findet, solange der Bestand geschlossen bleibt, eine Nitrifikation des Ammoniakstickstoffes statt. Dagegen nitrifiziert nicht die für den nordischen Nadelwald charakteristische Humusdecke, die wie eine gesonderte Schicht über dem Boden liegt, ohne in höherem Grade sich mit dem Mineralboden zu vermischen. Zu diesem Typus gehört auch die Humusdecke der Nadelwälder im Schwarzwald auf dem kalkarmen Buntsandstein. Was die Ammoniakbildung angeht, ist sie in der Regel lebhafter in der oberen Schicht als in der unteren. Eine Verminderung der Azidität und eine Erhöhung des Gehaltes an assimilierbarem Kalk hat im grossen und ganzen einen günstigen Einfluss auf die Ammoniakbildung. Grosse Unterschiede können jedoch in dieser Hinsicht vorliegen zwischen Humusformen mit demselben p_H und demselben Gehalt an sauren Pufferstoffen. Deutlicher ist der Einfluss von p_H und Kalkgehalt auf die Reaktionsweise der Humusdecke bei vermehrtem Lichtzutritt. Schon ein Unterschied wie zwischen $p_H = 4$ und $p_H = 4.5$ ist dabei von Bedeutung. Die weniger saure Humusdecke geht bei Lichtzutritt leichter in ein Nitrifikationsstadium über, was für die Waldverjüngung günstig ist. Der Boden wird leichter was man "gar" oder tätig nennt.

Jedoch weder der Kalkgehalt, das p_H noch die Menge saurer Stoffe ist allein entscheidend für die Tätigkeit der Humusdecke und damit für deren forstlichen Wert. Beleuchtend dafür ist, dass die Humusdecke der Nadelwälder des Schwarzwaldes auf kalkarmem Boden nahezu dasselbe p_H, denselben Kalkgehalt und dieselben Titrierungskurven haben, wie der äusserst ungünstige Rohhumus in den schwachwüchsigen Fichtenwäldern Lapplands. Ein grosser Unterschied besteht jedoch in bezug auf die Ammoniakabspaltung, die in den Wäldern des Schwarzwalds sehr lebhaft ist oder von derselben Grössenordnung wie in den hochproduktiven Nadelwäldern des mittleren Schwedens, sehr gering aber in den Fichtenwäldern Lapplands. Die grosse Aehnlichkeit, die, trotz der grossen äusseren Verschiedenheiten, zwischen den Humusformen der reinen Nadelwälder auf kalkarmem Grund besteht, sowohl in bezug auf p_H als auf Kalkgehalt und Titrie-

rungskurven, machen es sehr wahrscheinlich, dass das Entstehen eines für den Wald ungünstigen Rohhumus zunächst darauf beruht, dass die Abbauprozesse in der sauren Humusdecke langsamer als normal verlaufen, dass jedoch diese Prozesse in der Hauptsache immer derselben Art sind. Es lassen sich jedoch biologische Verschiedenheiten zwischen der Humusdecke mit schneller und der mit langsamer Umsetzung, zwischen einer dünneren, für den Wald günstigen, und einer dicken, für die Bäume und die Verjüngung ungünstigen, nachweisen. Als Beispiel habe ich eine dicke Rohhumusdecke aus einem schlechten, schwachwüchsigen Fichtenwald des nördlichen Schwedens und eine günstigere, aus einem hochproduktiven Nadelmischwald des mittleren Schwedens unweit von Stockholm gewählt. Die Titrierungskurven sind einander sehr ähnlich, ebenso die Reaktionszahlen. Verschiedenheiten zeigen sich aber bei der Zufuhr kohlensauren Kalkes. Mit Rücksicht auf die Veränderungen der Reaktionszahlen fällt am meisten auf, dass das Kalken in der günstigen Humusdecke eine fortschreitende Veränderung in alkalischer Richtung bewirkt. Nach drei Monaten baben die Reaktionszahlen höhere numerische Werte als zwei Tage nach dem Kalken. Bei den schlechten Humusformen hingegen erfolgt eine Veränderung in entgegengesetzter Richtung, obwohl nicht so ausgesprochen. In dem günstigen Rohhumus folgt auf ein Kalken ohne Infektion mit Nitrifikationsbakterien eine ausgesprochene Salpeterbildung, in dem schlechten Rohhumus tritt keine Nitrifikation ein. Eine Infektion mit Nitrifikationsbakterien durch Zufuhr einer kleineren Menge von nitrifizierendem Boden kann bei gleichzeitig erfolgendem Kalken Nitrifikation sowohl im guten wie im schlechten Rohhumus bewirken und zwar in beiden Schichten. Die Nitrifikation wird jedoch bei demselben p_H lebhafter in dem besseren als in dem schlechteren Rohhumus, und am lebhaftesten in der oberen Schicht des günstigen Humus. Die Unterschiede sind sehr bedeutend und auffallend. Entsprechende Verschiedenheiten zeigt auch die Ammoniakbildung. Da die kleinen Verschiedenheiten der untersuchten Humusformen in dem p_H und dem Gehalt an alkalischen Pufferstoffen durch Zufuhr von Kalk ausgeglichen worden sind, müssen die nachgewiesenen Unterschiede verursacht sein durch 1/ Verschiedenheiten in der Mikroflora, 2/ die verschiedene Widerstandsfähigkeit der im Humus vorhandenen Stoffe gegen weitere Zersetzung durch die abbauenden Mikroorganismen. Diese und andere meiner Untersuchungen — ich verweise auf die ausführlichere Arbeit, die in den Mitteilungen der forstlichen Versuchsanstalt Schwedens erscheinen wird — machen die Annahme wahrscheinlich, dass Humusformen mit demselben p_H und demselben Gehalt an sauren Pufferstoffen eine verschiedene Mikroflora haben können, und dass diese durch unsere waldbaulichen Massnahmen beeinflusst wird. Eine Methode, sie zu beeinflussen, liegt in der Wahl des humusbildenden Materials. In den innerhalb forstlicher Kreise bekannten Wäldern bei Bäreuthoren im mittleren Deutschland haben die mit Reisig gedüngten Stellen einen Humus mit einem p_H von 3,8, der äusserst reich an sauren und arm an alkalischen Pufferstoffen ist, jedoch eine sehr lebhafte Nitrifikation hat. Die Erklärung dafür dürfte darin zu suchen sein, dass das frische grüne Kiefernreisig, womit der Boden gedüngt wird, solche Stickstoffverbindungen enthält, die sich leicht zersetzen und die eine Mikroflora ernähren können, die auch in stark saurem Boden die Nitrifikation besorgen kann. Damit kommen wir auf die Rolle der Laubbäume im Nadelwaldbestand. Die gefallenen Blätter der Laubbäume sind gewöhnlich weniger sauer und weniger reich an sauren Pufferstoffen als die gefallenen Nadeln der Nadelbäume. Deshalb wird der Humus in dem mit Laubbäumen eingemischten Nadelwald gewöhnlich weniger sauer und ärmer an sauren Pufferstoffen als der Humus des reinen Nadelwaldes. Zahlreiche Beispiele dafür bieten die schwedischen Nadelwälder. In günstigen Fällen führt die Einmischung von Laubbäumen zu einer Mullbildung, aber das Charakteristische dabei ist, dass dieser Mull stark nitrifizierend sein kann bei einem p_H, bei welchem die Humusdecke im reinen Nadelwald Rohhumuscharakter hat und nur Ammoniak bildet. Dies dürfte zusammenhängen mit dem grösseren Reichtum der Laubblätter an alkalischen Pufferstoffen, die eine für die Nitrifikation schädliche Verschiebung des p_H in saurer Richtung verhindern können; dabei können sie gleichzeitig reich an sauren Pufferstoffen sein. Beispiele von saurem, aber nitrifizierendem Mull können von Böden unter eingepflanzter Eiche zu Bärenthoren von im solchen mit eingemischter Buche im Urwald bei Schattawa in Böhmen angeführt werden. Gewöhnlich führt doch die Einmischung von Laubbäumen zu einem p_H, das kein Gegenstück in einer Rohhumusdecke hat. Dass wir bei demselben p_H so sehr verschiedene Humusbildungen haben können wie ausgeprägten Mull und ausgeprägten Rohhumus, zeigt unter anderem von welch grosser Bedeutung die Beschaffenheit des Ausgangsmateriales ist.

Aus meinen hier in Kürze angeführten Untersuchungen geht hervor, dass das p_H ebensowenig für die Produktion des Waldes wie für die im Boden verlaufenden Prozesse von entscheidender Bedeutung ist. Es ist p_H einer des wichtigen Faktoren, aber solche Faktoren wie die Beschaffenheit des humusbildenden Materiales (tote Nadeln oder Blätter verschiedener Laubbäume, Düngung mit grünem Reisig u. s. w.) können bei demselben p_H verschiedene Prozesse im Boden hervorrufen und dadurch die Produktion beeinflussen. In der Humusdecke des reinen Nadelwaldes auf kalkarmen Boden schwankt p_H innerhalb enger Grenzen, und bei demselben p_H kann die Umsetzung entweder normal und für den Wald günstig sein oder aber verlangsamt und zur Bildung mächtiger Rohhumusdecken führend. Dies gibt Anlass zur Annahme, dass trotz der Uebereinstimmung in bezug auf p_H und Gehalt an alkalischen und sauren Pufferstoffen die Mikroflora sehr verschieden beschaffen sein kann. Ausgeführte Experimente, z. B. mit Kalken von Rohhumusproben, sprechen dafür. Die saure Reaktion und der Reichtum an sauren Stoffen in dem reinen Nadelwald ist eine Folge der Beschaffenheit der gefallenen Nadeln. Unter günstigen Verhältnissen, z.B. bei hoher Temperatur, geschieht die Zersetzung der organischen Stoffe in einer derartigen Humusdecke auf eine für den Wald günstige Weise, unter ungünstigen äusseren Verhältnissen aber, z. B. bei niedriger Temperatur, zu grosser Feuchtigkeit im Boden, kann leicht eine Verlangsamung dieser Prozesse eintreten; dabei entstehen beschwerliche Rohhumusdecken mit etwa denselben sauren Eigenschaften wie die normale Humusdecke. Die Einmischung von Laubbäumen in die Bestände ist von grosser Bedeutung, indem sie die Gefahren solch einer ungünstigen Entwicklung herabsetzt. Durch die Laubbäume wird gewöhnlich p_H in alkalischer Richtung verschoben, doch auch ohne eine derartige Veränderung kann eine Einmischung von Laubbäumen günstig wirken. Durch eine passende Einmischung von gefallenem Laub in die Nadelwaldstreu, so dass

unter den gegebenen äusseren Verhältnissen die Zersetzung möglichst rasch verläuft, erreicht der Forstmann die höchste Produktion des Bodens.

In den nordischen Nadelwäldern wird die Rohhumusdecke oft dick und für die Verjüngung und den Zuwachs im Walde ungünstig, was wohl am nächsten mit einer durch die Natur des Klimas bedingten Herabsetzung der Tätigkeit im Boden zusammenhängt. Die durch einen Kahlschlag bewirkte Verbesserung der bodenklimatischen Verhältnisse kann hier grosse Bedeutung erlangen. Die Zersetzung der Humusdecke wird lebhafter, deren Gehalt an alkalischen Pufferstoffen wird erhöht, und eine Nitrifikation tritt ein. Noch kräftiger in derselben Richtung wirkt ein Waldbrand oder das Abbrennen des Bodens. Auf den alten Brandflächen hat man jetzt die schönsten Wälder Schwedens und Finnlands. Sie entstanden oft als Mischwälder von Kiefer, Fichte, Birke und Espe. Der Humus, der sich in diesen Mischwäldern bildet, ist meistens weniger sauer als der reine Nadelwaldhumus, mit einem p_H von gewöhnlich etwa 4,5-4,6 und auch wesentlich reicher an alkalischen und ärmer an sauren Pufferstoffen. Im Lauf der weiteren Entwicklung der Wälder verschwinden die Laubbäume, die Humusdecke bekommt nach und nach die Eigenschaften, die für den reinen Nadelwaldhumus charaktetisch sind, und damit ist die Gefahr vorhanden, dass ein ungünstiger Rohhumus entsteht. Indem sie in dieser Weise die Zusammensetzung und die Eigenschaften der Humusdecke beeinflussen, haben die Waldbrände einen mächtigen und in vielen Fällen günstigen Einfluss auf die nordischen Nadelwälder gehabt.

(Bei dem Vortrag wurden verschiedene Kurventafeln demonstriert, besonders um die Titrationskurven näher zu beleuchten. Diese, welche auch in der agrogeologischen Ausstellung ausgestellt waren, haben wegen Platzmangels hier nicht reproduziert werden können. Sie werden in der Hauptarbeit, publiziert in den Mitteilungen der schwedischen forstlichen Versuchsanstalt, ihren Platz finden).

PROF. H. HESSELMAN, *Stockholm (Suède)*. — **L'humus des forêts de conifères.**

RÉSUMÉ.

Les résultats qui sont rapportés dans la conférence s'appuient sur des observations et des recherches faites dans la Forêt-Noire (Schwarzwald) et le Böhmerwald au sud et jusqu'en Laponie au nord. Les recherches portent avant tout sur les conditions dans les forêts de conifères (pin, épicéa, sapin) pures ou mélangées avec des essences feuillues, comme le hêtre et le chêne dans l'Europe centrale, le bouleau, le tremble ou le marceau (*Salix caprea* L.) dans la Suède septentrionale. En premier lieu ont été examinés des sols pauvres en carbonate de chaux, ainsi des sols issus du granit et de gneiss acides ou de grès pauvre en chaux (grès bigarré). Les recherches comprennent la détermination de pH (détermination électrométrique dans un extrait de sol, 20 parties de sol et 80 parties d'eau), le titrage électrométrique avec NaOH et HCl pour la détermination de la quantité des matières tampons, la détermination de la faculté du sol de former du salpêtre et de l'ammoniaque, le dosage de la chaux soluble en sel ammoniac et de l'azote total et enfin le dosage par calcination modérée des matières organiques.

Dans la forêt de conifères pure le pH de la couche d'humus sur un sol pauvre en chaux varie dans des limites très restreintes, c.-à-d. entre 3,6 a 3,7 jusqu'à 4,2 à 4,3 en moyenne. Une augmentation du sud au nord ne peut être observée. Dans les peuplements résineux de la Forêt-noire sur un sol de grès bigarré (Calmbach, Langenbrand) la couche d'humus supérieure, moins décomposée, a un pH de 3,8, la couche inférieure, plus décomposée, de 3,6. Les chiffres correspondants trouvés dans les forêts d'épicéas du Norrland septentrional, où l'humus brut est gênant, sont 4,0 à 4,1 et 3,9. Les forêts très productives de la Suède centrale, peuplements mélangés pin et épicéa, ont donné 4,2 et 3,8. Enfin, dans des forêts d'épicéas en Laponie où l'humus brut atteint une épaisseur de 30 à 40 cm., le pH de cette couche a été déterminé à 3,6 à 3,8. La formation d'une couche épaisse d'humus n'entraîne donc pas nécessairement une augmentation du pH du sol. Dans un podzol sur un sous-sol pauvre en chaux la valeur numérique de pH augmente vers le bas ; le sable gris est moins acide que l'humus, le sable jaune moins que le sable gris. Les débris des feuilles d'essences feuillues mélangées aux conifères diminuent l'acidité de l'humus et les débris des aiguilles du mélèze semblent avoir le même effet. La couche d'humus acide dans la forêt de conifères est riche en matières tampon qui empêchent une modification de la réaction dans le sens alcalin. Une couche mince de terreau forestier, bienfaisante pour la forêt, peut à cet égard avoir les mêmes propriétés qu'une couverture épaisse et gênante d'humus brut. Les débris des aiguilles dans la forêt de conifères ont une réaction acide (pH environ 4,0 comme dans l'humus brut) et ils sont riches en matières tampon empêchant une modification de la réaction vers l'alcalinité. Il en est de même pour les débris des myrtilles et des airelles, végétation caractéristique pour l'humus brut.

En général, la chaux assimilable influence le pH, mais des échantillons d'humus avec le même pH peuvent en avoir des taux très variables. Encore, il y a une influence de la teneur en chaux assimilable sur l'activité chimique en cas d'éclaircies et de coupes de régénération augmentant la quantité de lumière qui arrive au sol. La chaux est favorable à cette activité et par conséquent à la régénération de la forêt.

Dans l'humus de la forêt de conifères pure sur un sol pauvre en chaux la nitrification n'a ordinairement pas lieu ; le dernier produit de la décomposition des matières azotées est l'ammoniaque. Certaines feuilles, comme le hêtre et le chêne, associées aux conifères, favorisent la nitrification. Cela est le cas surtout dans l'Europe centrale. p. ex. dans la forêt vierge à Schattawa dans le Böhmerwald (République tchécoslovaque). La fumure par les débris de branches etc. d'arbres abattus a le même effet ; cela est le cas à Bärenthoren, propriété de l'Allemagne centrale qui est bien connue dans le monde forestier. Dans un sol forestier engraissé de cette façon, une nitrification vive peut avoir lieu à un pH de 3,9 ou 4,1. Il arrive que la nitrification commence dans une couverture non nitrifiante si la quantité de lumière arrivant sur le sol est augmentée ; cet effet est favorisé par un taux relativement grand de chaux assimilable.

Dans la couverture mince caractéristique pour la forêt à couvert épais une vive formation d'ammoniaque a lieu, tandis que dans une couverture épaisse et feutrée d'humus brut cette activité est réduite à un minimum. C'est dans la diminution de l'activité chimique qu'il faut chercher la cause principale de l'influence défavorable d'une telle couverture sur la forêt.

Prof. Dr. H. HESSELMAN, *Stockholm (Sweden)*. — **Humus of Coniferous Forests.**

ABSTRACT.

The results, reported in the author's communication, are based on observations and investigations made in the Schwarzwald and Böhmerwald in the South, and in the North until Laponia. These investigations concerned especially the conditions in coniferous forests (pine, pitch-fir and fir) pure or mixed with leaf-trees i. e., beach and oak in Central Europe, bearch, aspen and sallow (*Salix caprea* L.) in North Sweden.

First the author has examined soils, poor in lime, and granite soils, acid gneiss and sandstone, poor in lime (coloured sandstone). The investigations concerned the determination of pH (electrometrical determination in soil extracts, 20 parts soil and 80 parts water); electrometrical titration with NaOH and HCl in order to determine buffer substances; determination of the soils power to form nitrate and ammonia; and finally, the determination of organic matter.

In pure coniferous forests the pH of the humus-layer on a soil poor in lime, varies between narrow limits, between 3.6 or 3.7 and 4.2 or 4.3. An increase from south to north has not been observed. In the resinous communities of the Black Forest (Schwarzwald) on a soil of coloured sandstone (Calmbach, Langenbrand) the superior humus layer, less decomposed, has a pH of 3.8, the inferior layer, more decomposed, of 3.6. The corresponding data, found in pitch-fir forests of North Norrland, where the rough humus is injurious to the soil, are 4.2 and 3.8. Finally, in the pitch-fir forests in Laponia, where the rough humus attains 30 or 40 cm., the pH of this layer has been found to be 3.6 and 3.8. The formation of a thick layer of rough humus, does not necessarily increase the pH of the soil. In a podesol on a subsoil, poor in lime, the numerical value of pH increases with the depth; the gray sand is less acid than humus, yellow sand less than gray sand.

Fragments of leaves from leafy species, mixed with coniferae, decrease the acidity of the humus, and fragments of the needles of larch seem to have the same effect. The acid humus layer in the coniferous forest is rich in buffer substances, which hinder a modification of the reaction in an alcaline sense. A thin layer of forest humus, beneficial to the forest, may in this respect have the same properties as a thick covering, detrimental to rough humus. The needle fragments in coniferous forests have an acid reaction (pH about 4.0 as in rough humus) and they are rich in buffer-substance, hindering a change in the reaction in an alcaline sense. The same is true for fragments of bilberries, a caracteristic vegetation on rough humus. As a whole, available lime influences pH, but humus-samples with the same pH can have a very different lime content. Also there is a marked influence of the lime content on chimical activity in the case of clearings and regeneration cuttings, which increase the quantity of light that reaches the soil. Lime is favorable to this activity and consequently to the regeneration of the forest.

In the humus of a coniferous forest on a soil poor in lime, nitrification generally does not take place; the last product of decomposition of nitrogenous matter being ammonia. Certain leaf trees, as beaches and oaks, mixed with the coniferae, favour the nitrification. This is especially the case in central Europe, for instance in the virgin forest at Schattawa in the Böhmerwald (Tchecoslovakia).

Manuring with fragments of branches etc. of fallen trees, has the same effects:

this is the case at Bärenthoren, a possession in central Germany, well known in the forest world.

In a forest soil, thus manured, a vivid nitrification may take place at pH 3.9 or 4.1. It happens that nitrification starts in a not nitrifying covering, when the quantity of light reaching the soil is increased; this effect is favored by a rather large available lime content. In the thin covering, characteristic for very shady forests, a vivid formation of ammonia takes place, whereas this activity is reduced to a minimum in the thick and felty coverings of rough humus. It is to the decrease of chemical activity that we must principally attribute the unfavourable influence of such a covering on the forest.

Prof. H. STREMME,

Danzig.

TITRE:

CHEMISCHE BODENANALYSE, BODENPROFILE, BODENCOLLOIDE.

PROFESSORS J. S. JOFFE AND H. C. Mc. LEAN,

New Jersey Agricultural Experiment Station, New Brunswick, N. J., U. S. A.

ALKALI SOIL STUDIES.

Most of the work on alkali soils has been directed toward a solution of the problems of removing the excess of alkali from the soils or neutralizing the harmful effects of these salts, e. g., by converting the black alkali into white and leaching out or scraping off from the surface the accumulated salts. Attempts have been made to determine the metode of formation of alkali soils, also the possible reactions involved when the soils are treated; most attention, however, has been given to the study of the tolerance of various plants to concentrations of salts comparable to those found in alkali soils. In recent years some of the Expriment Stations, notably the California Station and some European investigators, especially in Russia, began a series of studies with the hope of revealing the nature and origin of the alkali soils and the reactions involved. It was recognized that a thorough understanding of these factors was necessary before any rational methods of treatment could be followed. One of the most important features of the recent investigations is the appreciation of the colloidal nature of some of the phenomena accompanying alkali soils.

From this point of view an investigation was begun at the New Jersey Experiment Station. The ameliorating agent was to be the sulfuric acid produced in the biochemical oxidation of sulfur.

The alkali soil investigated was obtained from the California Agricultural Experiment Station, Riverside, California. In texture it is a sandy loam strongly alkaline, with a pronounced soda odor, having a pH reading varying from 9.6 to 8.8 depending chiefly on the equilibrium displacement between the carbonates and bicarbonates present. The soils were treated with various amounts of inoculated sulfur, peat and sulfur, peat alone, alum and sulfur, and alum alone. Table 1 gives the scheme of treatments. For the study of the effects of leaching, small pots with holes in the bottom were used.

From time to time a series of small pots was taken to the laboratory and leached. The permeability of the soil to water was observed; and the leachings were analized. Simultaneously water extracts were made on similarly treated soils, using 50 gm. of soil to 500 cc. of distilled water, and analyses made. Capillary studies were also conducted on the leached and unleached soils.

TABLE I.

Treatment of alkali soils.

No.	Treatment	
	1st series	2nd series
1	None	None
2	4000 lbs. sulfur	2000 lbs. sulfur [1]
3	4000 » « 5 tons peat	2000 » » [2]
4	6000 lbs. sulfur	4000 » » [1]
5	6000 » » 5 tons peat	4000 » » [2]
6	2000 lbs. sulfur	6000 » » [1]
7	2000 » » 5 tons peat	6000 » » [2]
8	4000 c. p. alum 5 tons peat	4000 c. p. alum
9	4000 c. p. alum 2000 lbs. sulfur	
11	5 tons peat	

[1] Sulfur was applied to surface 4 inches.
[2] Sulfur was mixed with bulk of soil.

The extract of black alkali soils is a dark brown solution with a large amount of colloidal materials. When treated with a negative sol like arsenic trisulfide the extracts do not show any change. On the other hand when a ferric oxide

sol is added precipitation takes place. This shows that the colloids present in the alkali soil extracts are negatively charged. The chief colloids present are of silica, iron, aluminum, clay and organic materials. The silica colloids are negatively charged and they are resistant to precipitants. The colloids of the organic substances are known as humus colloids. These are also negatively charged. The iron and aluminum colloids are positively charged, but on account of the protective effect of the other colloids, or the hydrogen-ion concentration of the alkali soil solution the charges is marked. The clays behave both like electro-positive or electro-negative colloids.

TABLE II.

Surface tension of extracts of treated and untreated alkali soil at various incubation periods.

Treatment per acre	Incubation period in days		
	15	75	190 [3]
	Surface tension at		
	22°C	19°C	19°C
	dynes	*dynes*	*dynes*
None [3]	63	71.0	71.0
None	69	72.42	
2000 lbs. S[1]	73		
2000 lbs. S[2]	73		73.13
4000 lbs. S[1]	73	72.42	
4000 lbs. S[2]		74.5	74.5
6000 lbs. S[1]	73	74.5	74.5
6000 lbs. S[2]	72.3		73.8
4000 lbs. c. p. alum	71.58		

[1] Sulfur applied to surface four inches.
[2] Sulfur mixed with bulk of soil.
[3] Extracts were made up from unleached soils; all others were from leached soils. The cultures from this series were incubated at room temperature. They consisted of 3 pounds of alkali soil with the various treatments in earthenware glazed pots, one quart capacity with holes on the bottom to facilitate leaching. A detailed description will be found in a subsequent publication.

The colloids present exert a profound influence on the properties of the soil The retentive power of soils for soluble salts is due in part to the colloids. This is a very important consideration in alkali soil treatment; the higher the retentive power the harder it is to leach the soil, the poorer is the aeration. The phenomena of positive and negative adsorption are important in this connection in as much as an increase in negative adsorption decreases the retentive power of the soil and facilitates leaching. An increase in surface tension of the soil solution increases

negative adsorption. A decrease in the total surface of the dispersed phase is another step towards an increase of negative adsorption. The decrease of the surface may be accomplished by coagulating the colloids. Table II gives some data on the surface tension of treated and untreated extracts of alkali soils. As a result of change in surface tension and decrease of total surface due to coagulation of the colloids the permeability of the soil to water increased. The data in table 3 on the rate of leaching shows how the various treatments effect the physical condition of the soil. Figur 114 and 115 give the curves of a set of soils in the first series. The curves represent two different incubation periods 14 and 95 days respectively. The remarkable feature brought out by these curves is the behaviour of sulfur and alum at the various incubation periods. The alum treatment is not permanent, not even lasting, while the sulfur treatment shows progressive improvement in the rise of capillary water.

TABLE III.

Treatment of alkali soils and the rate of leaching after 95 days incubation.

Laboratory number of culture	Treatment per acre	Amount leached after	
		7 hours	48 hours
		cc.	cc.
1	None	40	75
2	4000 lbs. sulfur	97	285
3	4000 lbs. sulfur 5 tons peat	190	298
4	6000 lbs. sulfur	197	290
5	6000 lbs. sulfur 5 tons peat	167	293
6	2000 lbs. sulfur	42	90
7	2000 lbs. sulfur 5 tons peat	68	150
8	4000 lbs. c. p. alum 5 tons peat	44	138
9	4000 lbs. c. p. alum 2000 lbs. sulfur	80	210
11	5 tons peat	00	53

The cultures subjected to leaching consisted of 1.4 lbs. of alkali soils in flower pots. 400 cc. of water was applied to the surface and the rate of leaching followed. A more detailed account of the experiment will be found elsewhere.

A detailed discussion of the effects, as brought out by the data and figures, is to be found elsewhere (5,6).

Experiments were also conducted to ascertain the coagulation effects of sulfuric acid and alum respectively, or both. At the same time the reaction at which coagulation takes place was also observed. Table IV gives the scheme of the experiments

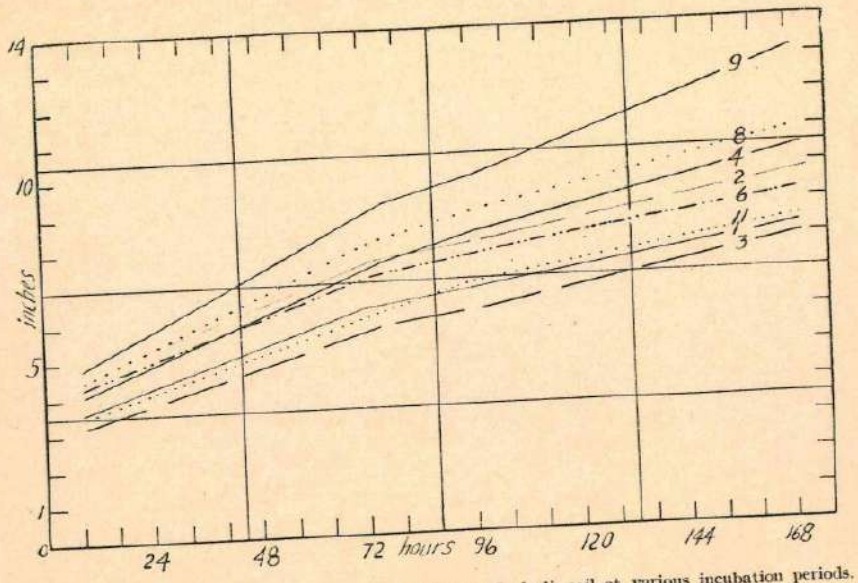

FIG. 114 — Curves of the surface tension of extracts of alcali soil at various incubation periods.

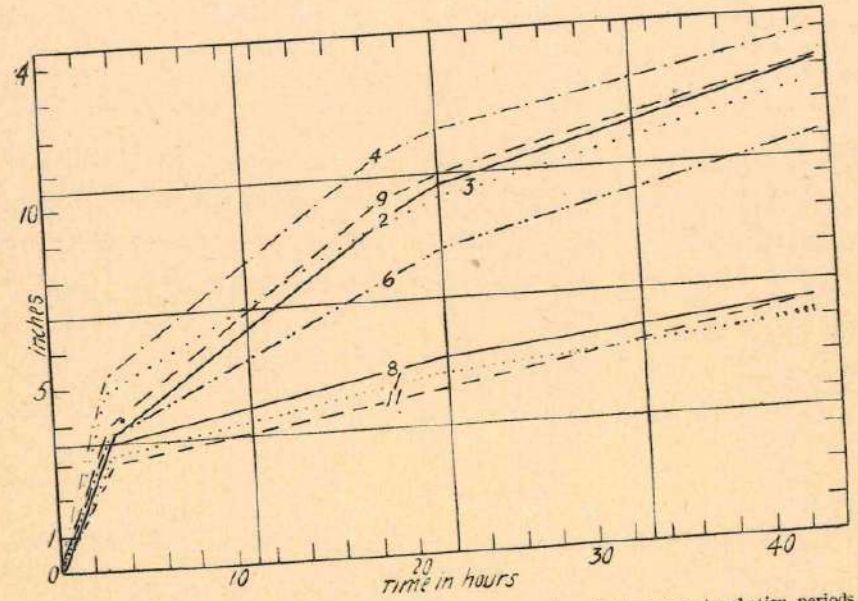

FIG. 115. — Curves of the surface tension of extracts of alcali soil at various incubation periods.

and the results. It will be noted that the alum tratment in combination with the sulfuric acid is the best. Quantitative studies on the colloids precipitated, as shown in table V, also substantiated the data given in table IV. A good deal may be said about the effect of reaction on the coagulation of the colloids ; in a paper of this nature only the most outstanding features can be presented. Those interested may be referred to the discussion which is to be published shortly in Soil Science.

Vapor pressure studies on the alkali soil extracts did not bring out any striking differences, and no inferences could be made from the data.

TABLE IV.

Effect of alum, sulfuric acid, or a combination on the coagulation of colloids in alkali soil extract.

Tube No.	Treatment			Reaction of supernatant liquid	Relative amount of coagulation	Intensity of color in supernatant liquid
	0.01M	0.1M H_2SO_4	1.0M NaOH			
	cc.	*cc.*	*cc.*	*pH.*		
1	1		0.8	9.0 [1]	Considerable.	Slight.
2	1		1.0	9.2 [1]	Very slight after 24 hours.	No apparent change.
3	1		1.1	9.3 [1]	None.	No apparent change.
4	1		2.0	9.6 [2]	None.	No apparent change.
5	1			4.8	Practically instantaneous.	Clear as water.
6	0.5			6.0	Heavy.	Very slight.
7	0.3			7.0	Heavy.	Very slight.
8	0.2			7.0	Appreciable.	Slight.
9	0.1			7.4	Slight turbidity slight ppt. after 24 hours.	No apparent change.
10		2		3.0	1	8
11		3		2.8	2	5
12		4		2.6	3	4
13		5		2.4	4	3
14		7		2.0	6	2
15		8		2.0	7	1
16	0.05	1		6.0	0	10
17	0.1	2		3.0	3	4
18	0.15	3		2.6	7	2
19	0.2	4		2.4	9	1
20				9.2	0	10

[1] The potentiometer was used for these readings.

[2] The intensities of coagulation and color for tubes 10-20 are indicated by numerical values expressing comparison with the control, tube 20.

In any rational system of alkali soil treatment the question of the method of formation of alkali soils must be considered. Several theories are advanced

in regard to this question. All of them go back to the researches of WAY, VAN BEMMELEN, LEMBERG and others. The fundamental idea underlying these theories is the exchange of bases in the soil minerals. Especially is this true in connection with the zeolitic portion of the soil. If a soil has an excess of soluble sodium salts and also calcium carbonate, then a washing out of these salts will bring out more sodium from the zeolitic portion which will then absorb the more easily absorbable calcium ion and leave behind the carbonate to form sodium carbonate. The salinizing process comes first and the alkalinity follows. The method of formation of black alkali as outlined, is sponsored by GEDROIZ (3), a Russian investigator. The theory of DOMINICIS (2) does not preclude the presence of calcium carbonate in the process of black alkali formation. According to him the sodium in the replacement process is in the hydrogel state and then changes into hydrosols. Dissociation of the sodium takes place and sodium hydroxide is formed which in turn absorbs the carbon dioxide forming sodium carbonate. The work at the California Station, especially that of CUMMINS and KELLEY (1), seems to substantiate the hypothesis of DOMINICIS; MONDESIR (7) demonstrated the formation of sodium carbonate in the base exchange of soils leached with water long before DOMINICIS and GEDROIZ performed their experiments. In this process the hydrogen ions of the water having a high absorbing coefficient, replace the sodium. The treatment of alkali soils is therefore a problem of replacing the sodium, coagulation of the colloids, leaching out the soluble salts and suppressing the formation of sodium carbonate which imparts an alkaline reaction to the soil solution. The analyses of the leachings and extracts as well as other experiments carried out on the alkali soils reveal a number of interesting features.

TABLE V.

Effect of alum and sulphuric acid on colloids precipitated.

No. of tube	Treatment		Reaction	$KMnO_4$ for Fe titration	SiO_2
	01M Alum	0.1M H_2SO_4			
	cc.	*cc.*	*pH.*	*cc.*	*mgm.*
1	2		4.7	1.25	1.0
2		2	8.4	*	*
3	1	1	6.4	1.25	0.8
4	1.5	1.5	7.4	0.0	0.9
5	0.5	0.5	4.8	1.80	1.5

* No precipitate was formed.

After 14 days of incubation over 30 per cent of the 2000 pounds application, 20 per cent of the 4000 pounds and about the same amount of the 6000 pounds application had been oxidized. The total amount of sulphur oxidized, however,

is greater in the higher applications. After 60 days of incubation not much change in the sulfur oxidized could be noticed. After 95 days of incubation over 40 per cent of 2000 pounds application, over 30 per cent of the 4000 pounds and close to 30 per cent of the 6000 pounds application had been oxidized.

The sulfuric acid formed from the oxidation of sulphur exerted profound influences on the physical, chemical and biological structure of the soil.

It is worth while to mention that 2000 pounds of sulphur is not sufficient to prevent accumulation of soda. After eleven months, during which time the soils were leached twice, the carbonates appeared again, after having disappeared once. Even the 4000 pound application was not sufficient to keep the soda from coming back. The soils with 6000 pound applications contained no carbonates even after eleven months. Experiments are in progress to determine the amount of replaceable bases in the zeolites, as outlined by GEDROIZ (4).

There are a number of interesting phenomena connected with the exchange of ions in the leachings and extracts as they appeared at the different periods of incubation. These are discussed elsewhere (5, 6).

In summing up the work it may be said that the oxidation of sulphur as a means of treating alkali soils, as far as laboratory experiments are concerned, accomplishes in a great measure the desired effects; it coagulates the colloids, thus facilitating leaching operations; with larger amounts of sulfur the soda has not come back after eleven months. It may be possible that by yearly applications of sulphur the accumulation of soda could be checked and thus create favorable conditions for the growth of crops. In this connection it may be recorded that vegetation experiments with barley and millet show that the soils may become productive.

REFERENCES.

(1) CUMMINS, A. B., and KELLEY, W. P., The formation of sodium carbonate in soils. *Univ. of Cal. Agr. Exp. Stat. Tech. paper*, No. 3, 1923.
(2) DE. DOMINICIS, A. Terreni salsi e terreni alcalini *Staz. Sper. Agr. Ital.* XLI, pp. 103-161, 1918. (Original not seen: quoted from CUMMINS and KELLEY).
(3) GEDROIZ, K. K. A study of the absorbing capacity of soils. Petrograd. *Commissariat of Agriculture, Government Printing Office*, 1922.
(4) GEDROIZ, K. K., The HCl acid method for determining in the soil the cations present in an absorbed condition. In *Soil Sci.*, XVI, pp. 473-474, 1923.
(5) JOFFE, J. S., and MCLEAN, H. C., 1924, Alkali Soil Studies: I. A consideration of some colloidal phenomena. To appear: In *Soil Sci*, XVII, May or June issue.
(6) JOFFE, J. S., and MCLEAN, H. C., 1924, Alkali Soil Studies: Origin of alkali soils and methods of treatment. To appear: In *Soi., Science*, XVII, June.
(7) DE. MONDESIR, PAUL 1888. On the role of the soil absorbing power in the formation of sodium carbonate. *Comp. Rend.*, CLX, pp. 459-462.

Prof. F. S. JOFFE et H. C. MCLEAN, *New Jersey* (*Etats-Unis*). — **Études sur les sols alcalins.**

RÉSUMÉ.

Les AA. relatent les recherches effectuées sur les sols alcalins dans la Station Expérimentale de N. J. La question des colloïdes dans ces terrains est considérée par les AA. comme ayant la plus grande importance; l'action des colloïdes sur le pouvoir de retention des sols pour les sels indique qu'une adsorption négative constitue un caractère désirable dans les sols alcalins. Cela peut être obtenu par la coagulation des colloïdes. Le soufre à raison de 2 000 à 6 000 lbs. p. acre, administré aux terrains alcalins, subit une oxydation rapide; tandis que les colloïdes coagulent, la perméabilité du sol pour l'eau augmente, et les sels solubles sont en partie exportés. L'alcalinité extrême disparaît et il a lieu une substitution des éléments basiques dans la portion zéolithique. Avec l'exportation des sels solubles il y a même perte d'une grande quantité de substances nutritives pour les plantes. Les sols alcalins, après le traitement par le soufre et sans addition successive d'aucun engrais, ont donné des récoltes presque bonnes d'orge et de millet. Les AA. discutent aussi sur la question de l'alun comme un agent d'amélioration des sols alcalins.

Un travail plus complet des études des AA. a paru dans la revue « *Soil Science* » publiée aux Etats-Unis.

Professors J. S. JOFFE and H. C. MCLEAN, *New Jersey* (*U.S.A.*). — **Alkali Soil Studies.**

ABSTRACT.

The paper discusses the work on alkali soils conducted at the N. J. Experiment Station. The question of the colloids present in alkali soils is considered of prime importance; the effect of colloids on the retentive power of soils for salts indicates that negative adsorption is a desirable feature in alkali soils. This is accomplished by coagulating the colloids. Sulphur at the rate from 2000 to 6000 lbs. per acre applied to alkali soils oxidizes rapidly, coagulation of the colloids takes place, the permeability of the soil to water increases, allowing proper leaching and thus washing out of soluble salts. The extreme alkalinity disappears and a replacement of the basic elements in the zeolitic portion takes place. With the soluble salts washed out by leaching a great deal of soluble plant food is also washed out. Without adding any fertilizers the alkali soils after treating them with sulphur for 6 months have given fair crops of barley and millet. A discussion of alum as an ameliorating agent for alkali soils is presented with some experimental data accompanying the discussion.

A more detailed paper on the studies is to appear in « *Soil Science* », published in the U. S., Dr. J. G. LIPMANN, of the N. J. Experiment Station, Editor in Chief.

Prof. N. GANGULEE,

Prof. of Agriculture & Rural Economics, University of Calcutta, India.

THE ALKALI SOILS OF INDIA.

Introduction.

The object of this paper is to present before the International Conference of Pedology a brief outline of the problems of the 'alkali' soils of India. References have been made to the investigations carried out by the Government of India and the importance of further research is emphasised. In view of the fact that alkali

phenomena are of common occurrence in the arid or semi-arid regions of the world and that the reclamation of cultivable land impregnated with saline deposits is of paramount importance for the food supply of the world's increasing population, the problems relating to soil alkali can justly claim the attention of this Conference.

Prevalence in India.

Long before the attention of the scientific investigators was directed to the appearance of incrustation of salt deposits on the soil surface of the arid and semi-arid soils of India, the Indian cultivator did not fail to observe the phenomenon, and regarded it as an indication of approaching sterility of his land. As he realised that they originated in the subsoil layer, he took care not to plough his land too deeply; and, in order to control evaporation as far as possible, he practised mulching. It is common belief among the farmers of these areas that organic matter in excess must be added to change the nature of the soils containing soluble salts.

The term 'Alkali' generally refers to the saline efflorescences deposited on the surface of the ground, but the soils where they occur should be classified into two types in reference to the nature of the salts, one signifying the presence of soluble salts not harmful to plants and the other those that are toxic to plant growth.

Various vernacular names are given to alkali soils of India. The salts which accumulate on the surface are known as '*Reh*'. In the Punjab, the North-west provinces, the Deccan and Sindh, saline efflorescence is known as '*Kalar*' and the cultivator classifies it according to certain obvious characteristics of the deposits. For example, *Rapri Kalar* (refers to chlorides), *Bhanothi Kalar* (probably refers to sulphates) and *Dudh Kalar* (refers to carbonates). In other parts of India, the alkali lands are called *Usar* (meaning sterile, unfertile), and the cultivator distinguishes the predominant types of salts as *Sajji* (sodium carbonate), *Khari* (sodium sulphate) and *Namak* (sodium chloride).

Industrial uses.

Wherever alkali efflorescence is obtained in large quantities, the salts are put to many uses by the people. They are employed in the processes of dissolving crude lac (*Tachardia lacea*) and for extracting the dye from Safflower. WATT (1) refers to the practice of sprinkling white *Reh* into boiling cane juice to neutralise the organic acids in the manufacture of sugar. *Khari* (sodium sulphate) is used for medicinal purposes and also as a preservative for hides. The crude method of extraction of alkalis for the efflorescent deposits on *usar* lands is practised by a class of people known as *Lunia*, and the local industries such as the manufacture of glass bangles and soap are thus supplied with sodium salts; but, since the advent of English alkalis, the market for these crude sodium salts has considerably shrunk and is mostly confined to remote villages. The indigenous methods may be briefly described as follows:—

The saline efflorescent is scraped off the ground and is dissolved in water. By an ingenious process of filtration through earth, the filtrate is freed from humus and other matters; it is then allowed to evaporate and soluble salts are collected. During

the war, owing to the shortage of alkali imports, attempts were made to revive and improve the indigenous method of extraction.

Estimated Area.

In the absence of any reliable statistics or survey, it is not possible to quote figures showing the extent of alkali soil in India; but its extensive prevalence throughout the semi-arid and arid regions cannot but arrest the attention of a soil investigator. VOELCKER, in his report (2) estimates that "in the North-West provinces alone there are between four and five thousand square miles of *Usar* land and HILLS' (3) estimate for the whole of India comes to over two million acres in 1903. It may be safely assumed that of the vast area [1] recognised in the official statistics as "culturable waste other than fallow", a very large proportion of land is impregnated with alkali salts. The area recorded in 1920-21 as "culturable waste other than fallow" in some of the provinces where saline efflorescences are known to occur is given below:

Provinces	Cultivated area (in acres)	Culturable waste other than fallow (in acres)	Culturable waste in percentage
Sindh	3,564,365	6,072,339	170
North-west Provinces	1,691,792	2,864,454	169
Central Provinces	16,523,904	14,351,902	66.8
Punjab	21,788,478	16,264,567	74.6
Ajmer-Merwara	315,105	207,487	65.6
Oudh (United Provinces)	9,033,621	2,860,776	31.6

Rainfall.

The general rain-map of India shows the area covering the whole of Punjab and Rajputana and Sindh to be arid throughout. The rainfall of the plains of Punjab decreases eastward. With the rainfall above 30", the United Province and the Deccan may be characterised as semi-arid regions on account of excessive evaporation which leaves the land quite dry. The normal rainfall of the above regions is given below:—

	Inches
North-west Frontier Province	4.9
Sindh	4.8
Punjab	15.5
Rajputana	17.4
Deccan	31.5
Central India	33.3
United Province	36.2

[1] In 1920-21, the area reported under this head was 114,848,090 acres in the British India.

The Investigations by the Government.

One of the discouraging features of extending cultivation in alkali regions is that, although it essentially depends on irrigation, its introduction appears to disturb the equilibrium of the underground water level causing " the rise of the alkali ". The Irrigation Department of the North-west Provinces observed this troublesome phenomenon, and in response to the petition of the planters, a Commission, known as the " Reh " Commission, was appointed in 1876 " to discover the cause of deterioration of some of the lands that had previously been fertile ". Although the alkali phenomena caused great anxiety to the cultivator of the affected tracts and to the Irrigation authorities, the matter unfortunately was investigated in a more or less cursory manner, and no investigation of any importance to agriculture was carried out by the various experiment stations in India except the ones mentioned here. LEATHER'S analytical work (4) of a number of soil samples from the canal areas of the United Provinces furnished certain data as regards the correlation between the soil types and the alkali formation. BARNES, in Punjab, made an investigation of some biochemical factors involved in the reclamation of alkali soils and HENDERSON (5) experimented on the possibility of adapting the Egyptian methods of reclamation in Sindh. MANN'S investigations (6), both in the Deccan and in Sindh, throw much light, not only on the problems prevailing in those regions, but also on the probable factors which may determine the alkali phenomenon.

Until recently the alkali investigations had been largely dominated by the school of HILGARD. With the development of physical chemistry, it is now known that both adsorptive and absorptive forces are at work in soils in bringing about such complex phenomena as the salt accumulation. The mechanism of exchange of bases requires further elucidation and in this direction systematic researches should be directed by the Indian Agricultural Department.

Theories regarding its origin.

Many theories are advanced as regards the possible explanations of the alkali phenomena on the arid and semi-arid regions of India. MEDLICOTT (7), superintendent of Geological Survey of India, gave his opinion before the ' Reh ' Commission as follows.

" Every one seems content to accept reh as an ultimate fact — that there it is — as much an original ingredient of the ground as the clay and sand. Now, I consider it demonstrated that this view is false, and that an origin is assignable for reh which introduces the gravest apprehensions as to the possible results of canal irrigation. The present chief store of reh is in the saline subsoil water — the upper water-bed found more or less all over Upper India. Beneath this, at depths of from sixty to one hundred feet, sweet water is found, containing no more salt than the canal water, which is very pure. Now, I consider it certain that these upper deposits were originally as free from those salts as is now the alluvium of the delta ; and that the present state has been brought about in the course of generations slowly, but with increasing rapidity, owing to the total subversion of the natural climatic conditions, chiefly by the total destruction of forest vegetation.

The explanation is simple : every soil contains some reh, and all percolation water from soils is also contaminated by those salts, which are the refuse products (the parts unassimilated by vegetation) in the very slow process of formation and consumption of soil. Unless removed, it must accumulate ; and the natural process of purification is a certain necessary amount of percolation and ground drainage, the pure rain water passing through the soil carrying off any injurious excess of these rejected salts. If the washing process is sufficiently free to insure a certain discharge of this percolation water by natural subsoil drainage, there will be a constant dilution and removal of the subsoil water ; but if the percolation through the soil does no more than restore what has been dissipated by capillary action and evaporation during the dry season, the reh will go on accumulating in the upper water table ; and such has been the condition of Upper India for many a day ".

BALL, on the other hand, maintains (8) that the saline deposits are formed by normal process of weathering, leaving high concentrations in the lower depths of the regions of limited rainfall. The processes of formation described by him are quoted below.

" Primarily the saline matters are derived from the decomposition of rocks, and, taking the case of Northern India, the rivers descending from the Himalayas carry down in solution proportions of salt which vary with the character of the strata traversed. The salts so carried in solution consist principally of calcium and magnesium carbonates and sodium sulphate and chloride. In addition, of course, the alluvium or silt which is brought down, consisting of finely comminuted minerals, includes materials which, on decomposition, are capable of supplying bases for the ultimate formation of the same salts under suitable conditions. In a region of intense evaporation, and where there is not a free drainage outlet of water, these salts, by long continued concentration, accumulate in the soil or the subsoil waters and over and above this rain water charged with carbonic acid, falling on a porous soil, has the effect of decomposing its mineral constituents and of carrying down the salts so formed in solution either to the region of subsoil water, or else for only a few inches or feet below the surface. When the surface of the ground again becomes dry, this saline water rises by capillary attraction, and evaporates, and a salt efflorescence remains, which at length so permeates the superficial layer of soil that cultivation becomes impossible. With free underground drainage, which would admit of the rain passing through and washing the soil, this would not occur, especially where the surface was well protected from evaporation by vegetation ".

In view of certain geological evidence that during the Tertiary period an Eocene sea covered the Punjab plain with salts, it is thought that the saline efflorescence so common in Punjab and Indo-gangetic basin have their origin in such marine deposits.

The Commission (9) arrived at the general conclusion that if the water level were raised, the alkali would soon make its appearance on the surface as the result of evaporation. While canal irrigation may be a predominant factor in altering the conditions of the underground water, it was clear from the evidences that canal water did not itself bring alkaline salts to the land.

LEATHER, working in the United Provinces, comes (4) to the conclusion that " the alkali in the soil is a product of the soil itself and is not deposited by the canal

water ". HOWARD (10) who made observations in Baluchistan, Sindh and in the canal irrigated tracts of North-western India, suggests that defective soil aeration seems to be responsible for the production of alkali soils. He finds that the deposits are " accompanied by the formation of the bluish-green iron-compounds so characteristic of ill-drained soils. Subsequent oxidation appears to result in the formation of white alkali ". MANN'S recent investigations in Deccan show (6) that while the alkali salts are formed by the decomposition of the rocks from which the soil is composed, their appearance on the surface is always associated with the rise of saline subsoil water. But in Sindh it appears that the soil itself is impregnated with the salts and the subsoil water is not responsible for its accumulation on the surface.

Irrigation and 'Alkali' land.

Whatever may be the underlying causes of saline efflorescence under the soil conditions in India, it is generally found to occur in those parts where the cultivation depends on irrigation and also where the natural surface drainage is bad or has in any way been interfered with by an obstruction like a railway embankment. The « Reh » Commission brought out " the fact that under the ancient systems of agriculture in India there was very little increase in the amount of soluble salts at the surface, but with the construction of large modern canals and the application of unnecessarily large quantities of irrigation water the increase in alkali was very rapid " [1].

HALL pointed out before the Commission that " irrigation by canal water, when not accompanied by deep drainage, has had the effect of increasing the amount of *reh* deposit and large tracts have been in consequence thrown out of cultivation ".

HENDERSON (5) finds that the areas under perennial irrigation in Sindh are becoming unfertile due to alkali deposits and writes " if the yield per acre be inquired into, it will be found, according to the evidence of a large number of cultivators, to be very greatly reduced, since the opening of the canal ". MULES, Collector of Karachi, writes " A very striking instance of the movement of subsoil salt induced by the action of irrigation channels or floods is to be seen at Jacobabad. For one who remembers Jacobabad in the early seventies the change is very remarkable. Then the land in cantonments was sweet, the wells were sweet and the water good, the gardens were remarkable for their luxuriant growth and the vegetables raised therein were every bit as good as the best English vegetables. Now the whole place is salt, the wells are many of them useless, and the gardens have died away ".

MANN'S investigations in the salt lands of the Nira Valley show that after yielding, as was expected, excellent harvests for a period of five years, about five thousand acres were rendered more or less completely barren, and the indications are that the affected area is increasing. Previous to the introduction of canal irrigation, the presence of salt incrustation was unknown, in this tract. Irrigation [1] is one of the most important factors in Indian agriculture and therefore with the extension of modern perennial irrigation works in India, the whole problem of alkali soils must receive due attention from the agricultural investigators of India.

[1] In 1920-21, out of the total cultivated area of 212 million acres, 49 million acres were under irrigation, about 23 million acres of which received the water supply from the canals.

Some characteristics of 'Alkali' soils of India.

There is no fundamental difference in the nature of saline efflorescence as found in India and elsewhere in the arid and semi-arid regions. Only the ingredients and their relative proportions are found to vary in accordance with various factors such as geological formations, movement of underground water, the rate of evaporation and climatic conditions. Of all the elements composing 'alkali' efflorescence, sodium, occurring as chloride, sulphate, and carbonate, is the most common in India. The soda felspar is a common ingredient of the Himalayan rocks and its decomposition in soils may possibly account for the predominance of sodium salts both in the soils of the Indo-Gangetic Plain and in the subsoil water of the region. In certain parts excessive quantities of sodium chloride and calcium carbonate are found in the soils exhibiting the tendency of forming what is known as 'black' alkali. As the soluble carbonates are particularly toxic to vegetation, the investigations as regards their formation in Indian soils should be undertaken.

The appearance of dark colour has always been associated with the presence of sodium carbonates in the soil, but MANN'S investigation in Sindh shows that certain soil samples with characteristic dark colour had only a small quantity of sodium carbonate. The writer, working on the effects of various salts on the solubility of organic soils contents, obtained evidences of the solvent action of other sodium salts, such as sodium sulphate and sodium chloride, on the organic substances present in the soil. The classification of 'alkali' as white and black is not satisfactory.

The capricious, irregular distribution of patches of 'alkali' soils is one of the features which strike the observer almost everywhere in the semi-arid and arid plains of India. In the midst of an excellent sugar crop, bald patches without any vegetation or with grasses generally found on alkali soils, are often discovered. Sometimes in the immediate neighbourhood of a good crop-bearing area, barren tracts are visible. Such phenomena as these only emphasize the complexities involved in the systems of various salts associated with that of the system of moisture. In many cases carbonate is not at all in evidence on the surface, but may be discovered below it.

Almost universally 'hardpan' is found in the regions of alkali soils, and it should not be confused with superficial calcareous pans resting on friable soils of lateritic origin. The presence of such an intervening layer causes a great deal of obstruction to any improvement of the land. With the hard crust formed probably in combination with the colloidal substances and calcium carbonate and its limited permeability to water, the task of dealing with hardpans becomes extremely difficult. In some parts a layer of soil thick enough for cultivation accumulates and the local agriculturists consider the crust beneath as a protection against the loss of the rain water.

A peculiar concretionary form of limestone known as *Kankar* or *Ghutin* occurs chiefly in the subsoil area of many parts of the Indo-Gangetic plains of the Deccan trap. These 'nodules' contain a high percentage of carbonate of lime ranging from 25 to as high as 70 per cent.

Physical conditions of the alkali soil.

While the behaviour of alkali salts depends on the nature of soils, it is well known that the physical conditions of the soil undergo certain radical changes by the presence of large quantities of soluble salts. To what extent such changes are brought about under Indian conditions, and how they influence the system of soil moisture, we have no experimental data, but it is hoped that, with the expansion of the activities of our research stations these problems will receive due attention. The results of MANN'S investigation in Sindh, however, indicate some interesting correlations between the soluble salt contents and their effect on the capillary power of soils. Attention may be drawn to the following table :—

	Soil No. 4 Subsoil 6" – 12"	Soil No. 13 Surface 0" – 6"	Soil No. 14 Subsoil 6" – 12"	Soil No. 19 Surface 0" – 6"	Soil No. 20 Subsoil 6" – 12"
I. Mechanical Analyses:					
Materials increasing stiffness. . . .	40.26	56.18	50.68	24.47	33.06
Materials making soil lighter. . . .	59.74	43.82	49.32	75.53	66.94
II. Total soluble salts	1.86	0.32	0.44	0.36	1.84
III. Capillary rise in centimeters at the end of 15 days	33.5	60.5	62.9	43.8	34.1

It appears that the increased clay contents of the soil do not always influence the capillary rise of water. Here the soil No. 19 has less amount of clay than in the case of No. 4 or No. 20, but its capillary power is more than both the samples, From a number of MANN'S analyses, the writer has plotted two curves (fig. 116).

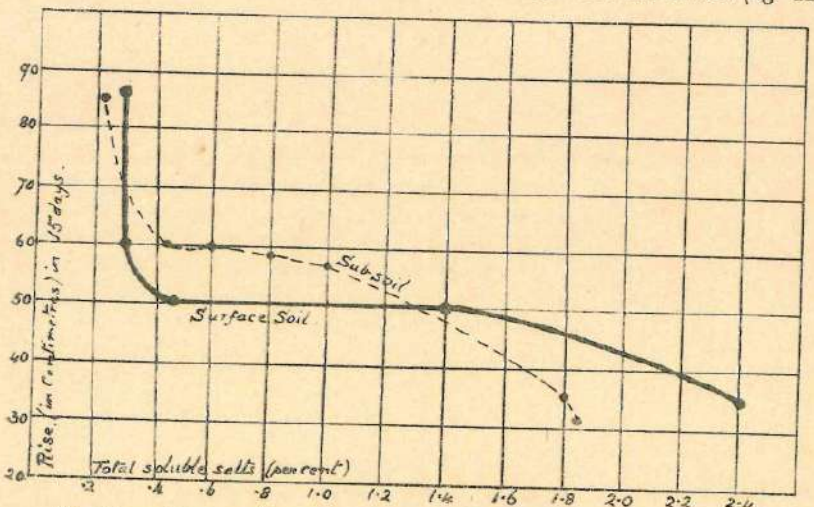

FIG. 116 — Diagram of the action of soluble salts on surface soil and sub-soil.

one presenting surface and the other subsurface soils. It is clear that the soluble salts in these soils have exerted a depressing action on their capillary power. Further investigations on various types of soils need to be made before any definite conclusion as to the possible action of soluble salts on soil aggregates may be arrived at. In Sindh soils, according to MANN, the appearance of soluble salts is not due to the capillary rise of water from the subsoil water table, but is due to the downward and upward movement of the *superficial* water used for irrigation.

LEATHER'S observation noted by WATT (1[a]) is interesting from the point of vie of our present knowledge of the Soil Complex. While filtering soils in order to obtain the soluble salts present therein, be observed that "certain soils could practically not be filtered. A little muddy water perculated through at first, but very soon the surface of the filter-cloth became coated with a perfectly impenetrable layer, and further filtration was then impossible. The soils that showed this peculiarity were those most highly charged with carbonate of soda".

Biological Factors in Alkali Soils.

There is increasing evidence that the micro-organic soil population exerts a considerable influence on the fertility of soil, and therefore any conditions which retard or inhibit their activities may decrease the productiveness of the land. The toxicity of alkali salts is known to affect profoundly the biological conditions of the soil. TAYLOR (12) adduced some evidences to show that the sterility of certain Bengal soils obtained from lands frequently inundated by brackish water was not due entirely to the physico-chemical effects of saline substances, but to the decreased bacterial activity. The extent to which the salts limit bacterial activity is however still unknown.

The biochemical factors in alkali soils received some attention from BARNES (13) in the Punjab. He found that micro-organisms associated with soil-fertility lived in a more or less dormant state but became active as soon as favourable conditions prevailed. Only in case of their being in alkali rich soils for a long duration their vitality was impaired. He measured bacterial activity by the determination of such processes as the production of carbon dioxide, the rate of nitrogen-fixation, and the rate of nitrification of ammonia. The results reproduced in Table II throw some light on the biochemical activity of the soils he dealt with.

Experimenting on bitrogen-fixation wirth *Azotobacter chroococcum*, the following interesting results are obtained.

	Mg. of nitrogen fixed by one gram of soil with one gram of mannite
Soil from alkali land of Narwala	1.23
Sterile patch of recent origin	7.80
Normal soil	7.07

Two possibilities suggest themselves from these observations. It appears that the biochemical methods may be used to measure the toxicity of the alkali salts as affecting the fertility of the land ; and that in such soils as are used in the experiments, the limiting factor is the solvent-water.

TABLE II. — *Showing the milligrams of CO_2 given out from 200 grams of soil* (BARNES).

Duration of the Experiment	Alkali soil from Narwala (Punjab)	Alkali soil washed with water	Sterile patch of recent origin	Normal soil
After 1 day	2.60	36.8	8.5	31.2
» 2 days	1.80	69.6	22.0	37.9
» 3 »	2.40	71.6	14.9	30.3
» 4 »	1.30	80.0	27.2	67.3
» 5 »	2.20	95.4	32.1	74.5
» 6 »	1.10	98.0	57.2	94.3
» 7 »	1.20	88.8	48.0	74.8
» 8 »	1 40	81.4	45.1	42.8
» 9 »	1.60	59.8	42.9	62.7
» 10 »	1.40	40.8	40.0	45.1
» 11 »	0.55	31.6	32.1	30.2
» 12 »	1.20	27.2	25.9	25.9
» 13 »	1.50	22.0	29.0	22.8
» 14 »	1.40	18.2	28.8	18.2
» 15 »	1.60	18.2	27.7	16.0
Total . . .	23.25	839.4	481.4	684.0

It is needless to refer to researches made in this direction by several western scientists ; but, in India, the line of work initiated by BARNES should be continued. LIPMAN and FOWLER (14) found that the rate of nitrification was greatly increased by leaching the soils treated with 500 parts per million of sodium carbonate, 1000 parts per million of sodium chloride and 2500 parts per million of sodium sulphate and mixed salts. As regards the effect of different degrees of ' alkali ' concentrations on bacterial activities, the results obtained by various investigators show large discrepancies. LIPMAN (15) for example, found that 250 parts per million of sodium carbonate inhibited the ammonifying and nitrifying bacteria, but KELLEY (16) put the maximum limit to 4000 parts per million. Unless standard methods are adopted, the comparative value of such biological investigations is considerably lost.

The explanation of the limits of toxicity in different organisms probably lies in the antagonistic action between the unions of salts formed by the dissociation. LIPMAN (17) noticed such actions of sodium salts and also observed antagonism " between toxic and stimulating salts as well as between two toxic salts ".

BROWN and JOHNSON's investigation (18) on " effects of certain alkali salts on nitrification " confirms RUSSELL's remark on the general question of toxicity. " Between nutritive effects and toxicity ", writes RUSSELL, " the margin appears to be narrow, and almost all the elements essential to plant nutrition are capable of producing toxic effects under other conditions " (19). BROWN and JOHNSON found, to quote an instance, that " Combinations of various salts in non-toxic individual amounts in the presence of calcium carbonate became toxic to ammonification ".

Reclamation of Work in India.

Soon after the publication of the report of the ' Reh ' Commission the Irrigation and Agricultural Departments of the North-west Provinces and Oudh undertook some experiments on reclamation of alkali land. Their early attempts were chiefly confined to the introduction of alkali-resistant vegetation, especially grasses which might be suitable for grazing purposes. The method of manuring heavily was also tried, but no conclusive results were obtained from these unorganised experiments. LEATHER's experiments on salt land in canal areas of the United Provinces met with a partial success, but the operations being too costly, they could not be extended.

The reclamation work of any practical importance was carried out by BARNES in Narwala (Punjab) and by HENDERSON in Daulatpur (Sindh). The former experiment aimed at removing the excessive salt by drainage, and the methods employed were proved to be successful. They are now to be tried on an extensive scale in the lower Bar Doab region, and it is estimated that the capital value of the reclaimed land will be increased by over six million sterling.

In Daulatpur, HENDERSON attempted to find if the Egyptian methods as employed by the Aboukir Company on the site of the lake, would be applicable to Sindh. Unless the supply of irrigation water is plentiful, no judgment can however be pronounced as to the effectiveness of the methods under the conditions prevailing in Sindh.

The Government has lately sanctioned an extensive irrigation project known as the Sukkur Barrage Scheme, and it is hoped that organised investigations of alkali soils will now be pursued.

Vegetation in Alkali Land.

An ecological survey of the arid regions of India would show the very wide limit of tolerance that plants have for alkali salts. The estimates thus obtained would be far more reliable than the attempts made in laboratories under totally different conditions to determine the toxic limits of an individual salt on plants. Further, such data throw no light on what may occur when alkali salts act in combination, bringing into play the influences of the ions formed by the dissociation of the salts.

The study of plant associations in the regions affected by alkali is, therefore, of considerable importance both from the point of view pedology and botany.

The land rich in saline efflorescence nourishes no vegetation and is entirely barren. In some parts where the conditions are not so bad, soon after the Monsoon certain species of grass are seen to grow.

It may be interesting to mention here that the Indian cultivator of the regions, through his empirical knowledge, can often predict with certain accuracy the probable encroachment of ' Reh ' judging from the appearance of certain native vegetation known to be associated with alkali phenomena.

Some of the grasses found in the alkali regions of India are mentioned below :—

Common Name	Scientific Name
Salt Bush	*Atriplex nummularia*
Usar Grass	*Tetrapogon tetrastachys*
Kar Usara	*Sporobolus pallidus*
Kans Grass	*Saccharum spontaneum*
Gandel Grass	*Andropogon laniger*
» »	*Andropogon intermedius*
» »	*Chloris tetrastachys*
Anjam	*Pennisetum cenchroides*
Narri	*Diplachne fusca*
Dub	*Cynodon Dactylon.*

The plants belonging to the Natural Order Leguminosae preponderate in India, and they also invade the alkali tracts especially those regions where among the salts sodium carbonate is not present in excess. In less affected areas, various forage crops belonging to the order have proved successful, and names of a few are given below :—

Common Name	Scientific Name
Shaftal	*Trifolium resupinatum*
Serji	*Melilotus indica*
Wal	*Dolichos Lablab*
Guar	*Cyamopsis psoraloides*
Chowli	*Vigna Catjang*

The introduction of Egyptian clover (Berseem, *Trifolium alexandrinum*) has been very successful in Sindh and also in some parts of the Punjab.

The Alkali Problem.

Surveying the wide field of research which has engaged the attention of numerous investigators one finds that a good deal could have been achieved if certain accepted standard methods were adopted. Most of the early investigators dealt with soils as being composed of inert substances, and were under the impression that the conditions influencing their actions were static. To day we realise that we are dealing with numerous complex factors under dynamic conditions. Our knowledge of these factors, biochemical and physical has also made a considerable advance during the last decade, and therefore, it is opportune that in the light of recent researches, the problems of alkali soils should be investigated in a comprehensive manner. While the phenomena caused by the interaction of acids and bases in soils are being carefully studied in the well known research centres of Europe and America, the study of the alkali phenomena, — which may give suggestive clues to the nature of complex changes in soil processes, — should receive a fresh stimulus.

Conclusion.

The writer wishes to emphasise that both from the economic and scientific points of view, the problems of alkali soils may claim some serious consideration from this Conference. While millions of acres are lying waste in the arid and semi-arid regions of Asia and America, Europe is not entirely free from alkali. It is reported from the lower valley of the Po and also in the 'Szik" lands in Hungary, but, in Asia, and America the destiny of the millions rests on the reclamation of alkali lands, and the writer is convinced that the perennial scourge of distress from which India suffers may be greatly relieved if the vast plains of that country, now lying barren, could be trasformed into arable lands.

In conclusion, the writer wishes to submit before this Conference one or two proposals, and hopes they will receive attention from such a representative assembly of pedologists of the world.

The suggestions are :—

(1) That a special Committee be formed to consider the problem of alkali investigation.

(2) That standard methods, whenever feasible, be adopted in conducting alkali researches.

(3) That analytical results be reported in terms as may be determined by the Special Committee instead of the conventional manner now in vogue .

REFERENCES.

(1) WATT. The Commercial Products of India. P. 55. John Murray, 1908.

(1a) The Commercial Product of India, Publ. John Murray, 1908.

(2) VOELCKER. Improvement of Indian Agriculture. *Official Report*, 1895.

(3) HILL. Analysis of Reh. *Proc. Chem. Soc.* London, XIX, No. 262, pp. 58-61 (1900).

(4) LEATHER. Investigation of Usar Land in the limited Provinces. *Government Publication*, 1914.

(5) HENDERSON. Alkali Experiments and Reclamation in Sindh, *Department of Agriculture, Bull.* LXIV, 1914. Bombay.

(6) MANN and TAMHANE. Salt Lands of the Nira Valley, *Department of Agriculture, Bull.* 39, 1915, also see *Bull.*

(7) MEDLICOTT. Note before the Reh Commission 1876. Quoted by HILGARD, *Cal. Agr. Expt. Sta. Rept.*, 1890.

(8) BALL. Economic Geology, III, p. 696. See also his report before the Reh. Commission 1876.

(9) INDIAN GOVERNMENT. Reh Commission 1876.

(10) HOWARD. Agricultural Development of Baluchistan, *Pusa Bulletin No.* 119. 1921.

(11) HARRIS. Soil Alkali, John Wiley, Paris, 1920.

(12) TAYLOR. Effect of Salts on Soil. *Department of Agriculture, Bengal, Quart. Jour.* II, pp. 281-287, 1909.

(13) BARNES. Alkali Soils. Some biochemical Factors in their Reclamation. *Agr. Jour. India*, XII, pp. 368-389, 1917.

(14) LIPMAN and FOWLER. Preliminary Experiments of some Effects of Leaching on Soil Flora. *Soil Sc.*, 1, pp. 291-297, 1916.

(15) LIPMAN. Toxic Effects of Alkali Salts in Soils on Soil Bacteria. *Centbl. F. Bakt.* Abt. 2, XXXIII, pp. 305-313, 1912.

(16) KELLEY. Nitrification in Semi-arid Soils. *Jour. Agr. Res.*, 7, pp. 417-437, 1916.

(17) LIPMAN. Antagonism between Anions as affecting Ammonification in Soils. *Centbl. f. Bakt.* Abt. 2, XXXVI, pp. 382-394, 1913.

(18) BROWN and JOHNSON. Effects of Certain Alkali Salts on Nitrification. *Iowa Sta. Res. Bull.* 44, 1918.

(19) RUSSELL. Soil Conditions and Plant Growth. Longmans Green & Co.

[1] The writer wishes to express his appreciation to Sir JOHN RUSSELL for helpful suggestions in the presentation of the subject matter.

PROF. N. GANGULEE, *Calcutta (Indes britanniques)*. — **Les sols alcalins des Indes.**

RÉSUMÉ

L'Auteur donne un aperçu des problèmes des sols alcalins des Indes et cite les recherches exécutées par le gouvernement indien Il discute les théories concernant l'origine de ces terrains des Indes, et indique certaines caractéristiques des efflorescences salines. En considérant l'importance des travaux d'améliorations de terrains aux Indes, l'auteur souligne la nécessité de recherches systématiques à entreprendre par les Stations Expérimentales indiennes. Puisqu'il existe des sols salins dans les régions arides et semi-arides de l'Amérique du Nord, du Canada, des États-Unis, de l'Égypte et des Indes, l'auteur propose que la Conférence Internationale de Pédologie désigne un Comité spécial pour l'étude des « phénomènes salins » «(Alkali phenomena) », au point de vue scientifique et pratique. L'auteur est d'avis que des méthodes standardisées devraient être adoptées, autant que possible, de sorte que les résultats puissent être interprétés avantageusement.

Prof. N. GANGULEE, *Calcutta (British India)*. — **The Alkali Soils of India.**

ABSTRACT.

In this paper a brief outline of the problems of the alkali soils of India is given and references have been made to the inquiries and investigations carried out by the Government of India. Theories regarding its origin in India are discussed, any certain characteristics of the saline efflorescence are indicated. Considering the importance of reclamation work in India, it is urged that organised researches should seriously be undertaken by the Indian Experimental Stations. As alkali soils occur in the arid and semi-arid regions of North America, Canada, United States, Egypt and India, the author suggests that the International Conference of Pedologists appoint a special Committee to consider the " alkali phenomena " both from scientific and practical points of view and he is of the opinion that standard methods, whenever feasible, should be adopted in the investigations, so that results may be interpreted to the best advantage of all concerned.

Dr. A. F. JOSEPH,

Sudan Government Chemist, Wellcome Tropical Research Laboratories, Khartoum, Sudan.

RECENT STUDIES IN HEAVY ALKALINE SOILS.

The investigations I wish to refer to have been carried out with Sudan soils and mostly with samples from the area lying between the twentieth and twelth parallels of latitude north. These soils are all alkaline, the pH of the upper layers being frequently over 9 : they contain a rather high proportion of water-soluble

salts, and a very high one of clay, which constitutes over 50 % of the soil. Successful cultivation of such soils depends upon keeping the concentration of hydroxyl-ion (sodium carbonate) below the toxic limit, and on maintaining the texture of the clay in a workable condition.

Our work in recent years has accordingly been directed very largely towards a study of the relationship between clay and salts. Before referring in greater detail to some of our results, I wish to emphasise that in our opinion the solution of the problem demands, that where possible, it should be separated into as many simple factors as possible in order to study only one phenomenon at a time. Much of the experimental work carried out with natural soil gives the resultant of a number of changes due to the characteristic properties of the various soil constituents, and accordingly, in our work on clay we have taken particular care to remove the coarse portions of the soil, the calcium carbonate and the electrolytes; and whilst the clay so purified, is still far from being a chemical individual, it is at least possessed of a degree of homogeneity very great in comparison with a natural soil. With this introduction I will proceed to summarise the principal results obtained in our recent investigations on soil and clay fractions.

1. *Water Holding Capacity.* — This has been studied with the aid of the moisture equivalent apparatus of BRIGGS & MACLANE. The heavy clay soils have a moisture equivalent ranging from 30 % to 60 % and in some cases the soil is so impermeable that water collects on the top of the soil and very high results may be obtained. This impermeability (which may well be connected with a similar state under field conditions) is sometimes but not always associated with a high degree of alkalinity and can usually be reduced by the addition of " neutral " electrolytes such as calcium or ammonium sulphates. Long storage, corresponding to a fallow period, frequently reduces a high moisture equivalent and water logging, and the effect is often accelerated by oven drying. Soils have been met with, however, which are still very impermeable after storage for a year at ordinary temperatures and also after six days drying at 100°.

Whilst the addition of neutral electrolytes lowers the moisture equivalent in almost all cases, and sometimes very greatly, that of alkalies such as sodium carbonate is very complicated, as with varying amounts of the alkali, the moisture equivalent increases to a maximum and then rapidly diminishes : with sodium carbonate this maximum is reached when the soil is wetted with a solution containing 2 to 3 % but the value of the maximum is by no means determined by the proportion of clay in the soil, even in samples of the same nature collected from places fairly close together. No explanation of this is at present forthcoming.

Experiments made with clay fractions have brought out the important fact that the moisture equivalent varies greatly with the nature of the clay, and further, that while for some clays this constant is, as stated above, greatly altered by the addition of sodium carbonate, in other clays very little change is produced. The same is true for the effect of heat on the moisture equivalent of a clay, which in some cases is greatly reduced by ignition, and in others hardly effected. Reference to this point will be made later.

2. *The Hydrogen-ion Concentration of Soils.* — All these soils are alkaline and our experiments have been directed towards seeking for the origin of alkalinity

and of the effect of electrolytes on the soil extract. We have throughout used the hydrogen-ion concentration as a measure of the alkalinity and a considerable amount of preliminary work was necessary in order to determine the conditions suitable for making pH determinations.

The range of pH over wide areas of apparently similar soil and containing fields of very varying fertility, is small : in seeking for a relationship between pH and fertility, it is therefore necessary that the experimental method should be sufficiently refined to enable differences of .05 to be determined with a fair degree of accuracy. When it is borne in mind that a difference of 0.1 in pH value corresponds to one of about 30 % in hydroxyl-ion concentration, it will be realised that a degree of accuracy less than that stated above will not be sufficient. This may be illustrated by quoting the results obtained from the examination of samples from a cotton estate of about 5,000 acres from which 10 samples were taken, each from a 10 acre field ; five fields were selected as having given yields well above the average of the whole estate for the year, and the other five as having yielded below that of this average : the mean difference in yied for the two batches was 27 %. It was found that the mean pH value for the good fields was 9.27 and for the bad fields 9.38. These interesting results might have been easily obscured if the approximate colorimetric method had been relied upon, and consequently electrometric methods are used exclusively for this work. We have decided that the most convenient procedure for routine purposes is to prepare a soil extract from one part of soil and five of water, allowing to stand for one or two hours and then centrifuging to remove the heavier particles.

With regard to the effect of electrolytes, we have come to the same conclusions as those published by KELLY & CUMMINS ; that is to say the action on a clay soil of a sodium salt causes the introduction of sodium into the clay complex, and this modified clay, after removing the soil extract, is found to be more alkaline than before ; on the other hand the addition of the salt shifts the reaction of the soil extract in the direction of acidity. This change appears always associated with the passage of aluminium into solution, but further investigations have shown that aluminium compounds are by no means essential for the exhibition of a phenomenon of this kind. Thus we have found that a highly purified silica suspension treated with sodium chloride solution furnished an acid extract, and leaves an alkaline residue, in a way which appears precisely similar to the behaviour shown by soil or clay. We are in fact of the opinion, that the part played by silica (and especially by non-colloid silica) in these changes has not received sufficient attention, and that many of the results attributed to the presence of bodies which are highly complicated from the point of view both of chemical composition and physical structure, are frequently given qualitatively if not quantitatively by ignited substances from which colloidal clay is presumably absent, or as just stated above, by silica itself.

3. *The Compositions and Properties of Clay.* — When the physical properties of soils containing the same proportion of clay but of different types are compared, it is found that the differences exhibited are so great as to indicate that the nature of the clay as well as its amount is of importance in the characterisation of the soils. The fact that clays differ very greatly in plasticity is, of course, well known in the ceramic industries, some clays being not sufficiently plastic to work easily,

and others possessing this property to such a degree that shrinkage and cracking offer serious disadvantages to their employment ; we have therefore attempted to trace a connection between the composition and properties of clay fractions obtained both from soils and from industrial clays. It appears, however, essential that these studies should be carried out with carefully purified clay fractions from which all coarse particles have been removed in order to obtain as homogenous a product as possible : if this is not done the results may be entirely misleading, as a mixture of fine quartz with clay low in silica, might give the same results on chemical analysis as clay high in silica, but containing no quartz particles.

As a result of the chemical analysis of a large number of carefully purified clay fractions, and of experiments on their physical properties, it appears that the most important chemical constant is the molecular ratio of silica to alumina. For kaolin, this ratio is 2.0 ; and for a typical non plastic soil clay we have found 2.85.

For plastic soil clays (so common in the Sudan) the ratios found vary from 3.7 to 4.8, whilst for the material known as " bentonite ", which appears to possess clay-like properties to an exaggerated degree, the ratio is about 7. There thus appears quite a distinct indication that a high degree of plasticity is associated with a high silica alumina-ratio and whilst at present, we are not in a position to make anything like a rigid generalisation, it appears likely that the chemical composition may be used to afford a guide as to the physical properties we should expect a clay to possess. Plasticity is always destroyed by heat, so that the properties of a highly plastic clay might be expected to undergo greater change on ignition than a non-plastic one. We have obtained interesting results by measuring the moisture equivalent of some clays before and after ignition, with the result that those containing a high silica-alumina ratio were found to have their moisture equivalents greatly reduced, whilst those with a low ratio were only very slightly affected.

The silica-alumina ratio also appears closely connected with some of the chemical reactivities of the clay, those with higher ratios being the most reactive. The two changes we have investigated in this connection are the effects of clay suspensions on solutions of salts and of alkalis. With regard to the former we have found that the development of acidity is greatest with pure silica, next with clays having a high silica-alumina ratio, and very small with those having a low ratio ; a similar relationship holds with alkalies, which are partially neutralised by clay suspensions, the order of reactivity being the same as before. It might also be mentioned that chemical properties such as these are not dependent on the presence of colloidal matter because as stated above, similar effects are shown by clays which have been ignited.

4. *Colloidal or Ultra Clay.* — It is frequently assumed that by the application of powerful centrifugal force to a clay suspension, separation my be effected into a coarse portion and a very fine one which has been taken as the colloidal matter present in the soil. Most of the work previously described has consisted in only subjecting the clay suspensions once to the centrifugal treatment, and in order to obtain further information on this point we have recently made experiments in which diluted clay suspensions are passed through a SHARPLES super-centrifuge running at 30,000 revolutions per minute : when the operation is completed the ap-

parently coarser material left behind in the centrifuge is removed, shaken up with a large quantity of water, and the suspension again passed through the centrifuge. In carrying out these experiments it is impossible to avoid small losses of material but however many times (and in one case we made 50 repetitions) the operation is carried out, fine material is always present in the effluent and there is no sign that the process comes to an end until practically the whole of the original material has been used up. We have obtained the same result with several different kinds of clay prepared in different ways and if the results are confirmed it will be impossible to avoid the conclusion that nearly, if not all, of the conventional clay fraction is capable of being obtained in the form of colloidal clay, if by this term is meant that portion not thrown down by such powerful centrifugal treatment and which is generally so regarded by other workers. It is of course highly improbable that the selection of .002 mm. as the upper size limit for the clay particles exactly corresponds to the proper dimensions for the portion consisting of colloid, but it is quite possible that by a happy chance it may be in the neighbourhood of that figure. Much further investigation is needed on this question ; thus it would be of great interest to see whether the same continued separation of fine material can be accomplished by a series of sedimentations under gravity alone, although of course, the time required for such experiments would be tediously long. Work is also required to determine how far the portions of fine material removed by successive centrifugings have the same chemical composition, the few analyses that we have made having indicated that the portion first separated in suspension is higher in silica than the last. Similar results were obtained by BLANCK and PREIS who fractioned clay suspensions by gravity into 26 portions all of which were analysed, the finest fractions being found to possess the highest molecular ratio of silica to alumina.

Dr. A. F. JOSEPH, *Khartoum (Soudan)*. — **Études récentes sur les sols alcalins pesants.**

RÉSUMÉ.

Les recherches faites sur les terres du Soudan indiquent que celles-ci sont alcalines et contiennent souvent une proportion élevée de sels solubles dans l'eau. La proportion de l'argile est ordinairement à peu près 50% ou bien dépassant ce pourcentage. Le succès de la culture des terrains dépend de pouvoir maintenir l'alcalinité au dessous de la limite toxique et de conserver la texture de l'argile dans un état cultivable, de sorte que les problèmes à résoudre se changeront largement en une étude de l'action réciproque entre l'argile et les sels.

Des recherches ont été faites sur les sujets suivants : (*a*) la capacité des terrains de retenir l'eau (équivalent de l'humidité), (*b*) l'alcalinité calculée par pH, (*c*) les relations entre les propriétés de l'argile et sa composition chimique, (*d*) la fraction colloïde ou *ultra-clay*.

Du résultat général des recherches on constate que la nature de l'argile est le facteur le plus important, servant à caractériser la terre forte, c'est-à-dire à connaître si elle est plastique, possédant une grande capacité de retenir l'eau et chimiquement réactive. Cet assemblage de propriétés semble se rapporter à la composition chimique de la fraction de l'argile et particulièrement à la proportion relative de la

silice et de l'alumine. Lorsque celle-ci est élevée, on trouve qu'une terre forte contenant une argile pareille est plastique et renfermant beaucoup d'eau et que ses propriétés sont influencées à un haut degré par la présence des électrolytes. Le contraire s'applique à une terre qui ne contient qu'une basse proportion de silice et d'alumine.

Dr. A. F. JOSEPH, *Khartoum (Sudan)*. — **Recent Studies in Heavy Alcaline Soils.**

ABSTRACT.

The investigations have been carried out with soils from the Sudan : they are all alkaline, and often contain a high proportion of water soluble salts. The proportion of clay is usually about 50 % or over. Successful cultivation of these soils depends on keeping the alkalinity below the toxic limit and on maintaining the texture of the clay in a workable condition, so that the problems resolve themselves largely into an enquiry into the interaction between clay and salts.

Investigations have been made on the following subjects : (*a*) water holding capacity (moisture equivalent, (*b*) the alkalinity as measured by pH, (*c*) the relationship between the properties of clay and its chemical composition, (*d*) the colloid or ultra-clay fraction.

The general result of the work is to indicate, that the most important factor in characterising a heavy soil is the nature of the clay, i. e. whether it is plastic, of a high water holding capacity and chemically reactive. All these sets of properties appear to be connected with the chemical composition of the clay fraction, and in particular with the silica-alumina ratio. When this ratio is high, a heavy soil containing such a clay is sticky and holds much water and its properties are greatly influenced by the presence of electrolytes. The reverse holds for soils containing clay, in which the silica-alumina ratio is low.

Prof. Dr. R. LANG.
Halle (Saale).

ÜBER DIE BILDUNG VON ROTERDE UND LATERIT.

Einer der wichtigsten Bestandteile des Bodens ist die Gruppe der Tone.

Der Ausdruck *Ton* wird jedoch in verschiedener Hinsicht gebraucht.

Seine weiteste Fassung findet dieser Begriff *in dem Sinne der Korngrösse*, wonach alle Bodenteilchen unter ca. 0.02 mm als Tone und zwar mit abnehmender Korngrösse als Grobton, Feinton, Kolloidton zu bezeichnen sind. Danach ist jedes beliebige Gesteinspulver, z. B. der aus tätigen Vulkanen ausgeschleuderte Staub, ein Ton. Alles lockere Gesteinsmaterial kann somit bei bestimmtem physikalischem Zustand in der Form von Ton auftreten.

Im allgemeinen pflegt man aber neben der weitreichenden Bezeichnung, die alle physikalisch kleinsten Teilchen umfasst, noch eine enger umgrenzende Gliederung durchzuführen, bei der neben den physikalischen vor allem auch die *chemischen Eigenschaften* berücksichtigt werden. Danach sind die Tone im engeren Sinne diejenigen lockeren Gesteine, diejenigen Erden, welche im wesentlichen *aus Kieselsäure, Tonerde* und *Eisenoxyd* einschliesslich gebundenem *Wasser* oder aus einigen dieser Substanzen *aufgebaut* sind.

Diese *Tone im engeren Sinne* stellen zugleich den feinkörnigen Anteil der *Restprodukte der Verwitterung* dar und sind damit wichtigstes Ausgangsmaterial für die Böden.

Im folgenden seien diejenigen Verwitterungstone besprochen, welche als *Roterde* und als *Laterit* bezeichnet werden.

Der Altmeister der Bodenkunde, RAMANN, hat auf die bedeutungsvolle *Beziehung* der Roterde und des Laterits *zum Klima* hingewiesen und gezeigt, dass die Roterden insbesondere den Mediterrangebieten eigen sind, und dass der Laterit der Boden der Tropen ist. (1)

Die Unterscheidung dieser Böden von den besonders im nördlicheren Europa gefundenen fahlgelben Gelberden erfolgte in erster Linie durch die intensivere *Farbe* der Roterden und die stark rote bis violette und lilafarbene, aber auch bis rein weisse Farbe des Laterits. Dies waren Bodenfarben, die man aus den nordischen Ländern nicht kannte und die daher das Auge des Forschers ohne weiteres auf sich zogen.

Dass dieser äusseren, in der Farbe ausgedrückten, verschiedenen Erscheinungsform auch eine innere Wesensverschiedenheit zu Grunde liegt, ist insbesondere durch die *chemische Untersuchung* dieser Erden klar gestellt worden.

Aus den zahlreichen *Analysen* einer grossen Reihe von Forschern hat sich ergeben, dass die Roterden (vergl. Tafel I) einen gegenüber den Gelberden *verminderten SiO_2-Gehalt* aufweisen, der sich im wesentlichen zwischen 60 und 20 % hält, während bei dem Laterit (vergl. Tafel II) die Kieselsäure *schliesslich* bis auf geringe Reste zurückgeht, also praktisch *verschwindet*.

TAFEL I. — *Roterden.*

	R. 1.	R. 2.	R. 3.	R. 4.	R. 5.	R. 6.	R. 7.	R. 8.	R. 9.	R. 10.	R. 11.	R. 12
$SiO_2 + TiO_2$	55.99	53.73	52.64	48,73	48.85	47.07	44.70	43.61	41.98	35.72	35.21	26.71
Al_2O_3	18.20	21,02	27.72	25.17	24.38	26.01	26.27	27.80	26.82	32.89	30.26	39.14
$Fe_2O_3 + MnO$	10.37	8.62	5.12	8,97	13.81	12.76	11.56	11.75	10.95	15.96	13.20	15,48
CaO	1.75	0.96	1.60	0.22	0.68	1.13	Spur	1.64	1.57	0.43	0.72	Spur
MgO	2.12	1.62	1.41	0.58	Spur	Spur	Spur	Spur	1,11	Spur	1.50	—
$Na_2O + K_2O$	3.24	Spur	2.27	Spur	0.32	Spur	3.15	Spur	1.18	Spur	Spur	Spur
H_2O	6.89	14.02	5.34	16.29	11.86	13.32	13.84	15.43	17.92	15.32	19.15	18,1
					CO_2 0.39					CO_2 0.23		

R. 1 = Portofino (Blanck). R. 2 = Planina, R. 4 = Javornik. R. 11 = Polkfluss (Schierl). R. 3 = Halle (Lang). R. 5, 6, 8, 10, 12 = Kroatischer Karst (Tucan). R. 7 = Lovrana (Selch). R. 9 = Voloska (Fach). (2)

TAFEL II. — *Laterite.*

	L. 1	L. 2	L. 3	L. 4
Unlösliches	3.78	—	3.32	—
$SiO_2 + TiO_2$	14.17	2,82	1.29	1.1
Al_2O_3	44.87	62,80	60,86	50.5
$Fe_2O_3 + Mn\,O$	17.33	0 44	1,00	23.4
CaO	0.18	0.20	—	—
MgO	0.13	0.03	—	—
H_2O	20.06	33.74	33.42	25.0

L. 1 = St. Marie, L. 3 = Fianarantsoa, Madagaskar (C. Busz), L. 2 = Kodikanal, L. 4 = Pernah, Indien (H. Warth). (3)

Leider beziehen sich fast nur die Untersuchungen der Roterden auf den tonigen Bestandteil, während bei den Lateriten vielfach auch konkretionäre Bildungen oder auch nur der in Säuren, besonders der in Salzsäure lösliche Anteil analysiert worden sind.

Ich habe eine *Reihe von Analysenresultaten der erdigen Roterden und Laterite zusammengestellt* und dabei eine höchst merkwürdige Aneinanderreihung auch in Hinsicht auf den Al_2O_3-, Fe_2O_3- und H_2O-Gehalt gefunden. Bei Gliederung nach dem SiO_2-Gehalt zeigt sich, dass *fast genau in demselben Masse, wie die SiO_2 abnimmt, der Al_2O_3- und der Fe_2O_3-Gehalt, dazu der H_2O-Gehalt zunehmen.*

Wie bekannt, tritt bei steigendem Al_2O_3-Gehalt dieser in zunehmendem Anteil als kolloidales Hydrat auf. [1]

Wo die Zunahme des Tonerdegehaltes mit der Abnahme der SiO_2, wie z. B. bei den Analysen R. 11 a und R.11b (vergl. Tafel III) *nicht Schritt hält*, ergibt sich, dass in diesem Falle die untersuchten Erden *keine vollständigen Verwitterungsprodukte* darstellen, vielmehr erst in der Auslaugung begriffen sind, was auch daran zu erkennen ist, dass sie noch Karbonate in erheblichen Mengen enthalten.

TAFEL III. — *Unvollständig verwitterte Roterden.*

	R. 11 a	R. 11 b
$SiO_2 + TiO_2$	32.11	26.47
Al_2O_3	25,69	20.19
$Fe_2O_3 + MnO$	6.20	19.35
CaO	14.44	13.19
MgO	0.48	Spur
$Na_2O + K_2O$	Spur	Spur
H_2O	11.33	11.24
CO_2	10.77	9.12

R. 11 a und 11 b = Kroatischer Karst (Tucan). (4)

[1] Die Angabe *Bauers* (a. a. O. 3) von der kristallinen Beschaffenheit des Tonerdehydrats, die er in zersetzten, jedoch noch verhärteten Gesteinsbrocken fand, hat sich fuer die lockeren Roterde-und Lateritböden, wie ich an den in der Universität Halle vorhandenen Proben feststellen konnte, als unzutreffend herausgestellt. Der Tonanteil war bei ihnen stets amorph.

Die Gleichartigkeit der verschiedenen tonigen Endprodukte der Verwitterung in Bezug auf das Verhältnis $SiO_2 : Al_2O_3 : Fe_2O_3$ ist ein ganz ausserordentlich auffälliges. Zur Darstellung dieser Verhältnisse habe ich das von den Petrographen gern verwendete sogenannte *Osannsche Dreieck* (vergl. Fig. 83) gewählt, das von jeder Seite bezw. jeder Spitze aus in 100 Teile parallel zu den Seiten geteilt ist. Bei dieser Dreiecksanordnung lässt sich das *Analysenverhältnis von* $SiO_2 : Al_2O_3 : Fe_2O_3$ nach Ausrechnung auf 100 % dieser Komponenten durch einen Punkt bestimmen, so dass der wesentliche Analysenwert der tonigen Restprodukte *durch einen Punkt im Dreieck fixiert* ist.

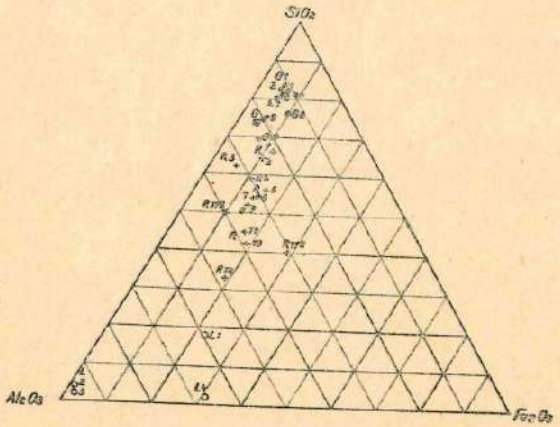

FIG. 117. — *Osannsches Dreieck.*

Zur Fixierung der *Tonpunkte* und der *Tonlinie* aus dem Verhältnis $SiO_2 : Al_2O_3 : Fe_2O_3$; G = Gelberden, R = Roterden, L = Laterite.

Die Darstellung der tonigen Verwitterungsprodukte, d. h. der lockeren, nicht konkretionären Erden im Osann'schen Dreieck ergibt, dass die Tone mit abnehmendem SiO_2-Gehalt im wesentlichen sich rechts und links von einer geraden Linie gruppieren, die ich als *Tonlinie* bezeichnen möchte. Diese Linie verläuft, wie Fig. 117 zeigt, ungefähr von 100 % SiO_2 auf den Punkt ca 70 % Al_2O_3 der Al_2O_3 — Fe_2O_3 Seite des Ossannschen Dreieckes zu. Dies beweist, dass bei den Gelberden, Roterden und Lateriten das *Verhältnis* $Al_2O_3 : Fe_2O_3$ *im wesentlichen dasselbe* bleibt und dass nur der SiO_2-Gehalt abnimmt, dass also bei der Verwitterung eine *Zersetzung der Gesteine in ganz bestimmter Richtung und eine Erhaltung von Restprodukten mit ganz bestimmten Eigenschaften* herbeigeführt wird.

Durch das vorstehende wird aber auch gezeigt, dass die *Erden von den Gelberden über die Roterden zu den Lateriten eine Kette* bilden, deren Glieder eine bestimmte kontinuierlich sich verändernde Zersetzungs- bezw. Erhaltungstendenz ihrer Komponenten aufweisen.

Entsprechend einer Abnahme von je 15 % SiO_2 findet sich eine ungefähre relative Zunahme um 10 % Al_2O_3 in den Analysen. Aehnlich nimmt der Fe_2O_3-Gehalt zu. Dass diese *Zunahme des Gehaltes nur eine scheinbare* ist, d. h. dass die Substanzmengen der bei der Verwitterung übrig bleibenden Komponenten des Ausgangsgesteins höchstens dieselben bleiben und somit nur zahlenmässig steigen können, wird dadurch klar, dass mit zunehmender Auslaugung der Kieselsäure bei zurückbleibender Tonerde zwar die Gesamtmenge abnimmt, die Tonerde aber bei Ausrechnung des analytischen Resultates auf 100 % ein zahlenmässiges Ansteigen aufweisen muss. Da *jedoch ohne Kenntnis des Ursprungsgesteins*, das in der Verwitterung den betreffenden Ton lieferte, vielfach *keine Klarheit über die Menge der ursprünglich vorhandenen und der später ausgelaugten Gesteinskomponenten* geschaffen werden kann, so muss man sich zumeist mit relativen Angaben begnügen. Man muss sich aber hüten, aus dem zahlenmässigen Ansteigen z. B. des Al_2O_3-Gehaltes ohne weiteres auf einen ursprünglich hohen Al_2O_3-Gehalt des Ausgangsgesteins zu schliessen.

Die Analysen von *konkretionären Bildungen*, wie sie vielfach von *Lateriten* durchgeführt sind, liegen bei Berechnung auf das Osann'sche Dreieck rechts ausserhalb der *Tonlinie* gegen die Fe_2O_3-Spitze zu. Offenbar wird das Feld rechts der Tonlinie von verhärteten oder leicht sich verhärtenden und daher zur Konkretionbildung neigenden Komplexen beherrscht.

Umgekehrt zeigen die *Tone*, welche *links der Tonlinie* liegen, und welche insbesondere die eisenarmen bis eisenfreien *Bleicherden* umfassen, *keine Neigung zur Verkittung*, so dass auch die letzteren echte Tone, nicht nur im chemischen, sondern auch im physikalischen Sinne sind und bleiben, solange nicht metamorphosierende Einflüsse unter hoher Temperatur oder hohem Druck oder unter gemeinsamer Einwirkung dieser Faktoren statthaben. Auch wo ein Muttergestein an sich arm an Eisen war im Verhältnis zu den übrigen tonbildenden Komponenten, kann sich ein den Bleichtonen ähnliches Produkt entwickeln, ohne dass Bleicherdeverwitterung dabei eingewirkt haben müsste. So sind z. B. die Analysen L. 2 und L. 3 zu verstehen. H. WARTH, der sie durchgeführt hat, gibt hierzu an, dass das Muttergestein ein Gneis oder « submetamorphics » bilden, was, auch nach der Auffassung von BAUER, den geringen Eisengehalt erklärt. (3)

Die im Vorstehenden angegebenen Resultate sind im wesentlichen aus *Bauschanalysen* des Tonanteils genommen, bei denen also das in Säure Lösliche und das Unlösliche zusammen als Einheit analysiert wurde, nachdem etwaige Sandteilchen durch Abschlämmen oder Absieben entfernt worden waren, so dass im wesentlichen nur Material von einer Korngrösse unter 0.02 mm zur Verwendung kam. Nur in 2 Fällen wurde das Unlösliche von Lateriten, das jedoch in beiden Fällen nur 3-4 % betrug und das selbst nicht analysiert war, mangels Angaben der chemischen Beschaffenheit unberücksichtigt gelassen, da diese geringen Mengen die Gesamtanalyse nur unwesentlich beeinflussten.

Vielfach hat man angenommen, dass der in Säuren lösliche Teil der Böden auch ein Ausdruck für die weitere Verwitterbarkeit derselben sei. Diese Auffassung kann nach dem vorstehenden nicht aufrecht erhalten werden.

BAUER fand in lateritischem Ton von Madagaskar nur ca. 3 % Unlösliches, während das ganze Uebrige in Säure löslich war. Dabei war das Ausgangsprodukt der Verwitterung ein Granit, für den man durchschnittlich einen Gehalt von 72 % SiO_2 annehmen darf. Im löslichen Teil des Laterites fanden sich aber nur noch 1.29 % SiO_2 (vergl. L. 3). Andererseits zeigt z. B. die Bauschanalyse einer Roterde von Volosca bei Abbazia nach der Analyse von FACH 41.98 % SiO_2 bei einer Salzsäurelöslichkeit der Kieselsäure im Betrag von nur 10.70 %. MEIGEN und SCHERING fanden in einem Lehm vom Kaiserstuhl 73.21 % SiO_2, wovon jedoch nur 6.53 % in Salzsäure löslich waren. Man hat somit in den lateritischen Tonen eine hohe *Salzsäurelöslichkeit der Komponenten*, während sie bei den Roterden geringer ist und bei den Gelberden sehr schwach wird. (3.2.5)

Daraus ergibt sich, dass die *Verwitterungsrichtung der Tone nicht* etwa *an dem salzsäurelöslichen Teil derselben erkannt* werden kann und nicht in der Richtung geht, dass neben dem wasserlöslichen der salzsäurelösliche Anteil durch die Verwitterung hauptsächlich angegriffen würde.

Vielmehr ist es bei der lateritischen Tonbildung vor allem die der Lösung durch Säuren im allgemeinen am wenigsten zugängliche *Kieselsäure*, die am *labilsten* ist und der Zerstörung und Wegführung den geringsten Widerstand entgegensetzt, während umgekehrt gerade die *Tonerde* und ähnlich , wenn auch von geringerer Stabilität, das *Eisenoxyd* als letzte Restprodukte *zurückbleiben*. Dadurch zeigt sich, dass gerade die Tonerde unter diesen Umständen der Zerstörung durch natürliche Agentien, d. h. durch die Verwitterung, den schroffsten Widerstand entgegensetzt.

Es ergibt sich aber noch ein weiteres : Durch den Nachweis einer kontinuierlichen Tonreihe ist gezeigt, dass die Gelberden, Roterden und Laterite als reine Verwitterungsreste keine konstante Zusammensetzung haben, sondern je nach gewissen äusseren Einflüssen , die auf sie gewirkt haben, zu bestimmten chemischen Komplexen sich entwickelt haben, die, wenn auch in enger Gesetzmässigkeit, nur rechts und links nahe um die Tonlinie gruppiert, eine prozentuell derart wechselnde Zusammensetzung aufweisen, dass von hohem bis verschwindendem SiO_2-Gehalt alle Glieder möglich sind. Daher können dem Tonerdekieselsäureanteil auch *keine bestimmten Molekularverhältnisse*, wie sie kristallisierte Mineralien aufweisen, zukommen und es können danach keine scharf fixierenden chemischen Formeln für sie aufgestellt werden.

Die durch rein chemische Ueberlegungen gefundene Tonreihe, die von den Gelberden über die Roterden zum Laterit leitet, führt ohne weiteres zu der Frage, welche *äusseren Einflüsse* diese verschiedenen Tone erzeugt haben, sie führt zu den eingangs angeführten Beobachtungen RAMANNS, wonach die Roterden besonders in den Mediterrangebieten verbreitet sind und der Laterit auf die Tropen beschränkt ist, sie führt somit unwillkürlich zu der Ueberlegung, dass hierbei das *Klima* eingewirkt haben müsse.

Aus den vorstehenden chemischen Ermittlungen ergibt sich, dass die in den nördlicheren Gebieten gefundenen Tone den höchsten Kieselsäuregehalt aufweisen, während die Roterden mittlere Gehalte zeigen und die in den Tropenländern beobachteten Laterite ohne wesentliche Kieselsäuremengen sind, dass also mit zunehmenden Temperaturen die Kieselsäure bei der Verwitterung immer rascher gelöst und weggeführt wird. Daraus folgt mit zwingender Notwendigkeit, dass *mit zunehmenden Temperaturen* entsprechend der Abnahme der geographischen Breite die *Zersetzlichkeit des Kieselsäureanteils der Tone zunimmt*, dass also die Roterden und Laterite, ebenso wie auch die Gelberden *klimatisch entwickelte Produkte* darstellen.

Trotz dieser Erkenntnis ist es nicht leicht, die klimatischen Einflüsse bei der Entwickelung der Roterden und Laterite in ihren Einzelheiten klar festzulegen.

Dass *unter ariden Bedingungen*, insbesondere in der Wüste, sich *kein Laterit* entwickelt, wie man dies früher anzunehmen geneigt war, ist schon seit längerer Zeit festgestellt. Für die Grenzgebiete zu den humiden Klimabezirken haben insbesondere VAGELER an ostafrikanischen Böden und MANN an solchen von Togo

gezeigt, dass in den ariden Teilen der Steppen- und Savannenlandschaften die Grauerden überwiegen und dass der Laterit die feuchteren Flächen einnimmt. (6,7).

Somit muss der Laterit eine Bildung humiden Klimas sein. Dafür spricht auch der *Mangel an ein- und zweiwertigen Basen*, die mehr oder minder vollständig ausgelaugt und weggeführt sind. Wäre der Laterit unter ariden Einflüssen gebildet, so müsste er seine Zersetzungsprodukte noch grossenteils in sich tragen, da die Niederschläge hier nicht ausreichen, um völlig auszulaugen, sondern grossenteils nur dazu, um chemisch umzusetzen. Daher entwickeln sich in ariden Gebieten mit Tonabsätzen wohl Salzerden, aber kein Laterit.

Damit ist die Trockengrenze der Lateritbildung festgelegt und es bedarf noch der Abgrenzung derselben nach der Seite des humiden Klimas. Eine grössere Reihe von Forschern hat Böden in den feuchten Tropen festgestellt, welche einen erheblichen SiO_2-Gehalt aufweisen. Diese Resultate beweisen, dass *nicht alle tropischen Böden des humiden Klimas Laterite* sind.

Dafür konnte ich bei meinen Reisen in Niederländisch- und Britisch-Indien stratigraphische Beweise beibringen. Ich beobachtete, dass der buntfarbene Laterit hier überall über älterem Gestein, z. B. über tertiären Schichten, in der Tiefe lagert, aber stets von jüngeren gelblich oder dunkler, braun bis schwarz gefärbten, insbesondere vielfach humosen Böden, keinesfalls aber von Erden mit lateritischen Eigenschaften überdeckt wird, ja dass selbst Rohhumusböden auftreten. Es ergibt sich im Bodenprofil ein so scharfer Wechsel zwischen dem Laterit und den überdeckenden Böden, dass er vom aufmerksamen Beobachter nicht übersehen werden kann. Erst jüngst hat SCHÜRMANN die in Südostsumatra von mir beobachteten Verhältnisse bestätigt. Ich habe daraus den auch von anderer Seite anerkannten Schluss gezogen, dass *in den regenfeuchten Tropengebieten heute Laterit nicht mehr gebildet* wird. (8)

Entsprechendes ist von den *Roterden* zu sagen. Auch sie weisen völlige oder fast völlige *Auslaugung der Alkalien und Erdalkalien* auf, so dass ihre Bildung unmöglich in ariden Gebieten stattgehabt haben kann, in denen unter diesen Umständen salzhaltige Böden sich entwickelt haben müssten. Andererseits können die Roterden auch unter starker Befeuchtung, im streng humiden Gebiete, nicht entstanden sein, weil unter solchen Umständen der Humus nicht völlig zerstört wird und damit die Ausbildung von Roterden als Oberboden unmöglich wäre.

Somit engt sich der *Klimastreifen*, der die Laterite und die Roterden zu entwickeln vermag, erheblich ein : weder die ariden Gebiete, noch die stark humiden Länder liefern Laterit und Roterde. Vielmehr ist deren Bildung auf die Gebiete beschränkt, in denen die Regenmengen zwar die Verdunstung übertreffen, in denen aber doch die *Niederschläge* und damit die Bodenfeuchtigkeit so *gering* bleiben, dass ein stärkerer Pflanzenwuchs und damit Humusanhäufung unmöglich sind, welch letztere ein Feind der Roterde und Lateritbildung ist.

Derartige Verhältnisse finden wir unter den Klimaten, welche die *Savannen* und *Steppen* erzeugen, d. h. in denjenigen Gebieten, die zwar mit Gras und Kraut oder mit Sträuchern oder verzeinzelt stehenden Bäumen bedeckt sind, die aber einen geschlossenen *Wald* nicht tragen. Roterde und Laterit sind daher insbesondere die Tonböden der Steppen und Savannen.

Unter derartigem Klima hat man diese Böden in der Tat in Kambodja, (Indochina), in Australien, auf dem Bismarckarchipel, in China, in Indien, in Ostafrika, in Mittelamerika beobachtet. (9)

Für die Flächen, auf denen Roterde und Laterit sich finden, habe ich die *Regenfaktoren*, d. h. die aus dem Quotient zwischen Niederschlägen und Durchschnittstemperatur sich ergebenden Zahlen 40-60 festgestellt, in denen hauptsächlich die Gebiete der Laterit- und Roterdebildung liegen. Sie umfassen insbesondere die Landflächen, für die ein *intermediäres Klima*, d. h. ein weder ausgesprochen arides, noch ausgesprochen humides. Klima, ausgeschieden werden kann.

Als *untere Grenztemperatur* für die Entwickelung der *Roterden* habe ich ungefähr eine Durchschnittstemperatur von 13° C gefunden, wie sie in den nördlichen Teilen der Mediterrangebiete herrscht. Die *obere Grenze* und zugleich die *untere Temperaturgrenze für die Lateritbildung* ist ganz ungefähr bei *ca.* 20° C zu suchen.

Aber auch diese Umgrenzung liefert nicht alle Faktoren, die in allen Fällen zur Bildung von Roterde und Laterit führen. Allgemein hat für die Ausbildung der Bodenarten von Ort zu Ort die *Gesteinsunterlage*, aus der der Boden hervorgegangen ist, allergrösste Bedeutung. So sehen wir allenthalben in Mitteleuropa bei welchselndem Untergrund wechselnde Bodenarten. Auch die Roterde und der Laterit sind daher für ihre Ausbildung oder Nichtausbildung von dem Gesteinsuntergrund abhängig, wenn auch rein klimatisch an sich ihre Bildung möglich wäre.

Zweifellos liefern *Kalkgesteine* wegen ihrer « hitzigen » Eigenschaften, und weil sie vielfach eine Karstlandschaft mit rasch abfliessenden Wässern und damit für die Vegetation ungenügende Feuchtigkeits- und oft auch ungenügende übrige Wachstumsbedingungen bieten, die geeignetste Unterlage für die Entwicklung weit nach Norden vorgeschobener Roterden. Schon RAMANN hat darauf hingewiesen, " dass Bodenformen wärmerer Klimate auf Kalk am weitesten in kühlere Klimate vordringen ". Hier haben wir optimale Verhältnisse für die Roterdebildung (10).

Wenn die Bildungsverhältnisse für die Roterden bei den *anderen Gesteinen* nicht immer günstig sind, so sind doch auch sie *an sich befähigt, Roterden zu liefern*. Den besten Beweis dafür sehe ich in der von mir entdeckten und hier in der Analyse erstmals mitgeteilten fossilen Roterde von Halle, die aus tertiärem Ton hervorgegangen ist (R. 3). Da aber z. B. die Tongesteine nicht die erhitzenden und die Feuchtigkeit wenig aufnehmenden Eigenschaften der Kalkformationen haben, so wird es zur Entwicklung von Roterden aus derartigem Gestein wohl höherer Temperaturen und vielleicht auch relativ niedrigerer Feuchtigkeit bedürfen. Auch KERNER-MARILAUN vermutet, « dass der klimatische Schwellenwert für die Roterdebildung auf Kalk tiefer liege als für jene aus Silikaten » (11).

In den Tropengebieten scheint der *Gegensatz der verschiedenen Gesteine für die Bodenentwicklung*, mindestens bei der Lateritbildung, mehr und mehr zu *verschwimmen*, da hier Laterit als aus den verschiedensten Gesteinen : Kalken, Schiefern, Graniten etc. hervorgegangen festgestellt ist.

Endlich kommen für die örtliche Entwicklung von Roterde und Laterit noch eine Reihe weiterer Faktoren, so insbesondere die *Höhe des Grundwassers* und der Einfluss fliessender und stehender *offener Gewässer*, die *Neigung des Geländes* und deren *Richtung*, die örtliche *Bewachsung* etc. in Betracht wie ich dies in meiner Schrift über « Verwitterung und Bodenbildung », Stuttgart 1920 näher ausgeführt habe.

Scheinbare Unrichtigkeiten in der klimatischen Entwicklung der Roterden bezw. der Laterite liegen darin, dass z. B. auch in Deutschland, obwohl es heute ausserhalb der Grenzen liegt, in denen nach dem vorgetragenen Laterit und Roterde als rezente Produkte auftreten können, derartige Ablagerungen gefunden sind.

In allen solchen Fällen hat sich jedoch erweisen lassen, dass diese Vorkommen höheren geologischen Alters, *Vorkommen von fossiler Beschaffenheit* sind.

Leider ist das genaue *geologische Schichtprofil* der Böden und damit die Höhenlage und das Alter der Roterden und Laterite in ihnen bisher vielfach nicht genügend berücksichtigt und untersucht worden, obwohl die Altersfrage dieser Bodenbildungen für die Lösung der klimatischen Verhältnisse, unter denen sie sich entwickelt haben, von ausschlaggebender Bedeutung ist. Jedenfalls muss man sich hüten, einen Laterit, eine Roterde als rezent zu bezeichnen, wenn sie von einer anderen Bodenart, und seien es auch nur wenige Zentimeter, überdeckt wird. Und selbst wenn an einer Stelle echte Roterde, echter Laterit zutage tritt, muss man sich fragen, ob dieser Boden ein frisches Verwitterungsprodukt ist und damit die heutige natürliche Bodendecke darstellt und ob nicht auf künstlichem Wege oder durch oberflächliche Abwaschung und Zerstörung der Oberkrume eine tiefere und damit *vielleicht geologisch alte Bodenschicht* zutage getreten ist. Man muss in dieser Hinsicht alle die Punkte berücksichtigen, die in meinem auf dem III. Internationalen Bodenkundlichen Kongress gehaltenen Vortrag über die Nomenklatur der Böden als für die Bodenerkennung wichtig genannt sind, bevor man ev. weittragende Schlüsse aus einem Bodenvorkommen zieht.

So muss insbesondere für die Verbreitung der *mediterranen Roterden* berücksichtigt werden, dass offenbar ein nicht unerheblicher Teil derselben von fossiler Herkunft ist und dass sie daher zu einer Zeit oder zu Zeiten gebildet worden sein dürften, in der oder in denen das Klima von dem heutigen wesentlich abwich. Berücksichtigt man nur den ausserordentlich raschen und vielseitigen Wechsel der Klimate, welchen die Diluvialforscher für die letzten geologischen Zeiten in Mitteleuropa festgestellt haben — welcher aber nur in seltenen günstigen Fällen im Profil klar in die Erscheinung tritt, während vielfach die Altersbestimmung tieferer Bodenhorizonte grossen Schwierigkeiten begegnet — so muss man einen solchen Wechsel in ähnlicher Weise auch für die Mediterrangebiete annehmen. So hat STACHE, der ausgezeichnete Kenner der östlichen Küstenländer des Adriatischen Meeres, eindringlich darauf hingewiesen, dass nach seinen geologischen Untersuchungen die *Roterden in Norddalmatien und Südistrien höheren geologischen Alters* sind und wahrscheinlich dem Diluvium und Tertiär zugehören, und dass für derartige Bildungen das heutige Klima in den dortigen Gebieten ungeeignet ist. Unrichtig ist es daher, unter Ausserachtlassung dieser wichtigen Einschränkungen durch komplizierte mathematische Methoden, die für eine allgemeine Behandlung der Bodentypen jedenfalls nicht in Betracht kommen können, beweisen zu wollen, dass Roterde selbst unter dem jetzt z. T. sehr feuchten Klima jener Gebiete sich entwickle, ohne vorher die von anderer Seite angezweifelte rezente Beschaffenheit derselben mit aller Sicherheit festgestellt zu haben. (12)

Nur durch die *genaue Erforschung klarer Bodenprofile* im Zusammenhang mit *sorgfältigen Altersbestimmungen* kann dieses Problem der weiteren Lösung im einzelnen entgegengeführt werden.

LITERATURVERZEICHNIS.

(1) RAMANN E., Bodenkunde 1911, S. 531 ff.

(2) BLANCK, E., Beiträge zur Kenntnis der chemischen und physikalischen Beschaffenheit der Roterden *Journal f. Landwirtsch.* 1912, S. 59-81.

SCHIERL, A., Ueber die Terra rossa des Karstes. XXIII. *Jahrb. d. Landesoberrealsch. Mähr-Ostrau* 1906.

LANG, R., Roterde von Granau bei Halle (Saale), älter als 2. Vereisung, bisher unveröffentlicht.

TUCAN, F., Terra Rossa, deren Natur und Entstehung. *N. Jahrb. f. Min.*, B.-Bd. XXXIV S. 423.

SELCH, E., Terra Rossa, *Silikat-Zeitschr.*, I Jahrg.

FACH, B., Chemische Untersuchungen über Roterden und Bohnerze. Dissert., Freiburg 1908.

(3) BAUER, M., Beitrag zur Kenntnis des Laterits, insbesondere dessen von Madagaskar. *N. Jahrb. f. Min.* usw. 1907, Festband.

BAUER, M., Beiträge zur Geologie der Seyschellen, insbesondere zur Kenntnis des Laterits. *N. Jarb f. Min.* usw. 1898, Bd. 88.
(Analysen von C. BUSZ).

WARTH, H. Weathered Dolerite of Rowley Regis (South Staffordshire) compared with the Laterite of the Western Ghats near Bombay. *Geol. Mag.* (5) 1905, Bd. 2, S. 21.

(4) TUCAN, F., siehe (2.).

(5) MEIGEN, W., und H. G. Schering, Chemische Untersuchungen über Löss und Lehm aus der oberrheinischen Tiefebene. *Mit. D. Bad. Geol. Landesanst.* 1914, VII. Bd., 2. Heft.

(6) VAGELER, P., Die Entstehung des Laterits und der sonstigen tropischen Böden. *Mit. d.deutschen Landwirtschaftsgesellschaft* 1913, S. 387.

(7) MANN, O., Die Bodenarten der Tropen und ihr Nutzwert. Hamburg 1914, S. 22.

(8) LANG, R., Geologisch-mineralogische Beobachtungen in Indien : I. Klimawechsel seit der Diluvialzeit auf Sumatra. *Centralbl. f. Min.* usw. 1914, S. 257-261.

LANG, R. Die klimatischen Bildungsbedingungen de Laterits. Chemie der Erde, Jena 1915.

SCHÜRMANN, H. M. E., Ueber die neogene Geosynklinale von Sumatra und das Entstehen der Braunkohle Geologische Rundaschau 1924, S. 239 ff.

(9) Weltreise. Meyers Reisebücher, II. Aufl. 1912, I. Teil, V. 179.

SAPPER, K., Beiträge zur Landeskunde von Neu-Mecklenburg und seinen Nachbarinseln. *Mitteilungen aus den deutschen Schutzgebieten*, Ergänzungsheft, Nr. 3, 1910, S. 69,

VAGELER, P., siehe (6).

MEYER, H., Ostafrikanische Gletscherfahrten 1890, S. 286.

SAPPER, K., Ueber Gebirgsbau und Boden des nördlichen Mittelamerika. *Petermanns Mitteilungen*, Ergänzungsheft 127, 1899, S. 94.

(10) RAMANN, E., Bodenbildung und Bodeneinteilung, Berlin, 1918, S. 83.

(11) KERNER-MARILAUN, F., Klimatologische Analysis der Terra Rossa-Bildung, *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien, Math. naturw. Klasse*, Abt. 1., 1923. S. 142.

(12) STACHE, Die liburnische Stufe und deren Grenzhorizonte, *Abhandl. d. geol. Reichsanstalt*, XIII.Bd. 1889, V. 70.

KERNER-MARILAUN, F., a. a. O. S. 119 ff.

Prof. Dr. R. LANG, *Halle (Saale)*. — **Sur la formation de la terre rouge et de la latérite.**

RÉSUMÉ.

RAMANN a signalé, le premier, que la terre rouge et la latérite constituent des terrains dont la genèse se rattache au climat et précisément la première constituerait une formation des zones sub-tropicales et la seconde une formation des tropiques. Ces deux sortes de terrains se différencient des terres jaunes particulièrement par la petite proportion ou l'absence d'acide silicique, tandis que la proportion $Al_2O_3 : Fe_2O_3$ reste essentiellement la même. Par cela, la désagrégation amène une decomposition suivant un sens déterminé et laisse des résidus possédant eux-aussi des propriétés déterminées. De telle manière encore, les terres jaunes constituent le premier anneau d'une chaîne qui, à travers les terres rouges, aboutit à la latérite. Cela peut se reconnaître clairement en traçant les points analytiques concernant le rapport $SiO_2 : Al_2O_3 : Fe_2O_3$ dans le triangle d'OSANN, car ces points se rangent sur une ligne que l'A. désigne comme la ligne de l'argile (*Tonlinie*). A droite de cette ligne (argiles riches en fer) se trouve placé le champ des formations à concrétions, tandis qu'à gauche, les formations, bien plus riches en argile, comprennent les terres pauvres en fer ou même complètement privées de cet élément et ne montrent aucune tendance à la concrétion. Il ressort des analyses des résidus de la décomposition, que l'on n'a pas la possibilité, au moyen de la solubilité dans l'HCl, de reconnaître le sens suivant lequel a lieu la désagrégation. Il est même impossible que l'on puisse rencontrer pour la partie acide silico-argileuse des rapports moléculaires déterminés, comme dans les substances cristallisées.

D'après toutes les observations et les recherches accomplies, la latérite et la terre rouge seraient des produits d'un *climat intermédiaire* qui se place entre le climat absolument humide et le climat absolument sec. La latérite et les terres rouges qui se rencontrent dans des climats autres que celui mentionné pour leur formation, sont les produits d'époques plus antiques, et sur cette question le profil de la couche peut donner des renseignements utiles, quand on a affaire à des terrains fossiles.

Prof. Dr. R. LANG, *Halle (Saale)*. — **On the Formation of Red Soil and Laterite.**

ABSTRACT.

RAMANN was the first to draw attention to the fact that red soils as well as laterite owe their formation to climatic influences namely that red soils are a formation of sub-tropical zones and laterites of tropical zones.

These two types of soils differ from other recent soils, especially owing to the absence or scarcety of silicic acid, so that the proportion $Al_2O_3 : Fe_2O_3$ remains about the same.

On this account the disintegration leads to a decomposition according to definite laws and leaves residues which also possess definite properties. In this manner these soils form the first link of a chain which connects the red soils with the laterites.

This can be shown clearly by connecting the analytic points o the relation $Si\,o_2 : Al_2O_3 : Fe_2O_3$ in the *Osann* triangle, as these points are on a line which the author calls " Clay line " (*Tonlinie*). At the right of this line (clays rich in iron)

are found concrete formations, whilst on the left are formations rich in clay, including soils containing little, or even no iron, and which do not show any tendency to form concretions.

From analysis of the decomposition residues by solution in HCl it is not possible to ascertain the manner in which the disintegration took place.

It is also impossible to ascertain the exact molecular relations of the silica-clay portion, as is done in the case of crystalline substances.

As a result of these observations and investigations it is seen that laterite and red soil are products of an *intermediate* climate, situated between the absolutely dry and the absolutely humid climate.

Laterites and red soils which occur in other climates than that mentioned above as the producing one, are products of older periods and on this question the soil profile would supply useful information in the case of fossile soils.

J. Mc. HARGUE,
Kentucky, U. S. A.

TITRE :

THE RELATION OF MANGANESE TO AGRICULTURE

K. ASO.
Prof. of Agricultural Chemistry, Komaba, Tokyo, Japan.

ON THE PRESENCE OF PICOLENE-CARBOXYLIC ACID IN AN INFERTILE SOIL OF JAPAN.

In the district of Tottori, a south-western part of the main island of Japan, there is spreading an infertile soil of volcanic origin, rich in humus, extending over an area of 8000 acres. This soil is not suited for the cultivation of our agricultural crops, especially barley.

SCHREINER and his co-workers have isolated various pure organic compounds from the humus of American soils, and also showed that picolene-carboxylic acid and dihydroxystearic acid in certain soils are injurious for plants. I have also tried to isolate these compounds from the above-mentioned soil, and suceeded in obtaining them in a pure state and also in remedying the infertility of this soil.

I determined the loss on ignition, pentosans, nitrogen in various forms,

alcoholic and ethereal extract, and also concentrated hydrochloric acid extract of this soil as is hown in the following table :

In 100 parts of dry soil,

Loss on ignition	20.032
Pentosans	0.321
Total nitrogen	0.427
Protein-nitrogen	0.367
Amino-nitrogen	0.035
Basic-nitrogen	0.008
Ammonia-nitrogen	0.017
Alcoholic extract	0.0237
Ethereal extract	0.132
Alcoholic extract after treating with ether	0.138
Insoluble residue after extracting with HCl	48.120
SiO^2 soluble in HCl	0.424
SiO^2 soluble in Na^2CO^3	13.796
Total SiO^2	14.220
Al^2O^3	10.318
Fe^2O^3	1.713
FeO	3.485
Mn^2O^3	0.514
CaO	0.545
MgO	1.063
P^2O^5	0.097
SO^3	0.160
K^2O	0.190
Na^2O	0.136
Cl	0.052
SiO^2 dissolved by H^2SO^4	4.467
Al^2O^3 dissolved by H^2SO^4	3.230
Fe^2O^3 dissolved by H^2SO^4	0.604

The separation of picolene carboxylic acid was made as follows :

Six kilograms of the air-dry soil were treated with twenty litres of 2 % caustic soda solution and left for forty-eight hours, shaking from time to time. The dark-colored supernatant solution was syphoned off and made acid with nitric acid to a faint acid reaction and filtered. The filtrate was evaporated to about two litres under reduced pressure and shaken with ether. The ethereal extract was washed with water to remove acid and evaporated after the addition of some water

to drive off ether. The remaining solution was evaporated to a small volume and filtered. The filtrate was kept in a desiccator and some brownish matter of an acid reaction was obtained. This substance melted at 93-97° C. and was completely soluble in hot water, in cold water very slightly, and easily in ether and alcohol. These points coincide well with the properties of dihydroxystearic acid.

The residual solution, separated from the ethereal extract, was neutralized with caustic soda, precipitated with silver nitrate and filtered. The precipitate was decomposed with hydrogen sulphide and filtered. The filtrate therefrom was evaporated to a small volume and cooled, when a mass of scaly crystals with a special lustre was obtained. These crystals were slightly soluble in cold water, easily soluble in hot water, soluble in alcohol but not in ether. The crystal-form under the microscope was rhombic plate and lost the water of crystallization at 100° C as follows :

Water of crystallization from the experimental result . . .	10.80 %
Water of cristallization from the formula of picolene carboxylic acid	11.60 %

Further, this compound sublimed easily and did not melt even above 300° C Its aqueous solution was acid and precipitated with copper acetate as bluish crystals insoluble in cold water, with silver nitrate as a non-crystalline precipitate and with picric acid as needles. The copper salt was purified and analysed with the following result :

Cu calculated from the experimental result	18.93 %
Cu calculated from the formula of picolene carboxylic acid	18.95 %

The quantities of dihydroxystearic acid and picolene carboxylic acid thus obtained were as follows :

In 100 parts of air-dry soil,

Dihydroxystearic acid	0.0018
Picolenecarboxylic acid	0.0423

Moreover, I have separated small quantities of liquid glycerides, pentose, pentosans, cystine, paraffinic and resin acids, but I did not consider that the infertility of this soil was due to the presence of these compounds. Also the quantity of dihydroxystearic acid was so small that I could not consider that this compound acted injuriously in this case.

SCHREINER and STOREY have shown in water-culture with wheat that picolenecarboxylic acid was injurious in a solution containing 100-200 parts of this compound in a million parts of water and that it had a somewhat stimulating action in a solution of 10 parts in a million. In the infertile soil of Japan which I treated, there were present 423 parts or more of picolenecarboxylic acid per million parts of the soil.

PLANCHE XVIII.
PLATE XVIII.
TAFEL XVIII.
TAVOLA XVIII.

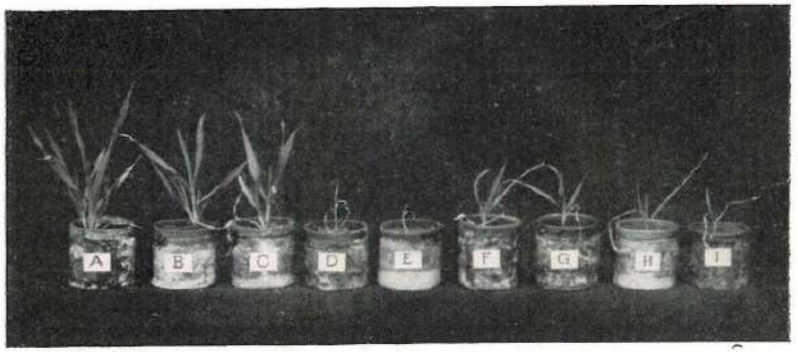

FIG. 118. — Experiments with barley. Loamy humus soil mixed with different quantities of picolene-carboxylic acid.

To verify the degree of injurious action of picolene carboxylic acid in a soil, I have carried out a paraffin-pot experiment with barley. Tokyo loamy humus soil [1] was mixed with different quantities of picolene carboxylic acid or of the infertile soil of Tottori as follows:.

Pot			
A	Tokyo-soil		
B	»	plus picolene carboxylic acid	1 : 10000
C	»	» » » »	2 : 10000
D	»	» » » »	5 : 10000
E	»	» » » »	10 : 10000
F	»	the infertile soil	1 : 1
G	»	» » » »	3 : 1
H	»	» » » »	3 : 2
I	The infertile Soil of Tottori.		

Each pot containing about 150 grams of soil was manured with 0.1 gram of ammonium sulphate, 0.1 gram of sodium phosphate and also 0.1 gram of potassium carbonate and the experiment was made in three sets. On November 3rd, three barley seeds were sown and afterwards thinned to one plant of equal size in each pot. Already on November 22nd, the young plants in pot D and E showed an abnormal growth and the following observations were made [2].

Pot	November 22	November 30	December 6	December 14	January 4	Av. length of a plant. (Febr. 2)
A	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	20.5 cm
B	»	»	»	»	»	19.8 »
C	»	A little worse than A	Tips of leaves became yellowish	Tips of leaves were discoloted.	A little worse than A	17.8 »
D	Worse than A	»	Tips of leaves became brownish, color of leaves yellowish.	Tips of leaves were discolored	Almost dead	6.6 »
E	»	Abnormal	No new leaf appeared	Leaves were discolored	Dead	0 »
F	Normal	Normal	Worse than A	Almost same as C	Worse than C	8.3 »
G	»	»	A little worse than A	»	»	8.3 »
H	A little worse then A	A little worse than A	A little worse than F and G	Almost same as C	Worse than F and G	8.3 »
I	Abnormal	Abnormal	Almost same as D	Almost same as D	A little worse than D	8.3 »

[1] This soil is of volcanic origin and very similar to Tottori soil.

[2] Compare with the accompanying photographic plate.

This result showed that an injurious phenomenon was evident in the soil containing 0.05 % of picolene carboxylic acid and that the growth of barley in this soil was almost similar to that in the infertile Tottori soil. It is very probable that the main cause of infertility of this soil is due to the presence of picolene carboxylic acid.

As picolene carboxylic acid forms an insoluble calcium salt with lime, I have carried out a pot experiment with barley using Tottori soil by adding various calciumcompounds for the purpose of curing the infertility of this soil and found calcium carbonate to be the best substance, for this purpose. Although this soil contained 0.097 % of phosphoric acid, there was only a trace of water-soluble phosphoric acid and very little of phosphoric acid soluble in 1 % citric acid.

I have, therefore, recommended to farmers the use of superphosphate and lime together with the manures which have been hitherto used. Thus we have succeeded in curing the infertility of the soil and in cultivating common agricultural crops even barley, in a healthy state.

K. Aso, *Tokyo (Japon)*. — **Sur la présence de l'acide picoline-carboxilé dans un terrain stérile du Japon.**

RÉSUMÉ.

(1) Un sol stérile dans un endroit du sud-ovest de l'île principale du Japon contenait dans le résidu séché 0.0423 % d'acide picoline-carboxilé.

2) Le terrain de Tokio, mélangé avec de l'acide picoline-carboxilé à raison de 5 : 10 000, exerce déjà une action dangereuse sur l'orge.

3) Cette action dangereuse est, dans le sol stérile (1), analogue à celle du terrain de Tokio mélangé suivant (2).

4) La cause principale de la stérilité de ce sol doit être attribuée à l'acide picoline-carboxilé.

5) La stérilité de ce sol est corrigée par l'addition de chaux et de superphosphate de chaux, mélangés aux engrais employés jusqu'ici dans la région en question.

K. Aso, *Tokyo (Japan)*. — **On the Presence of Picolene-carboxylic Acid in an Infertile Soil of Japan.**

ABSTRACT.

(1) An infertile soil in a south-western part of the main island of Japan contained 0.0423 % of picolene carboxylic acid in the dry matter.

(2) Tokyo-soil mixed with picolene carboxylic acid in 5 : 10,000 shows already some injurious action in the case of barley.

(3) The diseased condition of barley in the infertile soil is similar to that in Tokyo-soil mixed with picolene carboxylic acid in 5 : 10.000.

(4) The main cause of infertility of this soil is to be ascribed to the presence of picolene carboxylic acid.

(5) The infertility of this soil is cured by adding lime and calcium superphosphate together with the manures which have been hitherto used in that district.

Ing. J. EGER,

Prague (Tchécoslovaquie).

L'ORIGINE DE L'ALCOOL DANS LA TERRE ARABLE.

RÉSUMÉ.

Au cours des phénoménes biochimiques qui ont lieu dans le sol, une petite quantité d'alcool éthylique prend naissance, surtout si l'accès de l'air dans le sol est très limité, comme p. ex. dans les couches les plus profondes de la terre ou dans le cas des sols couverts d'une couche très difficilement perméable.

Des résultats de nos recherches qui ont été exécutées dans le laboratoire de M. le Prof. STOKLASA à Prague, et qui ont eu pour but d'étudier le caractère et la composition des liquides dans les sols, nous avons pu constater que le liquide obtenu par pression de 20 kg. de terre dans une presse hydraulique sous une pression de 350-400 atmosphères, contient une petite quantité d'alcool éthylique qu'on a déterminé en se servant de méthodes usuelles.

Il ressort de nos expériences que les sols, contenant une plus grande quantité d'alcool, sont toujours riches en matières organiques, tandis que dans les sols pauvres en humus, nous n'avons pu constater qu'une très petite quantité d'alcool éthylique.

La formation de l'alcool dépend de la présence des microorganismes, spécialement des microbes dénitrificateurs dans le sol. Pendant le processus de dénitrification, l'alcool se forme toujours, grâce au défaut de l'oxygène de l'air. La présence de l'alcool éthylique indique que dans le sol il y a des processus anaérobiens tels, que l'alcool formé ne peut pas être complètement oxydé.

Dans les sols resserrés, comme l'ont prouvé les recherches de M. STOKLASA, et de ses collaborateurs, on trouve 2-3 mg. d'alcool par 1 kg. de terre. Dans les sols resserrés, fermés à l'accès de l'oxygène, qui causent souvent l'origine du mildiou des semis des betteraves (*Pythium de Baryanum*), et dans les sols riches en matières organiques, on a trouvé 4-5 mg. d'alcool par 1 kg. de terre.

JOSEPH EGER, *Prague (Tcheko-Slovakia)*. — **The Origin of Alcohol in Arable Soil.**

ABSTRACT.

During the time that biochemical phenomena take place in the soil a small quantity of ethyl-alchohol is formed, especially when the inflow of air in the soil is restricted, for instance in the deeper layers or when the soil is covered with a very impermeable layer.

The author's investigations were made in the laboratory of Prof. STOKLASA. Their object was the study of the character and the composition of liquids of the soil. The results show that the liquid obtained by subjecting 20 kg. of soil to a pressure of 350-400 atmospheres, in a hydraulic press, contains a small quantity of ethyl-alcohol, which has been determined by the ordinary methods.

The author's experiments show, that soils containing larger quantities of alcohol, are always rich in organic matter, whereas soils, poor in humus, contain very small quantities of alcohol.

The formation of alcohol depends on the presence of micro-organisms, especially denitrifying types. During the process of denitrification alcohol is always formed, due to the absence of oxygen from the air. The presence of ethyl-alcohol indicates that there are anaerobic processes in the soil, so that the alcohol formed cannot be completely oxydised.

In compact soils we find 2-3 mg. of alcohol in 1 kg. soil which has been proved by investigations of Prof. STOKLASA and his assistants. In compact soils, impervious to oxygen, in which often " damping off " of beetroots (*Pythium de Baryanum*) takes place, and in soils, rich in organic matter 4-5 mg. alcohol has been found, per kg. of soil.

Dr. G. J. BOUVOUCOS,

Research Associate in Soils, Michigan Agricultural College, East Lansing, Michigan, U. S. A.

THE DIFFERENT FORMS OF WATER IN SOIL AND THEIR SIGNIFICANCE.

By means of the freezing point — depression method and the dilatometer method — the moisture in the soil is divided into two general forms namely, free and unfree water. The free water is that which is beyond the physical influence of the soil particles and freezes just like liquid water in mass. The unfree water is that which is under the direct influence of the soil mass and is not free to freeze like liquid water in mass, but the influences which the soil mass exerts upon it tends to lower its freezing point. The freezing point lowering of this unfree water increases in a geometric progression as the moisture content decreases in an arithmatical progression. The freezing point depression and consequently its corresponding osmotic pressure, are very great at medium low moisture contents, and they give much new light on several moisture phenomena in soils, such as the movement of soil moisture, evaporation, wilting coefficient, physiologically unavailable water, etc. Indeed in the light of these results, the wilting of plants is due largely to the high osmotic pressure of the soils at the wilting point.

Dr. G. J. BOUVOUCOS, *East Lansing, Michigan (Etats-Unis).* — **Les différentes formes de l'eau dans le sol, et leur signification.**

A l'aide du point de congélation — méthode de dépression et méthode au dilatomètre — l'humidité du sol est divisée en deux formes générales, l'eau libre et l'eau non-libre. L'eau libre est celle qui est indépendante de l'influence physique des particules de sol et se congèle tout comme l'eau liquide en masse. L'eau non-libre est celle qui se trouve sous l'influence directe de la masse du sol, et n'est pas libre de se congéler comme de l'eau liquide en masse, mais les influences exercées par la masse du sol sur cette eau tendent à abaisser son point de congélation. L'abaissement du point de congélation de cette eau non-libre augmente en progression geométrique quand la teneur d'humidité diminue en progression arithmétique. La dépression du point de congélation et par conséquent la dépression de la pression osmotique correspondante, sont très grandes pour des quantités d'humidité moyennes, et ce phénomène explique bien des questions, telles que le mouvement de l'eau du sol, l'évaporation, le coefficient de flétrissure, l'eau physiologiquement inassimilable. Au point de vue de ces résultats, la flétrissure des plantes est surtout due à la forte pression osmotique des sols à ce point de flétrissure.

Prof. DÉSIRÉ DICENTY

Directeur de l'Institut Royal d'Ampélographie, Budapest, Hongrie.

RICHESSE DU SOL, FORCE PRODUCTIVE ET FERTILITÉ

Généralement nous disons qu'un sol qui est riche en matières nutritives est un sol riche ou d'une bonne force productive, quoiqu'il y ait une grande différence entre la richesse du sol, sa force productive et sa fertilité. La force productive des sols qui ne diffèrent entre eux que par la teneur en matières nutritives, est en relation avec cette teneur, toutes les autres conditions étant identiques. *Par conséquent nous appelons richesse absolue la richesse en matières nutritives.* Cette richesse absolue est donc un caractère purement chimique. Mais ce n'est que la partie soluble dans l'humidité du sol qui sert a nourrir les plantes. *Nous appelons cette partie teneur effective ou richesse effective,* et cela est une propriété physico-chimique.

Comme les plantes puisent leur nourriture dans l'humidité du sol, la qualité de l'eau est d'une haute importance. Plus l'eau contient de matières nutritives, plus les plantes en profitent (jusqu'à une teneur maximum). La richesse en matières nutritives de l'eau dépend de la richesse effective du sol (quantité des matières solubles) et de la quantité de l'eau. Dans les sols d'une richesse identique, c'est surtout la teneur en eau du sol qui détermine la quantité des matières nutritives utilisables par la plante.

La force productive dépend, donc, non seulement de la teneur en matières nutritives, mais aussi de l'humidité du sol, puisque c'est la teneur en eau qui détermine principalement l'utilisation des matières nutritives solubles. La quantité absolue des matières dissoutes étant le même, c'est dans la solution la plus concentrée que la plante puise le plus de matières nutritives.

La force productive des sols d'une même richesse effective peut donc varier considérablement. On peut l'exprimer par la relation de la richesse effective (matières solubles) et l'humidité du sol. *Nous appelons cette relation qui exprime la force productive, richesse relative du sol.* La force productive d'un sol n'est donc qu'une expression relative de la richesse effective; nous la considérons comme une propriété physiologique du sol.

L'humidité du sol dépend principalement de la capacité du sol vis-à-vis de l'eau. Cette capacité est d'autant plus élevée, que le sol est argileux et humifère. Mais nos expériences ont démontré, que la constance de la teneur en eau du sol ne dépend pas seulement de sa capacité, pas même si les conditions atmosphériques sont les mêmes. Donc si l'on veut déterminer la richesse relative du sol (sa force productive) l'on doit prendre en considération le rôle de la capacité qui résulte de la constitution du sol. La détermination de la capacité donne par conséquence toujours des valeurs relatives, qui ne correspondent pas toujours avec la teneur en eau du sol, par suite de l'influence des facteurs extérieurs (atmosphériques, etc). L'humidité du sol en place n'est donc qu'une conséquence relative de sa capacité vis-à-vis de l'eau ; nous en concluons que la richesse relative du sol (la base de sa force productive) est une expression d'une valeur relative. Cette relativité ressort des propriétés physiques du sol.

Les chances de la manifestation de la force productive du sol dépendent encore de nombre d'autres circonstances, et nous n'appelons fertilité que la résultante de toutes ces conditions. La fertilité n'est donc qu'une manifestation relative de la force productive et comme telle ne peut être classée parmi les propriétés du sol. Là, où les conditions sont constamment favorables a l'épanouissement de la force productive, la fertilité se manifeste comme un phénomène physiologique-biologique. L'on ne peut donc, à notre avis, déterminer à l'avance la fertilité avec un degré de précision désirable en se basant sur des valeurs fixes, déterminées pas voie physique ou chimique. Mais l'on peut déterminer avec une précision suffisante la force productive dans la même région climatique.

La classification climatique-zonale des sols nous donne la possibilité de déterminer les régions ayant les mêmes conditions climatiques. Dans les régions recouvertes par le même type de sol nous pouvons donc obtenir des renseignements sur la valeur agronomique (valeur comparée) des sols par la détermination de leur force productive (à l'aide de recherches physiques et chimiques), même dans les cas où la formation du sol a subi des altérations. Dans les régions où la structure primitive des sols n'a pas été altérée on peut même construire des cartes qui répondent aux exigeances des agriculteurs pratiques, surtout si l'on prend en considération les propriétés de la roche elle-même.

Dr. D. DICENTY, *Budapest (Hungary)*. — **Richness of the Soil, Productivity and Fertility.**

It is generally understood that soil rich in nutritive material constitutes a " rich soil " or a " productive soil ", although in reality there is a distinct difference between soil richness, productivity and fertility. Productivity is dependant entirely on the content of nutritive material, all other conditions being identical. Consequently it is only reasonable to state that " absolute richness " in the full sense of the word is equivalent to richness in nutritive matter. It is therefore a purely chemical characteristic, although it is only the part soluble in soil moisture which is utilised for plant nutrition. This may be termed the " effective richness ", which is of a physico-chemical nature.

As plants depend on soil moisture, the composition of that moisture is of

great importance. The higher the nutritive content, the greater the benefit to the plants, up to an optimum content. This depends on the " effective richness " of the soil, the proportion of soluble material and the percentage of water. Where soil-types are identical in " richness ", it is the moisture content which influences the quantity of nutritive material available for plant growth.

Productivity depends therefore not only on nutritive material but also on soil humidity. The amount dissolved being identical, it is the more concentrated form on which the plant depends.

There is much variation in the " productivity " of soils of the same " richness ". This may be explained by the relation between effective richness, soluble material, and soil humidity. This relativity may be termed " *relative richness of soil.* " Productivity is therefore synonymous with " effective richness " which may be considered as a physiological characteristic.

Soil humidity depends chiefly on water capacity, and this varies according to soil type, being highest for clay and humus. Our esperiments have shown, however, that moisture content is not solely dependant on water capacity, but also on atmospheric conditions. In making a determination of relative richness of soil and productivity, composition of the soil must be given due consideration. Determination of capacity gives invariably relative values, which do not always correspond with the water content of the soil, as a consequence of external factors. Water capacity should therefore be considered only of secondary consequence and it may be concluded that " relative richness ", the basis of soil productivity, is of relative value only ; and is closely connected with the physical nature of the soil.

Productivity is dependant on various conditions and fertility is merely the result of these conditions. It is in fact a relative manifestation of productivity and as such should not be classed amongs soil properties. Where conditions are always favourable to the development of productivity the physiological-biological side of fertility is shown. In our opinion therefore it is possible to determine in advance the degree of fertility with a certain accuracy, when based on fixed values, ascertained by physical and chemical methods. It is possible to determine with sufficient accuracy productivity in the same climatic region.

Climatic-zonal classification of soils permits the possibility of correct determinations in regions where the climatic conditions are identical. In areas where the same type of soil is found it is possible to collect information of comparative agricultural value by ascertaining the relative productivity of the soil as a result of physical and chemical research, even in cases where changes have occurred in soil formation. In regions where the original structure has been maintained, maps may be prepared corresponding to the requirements of the practical farmer especially if the characteristics of the original underlying rocks are taken into consideration.

Prof Dr. Eilh. Alfred Mitscherlich.

Königsberg i Pr.

NÄHRSTOFFVORRAT UND DÜNGEBEDÜRFNIS DES BODENS.

Seit Jahrzehnten beschäftigt uns das Problem der " chemischen Bodenanalyse ". Wir wollen auf chemischem Wege feststellen, was die Pflanzen aus dem Boden aufzunehmen vermögen. Es war naheliegend, sich dabei zunächst einmal zu fragen, wie grosse Mengen das eigentlich sind ? — Es ist eigenartig, dass man etwas bestimmen will, von den man noch gar nicht einmal weiss, wie gross die Menge ist ! Denn wenn wir hier den Pflanzenertrag als Kriterium ansetzen wolten, so würden wir den grössten Fehler begehen. Die Nährstoffmengen, welche eine Pflanze aus dem Boden aufnimmt, hängen allerdings bis zu einem gewissen Grade von den im Boden befindlichen Mengen des betreffenden Nährstoffes ab ; aber nur zum Teil ! Wir wissen, dass die absolute Höhe des Pflanzenertrages und damit auch die absolute der von einer Pflanze in einer Vegetationsperiode aufgenommenen Nährstoffe gleichzeitig von sämtlichen anderen Wachstumsfaktoren bedingt wird, sodass das Ergebnis der Pflanzenanalyse schliesslich gar keine Anhaltspunkte mehr zu bieten vermag.

Es war nun unser Bestreben, das Problem der chemischen Bodenanalyse einmal von der pflanzenphysiologischen Seite anzugreifen, und ich glaube, dass uns die Lösung auf diese Weise gelungen sein dürfte. Davon will ich in Kürze Bericht erstatten.

Hält man alle Wachstumsfaktoren bis auf einen, z. B. bis auf einen der hauptsächlichen Nährstoffe konstant, so steigt mit der Zufuhr dieses einen Wachstumfaktors der Ertrag in folgender Weise :

Er nähert sich allmählich einem Höchstertrage, welcher mit diesem Nährstoffe unter den gegebenen Bedingungen erreichbar ist, und den ich mit " A " bezeichnen möchte ; und zwar nähert er sich diesem derart, dass wenn man mit einer bestimmten Nährstoffmenge die Hälfte dieses Höchstertrages erzielt, man mit der doppelten Menge davon dreiviertel desselben erreicht, also zunächcst mit der einfachen Gabe $\frac{1}{2}$, während $\frac{1}{2}$ am Höchstertrage fehlt, jetzt bei der zweifachen Gabe steigt der Ertrag wieder um die Hälfte ($\frac{1}{4}$) des noch fehlenden Ertrages ($\frac{1}{2}$) während die andere Hälfte hiervon ($\frac{1}{4}$) wieder am Höchstertrage fehlt ; gibt man die dreifache Gabe, so steigt der Ertrag wieder um die Hälfte von $\frac{1}{4}$, während ebenso viel wiederum am Höchstertrage fehlt, sodass der Ertrag jetzt $\frac{1}{8}$ erreicht u. s. w.

Der Pflanzenertrag steigt also mit dem zugeführten Nährstoffe proportional dem jeweilig am Höchstertrage A fehlenden Ertrage, also :

wenn y der Ertrag ist, der mit x Nährstoffmengen erzielt wird, so ergibt sich

$$\frac{dy}{dx} = c \cdot (A - y) \qquad (1)$$

Integriert lautet diese Gleichung

$$\log (A - y) = C - c \cdot x \qquad (2)$$

worin C die Integrationskonstante ist.

Wenn wir nun einen Boden in Gefässe einfüllen und hier in den verschiedenen Gefässen ausschliesslich den einen Wachstumsfaktor steigern, so werden wir finden, dass wir, bevor wir den betreffenden Nährstoff zusetzen, bereits den Ertrag " a " erzielen ; es ist also für $x = 0$, $y = a$. Setzen wir dies in Gleichung (2) ein, so ergibt sich :

$$\log (A - a) = C - c \cdot 0 \quad \text{oder}$$

$$C = \log (A - a) \qquad (3)$$

Diesen Wert für C setzen wir nun in unsere Gleichung (2) ein, und erhalten sodann :

$$\log (A - y) = \log (A - a) - c \cdot x \qquad (4)$$

Natürlich ist der Ertrag " a " bedingt durch Nährstoffmengen, welche schon vor Zusatz des betreffenden Nährstoffes im Boden waren, und die wir mit " b " bezeichnen wollen. Wären diese Nährstoffmengen " b " nicht im Boden, so müssten wir mit der Düngung $x = 0$ den Ertrag $y = 0$ erhalten. Wir könnenso die Werte von $x = b$ und $y = a$ auch in unsere Gleichung (2) einsetzen und erhalten dann :

$$\log (A - a) = C - c \cdot b \qquad (5)$$

Setzen wir diesen Wert in die Gleichung (4) ein, so folgt :

$$\log (A - y) = C - c \cdot (x + b) \qquad (6)$$

Da der Ertrag, wenn $(x + b) = 0$ sind, nach unserer Annahme auch $y = 0$ sein muss, so ergibt sich :

$$\log (A - 0) = C - c \cdot (x + b) = C - c \cdot 0 \quad \text{oder}$$

$$\log A = C$$

Setzen wir diesen Wert wiederum in Gleichung (6) ein, so folgt endlich :

$$\log (A - y) = \log A - c \cdot (x + b) \qquad (7)$$

Wir haben nunmehr eine Gleichung aus der wir zunächst die bereits in einem Boden befindlichen Mengen eines bestimmten Nährstoffes " b " ermitteln können.

In dieser Gleichung sind zunächst ausser unserem " b " noch zwei Unbekannte, der Höchstertrag A und der Wirkungsfaktor des betreffenden Nährstoffes " c " Es hat sich nun herausgestellt, (Baule hat dieses auch neuerdings mathematisch abgeleitet !), dass der Wirkungsfaktor für den einzelnen Pflanzennährstoff konstant, und damit unabhängig ist von der momentanen Konstellation sämtlicher anderer Wachstumsfaktoren, welche wir bei unseren Versuchen konstant setzten. Es ist damit also auch c bereits eine konstante bekannte Grösse, welche wir schon für die meisten Nährstoffe ermitteln konnten. Wir haben danach in unserer Gleichung (7), also nur zwei Unbekannte, welche wir mir zwei Beobachtungen ermitteln können.

Wir geben hierfür bei einem Versuche die Düngemengen $x = 0$ und erhalten für

die im Boden befindlichen Nährstoffmengen b den Ertrag a. Und wir geben sodann die Düngermengen x, mit denen wir den Ertrag y erzielen : also

$$\log (A - a) = \log A - c \cdot (o + b) \qquad (8) \text{ und}$$
$$\log (A - y) = \log A - c \cdot (x + b) \qquad (7)$$
$$\log (A - y) - \log (A - a) = c \cdot (x + b) + c \cdot b \qquad (7) - (8)$$
$$\log (A - y) - \log (A - a) = -c \cdot x \qquad \text{entlogarithmiert :}$$
$$\frac{A - y}{A - a} = 10^{-c \cdot x} = k$$
$$A - y = k \cdot (A - a)$$
$$A - k \cdot A = y - k \cdot a$$
$$A = \frac{y - k \cdot a}{1 - k}$$

Durch Einsetzung von A in Gleichung (8) ergibt sich sodann unsere gesuchte Menge " b ".

In Ermangelung der chemischen Bodenanalyse haben wir nun bereits in Königsberg im grossen Stiele das Nährstoffbedürfnis der Bodenarten für die Praxis mit Hilfe von Gefässversuchen nach dieser Methode ermittelt. Derartige Versuche können auch einzig und allein die wissenschaftliche Grundlage für die Ausarbeitung einer " chemischen Bodenanalyse " abgeben, wenn sie in der gedachten Weise ausgeführt werden.

Prof. Eilh. Alfred Mitscherlich, *Königsberg i. Pr. (Allemagne)*. — **Réserves de matières nutritives et l'exigence d'engrais du sol.**

L'auteur a étudié pendant de longues années le problème de « l'analyse chimique du sol ».

Nous voulons déterminer chimiquement ce que les plantes sont capables d'assimiler du sol. Il est évident qu'il faut se demander d'abord : quelle est la quantité réelle de ces matières ? — Il est plutôt extraordinaire de vouloir déterminer quelque chose, sans savoir quelle est la grandeur de cette quantité ! Car il est tout à-fait faux de vouloir prendre la récolte comme critère. Evidemment, les quantités de substances nutritives dépendent en quelque sorte de la quantité de ces substances présentes dans le sol ; mais seulement en partie ! Nous savons que le rendement absolu, et aussi la quantité absolue de matières nutritives assimilée par une plante pendant une période de végétation est dépendante simultanément de tous les autres facteurs de croissance ; ainsi le résultat de l'analyse des plantes ne nous fournit aucun point d'appui.

Le but de l'auteur fut d'approcher le problème de l'analyse chimique du sol, du côté physiologique, et il croit avoir trouvé la solution.

Lorsqu'on maintient constants tous les facteurs de croissance, sauf un, par exemple une matière nutritive principale, le rendement augmente avec l'augmentation de cet unique facteur de la façon suivante :

Le rendement tend peu à peu vers un maximum, susceptible d'être obtenu avec cette substance nutritive dans les conditions données ; ce maximum est appelé A par l'auteur ; l'augmentation du rendement a lieu de telle façon, que, lorsqu'avec une certaine quantité de matière nutritive la moitié du rendement maximum est obtenu, les trois quarts sont obtenus avec le double de cette quantité.

Le rendement avec la première quantité sera $\frac{1}{2}$, tandis que $\frac{1}{2}$ manque au rendement maximum ; en donnant ensuite la quantité double, le rendement augmente de moitié ($\frac{1}{4}$) du rendement manquant ($\frac{1}{2}$), tandis que l'autre moitié de celui-ci ($\frac{1}{4}$) manque à présent au rendement maximum ; en donnant une quantité triple, le rendement augmente encore une fois de moitié d'un quart, tandis que la même quantité manque au rendement maximum ; nous avons maintenant atteint le rendement $\frac{7}{8}$, etc.

Le rendement augmente avec la quantité de substance nutritive proportionnellement à la quantité manquant au rendement maximum (A) de la façon suivante :

En désignant par y le rendement, obtenu avec une quantité x de matière nutritive, nous aurons :

$$\frac{dy}{dx} = c \cdot (A - y) \qquad (1)$$

En intégrant, cette équation devient :

$$\log (A - y) = C - c \cdot x \qquad (2)$$

C étant la constante d'intégration.

En remplissant des pots avec un certain sol, et en augmentant dans ces pots seulement un seul facteur de croissance, nous verrons que nous obtenons déjà un certain rendement « a », sans ajouter du tout la matière nutritive ; dans ce cas pour $x = o$ nous aurons $y = a$. En introduisant ceci dans l'équation (2) nous obtenons :

$$\log (A - a) = C - c \cdot o \qquad \text{ou bien}$$
$$C = \log (A - a) \qquad (3)$$

En introduisant cette valeur pour C dans l'équation (2), nous obtenons :

$$\log (A - y) = \log (A - a) - c \cdot x \qquad (4)$$

Evidemment le rendement « *a* » dépend de la quantité de matière nutritive déjà présente dans le sol, et que nous désignerons par « *b* ». Si ces matières n'étaient pas présentes dans le sol, nous obtiendrions avec une fumure $x = o$, un rendement $y = o$.

Nous pouvons donc introduire les valeurs de $x = b$ et de $y = a$ aussi dans l'équation (2), ce qui donne :

$$\log (A - a) = C - c \cdot b \qquad (5)$$

En substituant cette valeur dans l'équation (4), nous avons :

$$\log (A - y) = C - c \cdot (x + b) \qquad (6)$$

Puisque le rendement doit être $y = o$, pour $x + b = o$, nous avons :

$$\log (A - o) = C - c \cdot (x + b) = C - c \cdot o \text{ ou bien}$$
$$\log A = C.$$

Substituant de nouveau cette valeur dans l'équation (6) nous avons enfin

$$\log (A - y) = \log A - c \cdot (x + b) \qquad (7)$$

Nous avons maintenant une équation dont nous pouvons tirer « *b* », la quantité de matière nutritive, déjà présente dans le sol.

Dans cette équation il y a, en dehors de « *b* », encore deux inconnues : le rendement maximum A, et la valeur effective de la matière nutritive en question « c. »

L'auteur a trouvé (et BAULE a dérivé la même chose mathématiquement) que le « facteur effectif » pour chaque matière nutritive est constant, et pour cela indépendant des conditions momentanées de tous les autres facteurs de végétation, qui seront maintenus constants pendant toute la durée de l'expérience. Avec ceci « c » est devenu une valeur constante, que nous pouvons déjà calculer pour la majorité des substances nutritives. Cela fait que nous n'avons que 2 inconnues dans l'équation (7), que nous pouvons déterminer avec seulement deux observations.

Dans ce but, nous donnerons lors d'une première expérience une quantité d'engrais $x = o$, ce qui nous donne à la fin de cette expérience la valeur de « *b* », la quantité de matière nutritive présente dans le sol, et « *a* » le rendement.

Ensuite nous donnons une fumure x avec laquelle nous obtenons un rendement y. Ainsi :

$$\log (A - a) = \log A - c. (o + b) \qquad (8)$$

$$\log (A - y) = \log A - c. (x + b) \qquad (7)$$

$$(7) - (8)$$

$$\log (A - y) - \log (A - a) = c. (x + b) + c. b$$

$$\log (A - y) - \log (A - a) = - c. x \quad \text{ou bien}$$

$$\frac{A - y}{A - a} = 10^{-c.x} = K$$

$$A - y = k. (A - a)$$

$$A - k. A = y - k. a$$

$$A = \frac{y - k. a}{1 - k}$$

En substituant A dans l'équation (8) nous obtenons la quantité cherchée « b. ».

Sans faire l'analyse chimique du sol l'auteur a déjà déterminé à Königsberg sur une large échelle, le besoin de fumure des sols dans la pratique, à l'aide d'essais en pots d'après cette méthode.

De telles expériences sont seules capables de donner une base scientifique a « l'analyse chimique du sol », lorsqu'elles sont exécutées selon les indications de l'auteur.

Prof. EILH. ALFRED MITSCHERLICH, *Königsberg, i. Pr. (Germany)*. — **Reserves of nutritive Substance and Fertiliser Requirement of the Soil.**

The author has investigated during many years the problem of " chemical soil-analysis ".

We want to determine chemically, what the plants are able to assimilate from the soil. It is natural to ask : how large are these amounts in fact ? — It is rather queer to want to determine something, without knowing how large the amount is!

It is quite erronous to take the crop result as a criterium. Of course, the amounts

of nutritive substance depend in a certain way on the amount of this substance present in the soil ; but only partly ! We know that the absolute yield, and also the absolute amount of nutritive substance assimilated by a plant during a vegetation period is dependant simultaneously from all the other growth factors ; thus the result of the plant analysis does not secure any clue.

It was the author's object, to approach the problem of the chemical soil analysis, from a physiological side, and he believes to have found the solution.

When all growth factors are held constant, except one, for instance a principal nutritive substance, the yield increases with the increase of this one growth-factor in the following way :

The yield approaches by and by a maximum, which is attainable with this nutritive substance in the given conditions, and which the author calls " A " ; the increase of the yield takes place in such a way, that, when with a certain amount of the nutritive substance half of the maximum yield is attained, three-quarter are attained with double this amount.

The yield after the first amount will be ½, with ½ wanting for a maximum yield ; giving now a double amount, the yield increases for half (¼) of the lacking yield (½), whereas the other half of this (¼) is lacking to the maximum yield ; if we give a triple amount, the yield increases once more for half of ¼, whereas the same amount is lacking to the maximum yield ; we have now reached a yield of ⅞, etc.

The yield increases with the amount of nutritive substance, proportionally to the amount lacking to the maximum yield (A) in the following way :

When y is the yield, obtained with an amount x of nutritive substance, we get :

$$\frac{dy}{dx} = c. (A - y) \qquad (1)$$

Integrated this equation becomes :

$$\log (A - y) = C - c. x \qquad (2)$$

C is the integrations constant.

When filling pots with a certain soil, and increasing in these pots only the one growth-factor, we will find that we become already a certain yield " *a* ", without adding the nutritive substance at all ; in this case for $x = o$ we have $y = a$. Putting this in the equation (2), we get :

$$\log (A - a) = C - c. o \qquad \text{or}$$

$$C = \log (A - a) \qquad (3)$$

When introducing this value for C in the equation (2), we get :

$$\log (A - y) = \log (A - a) - c. x. \qquad (4)$$

Of course the yield " *a* " depends on amounts of nutritive substance already present in the soil, and which we will call " *b* ". If these amounts " *b* " were not in the soil, we would become with a fertilising of $x = o$, a yield of $y = o$.

We can therefore introduce the values of $x = b$ and $y = a$ also in the equation (2), giving :

$$\log (A - a) = C - c. b \qquad (5)$$

Substituting this value in the equation (4), we get :

$$\log (A - y) = C - c \,.\, (x + b) \qquad (6)$$

As the yield must be $y = o$, when $(x + b) = o$, we get :

$$\log (A - o) = C - c\ (x + b) = C - c \,.\, o \qquad \text{or}$$
$$\log A = C.$$

Substituting again the value in equation (6), we get finally :

$$\log (A - y) = \log A - c \,.\, (x + b) \qquad (7)$$

We have now an equation, from which we may calculate " b ", the amount of nutritive substance, already present in the soil.

In this equation, there are besides " b ", two other unknowns: the maximum yield A and the effective value of the nutritive substance considered " c ".

The author has found (and BAULE has derived the same thing mathematically !) that the " effective factor " for every nutritive substance is constant, and therefore independent from the actual conditions of all other growth factors, which are to be held constant during the experiment. With this " c " has become a constant value, which we can already calculate from the majority of nutritive substances. This heave onlyz unknowns in the equation (7), which we can determine with only two observations.

In order to do this, we give in one experiment the fertiliser amount $x = o$ and obtain from this experiment the value of " b ", the amount of nutritive substance, present in the soil, and " a " the yield.

Then we give the fertiliser amount x with which we obtain a yield y.

Thus :

$$\log (A - a) = \log A - c \,.\, (o + b) \qquad (8)$$

$$\log (A - y) = \log A - c \,.\, (x + b) \qquad (7)$$

$$\log (A - y) - \log (A - a) = c \,.\, (x + b) + c \,.\, b \qquad (7 - 8)$$

$$\log (A - y) - \log (A - a) = - c \,.\, x$$

$$\frac{A - y}{A - a} = 10^{-c \,.\, x} = k.$$

$$A - y = k \,.\, (A - a)$$

$$A - k\, A = y - k \,.\, a$$

$$A = \frac{y - k \,.\, a}{1 - k}$$

When substituting A in equation (8) we get the required " b ".

Substituting the chemical soil analyses the author has determined in Königsberg on a large scale, the fertiliser requirement of soils for the practice, with the aid of pot experiments after this method.

These experiments can only give a scientific foundation for the " chemical soil analysis ", when they are executed in the way indicated by the author.

Dott. R. AVATTANEO,

Roma.

LA TECNICA DELLA PREPARAZIONE DEI CONCIMI CHIMICI INDICATA DALLA PEDOLOGIA.

Tutta la tecnica industriale della preparazione dei concimi chimici è orientata a trasformare le sostanze fertilizzanti greggie naturali in composti che abbiano un grado di solubilità in acqua, tanto elevato, quanto quello dei sali più solubili.

La Pedologia insegna che l'ambiente (terreno), in cui nasce e si sviluppa la pianta, è formato da sostanze pochissimo solubili in acqua, e la fase liquida del suolo, alla quale attinge alimento la pianta, ha una concentrazione salina diluitissima. Data la piccola quantità di sali nutritizi esistenti in questa soluzione, dato l'assorbimento continuo di questi sali da parte delle piante, in poco tempo dette soluzioni del suolo sarebbero esaurite, e la vegetazione scomparirebbe. La concentrazione salina normale delle soluzioni del suolo è determinata dalla fase solida, e costituisce il punto di equilibrio delle reazioni che avvengono tra la stessa fase solida e quella liquida. Quando questo equilibrio è turbato, per abbassamento della concentrazione delle soluzioni del suolo dovuto p. es., ad assorbimento del soluto, o a sopravvenienza di solvente (irrigazione o precipitazione atmosferica), le reazioni che hanno provocato la costituzione della soluzione normale del suolo, riprendono il loro corso, sino a ripristinare in brevissimo tempo la concentrazione normale, e così di seguito ; in caso contrario intervengono i fenomeni di assorbimento (fertilità tipica). Si ha così, costantemente, a portata del regno vegetale, una quantità di sali nutritizi, in istato di soluzione diluitissima, quantità che viene sempre reintegrata, man mano che è sottratta alla soluzione stessa. Il regno vegetale è sorto da queste soluzioni diluitissime, per esse si è sviluppato ; e per gli organi delle piante, per esservisi conformati sin dall'origine, costituisce una condizione essenziale di vita.

La Fisiologia vegetale stabilisce, che il succo cellulare non può venire in contatto che con soluzioni saline molto diluite, altrimenti la cellula perde il turgore, si disidratizza, e in breve tempo arriva alla morte (fenomeno di plasmolisi).

MUKERYL (*The Agricultural Journal of India, v. XV, parte V, pag.* 502-507 — *Calcutta — Londra — Settembre* 1920) constata sperimentalmente, che l'optimum di concentrazione totale per le piantine di frumento è del 0,03 %, e che circa l'1 % è indubbiamente tossico per qualsiasi pianta.

Trasformare dunque le sostanze greggie fertilizzanti, per renderle atte alla concimazione, in composti tanto solubili, che possano dar origine a soluzioni concentrate, dovrebbe essere considerato non come il fine da raggiungere, ma come un errore da evitare, e costituendo un forte dispendio (per la fabbricazione del perfosfato il prezzo della materia prima viene quadruplicato), è anche un errore tecnico, economicamente troppo gravoso alla produzione agricola.

Tenendo presente gli ammaestramenti datici dalla Pedologia si può stabilire con la più perfetta razionalità, che tutta la tecnica della produzione dei concimi

chimici, può e deve ridursi, alla semplice mescolanza intima dei materiali greggi fosfatici (fosforiti) e potassici (anche e preferibilmente tipo leucite, fonolite, ecc.) ridotti meccanicamente allo stato di suddivisione (passati al setaccio di Kahl n 70).

Questa semplicissima miscela, data al terreno agrario, nei modi e nelle dosi comunemente usate per gli altri concimi chimici, in contatto dell'acqua che comunemente trovasi nel suolo, reagisce immediatamente, dando alle soluzioni del suolo tutto il fosforo e il potassio che loro mancasse, e con rifornimento continuo, e in corrispondenza ad ogni abbassamento di concentrazione. Si raggiunge in brevissimo tempo e si mantiene costante, con detta miscela, nella fase liquida del suolo, la concentrazione salina di fosforo e potassio al grado esistente nei terreni più fertili.

Che ciò avvenga, si può prevedere dalle cognizioni attuali pedologiche, si può provare indirettamente con prove di coltivazione, se ne può dare la dimostrazione diretta chimica, mettendo in contatto fosforiti e feldspati (p. es. leucite o fonolite), allo stato di suddivisione e mescolati intimamente in presenza di acqua. Questa miscela determina, in presenza di acqua, una così forte elevazione del grado di solubilità degli elementi in essa contenuti, utili alla vegetazione (fosforo e potassio), da raggiungere quello necessario e sufficiente ai bisogni della più esigente coltivazione intensiva.

Questa preziosissima e sufficiente elevazione di solubilità è stata riscontrata anche dall'André nelle sue esperienze e ne fu da lui misurata l'intensità (G. André. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*. Paris 10 novembre 1913 — id id — Paris 17 gennaio 1916). L'André ha dimostrato sperimentalmente che, alla temperatura ordinaria, da una data quantità di feldspato e di acqua, si otteneva in soluzione centgr 1,2 di potassa. Ripetendo la stessa esperienza, con la semplice aggiunta di fosfato tricalcico, la quantità di potassa passata in soluzione si triplicava (centgr. 3,36), e operando nelle condizioni più sfavorevoli, sulla fosforite più insolubile (apatite), otteneva, con l'intervento di composti potassici e di acqua, alla temperatura ordinaria, una vera soluzione (filtrata su collodio) contenente anidride fosforica alla concentrazione del 0,139 $^{0}/_{00}$.

Giova ancora rilevare che questo indirizzo, strettamente pedologico, dato alla tecnica della preparazione dei concimi, fondato sulla proprietà del potassio (K^2O) di rendere sufficientemente solubili a temperatura ordinaria i composti greggi fosfatici, e sulla proprietà analoga del fosforo(P^2O^5) verso i fertilizzanti potassici poco solubili

porta in conseguenza :

— la messa in valore di tutti i giacimenti fosfatici, all'unica condizione che il loro tenore di fosforo non sia tanto basso da non convenirne il trasporto ;

— la messa in giusto valore dei giacimenti fertilizzanti potassici poco solubili (leucite, fonolite ecc.) ;

— nessun aumento di peso del materiale greggio fosfatico da attribuirsi al solo scopo di solubilizzare il fosforo (nel perfosfato il peso è raddoppiato) ;

— nuovo slancio alla concimazione chimica non essendo più a carico dell'agricoltura una colossale quantità di acido solforico (per l'Italia annualmente circa sei milioni di quintali) ;

— nessuna controindicazione del fertilizzante per i terreni acidi o non provvisti a sufficienza di deacidificante (carbonato di calcio) ;

— introduzione nella pratica agricola del potassio e del fosforo allo stato nascente con spesa complessiva circa la metà di quella ora necessaria per il solo fosforo ;

e conservando, o sviluppando, o facendo sorgere nel terreno, l'ambiente voluto dal regno vegetale, svelatoci dalla Pedologia, si esaltano manifestamente proprio tutti i caratteri più utili della pianta ; sì da conseguire nella produzione agricola il più alto grado di qualità e la quantità.

Dr. R. Avattaneo, *Rome*. — **La technique de la préparation des engrais chimiques d'après les connaissances pédologiques.**

Résumé.

À l'aide de la Pédologie, complétée par la Physiologie végétale, il est possible de conclure qu'une des conditions essentielles de la vie pour le règne végétal, c'est que les sels nutritifs qui lui sont nécessaires soient à l'état de solution très diluée, et que la phase solide du sol concoure à cette solution par l'introduction d'un «*soluto*» chaque fois qu'il se produit une diminution du degré de concentration de la solution elle-même.

Tout cela se rencontre dans les terrains naturellement fertiles et peut s'expliquer en considérant la solution normale du sol comme le point d'équilibre des réactions qui ont lieu entre la phase solide et la phase liquide du sol.

Il est donc possible d'établir avec certitude que la technique de la préparation des engrais chimiques, devrait tendre, pour être rationnelle au plus haut degré, à obtenir un produit qui, étant donné le terrain agricole, conservât ou fît naître la forme spéciale de milieu nutritif voulu par le règne végétal.

On l'obtient fort bien pour le phosphore et le potassium, et cela par un procès qui n'a rien de compliqué : par le simple mélange des matières brutes phosphatiques (phosphorites) et potassiques (même et de préférence les matières peu solubles type leucite, phonolithe, etc.,) à l'état de subdivision (passées au crible de Kahl, n° 70).

Ce mélange alimente la phase liquide du sol avec l'intermittence voulue par le végétal et suffisamment. L'intermittence est naturelle, la suffisance existe aussi, le mélange ayant la propriété de déterminer immédiatement en présence d'eau une élévation tellement forte du degré de solubilité de chacun des éléments (phosphore et potassium) qui y sont contenus, qu'il arrive à atteindre celui que la Pédologie nous indique comme nécessaire et suffisant aux besoins de la culture intensive la plus exigente.

On cite les données expérimentales de Mukeryl, qui se rapportent au degré de concentration totale saline optimum et toxique des solutions nutritives, et celles d'André pour la constatation, l'intensité et la soudaineté de l'élevation du degré de solubilité des éléments phosphore et potassium contenus dans les phosphorites et les feldspath, à la température ordinaire, quand ils sont à l'état de subdivision, mélangés et en présence d'eau.

Il convient de remarquer, qu'avec cette direction étroitement pédologique donnée à la technique de la préparation des engrais, on obtient aussi :

la mise en valeur de tous les gisements de phosphates, à moins que leur teneur en phosphore ne soit tellement basse que le transport n'en convient pas ;

la mise en valeur équitable des gisements, de fertilisants potassiques peu solubles (leucite, phonolythe etc.) ;

aucune augmentation de poids des matières brutes phosphatiques dans le seul but de dissoudre le phosphore (dans le superphosphate le poids est doublé) ;

un nouvel élan de la fumure chimique, l'agriculture n'ayant plus à sa charge une énorme quantité d'acide sulfurique (pour l'Italie environ six millions de quintaux par an) ;

aucune contre-indication du fertilisant pour les terrains acides ou insuffisamment pouvus de désacidifiant (carbonate de chaux) ;

l'introduction dans la pratique agricole du potassium et du phosphore à l'état naissant, avec une dépense totale qui sera à peu près la moitié de celle actuellement nécessaire pour le phosphore seulement.

L'A. remercie Messieurs les Professeurs GUSTAVE ANDRÉ et GIOACCHINO DE ANGELIS D'OSSAT qui ont examiné en manière particulière cette communication, et dans l'intérêt de la Science du Sol, il croit utile de communiquer leurs avis:

« *Communication nº 20 du* Dr ROMUALDO AVATTANEO (*Commission II*).
« *les données expérimentales citées sont exactes et les conclusions rationnelles*».

G. ANDRÉ — G. DE ANGELIS D'OSSAT.

Dr. R. AVATTANEO, *Rome.* — **The Technique of the Preparation of Chemical Fertilisers declared by Pedology.**

ABSTRACT.

With the help of Pedology supplemented by Plant Physiology we are led to conclude that it is essential to the existence of the vegetable kingdom that the nutritive salts required by plants should occur in very weak solutions, and that the solid stage of the soil contributes to the said solution by the emission of a « *soluto* » which is found to correspond with every decrease in the degree of concentration of the solution itself.

This state of affairs is met with in naturally fertile soils and may be explained by regarding the normal soil solution as the point of equilibrium of the reactions taking place between the solid and the liquid stages of the soil.

It may therefore confidently be affirmed that the technique of the preparation of chemical fertilisers must, in order to be scientific to the highest extent, aim at obtaining a product that when it is applied to agricultural soil will maintain, or produce, the special kind of nutritive environment required by plants.

This object is obtained, in a by no means difficult manner, by the use of phosphorus and potassium. All that is needed is to mix the raw phosphatic (phosphorites) and potassic materials (the latter preferably in the slightly soluble forms of leucite, phonolite, etc.), after they have been reduced to a fine state of sub-division (passed through KAHL's No. 70 sieve).

This mixture maintains the liquid phase of the soil in the intermittent manner required by plants and to a sufficient extent. The intermittence and indeed the sufficiency also consist in the mixture possessing the power of bringing about immediately in the presence of water such a great increase in the degree of the solubility of each of the elements (phosphorus and potassium) which it contains

that it reaches the solubility declared by Pedology to be necessary to, and sufficient for, the requirements of the most exacting intensive cultivation.

We may mention MUKERVLS' experimental data referring to the optimum and toxic total salts concentration of nutrient solutions and the data obtained by ANDRE respecting the determination, the intensity and rapidity of the increase in the solubility of the phosphoric and potassic elements in the phosphorites and felspars, at ordinary temperatures, when they are finely divided and mixed in the presence of water.

It is necessary also to mention tht in addition to these strictly pedological recommendations respecting the technique of the preparation of artificial fertilisers, the author also advocates :

— The working of all phosphatic deposits provided their phosphate content is sufficient to make the transport worth while.

— The utilisation of slightly soluble potassic deposits (leucite, phonolite etc.) suitable for fertilisers.

— Not to increase the weight of the raw phosphatic material for the sole purpose of rendering the phosphorus more soluble (in superphosphate the weight is doubled).

— That a new impetus be given to the manufacture of chemical fertilisers since agriculture is no longer burdened with a vast amount of sulphuric acid (Italy has at its disposal about six million quintals annually).

— No counter-indicator of the fertiliser should be used for acid soils, or soils not provided with sufficient carbonate of calcium to correct the acidity :

— The introduction into practical agriculture of potassium and phosphorus in the nascent condition which would cost about half the money now spent on phosphorus alone.

The A. thanks the Professors GUSTAVE ANDRÉ and GIOACCHINO DE ANGELIS D'OSSAT, who have examined in particular manner this communication, and in the interest of Soil Science, the A. thinks useful to communicate their advice :

« 20 *Communication (and Commission) by* Dr. ROMUALDO AVATTANEO.
" *the cited experiments are exact and the consequences reasonable* ,,.

G. ANDRÉ — G. DE ANGELIS D'OSSAT.

Dr. YOSHISABURÔ KIDA,
Université Impériale, Tokio. (Japon).

RECHERCHES SUR LE RÔLE FERTILISANT DU PYROPHOSPHATE ET DU MÉTAPHOSPHATE

Jusqu'à présent, les recherches sur le rôle fertilisant des engrais phosphatés ont été entreprises par de nombreux savants, tandis qu'on a négligé les recherches sur l'efficacité du pyrophosphate et du métaphosphate se presentant sous la forme d'ortho.

Les résultats des recherches que j'ai faites sur le rôle fertilisant de ces deux phosphates et sur les matières qui le concernent sont publiés en détail ailleurs Voici les conclusions auxquelles je suis arrivé :

(I). En ce qui concerne la valeur que possèdent le pyrophosphate et le métaphosphate au point de vue de la nutrition phosphatée des végétaux, tous les physiologistes la mettent en doute et les critiques de cette valeur ne sont basées que sur des déductions. Quelques personnes sont d'avis que ces deux phosphates se présentent sous la forme qui ne convient pas à l'assimilation par les végétaux. Certains annoncent que le pyrophosphate et le métaphosphate sont sujets à des phénomènes nuisibles aux végétaux. Toutefois, d'après mes expériences faites au moyen *des cultures aqueuses*, il a été constaté que les phosphates en question peuvent être utilisés de la même manière que l'orthophosphate et qu'ils ne font aucun dommage aux végétaux.

(II). Il est à remarquer que le rôle fertilisant du pyrophosphate et du métaphosphate varie selon les genres de ces deux substances, comme on le constate dans le rôle fertilisant de l'orthophosphate. J'ai effectué des expériences pour quelques végétaux, élevés dans des vases où j'ai mis de la terre de Komaba (près de Tokyo), pour connaître l'efficacité fertilisante de plusieurs espèces de pyrophosphate et de métaphosphate préparées á l'état le plus pur possible Et voici les résultats que j'ai obtenus :

(*a*) Résultats de l'essai sur le rôle fertilisant des pyrophosphate et métaphosphate d'alcalis et d'alcalino-terreux.

A en juger d'après les résultats moyens obtenus par des expériences faites pour cinq espèces de végétaux, le pyrophosphate et le métaphosphate solubles jouissent de la plus grande efficacité et cette efficacité n'est point inférieure à celle de l'orthophosphate soluble pris comme témoin. Au point de vue du degré de l'efficacité, viennent ensuite, selon l'ordre d'importance, le pyrophosphate de chaux, le métaphosphate de magnésie et le pyrophosphate de magnésie. Quant au métaphosphate de chaux, son efficacité est la plus petite, mais un peu plus grande que celle de la substance non phosphatée.

(*b*) Résultats de l'essai sur le rôle fertilisant des pyrophosphates et métaphosphates de fer et d'aluminium.

Il résulte des resultats moyens obtenus par des expériences faites pour quelques végétaux, que l'efficacité fertilisante des pyrophosphates et métaphosphates de fer et d'aluminium est bien inférieure à celle de l'orthophosphate soluble pris comme témoin. Le pyrophosphate d'aluminium dont l'efficacité est grande si elle est comparée à celle des autres phosphates employés dans les expériences, montre à peine un peu plus de la moitié de l'efficacité dont jouit le témoin. L'efficacité du métaphosphate d'aluminium, des pyrophosphates et métaphosphates de fer est moins importante.

Les résultats de mes expèriences faites avec l'orge et le riz par *les cultures sabureuses* et avec l'orge cultivé dans les champs sont presque les mêmes.

M. M. Passon (Handbuch des Düngerwesens, 1902) a déclaré qu'au point de vue du rôle fertilisant, le pyrophosphate et métaphosphate ne méritent aucune attention de la part des agriculteurs. Cependant, en raison des résultats dont j'ai parlé plus haut, on ne pourrait regarder avec mépris la valeur que possèdent, comme engrais phosphatés, le pyrophosphate et le métaphosphate selon leurs genres.

D'ailleurs, en examinant la solubilité du phosphate dans quelques espèces d'acides faibles, j'ai trouvé que l'efficacité fertilisante dépend de la solubilité et que surtout la solubilité dans l'acide citrique de 2 % exerce une grande influence sur le rôle fertilisant.

(III). En ce qui regarde les phénomènes chimiques qui se produisent en cas de décomposition partielle (élimination de l'eau) de l'orthophosphate monocalcique chauffé, les résultats des recherches ne sont pas encore d'accord entre eux. M. H. Birnbaum a trouvé de la manière suivante la production du pyrophosphate calcique normal et de l'acide orthophosphorique libre par le chauffage de l'orthophosphate monocalcique :

$$2CaH^4(PO^4).^2H^2O = Ca^2P^2O^7 + 2H^3PO^4 + 3H^2O$$

M. J. Stoklasa a fait mention de la production du métaphosphate calcique, du pyrophosphate calcique normal, du pyrophosphate monocalcique et de l'acide orthophosphorique libre, à savoir :

$$4CaH^4\ (PO^4)^2.\ OH^2 = Ca(PO^3)^2 + Ca^2P^2O^7 + CaH^2p^2O^7 + 2H^3PO^4 + 8H^2O$$

J'ai étudié l'état de décomposition de l'orthophosphate monocalcique cristalisé pur, chauffé jusqu'à à 250° centigrades pendant une heure et j'ai constaté que la décomposition de l'orthosphosphate monocalcique qu'on obtient en le chauffant jusqu'à à 210° centigrades s'opère par suite de la production du pyrophosphate monocalcique soluble, comme l'indique la réaction suivante :

$$mCaH^4(PO^4)^2.H^2O = nCaH^2P^2O^7 + (m\text{-}n)CaH^4(PO^4)^2 + (m+n)H^2O \quad . \ . \ . \ . \quad (A)$$

En cas de chauffage jusqu'au-dessus de 220° centigrades on produit le métaphosphate calcique insoluble, en dehors du pyrophosphate monocalcique, ainsi qu'on le verra ci-après :

$$mCaH^4(PO^4).H^2O = (m\text{-}n)CaH^2P^2O^7 + n\ Ca(PO^3)^2 + (2m+n)H^2O \quad . \ . \qquad (B)$$

Et au fur et à mesure que la chaleur augmente, on remarque la réaction suivante :

$$CaH^2P^2O^7 = Ca(PO^3)^2 + H^2O$$

Ainsi, l'eau s'élimine et après une décomposition parfaite, il ne reste plus que le métaphosphate calcique.

L'équation générale que j'ai obtenue est en rapport avec celles qui ont été données par MM. H. Birnbaum et J. Stoklasa, à savoir :

$$Ca^2P^2O^7 + 2H^3PO^4 = 2CaH^2P^2O^2 + H^2O$$

Dans ces conditions, l'équation de M. Birnbaum serait d'accord avec la formule (A) et l'équation de M. J. Stoklasa avec la formule (B).

$$2CaH^4(PO^4).H^2O = 2CaH^2P^2O^7 + 4H^2O \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \qquad (A)$$

$$4CaH^4(PO^4)^2.H^2O = Ca(PO^3)^2 + 3CaH^2P^2O^7 + 9H^2O \quad . \ . \qquad (B)$$

Ces messieurs ont appliqué la détermination de l'acide ortophosphorique libre à la liqueur soluble des substances chauffées sans l'appliquer directement aux substances qu'ils chauffent. Les équations données par eux n'ont donc pas trait aux change-

ments directs que provoque le chauffage, mais elles montrent les changements qui se produisent au moment de la décomposition qui se fait en dissolvant la substance chauffée. Cette décomposition s'effectue de la manière indiquée dans la formule que voici :

$$2CaH^2P^2O^7+H^2O=Ca^2P^2O^7+2H^3PO^4$$

(IV). Quelle est l'influence qu'exerce l'orthophosphate monocalcique sur l'efficacité fertilisante, quand il est chauffé à diverses températures ? Personne n'a encore poussé ses recherches jusqu'à ce point. J'ai examiné le rôle fertilisant de l'orthophosphate monocalcique chauffé à diverses températures pendant une heure, et cette expérience s'est opérée pour quelques végétaux élevés dans des terrains de Komaba. Les résultats moyens de cet essai montrent que l'efficacité fertilisante diminue d'autant plus que la température va en augmentant au dessus de 220° centigrades. C'est, comme on le voit ci-dessus, parce qu'au dessous de 120° centigrade l'orthophosphate monocalcique perd son eau cristalisée ou bien produit le pyrophosphate monocalcique sans produire de substance insoluble, tandis qu'au-dessus de 220° centigrades, la production du métaphosphate insoluble dont l'efficacité fertilisante est la moins importante, va toujours en augmentant.

(V). En ce qui touche maintenant le rôle fertilisant du superphosphate de chaux chauffé, deux ou trois rapports ont été publiés sur les résultats des recherches, mais on n'a parlé que du cas de chauffage à 160° ou 165° centigrades. Aucun rapport n'existe sur les résultats du chauffage à une autre température fixe. Personne n'a entrepris non plus les recherches sur les changements qui se produisent dans les constituants principaux du superphosphate de chaux.

J'ai eu soin d'effectuer des expériences sur le rôle fertilisant du superphosphate de chaux chauffé à diverses températures pendant une heure et cela pour quelques végétaux cultivés dans des terraines de Komaba. D'après les résultats moyens de ces expériences, j'ai pu constater que l'efficacité fertilisante accuse une diminution quand la température monte au-dessus de 180° centigrades. Les raisons de cette diminution résident dans le fait que le superphosphate de chaux, lorsqu'il est chauffé, augmente sa tendance à la solidification au fur et à mesure que la température va au dessus de 130° centigrades, étant donné qu'il contient du plâtre, ce qui diffère du cas de l'orthophosphate monocalcique pur. En outre, le phosphate soluble commence à diminuer à 170° centigrades, tandis que le phosphate pouvant se dissoudre dans l'ammonium citrique augmente. Il est également à noter que la production du phosphate insoluble s'accroît de plus en plus au dessus de 210° centigrades.

Dr. YOSHISABURÔ KIDA, *Tokio (Japon)*. — **Recherches sur le rôle fertilisant du pyrophosphate et du métaphosphate.**

Par des expériences effectuées en employant des cultures aqueuses, l'A. a pu constater que, contrairement à l'opinion de la plupart des physiologistes, les pyrophosphates et les métaphosphates peuvent être en général bien utilisés par la plante et de la même manière que les orthophosphates. Leur efficacité varie suivant la nature chimique du fertilisant. Cette efficacité n'a point été trouvée par l'A. en ce qui concerne les pyrophosphates, et les métaphosphates de chaux,

inférieure à celle de l'orthophosphate correspondant. Les pyrophosphates et les métaphosphates d'aluminium et de fer se sont montrés bien inférieurs, en efficacité, à l'orthophosphate correspondant.

L'A. a étudié en outre l'efficacité fertilisante de l'orthophosphate monocalcique après l'avoir chauffé à différentes températures (jusqu'à 250° C.), et a trouvé que cette efficacité va en diminuant d'autant plus que la température augmente au-dessus de 220°, c'est-à-dire la diminution de l'efficacité fertilisante est en raison inverse de la formation du metaphosphate insoluble, laquelle a lieu et s'élève parallèlement à la température, au dessus de 220° C.

Enfin, l'efficacité fertilisante du superphosphate de chaux accuse une diminution quand ce produit est chauffé au-dessus de 180° C, et par conséquent il a augmenté sa tendance à la solidification, étant donné qu'il contient du plâtre.

Dr. YOSHISABURÔ KIDA, *Tokio (Japan)*. — **Investigations on the Fertilizing Properties of Pyrophosphates and Metaphosphates.**

As a result of water culture investigations made by the Author, it was shown that, contrary to the opinion of most physiologists, the pyrophosphates as well as the metaphosphates can, as a rule, be utilized by plants, in the same way as orthophosphates. Their efficiency varies according to the chemical nature of the fertilizers. — This efficiency, however, was not found in the case of pyrophosphates and metaphosphates of lime, the fertilizing quality of which are inferior to the corresponding orthophosphates.

Also, the pyrophosphates and metaphosphates of iron and aluminium gave inferior results as compared with the corresponding orthophosphates.

The author studied furthermore the fertilising efficiency of the monocalcic orthophosphates at different temperatures (up to 250° C.) and found that this quality diminishes with the increasing temperature, up to 220°, that is, the diminution of the fertilising capacity is inverse to the formation of insoluble metaphosphates, which increases with the increase, in temperature (up to 220°).

Finally, the fertilising capacity of superphosphate of lime undergoes a diminution if the product is heated above 180° C., and consequently, the tendency to solidification is increased as it contains gypsum.

Dr. ANTON MESSERSCHMITT.

Lugano.

DIE NUTZBARMACHUNG DER KALIHALTIGEN GESTEINE.

Die mächtigen Lagerstätten der Stassfurter Gegend und des Elsass waren bisher fast die einzige Quelle für Kalisalze. Die dort aus grossen Tiefen geförderten Rohsalze bestehen hauptsächlich aus wertlosem Ballast, wie Chlornatrium, Chlormagnesium und Sulfaten, und enthalten im Durchschnitt nur etwa 8 bis 15 %

Kali. Da für die Zwecke der Technik reines Kaliumchlorid oder Kaliumsulfat verlangt wird, und auch für landwirtschaftliche Zwecke die Verwendung von Rohsalzen wegen des schädigenden Einflusses, den Chlorsalze auf Pflanze und Boden ausüben, nicht ratsam ist, werden die Rohsalze meistens erst durch complizierte Wasch-Löse-, Concentrations-&Krystallisier-Verfahren gereinigt und angereichert.

Die Stassfurter Lager sind Oceanischen Ursprungs und durch Verdunstung von Meerwasser entstanden. Die Kalisalze des Meerwassers aber entstammen den Kalihaltigen Gesteinen, die in der Erdrinde weitverbreitet sind, sodass diese durchschnittlich etwa 2,4 % K 2 O enthalten soll. Durch den sehr langsam verlaufenden Prozess der Verwitterung werden aus den unlöslichen Silicatgesteinen die Alkalien herausgelöst und mit den Bodenwässern fortgeführt. Die Kalireichsten Silicatgesteine sind die Feldspate und gewisse Vulcanische Gesteine, in erster Linie die Phonolite und Leucite, welche in ihren besten natürlichen Vorkommen etwa 8 bis 10 % K 2 O enthalten. Grosse Feldspatlager finden sich in Norwegen & Schweden, Amerika und Böhmen, sehr reiche Phonolitgesteine in Deutschland in der Eifel, ferner auch am Hohentwiel. Ueber ungeheure Lagerstätten vulcanischer Gesteine verfügt Italien in den Vulcangebieten Mittel & Süditaliens. Nach Schätzungen, insbes. von WASHINGTON, der sich mit der Geologie dieser Gebiete eingehend beschäftigt hat, stehen die in den Vulcangebieten Italiens als Silicatgesteine vorhandenen Kalimengen quantitativ den in den Elsässer und Stassfurter Lagern abgeschiedenen Mengen nicht nach. Zweifellos am Interessantesten sind die Italienischen Leucite. Viele der gewaltigen Lavaströme, die mit einer Mächtigkeit von 10 bis 12 m direkt zutage liegen, enthalten den Leucit in reinen Krystallen von 1 bis 20 mm Durchmesser, und zwar in solchen Mengen, dass die Leucitkrystalle etwa 30 % der Gesteinsmasse ausmachen. Da der Leucit unmagnetisch ist, während die Eisenhaltige Grundmasse einen gewissen Magnetismus zeigt, lässt sich der Leucit nach einem der electromagnetischen Separations-Verfahren, wie sie besonders von der Maschinenfabrik Humboldt in Köln sowie von Ullrich (Grusonwerk Magdeburg) gebaut werden, trennen. Der so gewonnene «Separierte Leucit» enthält technisch 16 bis 18 % K 2 O, sowie noch 1 bis 2% Na_2O.

Es war bisher nicht gelungen, die in den Vulcanischen Gesteinen vorhandenen Kalischätze der Landwirtschaft und Technik nutzbar zu machen. Das in den Silicaten sehr fest gebundene Kali ist — wenigstens bei der Mehrzahl der in Frage kommenden Mineralien — nicht direkt als Düngemittel brauchbar, da es zu langsam abgegeben wird. Andererseits scheitern die zur Aufschliessung und Reindarstellung des Kalis vorgeschlagenen zahlreichen Verfahren aber meistens an der Kostenfrage oder technischen Schwierigkeiten.

Das Problem der Aufschliessung der Kalihaltigen Gesteine, an dem ich seit 15 Jahren arbeite, ist jedoch in ein neues Stadium getreten, nachdem es mir gelungen ist, mehrere technisch und wirtschaftlich brauchbare Verfahren aufzufinden und technisch zu lösen.

Der eine Weg ist die Herstellung von *Kali-Phosphorsäure-Düngemitteln*. Ein inniges Gemisch von Rohphosphaten und Kalihaltigen Gesteinen unter Zuschlag von Soda wird ähnlich wie Portlandcement im Dreh- oder Schachtofen gebrannt. Das Sinterprodukt stellt feingemahlen ein ausgezeichnetes Kaliphosphorsäure-Düngemittel dar und enthält sowohl das Kali wie die Phosphorsäure in einer von

der Pflanze leicht assimilierbaren Form. Beide Nährstoffe sind leichtlöslich in Citronensäure, Ammoncitratlösung und Kohlensäurehaltigen Wasser. Dieses Verfahren ist durchaus wirtschaftlich, da es ohne technischen Schwierigkeiten im grosstechnischen Masstabe durchgeführt werden kann, und in einer einzigen Operation zwei billige Naturprodukte, — Kalihaltige Gesteine und Rohphosphate — sich gegenseitig aufschliessen, indem bei der Temperatur von ca. 1250° C. die beiden Säuren, Kieselsäure und Phosphorsäure — ihre Basen — Alkalien und Kalk- austauschen, unter Bildung einer Alkali-Phosphorsäure- Verbindung einerseits, von Calciumaluminiumsilicaten andererseits. Mit Hülfe dieses Verfahrens lassen sich alle Rohphosphate, auch die Kreidephosphate und die Aluminium- & Eisenhaltigen Phosphate aufschliessen.

Dieses neue Phosphorsäure- Düngemittel wird seit 1916 in mehreren Grossbetrieben hergestellt (z. Z. in dem Rhenaniaphosphatwerk P o r z bei Köln a/ Rhein, und dem Rhenaniaphosphatwerk Brunsbüttelkoog am Eingang des Kieler Kanals). Es hat sich in der landwirtschaftlichen Praxis sowohl in Deutschland wie in Belgien bestens bewährt. Das Rhenaniaphosphat wird in Deutschland jetzt mit einem Gehalt von 20 bis 24 % Citronensäure- & Citratlöslicher Phosphorsäure hergestellt, enthält jedoch nur wenig Kali. Bei Verwendung von Italienischem Separierten Leucit lässt sich ein Kaliphosphat mit etwa 6 % Kali und 15 % Phosphorsäure fabrizieren, dessen Kaligehalt sich durch andere Kalihaltige Zuschläge, z. B. die Rückstände der Zuckerindustrie (Schlempekohle) beliebig steigern lässt. Nach neueren, von mir gemeinschaftlich mit Dr. F. L. Schmidt entnommenen Patenten kann als Aufschlussmittel der Rohphosphate auch das Kaliummagnesiumbicarbonat, das Zwischenprodukt bei der Pottascheherstellung nach Engel & Precht verwendet werden, wobei ein Kaliphosphat, wahrscheinlich ein Kaliummagnesiumphosphat, mit 12-14 % K 2 O und 16-18 % P 2 O 5 entsteht, von hervorragenden Eigenschaften.

Zahlreiche wissenschaftliche Forschungen und die Ergebnisse der Praxis beweisen, dass die Phosphorsäure des Rhenaniaphosphats in ihrer Wirkung derjenigen des Superhosphats gleichwertig ist. Es hat vor Letzterem den Vorteil der basischen Reaktion, da die saure Reaktion des Superphosphats für viele Böden une Pflanzen nicht erwünscht ist. Das Rhenaniaphosphat ist auf allen Bodenarten, sowohl leichten durchlässigen und tätigen, wie schweren gleich gut brauchbar. Wie die Forschungen von Remy, sowie der Schweiz. Agricultur-Chem. Anstalt Bern-Liebefeld gezeigt haben, wird die leichte Zugänglichkeit der Phosphorsäure des Rhenaniaphosphats auch dadurch bewiesen, dass seine Phosphorsäure-Wirkung selbst auf stark alkalischen Kalkhaltigen Böden wenig beeinträchtigt wird, wo bekanntlich schwerer zugängliche Phosphorsäure-Verbindungen, wie Thomasmehl, Knochenmehl oder Tricalciumphosphat mehr oder weniger versagen.

In seiner Kaliwirkung steht das neue Kaliphosphorsäure-Düngemittel den Stassfurter Salzen nicht nach. Es hat diesen gegnüber den Vorteil, dass es der Pflanze das Kali direkt an Phosphorsäure gebunden darbietet, während es in den Kalidüngesalzen an das für viele Pflanzen giftige Chlor gebunden ist. Es zeichnet sich ferner dadurch aus, dass es keine wertlosen Ballaststoffe, insbesondere Säuren, enthält An deren Stelle enthält das neue Phosphorsäure-Düngemittel wertvolle Calciumaluminiumsilicate (Zeolithe). Deren Wert als Bodenverbesserungsmittel und als Pflanzennähr-

stoff ist bekannt. Die Zuführung von Basischem Kalk zu den Kulturböden wird insbesondere in den am Kriege beteiligten Ländern heute wegen der hohen Preise des Kalks und der hohen Eisenbahntarife vielfach unterlassen, und überall mehren sich die Klagen über zunehmende Versäuerung der Böden mit ihren bekannten Folgen. Auch die Kieselsäure in der leischtlöslichen Form ist durch die bisher leider zu wenig beachteten Versuche der englischen Versuchsstation Rothamsteat und die Forschungen von LEMMERMANN in ein neues Licht gerückt, da sie zeigen, dass leichtlösliche Kieselsäure unter gewissen Bedingungen ein wertvoller Pflanzennährstoff ist, und die Wirkung der Phosphorsäure ergänzen und ersetzen kann. Das nach meinem Verfahren hergestellte Phosphorsäure- Düngemittel enthält etwa 40 % bas. Kalk und 15 % bereits in 2 % iger Citronensäure leichtlöslicheKieselsäure. Welchen Fortschritt würde es bedeuten, wenn man die Weltproduktion an Rohphosphaten, die 1913 etwa 6 Millionen t betragen haben soll, statt wie bisher im Wesentlichen auf Superphosphat nach meinen Verfahren auf ein basisches Alkaliphosphatdüngemittel verarbeiten würde! Bei Verarbeitung auf Superhosphat werden 7 Millionen t Schwefelsäure verbraucht und in Form von Gips dem Boden zugeführt. Dabei werden 2/3 des an die Phosphorsäure gebundenen Kalks und der gesammte als Kohlensaurer Kalk vorhandene basische Kalk in Calciumsulfat übergeführt, und sind für Boden und Pflanze fast wertlos. Bei Herstellung des basischen Alkaliphosphats könnte man aus diesen 7 Millionen Tonnen Rohphosphat etwa 3 Millionen Tonnen basischen Kalk nutzbar machen, und grösstenteills in Kalkzeolithe überführen, die dem Boden ausserdem noch über 1 Million Tonnen colloidal lösliche Kielselsäure zuführen. Wäre es nicht an der Zeit, unter diesen Umständen den von LIEBIG gewiesenen Weg der Superphosphat-Aufschliessung zu verlassen, um zu rationelleren Aufschlussmethoden überzugehen ?.

Ein weiteres, von mir bereits 1912 aufgefundenes, aber infolge der Kriegswirren erst neuerdings verwirklichtes und publiziertes Verfahren gestattet die *Herstellung reiner Kalisalze aus Leucit.*

Dieses geradezu verblüffend einfache Verfahren erfordert weder einen Glühprozess, noch eine chemische Zerlegung des Leucits durch Säuren oder andere Agentien. Dieser bleibt vielmehr bei dem Prozess physikalisch unverändert. Das Verfahren besteht darin, feingemahlenen Leucit mit der Lösung eines Natronsalzes, z. B. Chilesalpeter, im Druckautoklaven auf ca. 200° zu erhitzen, wobei Leucit unter Bildung eines Natriumaluminiumsilikats, des Analcims, seinen gesammten Gehalt an Kali gegen Natron austauscht, während sich in der Lösung Kalisalpeter befindet. Man erhält eine Lösung von ziemlich hoher Concentration, welche zu 2/3 aus Kalisalpeter, zu 1/3 aus Natronsalpeter besteht, aus der beim Abkühlen der starken Lösung sich etwa 90 % des Kalisalpeters in reinen Kristallen abscheiden, während die Mutterlauge unter Zusatz von neuen Mengen Natronsalpeter und Leucit zu einer neuen Operation in den Autoklaven zurückkehrt. Mit Hülfe dieses einfachen Kreisprozesses lässt sich also Natronsalpeter direkt mittelst eines Naturgesteins in Kalisalpeter convertieren, nach der Gleichung:

$$K\,Al\,Si_2\,O_6 + H_2\,O + Na\,N\,O_3 = Na\,Al\,Si_2\,O_6 . H_2\,O + K\,N\,O_3.$$

Die Fähigkeit der Zeolithe zum Basenaustausch ist ja allgemein bekannt, und wies bereits Lemberg die Umwandlung von Leucit in Analcim nach. Nach unseren bisherigen Kenntnissen verlaufen aber alle diese Reaktionen nur langsam, und lassen sich die Gleichgewichte nur durch Anwendung grosser Ueberschüsse der einen oder anderen Base nach einer Richtung hin verschieben, unter Erneuerung der mit dem Zeolithen in Berührung stehenden Lösung von Salz. Sowohl in dem Zeolithen wie in der Salzlösung wird deshalb immer nur ein geringer Bruchteil der Base ausgetauscht. Zu meinem neuen Verfahren führten jedoch mehrere ganz überraschende Beobachtungen. Diese waren folgende:

1) In Berührung mit Leucit lässt sich eine Natronsalzlösung, z. B. Natronsalpeter so weitgehend in Kalisalpeter überführen, dass in der Lösung maximal 65 % $K\,N\,O_3$ neben 35 % $Na\,N\,O_3$ vorhanden sind.

2) Solange die Concentration unter 65 % $K\,N\,O_3$ bleibt, verläuft die Umwandlung bei erhöhter Temperatur von etwa 200° sehr schnell und ist in einigen Stunden beendigt.

3) Die Umwandlung des Leucits in Analcim verläuft quantitativ, wenn die festgestellte Gleichgewichtsconcentration von $K\,N\,O_3$: $Na\,N\,O_3$ nicht überschritten wird.

Da weder ein Aufquellen noch Zusammenbacken der feingemahlenen Teilchen eintritt, so bietet die technische Durchführung keine besonderen Schwierigkeiten, und auch die Trennung des schlammförmigen Rückstands von der Lösung erfolgt überraschend glatt und vollständig.

Kalisalpeter in chemisch reinem Zustande ist ein für die Sprengstoffindustrie wichtiger Ausgangsstoff. Noch grösser aber ist seine Bedeutung für die Landwirtschaft, wenn er billig genug hergestellt und geliefert werden kann, was bei der bisherigen Herstellungsweise durch Convertieren von reinem Chlorkalium bekanntlich nicht möglich war. Er ist mit 46 % K2 O und 14 % N gleichzeitig ein Kali- und Stickstoff-Dünger in concentriertester und reinster Form, und nicht hygroskopisch. Kalisalpeter enthält in 100 Theilen fast soviel Kali wie 100 Theile reines Chlorkalium, gleichzeitig aber auch fast soviel Stickstoff, wie 100 Theile Chilesalpeter, was für Verpackung Transport und Verteilung von Vorteil ist. Physiologisch bietet Kalisalpeter den Vorteil, ein neutraler Düngestoff zu sein, der vollständig von der Pflanze aufgenommen werden kann, ohne im Boden Säuren wie Schwefelsäure oder Chlor zurückzulassen.

Der bei dem Verfahren als Rückstand verbleibende Analcim ist ein wertvoller Ausgangsstoff für eine Anzahl chemischer Produkte. Durch Lösen in Schwefelsäure liefert er Natronalaun. Durch Glühen mit Kalkstein im Drehofen lässt sich daraus Natriumaluminat gewinnen, welches nach dem Auslaugen reine Thonerde für die Aluminiumfabrikation und Soda liefert, während Calciumsilikat im Rückstand bleibt, welches als Bodenverbesserunsmittel im Lichte der neuen Forschungen über die Kieselsäure besonders interessant sein dürfte.

Mein Verfahren gestattet also, ausgehend von Leucit und Natronsalpeter die drei hochwertigsten Verbindungen herzustellen, welche sich aus den Rohstoffen combinieren lassen, nämlich Kalisalpeter, Thonerde und Krystallsoda. Die bei der Separation des Leucits zurückbleibende Lava, in verschiedenen Körnungen, stellt ein gutes Material für Betonherstellung dar.

Mit Hülfe des Kaliphosphats und des Kalisalpeters kann man zu ganz neuartigen *Mischdüngertypen* gelangen.

Durch Mischen des Kaliphosphorsäuredüngemittels mit Kaliumnitrat oder Kaliumnatriumnitrat, so wie es aus dem Autoklavenprozess mit Leucit hervorgeht, lassen sich complete Mischdünger herstellen, die alle drei Pflanzen-Hauptnährstoffe enthalten. Sie sind in den verschiedensten Variationen herstellbar, z. B. mit einem Gehalt von

$$8\ \%\ N + 8\ \%\ K_2O + 8\ \%\ P_2O_5.$$

Dies sind sehr hohe Concentrationen der Nährstoffe, die mit den üblichen Kunstdüngern kaum erreichbar sind. Diese Mischungen sind von ausgezeichneter physikalischer Beschaffenheit, sind nicht hygroskopisch und zeigen keine gegenseitigen Zersetzungen oder Erhärtungen. Als Nebenbestandteil enthalten sie im Wesentlichen nur Zeolithe.

Durch Mischen des Kaliphosphorsäuredüngemittels mit Calciumcyanamid lässt sich ein anderer Mischdünger herstellen, der selbst nach monatelangem Lagern keinerlei Zersetzung oder Verluste an Stickstoff durch Dicyandiamidbildung zeigt. Sie bietet den Vorteil, dass durch sie das lästige Stäuben des Kalkstickstoffs, das seine Verwendung so erschwert, beseitigt wird, da die leichten Stäubchen des Kalkstickstoffs von den schwereren Phosphatpartikeln eingehüllt und beschwert werden. Der neue Mischdünger wird bereits im Grossbetriebe hergestellt auf dem Werke Waldshut der L o n z a A.-G. zu Basel und unter dem Namen Stickstoff-Rhenaniaphosphat an die deutsche Landwirtschaft geliefert. Das Stickstoff-Rhenaniaphosphat unterscheidet sich grundlegend vom Ammoniak-Superphosphat, das mit dem gleichen Gehalt von 9 % P_2O_5 und 9 % Stickstoff im Handel ist, durch seine alkalische Reaktion, und dadurch, dass es anstelle des grossen Ballasts an Schwefelsäure, aus dem Superphosphat ungefähr zur Hälfte, Ammoniumsulfat zu Dreivierteln besteht, als Nebenbestandteil nur wertvolle Zeolithe und basischen Kalk enthält.

Die beschriebenen Düngertypen sind physiologisch alkalisch oder neutral, bestehen nahezu ausschliesslich aus Pflanzennährstoffen, und sind frei von allen schädlichen Säuren, die den Hauptbestandteil der meisten üblichen Kunstdünger ausmachen. Die Säuren entkalken den Boden, verschlechtern seine physikalische Beschaffenheit, können auf viele Pflanzen Giftwirkungen ausüben, und beeinträchtigen die Assimilierung der Nährstoffe und Bakterientätigkeit. Das dagegen angewandte periodische Kalken der Böden ist nur ein notwendiges Übel. Die neuen Düngertypen ermöglichen es, der Pflanze alle Nährstoffe zuzuführen, ohne die physikalische Beschaffenheit der Böden oder die schwach alkalische bis neutrale Reaktion des Bodens, welche nach den bisherigen Erfahrungen dem überwiegenden Teil der Kulturpflanzen am zuträglichsten ist, ungünstig zu verändern.

Die beschriebenen Verfahren, ergänzt durch einige andere, bilden nunmehr die Grundlage, auf der eine Italienische Kaliindustrie aufgebaut werden kann. Im vorigen Jahre ist zu diesem Zwecke bereits die «V u l c a n i a» S.-A. zu Rom gegründet worden, deren Kapital jetzt auf 9 Millionen Lire erhöht worden ist. Die Gesellschaft verfügt über umfangreiche Leucitvorkommen im Gebiete des Vulcangebiets des Monte Cimino, ca. 60 km. nördl. Rom, und besitzt eine Leucit-Separationsanlage bei Cività-Castellana für ca. 60 000 t Rohgestein jährlich. Eine Fabrik zur Herstellung von vorläufig 3000 t Kalisalpeter sowie von Nebenprodukten befindet sich im Bau bei Cività-Castellana an der Station Borghetto. Da alle Vorbedingungen für einen technischen und wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens gegeben sind, so dürfte mit einer schnellen Entwicklung dieser neuen Italienischen Grossindustrie zu rechnen sein. Ihre Erzeugnisse werden nicht nur für die Italienische Landwirtschaft und Technik, sondern auch den Weltmarkt von Bedeutung sien.

Dott. A. MESSERSCHMITT *Lugano. (Suisse).* — **L'utilisation des roches potassiques**

RÉSUMÉ.

Les ressources de potasse contenues dans les roches potassiques ont été, jusqu'à présent, peu utilisées dans la technique agricole.

La potasse très étroitement combinée dans les silicates n'est pas, dans la plupart des cas, directement utilisable comme engrais, parce qu'elle est décomposée trop lentement. D'autre part, les procédés jusqu'à présent proposés pour la décomposition des roches potassiques et pour l'extraction de potasse pure ont, pour la plupart, l'inconvénient d'être coûteux ou de présenter des difficultés techniques.

Le relateur a imaginé plusieurs procédés, applicables dans l'industrie et la technique d'extraction de la potasse des roches et les a réalisés dans les conditions de la grande industrie.

Par fusion à 1250° d'un mélange de phosphates minéraux et d'une roche potassique (Feldspath, Phonolithe, Leucite), additionné de soude et réchauffé au four à réverbère ou dans le four rotatif, on obtient un engrais qui fournit l'alcali et l'acide phosphorique. L'engrais, préparé en Allemagne et en Belgique depuis 1916 et mis dans le commerce sous le nom de « Rhenaniaphosphat » est déjà produit dans plusieurs grandes usines. Il contient un phosphate alcalin dont tant l'alcali que l'acide phosphorique, sont sous forme facilement soluble. Vis-à-vis des superphosphates il a l'avantage de la réaction basique ; vis-à-vis du chlorure de potassium l'avantage d'être exempt de chlore ; enfin il ne contient pas de matières sans valeur, particulièrement d'acides qui, dans d'autres engrais chimiques, comme le superphosphate ou le chlorure de potassium, forment la plus grande partie de la masse. A leur place il contient pour presque la moitié des allumino-silicates (zéolythes), qui sont utiles, soit au terrain, soit à la végétation.

Un autre procédé imaginé par le relateur déjà en 1912 et à présent introduit dans la grande industrie, a la leucite comme point de départ. L'Italie possède d'énormes réserves de ce minéral intéressant dans les laves volcaniques de l'Italie centrale. Une grande partie de ces laves sont constituées, pour 30 % de leur masse, de gros cristaux de leucite pure, qui peuvent être isolés par séparation magnétique, qui donne une « leucite separée » contenant 16-18 % de K_2O. Celle-ci est finement moulue et chauffée en autoclave sous pression à 200° en présence d'une solution d'un sel de soude, par exemple de nitrate du Chili. Après quelques heures de ce traitement, la leucite échange complètement sa potasse, avec formation d'alumino-silicate de soude. Dans la solution on trouve 65 % de nitrate de potassium et 35 % de nitrate de soude. Par refroidissement de la solution filtrée, 90 % du nitrate de potassium se sépare en forme pure ; l'eau mère additionnée d'une nouvelle quantité de nitrate du Chili est nouvellement introduite dans l'autoclave pour l'opération successive.

Le procédé se base sur la position extraordinairement favorable (comme le

relateur l'a observé) de l'équilibre de KNO_3 : $NaNO_3$ dans la solution. En effet, la réaction se produit rapidement et quantitativement, si cette concentration d'équilibre n'est pas surpassée.

Le nitrate de potassium, contenant 46 % de K_2O et 14 % d'azote est un engrais excellent, dont l'emploi en large échelle ne fut pas possible jusqu'à présent, parce que sa préparation par conversion de KCl était trop coûteuse.

Le nouveau procédé permet de convertir directement le nitrate du Chili au moyen d'une roche naturelle.

Ces deux procédés forment une base sur laquelle on peut désormais fonder une industrie italienne de la potasse.

La société « S. A. Vulcania » fondée dans ce but à Rome a déjà en construction une usine pour la production initiale de 3 000 t. de nitrate de potassium tiré des laves leucitiques du Mont Cimino, au nord de Rome.

Par le mélange d'un engrais potassique-phosphaté avec du nitrate de potassium ou du cyanamide de calcium, on peut préparer des mélanges d'engrais d'un nouveau type, à haute concentration en azote, acide phosphorique et potasse, physiologiquement alcalins, consistant exclusivement en substances nutritives pour les plantes, exempts d'acides. Par leur emploi on fournit au sol une quantité de chaux suffisante pour rendre superflu le chaulage.

Les nouveaux types d'engrais permettent de fournir aux plantes tous les éléments nutritifs dont elles ont besoin sans altérer la réaction neutre ou faiblement alcaline du sol, qui en général est la plus favorable à la végétation, et sans endommager les conditions physiques du sol.

Dr. A. MESSERSCHMITT, *Lugano (Switzerland)*. — **Utilisation of Potassic Rocks.**

ABSTRACT.

Little use has been made up to the present in scientific agriculture of the potash resources of the potassic rocks.

Potash in close combination with silicates cannot as a rule be directly used as a fertiliser, as its decomposition is too slow. On the other hand the processes that have so far been suggested for the decomposition of the potassic rocks and for the extraction of pure potash have the drawback, in most cases, of being too costly or of presenting technical difficulty.

The reporter has invented several processes, which can be employed industrially and technically, for extracting potash from minerals, and has carried them out under large scale manufacturing conditions.

By fusion at 1250° of a mixture of mineral phosphates and a potassic mineral (Feldspath, Phonolite, Leucite), with the addition of soda, the whole heated in a reverberatory furnace or a rotatory kiln, a fertiliser is obtained which yields alcali and phosphoric acid. This fertiliser which has been prepared in Germany and in Belgium since 1916 and put on the market under the name of " Rhenaniaphosphat " is already manufactured in a number of large works. It contains an alkaline phosphate, both the alkali and the phosphoric acid being in a readily soluble form. As compared with the superphosphates, it has the advantage of the basic reaction : as compared with potassium chloride, that of being free from chlorine ; and it contains no valueless substances, in particular none of the acids which in other chemical fertilisers, such as superphosphate or potassium chloride, make up the great part of the mass. Instead it is nearly half composed of alumino-silicates (zeolites) which are of use both to the soil and to plant-life.

Another process invented by the reporter as early as 1912, and now introduced into large scale manufacture, takes leucite as the starting point. Enormous reserves of this interesting mineral are to be found in the volcanic lavas of Central Italy. A great part of these lavas consists, for 30 % of their mass, of large crystals of pure leucite ; these can be isolated by magnetic separation, which produces a " separated leucite " containing 16-18 % of K_2O. This is fine by ground and heated in an autoclave under pressure up to 200° in the presence of a solution of a sodium salt, for example Chili nitrate. After some hours of this treatment the leucite parts completely with its potash under formation of alumino-silicate of soda. In the solution is found 65 % of potassium nitrate and 35 % of sodium nitrate. On cooling the filtered solution, 90 % of the potassium nitrate is separated in a pure form : the mother water with a fresh quantity of Chili nitrate added is again placed in the autoclave and subjected to the same process.

This process is based on the especially favourable state as noted by the reporter of the equilibrium of KNO_3 to $NaNO_3$ in the solution. In fact the reaction takes place rapidly and quantitatively if this equilibrium concentration is not exceeded.

The potassium nitrate which contains 46 % of K_2O, and 14 % of nitrogen is an excellent fertiliser, but till now the use of it on a large scale was not possible because its preparation by conversion of KCl was too expensive.

The new process makes it possible to convert Chili nitrate directly by means of a natural rock.

These two processes form a basis for the foundation of an Italian potash industry.

The " Vulcania " Company Limited, which has been founded in Rome with this object, is already building a factory for the production in the first instance of 3000 metric tons of potassium nitrate from the leucite lavas of Monte Cimino to the north of Rome.

By mixing a potassic-phosphatic fertiliser with potassium nitrate or with calcium cyanamide, fertiliser mixtures of a new type may be prepared, with a high concentration in nitrogen, phosphoric acid and potash, such mixtures being physiologically alkaline, and consisting exclusively of substances of nutritive value to plants and free from acids. By their use lime is given to the soil in such quantities as to render liming unnecessary.

The new kinds of fertilisers make it possible to supply plants with all the nutritive elements they require without affecting the neutral or slightly alkaline reaction of the soil, which is generally the most favourable to plant life, and without affecting adversely the physical conditions of the soil.

W. W. Garner and J. E. Mc. Murtrey,
Bureau of Plant Industry, Washington, D. C. (U. S. A.).

MAGNESIA AS A FACTOR IN SOIL PRODUCTIVENESS.

Abstract.

On the light sandy and sandy loam types of soil in the tobacco districts of the Connecticut Valley, Maryland and the South Atlantic States the tobacco crop is subject to serious injury from a characteristic type of chlorosis in which both the yellow and the green pigments of the chlorophyll are affected. The chlorosis begins in the outer portions of the older leaves, but may eventually affect all leaves of the plant. The growth of the plant is restricted and the affected leaves are extremely thin and lacking in normal coloring matter when cured. The disease is more pronounced in relatively wet than in dry seasons. This chlorosis, commonly known as " sand drown ", is due to an inadequate supply of magnesium in the soil. Applications of various salts of magnesium to the soil readily prevent development of any symptoms of the chlorosis. Thus, this disease is avoided by use of potash salts containing considerable percentages of magnesia or by applications of dolomitic limestone. The symptoms of magnesium deficiency are aggravated by an increased supply of sulphate sulphur such as results from liberal use of high grade sulphate of potash. Organic nitrogenous matter of vegetable origin containing small percentages of magnesium, such as cotton seed meal and tobacco stems (and manure), when used as fertilizer, tends to prevent symptoms of magnesium deficiency. When materials containing little or no magnesium are used as sources of fertilizer nitrogen, such as nitrate of soda, ammonium sulphate or dried blood, pronounced chlorosis is likely to occur. The quantity of magnesium which must be supplied to prevent chlorosis is small, usually less than 30 pounds per acre. In field tests with maize the symptoms of magnesium deficiency were much the same as those in tobacco. It is evident that in light soils subject to leaching, magnesium may be a limiting element in plant growth and should be taken into account in interpreting the action of " complete " fertilizers. It is probably significant that cotton seed meal which has given especially good results as a fertilizer for tobacco contains a small percentage of magnesium which doubtless tends to become slowly available throughout the growing season.

W. W. Garner et J. E. Mc. Murtrey. *Washington, D. C. (Etats-Unis).* — **La magnésie comme facteur de la productivité du sol.**

Résumé.

Sur les sols légers du type sablonneux et sablonneux-argileux, dans les régions de Connecticut Valley, Maryland et South Atlantic States, le tabac est sujet à des dégâts sérieux, produits par un genre de chlorose, dans lequel les pigments jaunes ainsi que les pigments verts de la chlorophylle sont atteints. La chlorose commence dans les parties extérieures des feuilles les plus âgées, mais quelquefois elle attaque toutes les feuilles de la plante. Le développement de la plante est limité et les feuilles atteintes sont extrêmement minces et manquent de la matière colorante normale, même lorsque la plante est guérie. La maladie est plus prononcée dans les saisons relativement humides que pendant les saisons sèches. Cette chlorose, connue sous le nom de « sand drown », est due à un manque de magnésie dans le sol. L'addition de différents sels de magnésium au sol empêche la manifestation des symptômes de cette chlorose. Cette maladie peut être évitée également par l'emploi de sels de potasse contenant un pourcentage élevé de magnésie, ou bien par l'application de calcaires dolomitiques. Les symptômes du manque de magnésie sont aggravés par l'addition de soufre, résultant d'une trop large fumure de sulfate de potasse. Les matières organiques azotées d'origine végétale contenant de petites quantités de magnésie, telles que la farine de semences de coton et les tiges du tabac (et fumier) employées comme engrais, tendent à combattre les effets du manque de magnésium. Lorsqu'on emploie comme source d'azote des matières contenant peu ou pas de magnésium, telles que le nitrate de soude, sulfate d'ammoniaque ou le sang séché, une chlorose prononcée se manifeste très généralement. La quantité de magnésium nécessaire pour empêcher la chlorose est petite, en général moins de 30 livres par acre (33 kg. à l'ha). Des essais faits avec du maïs ont montré des symptômes de manque de magnésium très semblables à ceux du tabac. Il est évident que dans les sols légers, le manque de magnésium peut restreindre le développement des plantes et on devrait en tenir compte en interpretant l'action des engrais « complets ». Il est important de noter que la farine de semences de coton, qui a donné des résultats très avantageux comme engrais pour le tabac, contient un faible pourcentage de magnésium qui certainement devient peu à peu assimilable pour les plantes pendant la période de végétation.

Dr. A. Messerschmitt,
Aachen.

LE PHOSPHATE " RHENANIA ".

Extrait de la *Zeitschrift für angewandte Chemie*, a. 35, nº 79, 3 Octobre 1922.

Étant donné que le sol contient toujours un excès de bases, il fixe rapidement, déjà dans les couches supérieures du sol, l'anhydride phosphorique, quelle que soit la combinaison (soluble ou non) dans laquelle il se trouve ; c'est pourquoi la composition des engrais phosphatés a une importance tout à fait secondaire. L'anhydride phosphorique ainsi fixé par le sol est, d'autre part, solubilisé et rendu assimilable par les acides organiques faibles, pour le plus par l'anhydride carbonique. Beaucoup plus que pour tout autre engrais l'effet utile des phosphates est réglé par des facteurs indépendants de leur composition.

Les phosphates minéraux (phosphate tricalcique) sont attaquables par les plantes seulement dans les terrains acides ; pour tous les autres il est nécessaire de fournir des phosphates désagrégés, la réduction des phosphates sous forme colloïdale étant à écarter pour la grande industrie. Les superphosphates, les phosphates précipités, les scories de déphosphoration, représentent les diverses formes de désintégration.

Une nouvelle forme fut essayée, il y a environ 25 ans, par WOLTERS : la production de phosphates alcalins par fusion des phosphates minéraux avec la soude (ou le sulfate sodique) et avec le charbon ; mais comme les phosphates alcalins en fusion attaquent les silicates, le four à réverbère était rapidement endommagé. L'idée de préparer des phosphates alcalins fut reprise par l'A. et des recherches ont été exécutées depuis 1911, commencées dans le Laboratoire expérimental des Usines de Stolberg de la « Rhenania Verein Chemischer Fabriken A. G. zu Aachen ».

Des mélanges intimes, en proportions convenables, de phosphates minéraux, de calcaire et de silicate alcalin se désagrègent complètement dès le début de la fusion, ce qui permet de maintenir dans des limites tolérables le traitement au four. De plus, le silicate alcalin peut être remplacé par des alumino-silicates naturels : feldspaths, phonolite, leucite. À 1200-1300° C, entre les deux acides résistants au feu d'une part (acide phosphorique et acide silicique) et les deux bases d'autre part (oxyde de calcium et oxyde alcalin), ont lieu des réactions compliquées avec formation finale d'un phosphate alcalin dont la composition est à peu près la suivante : $(CaO)_2 \begin{matrix} K \\ Na \end{matrix} > O.P_2O_5$, de silicate de calcium et de silicate double de calcium et d'aluminium. La coulée de couleur brune se laisse refroidir et peut se moudre très finement.

Le nouveau phosphate est vendu en Allemagne sous le nom de « Rhenaniaphosphat », et à l'étranger sous le nom de « Vestaphosphat ». On peut le préparer avec différents pourcentages de phosphore, en faisant varier les matériaux de départ. Peuvent aussi servir à sa préparation les phosphates minéraux pauvres ou crayeux, ou contenant du fer ou des terres alcalines (inutilisables pour la fabrication des superphosphates). En employant des phosphates minéraux à 35-50 % de phosphate tricalcique, on obtient un produit avec 15-20 % d'anhydride phosphorique soluble à l'acide citrique. On est arrivé à 25 %, c'est-à-dire à un titre supérieur à celui des meilleurs perphosphates. Pour les pays pauvres en gisements potassiques, le procédé a en outre l'avantage de permettre l'utilisation des roches potassiques pour la préparation d'un engrais qui, en dehors du phosphore, contient également de la potasse. En utilisant la leucite, on peut obtenir un phosphate à 8 % de K_2O.

La composition en pourcentage du phosphate « Rhenania » varie dans les limites suivantes : P_2O_5, 15-25 ; $K_2O + Na_2O$, 8-15 (dont 8 % de K_2O) ; S_2O_5, 10-20 ; Ca O, 35-40.

Le reste est représenté par Al_2O_3 et de petites quantités d'oxyde de fer, de magnesium, etc.

Solubilité : *dans l'eau*, faible (augmente avec le titre en alcali, mais avec celui-ci augmente aussi le coût de production); dans l'*eau saturée d'acide carbonique* peut se dissoudre 75 % de l'anhydride phosphorique, dont 40 % à la première extraction ; dans une *solution d'acide citrique à 2 %*, avec agitation pendant ½ heure se dissolvent 80-90 % d'anhydride phosphorique et tout l'alcali, pendant que tout lacide silicique passe à l'état colloïdal ; dans une *solution ammoniacale de citrate d'ammoniaque*, la solubilité est à peu près la même que dans le cas précédent.

Par sa nature très basique, le phosphate « Rhenania « n'est pas sujet à la dégradation. Il fournit au sol tout le calcaire nécessaire, sauf si celui manque beaucoup.

Depuis 1912, le phosphate « Rhenania » a été mis à l'essai, en vase et en champ, dans les terres et avec les plantes les plus variées, par le Prof. REMY et par le Dr WEISKE à l'« Institut für Bodenlehre und Pflanzenbau » de l'École Supérieure d'Agriculture de Bonn-Poppelsdorf. Les résultats ont été publiés dans les *Landwirtschaftliche Jahrbücher*, vol. 49, p. 685-728, 1916 ; vol. 56, p. 1-57, 1921. Dans 40 % des cas, l'effet utile de l'anhydride phosphorique du phosphate « Rhenania » fut égal à celui des scories Thomas ; dans 60 % des cas, il fut supérieur. Il est efficace quelle que soit la nature et la réaction des sols. Il favorise spécialement le développement des jeunes plantes. L'effet de l'unité de potasse fut égal aux 50-100 % (73 % en moyenne) de l'effet du chlorure de potassium.

De nombreuses autres expériences en Allemagne et à l'étranger ont confirmé les résultats obtenus à Bonn.

Une petite usine expérimentale fut installée à Stolberg en 1912. En 1916 en fut installée une à Obourg (près de Mons) pour le travail des phosphates crayeux belges ; une autre à la fin de la même année à Diesdorf près de Diedenhofen ; en 1918, une à Brunsbüttelkkoog (sur l'Elbe à l'embouchure du canal de Kiel) ; en 1919, une à Pozz (près de Cologne), dont le fonctionnement a été arrêté par les événements politiques. Les usines de Diesdorf et de Brunsbüttelkoog produisent ensemble environ 150.000 t. de phosphate Rhenania. La quantité de cet engrais vendue jusqu'alors a été de presque 1 million de tonnes.

Les phosphates travaillés proviennent pour la plus grande partie du bassin de Mons et de la région de l'Oise, mais également de l'Afrique de Nord et de l'Allemagne : bassin de la Lahn, région du Harz, d'Hambourg (Bavière), Bentheim.

Dr. A. MESSERSCHMITT. (AACHEN), Das Rhenaniaphosphat. — **Rhine Phosphate.**

From the *Zeitschrift für angewandte Chemie*, a. 35, nº 79, 3 October 1922.

As the soil invariably contains a high proportion of alkali, the phosphoric acid is readily fixed in the upper layers in whatever form (soluble or insoluble) it exists. The actual composition therefore of the phosphate fertilisers is of relative importance.

Mineral phosphates (tricalcic) are available to plants only in acid soils ; in other cases a disaggregate form is required and as this is not practicable on a large scale, a reduction in colloidal form is advisable. (Superphosphates, basic slag, etc.).

A new form was tested some 25 years ago by WOLTERS, viz. the production of an alkaline phosphate by fusion of mineral phosphate and sodium sulphate and carbon. This method was restarted by Dr. MESSERSCHMITT, in 1911 and experiments made at Stolberg by the Rhine " Forschungslaboratorium ".

A mixture in adequate proportions of mineral phosphate, calcium carbonate and alkaline silicate was disaggregated completely at 1200-1300°C at an early stage of the fusion. In addition the alkaline silicate may be substituted by natural aluminium silicate, feldspar, phonolyth, leucite. Between these two resistant acid- and the two alkalis a complicated reaction takes place and the subsequent formas tion of an alkaline phosphate, composition $(Ca\ O_2) \begin{matrix} K \\ Na \end{matrix} > O.\ P_2O_5$, of calcium silicate and calcium basilicate and aluminium. This preparation is of a brownish colour and when allowed to cool, can be ground to a fine powder.

The new alkaline phosphate is sold in Germany under the name of " Rhenaniaphosphate " and in other countries as " Vesta phosphate ". The proportion of phosphorus used is variable. Poor quality mineral phosphates can be utilised, and also cretaceous and ferrous material, etc. By employing mineral phosphate with 35-50 % tricalcic phosphate, a 15-20 % phosphoric acid (soluble in citric acid)

has been obtained. As much as 25 % has been produced. In countries where the potash percentage is low, the foregoing process has the advantage of utilising the rock phosphate for the preparation of a fertiliser, which is both phosphoric and potassic. By using the leucite separately, a phosphate is obtainable (8 % K_2O).

The actual composition of Rhine phosphate varies thus :— P_2O_5 15-25 % ; $K_2O + Na_2O$, 8-15 % (8 % of which is K_2O) S_2O_5 10-20 % ; Ca O, 35-40 %. The remainder is Al_2O_3 and a small quantity of iron oxide, magnesium etc. As regards solubility in water, this is more readily effected when the alkaline content is increased; in water mixed with carbon dioxide, 75 % of phosphoric acid (40 % of which is obtained by the first extraction) ; in solutions of 2 % citric acid and stirring for 30 minutes, 80-90 % of the phosphoric acid and all the alkali, whilst almost the whole of the acid silicate is transformed into the colloidal form ; in ammoniacal solutions of ammonium citrate a similar effect takes place.

Owing to its distinctly alkaline nature, Rhine phosphates do not break down easily. Field and pot experiments have been made with Rhine phosphate since 1912 with different plants, by Prof. REMY and Dr. WEISKE at the " Institut für Bodenlehre und Pflanzenbau " at the " Landwirtschaftlichen Hochschule Bonn-Poppelsdorf " The results were published in the *Landwirtshaftliche Jahrbücher*, vol. 49, pp. 685-728, 1916, and vol. 56, pp. 1-57, 1921. In 40 % of the tests, the utility of Rhine phosphate was clearly demonstrated and was considered of equal value to basic slag ; — and in 60 % of the tests the effect was superior — especially as regards early development of plants The unit potash value was estimated at 50-100 % (average 73 %) that of potassium chloride.

Numerous other experiments made in Germany have since confirmed the results obtained at Bonn.

A small factory was established at Stolberg in 1912 and in 1916 another was placed in Obourg (near Mons) for the washing of cretaceous phosphate in Belgium.

Since then others have been established at Diesdorf (near Diedenhofen) at Brunsbüttelkoog (on the R. Elbe), at Pozz (near Cologne). The average production at Diesdorf and Brunsbüttelkoog was about 150 000 tons of Rhine phosphate. About 1 million tons is sold commercially.

The crushed phosphate in Belgium comes chiefly from the Oise valley, but is also found in N. Africa and in Germany, in the Lahn valley, Harz, Hamburg (Bavaria) and Bentheim.

W. L. POWERS,

Oregon Experiment Station, Oregon, U. S. A.

PROGRESS OF SULFUR INVESTIGATIONS IN THE NORTH-WESTERN UNITED STATES.

Use of sulfur as a fertilizer began in 1913, in Oregon and systematic field and laboratory experiments maintained to this day give the longest records and most striking increases from use of sulfur as a fertilizer to be found. This paper will deal mainly with the field experiments with sulfur with which the writer has been identified from their beginning. (A complete report of Oregon Sulfur Investigations will soon be available in bulletin form).

The effect of lime-sulfur spray, superphosphate and calcium sulfate on legumes, gave indications of the importance of sulfur in Southern Oregon experiments by F. C. REIMER in 1912. Potassium sulfate, acid phosphate and calcium sulfate gave striking increases in central Oregon fertilizer experiments by the writer the same season, indicating the value of sulfur on the residual basaltic sandy loam soils of that region (Table IV-a). The latter experiment was planned to determine whether the local practice of using gypsum on legumes was not due to its effect in releasing potash for these crops. Potassium chloride gave little increase over untreated plots, while potassium sulfate caused an increase of about a ton more alfalfa an acre. The result of this experiment indicated very strongly that the crop increases obtained were mainly due to sulfur contained in applications. The following year elemental sulfur was applied and nearly doubled alfalfa yields, showing that sulfur and not potash caused the increased yield. Results have been so striking that variability in soil does not prevent a definite conclusion that sulfur is highly beneficial.

In Southern Oregon (Table IV-b), the superphosphate and gypsum applied to Medford fine sandy loam produced a denser stand of dark green color and increased yields, while other fertilized plots did not differ in appearance from the check plots, the alfalfa possessing a pale green color. The increase obtained by superphosphate was at the time attributed to phosphorus, but trials the following year gave no increase from the use of raw rock phosphate, and in 1914 yields of alfalfa were about doubled by the use of sulfur in elemental form and in superphosphate and iron sulfate as well, while rock phosphate had no effect, showing that it was the sulfur and not the phosphorus that caused the increased yield and rich green color of alfalfa.

Progress of Southern Oregon Experiments.

More permanent experiments in Southern Oregon initiated in 1915 were planned (1) to determine definitely whether sulfur was responsible for increases obtained from sulfate-bearing fertilizers on alfalfa (2) ; the value of various sulfates and (3) whether sulfur acted directly as a plant food or indirectly as a stimulant and liberator of important elements of fertility. This experiment field is located (7 miles north of Medford, Oregon) on antelope clay adobe soil.

Effect and Value of Sulfur Fertilizer (Table V).

Fertilizers containing phosphorus alone and those having this important element and sulfur also were applied in amounts calculated to provided the same number of pounds of elemental sulfur whatever sulfur bearing compounds were used (as shown by Table V). These experiments proved that increases obtained were due to sulfur in various applications and could be secured by use of elemental sulfur. Little increase was obtained whether fertilized or not, from forms of phosphorus containing no sulfur. Alfalfa runs out on this adobe soil after a few years and should be plowed up in 5 or 6 years. The stand endures longer where sulfur is applied.

This antelope clay adobe soil employed is well supplied with potassium, calcium, magnesium, organic matter and limestone. It is low in phosphorus and very low in sulfur. It is neutral in reaction. When the experiment was started, the alfalfa was two years old, thick and had some nodules throughout.

Wherever sulfur or sulfates were applied, striking increases in yields were obtained, and with less weeds. The elemental sulfur did not oxidize so as to become fully effective the first season. During recent years indication of need of supplementing the supply of available phosphorus was increased. The larger yields secured by sulfur may be expected to hasten depletion of the low supply of phosphorus in this soil to a point where it will need to be supplemented. The results of this experiment show that the increase caused by sulfur is not due to liberation of phosphorus. The large amount of lime present in this soil favors oxidation of sulfur into available sulfates.

The East half of this 1915 series was retreated in March of 1917 and again in March 1920. The West half of this series and others, where not retreated, has fallen off in yield during the fourth and following years after treatment.

Duration and Ultimate Effect of Treatment.

This is one of the older field experiments still under way and is of value as indicating the duration and ultimate effect of sulfur applications. The heavy applications of sulfur in this and other ranges of these experiment fields have shown no injurious effects from the applications and the only apparent result has been increased yields. The soil is well supplied with calcium and only the slightest indications of acidity can be found where heavy applications have been made. It is not to be expected that a simple element will permanently maintain fertility and the time will likely come when it will pay to supplement the supply of available phosphorous and possibly other elements to give a permanent system of agriculture.

Value of Fertilizers with and without Sulfur (Table VI).

The January 1916 series of plots (Table VI), was designed to learn the value of various elements with and without sulfur, and determine whether sulfur caused increased yield due to liberation of potassium or other elements. Plots 1 and 2 proved to be on shallow soil. Sulfur and sulfates continue to show large increases in this series. The more available sulfates worked most promptly and heavy applications gave larger increases the first year than did light applications of sulfur. Applications of phosphoros, potassium and nitrogen in available forms and in compounds free from sulfur gave little increase, while compounds containing these elements with sulfur or in sulfate form gave increases and good color similar to sulfur alone. This shows that increased yields caused by sulfur were not due to liberation of other important plant foods.

Lime vs. Sulfur (Table VII).

A new series of plots was started November 1916, primarially to test the value of lime as compared with sulfur on this soil (Table VII gives the plant and results obtained). Use of lime has had no appreciable effect showing that sulfur has not

liberated this element for plants. Quick lime like heavy sulfur applications tends to mellow the surface soil, but does not increase yields as does sulfur or sulfates. The fall application in this experiment gave time for sulfur oxidation and much better results were secured the following growing season, due to early application. Harrowing in pyrites applied on this heavy soil in the fall did not appear to hasten their action.

Sulfur and Rock Phosphate (Table VIII).

A series of plots on antelope clay adobe was treated in the spring of 1917 to test the value of sulfur, sulfur and rock phosphate, gypsum , gypsum and rock phosphate and superphosphate. (The results of this experiment appear in Table VIII).

Soil on plots 7 to 11 is slightly better than plots 1 to 5 inclusive. There is a growing indication of increase in yield where sulfur is supplemented by phosphate. Sulfur manure and rock phosphate applied together may aid prompt oxidation of sulfur and liberation of the phosphorus and ultimately may prove more economical than acid phosphate.

Best Rate of Application (Table A).

An experiment was started by Professor REIMER on antelope clay adobe to determine the most profitable rate to apply sulfur in 1917, and is being maintained. Results show the most economical returns may be expected from applying one hundred pounds every three or four years to heavy soils.

In Deschutes Valley fifty, eighty, one hundred, and two hundred pounds an acre have been applied and in Union County fifty, one hundred and two hundred pounds applications were made. One hundred pounds should meet sulfur requirements of increased yields for three to four years. On sandy soils in Deschutes Valley central Oregon where there is heavy irrigation and rapid drainage, lighter and more frequent application of sulfur is good practice, as sixty to eighty pounds every two or three years.

On some soils the initial application may help to establish alfalfa and overcome the deficiency so that a lighter retreatment will do, or in some cases no retreatment may be required. Retreatment may be unnecessary on some acid red hill soils, where excessive amounts would tend to aggravate acidity.

Progress of Eastern Oregon Experiments.

Unfortunately the irrigation demonstration farm at Redmond Central Oregon was discontinued in 1913 but yields from the fertilizer plots there gave similar ields and differences in 1913 as in the preceding year.

In the spring 1913 one hundred pounds commercial powdered sulfur was applied to one acre and the yield was increased nearly two tons an acre over adjoining untreated check plots.

In 1915 three one-acre plots in the Deschutes medium sand area were treated as above and on two of these practically two tons an acre increase was obtained each year for three years thereafter.

Effect of Sulfur in Various Parts of Central Oregon (Table XI).

Three fertilizer experiments were started on the Deschutes sandy loam in 1918. Three years results are reported. The second season of the trial appeared to be favorable for larger yields and the striking increases obtained from sulfur and sulfate treatments were slightly less apparent the third year of the experiment indicating need of retreatment. The effect of sulfur has been much less the fourth year on this soil. These experiments were interrupted except in one field the fourth season as a field agent could not be maintained. They proved that use of sulfur was applicable to the lands of different projects in Central Oregon.

Use of Sulfur in Comparison with Gypsum.

Good gypsum contains about eighteen pounds of sulfur in one hundred pounds of material and in available form. Gypsum is mined near Huntington, Eastern Oregon, (within a short distance of Malheur, Powder and Grande Ronde Valleys), and is readily secured at most all trading points in the State. Because it is readily secured and less obnoxious to apply, farmers have been inclined to continue its use under conditions where it is evidently effective due to supplying available sulfur. This disagreeable feature of applying sulfur can be overcome largely by mixing it with damp sand just before application is made, and it can be applied with a landplaster spreader. Many field comparisons have been made and a study of data shows that sulfur is more profitable than gypsum for most Oregon soils, in the long run.

Recent Fertilizer Experiments in (Deschutes Valley) Central Oregon (Table XII).

A fertilizer experiment was initiated on Deschutes medium sandy loam in the spring of 1921, planned with the sulfur problem in mind and arranged to include a series of plots cropped to alfalfa for rotation with others receiving similar treatment and cropped to grain and potatoes. This soil is medium sandy loam in texture and of medium depth and the liberal amount of irrigation used and limited quantity and percent of plant food tends to lessen the duration of the sulfur treatment. This indicates comparatively light frequent applications of sulfur and sulfate fertilizers will be economical. In recent years there is also a growing indication that potash will in time need to be supplied. This soil responds to nitrogen unless it is supplied by rotation with legumes. During seven seasons fertilizer experiments with potatoes have been conducted in this section and potash has been found to pay well on potatoes. The form of potash fertilizer that has paid best has been sulfate of potash. Ammonium sulfate on non-legume land has given good results ; this may be partly due to the checking of potato scab where increase has been obtained from the use of sulfur or ammonium sulfate on potatoes. Nitrogen can be obtained under central Oregon conditions by rotation with legumes and sulfur can be obtained more cheaply in elemental form.

Cost Value and Profit from Fertliizers Used in (Deschutes Valley) Central Oregon Table (XIII).

A summary of all representative fertilizer trials in (Deschutes Valley) Central Oregon is given in Table XIII. This table is arranged to show the cost, value and profits from fertilizer treatments using the market prices for fertilizers and products. The largest profit has been realized from potash on potatoes, the next largest net profit an acre has been realized from the use of sulfur on alfalfa. Sulfur trials have been made on most of the alfalfa soils in the Oregon and nearly all of the important alfalfa land responds to sulfur to a marked extent. There appears to be little relation between soil texture and reaction from the sulfur treatment. Free working soils perhaps oxidize a little more sulfur and the results seem to be a little more rapid on such land, however, under irrigation the duration of the sulfur treatment is not so long on these sandy, as on the heavy textured soils. There does appear to be a fairly close relation between the sulfur content of soils and their response to sulfur treatment. These experiments were retreated and extended, at the beginning of the growing season of 1923 to study the effect of different forms of sulfur and different rates of application.

Sulfur versus Potassium.

The results as summarized for recent experiments for (Deschutes Valley Central Oregon) sandy loam indicate the sulfur is having some effect on the liberation of potassium. This is also indicated by certain recent observations on Willamette silt loam. Composts have been prepared with these soils in question to test the effect of different rates of sulfur and gypsum on solubility of mineral nutrients.

Sulfur Fertilizers on Various Soil Types.

Sulfur fertilizer trials have been conducted on some two dozen of the leading soil types of Oregon and the results of these trials show that there is at least 100,000 acres of alfalfa in Oregon that could be profitably sulfured. The soils responding range from sand to clay adobe. Some soils in the humid sections notably the older grain lands in the lower Willamette Valley and the red hill lands appear to be in need of sulfur in many cases.

Soils which do not Respond to Sulfur.

A few soils have been found which do not appear to need sulfur. Medford loam and peat and muck soils being well supplied with vegetable matter contain a large sulfur supply. Medium and coarse sand in Umatilla basin receives nearly sufficient sulfur from the large applications of irrigation water applied. Willamette Silty Clay loam in the upper Willamette Valley contains 600 to 700 pounds of sulfur in an acre to plow depth and this sulfur has been found to oxidize readily so that little increase is obtained from sulfur applications.

Correspondence with Experiment Stations.

Study of Station literature and reports from Station workers, leads to the view that the basaltic soils of the northwest offer the greatest field for profitable use of sulfur on soil. Good results are reported from use of sulfur in parts of California, Idaho, Washington and Montana.

Effect of Sulfur on Different Crops.

The yields of crops included in Sulfur fertilizer trials has been compiled and studied. The legumes responding well to sulfur in order of increase are alfalfa and red and Alsike clover. A number of crops of the legume and cabbage family were included in a trial to test the effect of sulfur and gypsum when grown on antelope clay adobe in 1920. The effect of sulfur on field peas has not been striking where tried. Soy beans have given moderate response or about 12 % more yield where sulfur was applied.

Among the cereals, oats requires most sulfur. Some moderate increases have been secured from sulfur with oats and corn. Sulfur applied to kale and rape on Willamette silty clay loam at Corvallis in 1913 failed to give an increase in yield. Kale and sunflowers failed to respond to sulfur.

Value of Activated or Inoculated Sulfur.

Practically all the striking results obtained from sulfur as a fertilizer in Oregon have been secured with uninoculated ground sulfur. The bacteriologistes of the Oregon Station find that many Oregon soils contain a plentiful supply of sulfofying bacteria, and that sulfur oxidizes at a more rapid rate than required by crops Under severe or unfavorable climatic or soil conditions it is necessary to apply sulfur several weeks before growth begins and it is helpful to harrow it in, or use some gypsum the first season with late applications.

In the spring of 1921 a supply of activated sulfur was secured through the courtesy of Doctor LIPMAN, Director of New Jersey Experiment Station and used in field trials at Medford and Hermiston. Further trials have since been added at the Branch Sation at Union, Oregon. No definite response from sulfur has been obtained at Hermiston Station even where used with manure or activated.

At Medford some advantage was gained in point of time by use of inoculated sulfur. Activated sulfur produced 1 ton more hay the first season, 3 tons more the second season, and about ¼ tons less the third season (1923).

Value of Sulfur and Sulfates in Restoring Texture of Drained Alkali Land.

Many years ago Doctor HILGARD suggested the application of calcium sulfate or gypsum to black alkali for converting it into soluble form so that it could be laundered out following drainage with copious irrigation. Doctor SCOFIELD more recently has proposed the use of aluminium sulfate to prevent the running together

of land containing black alkali, and he has suggested that this is due to the action of soda salts on the silicate in the soil, causing the development of sodium silicate, or water glass. Aluminium being trivalent and setting free the sulfuric acid in the soil rapidly is looked to by him as a permanent corrective for breaking up or overcoming this colloidal condition. Some interesting results were obtained by Doctor C. B. LIPMAN with sulfuric acid in California experiments.

In 1918 and 1919 sulfur applications were used on Sweet clover seedings, on land affected with alkali near Klamath and Ontario. There was an improved growth of Sweet clover, which was calculated to add green manure and loosen the soil. There was apparently an improvement in the structure of the land, which was given copious irrigation.

Improvement of alkali land is regarded as one of the larger soil problems in Eastern Oregon, and has been made the object of special investigation during the past three seasons. Experiments were outlined by the writer and placed in charge of W. W. JOHNSTON of the Soils Department, which will be reported in detail later. Good progress has been made, so these experiments are here briefly referred to.

A 10 acre experimental tract was drained, then cleared and checked for irrigation and thoroughly sampled. It was divided into some 20 half acre plots, treated with different amountss of sulfur, gypsum, gypsum and manure, and aluminium sulfate. Straw cover and sweet clover straw containing matured seed were also employed. The land was given copious irrigation the first season, amounting to a total depth of 48 to 60 inches depth, and a large proportion of the soluble and white alkali was removed during his first season's flushing, as indicated by determinations at the end of the season. Sweet clover and rye were planted and a spotted growth secured the following summer. The amount of black alkali was not substantially reduced, except with the heavy sulfate treatments it largely remained in the land. White alkali was largely removed the first season.

Flushing was continued through the second season. Percolation was found to proceed better, particularly on plots treated so as to improved structure. A large part of the black alkali was removed where sulfates were applied. Sulfur caused removal of 65 %, gypsum 70 %, and alum 50 % of the black alkali thus far on this soil which is well supplied with calcium. Rye and sweet clover were again seeded and a fair crop is being secured where the best treatments have been employed. Eight dollars worth of sulfur made possible a yield of one ton of rye an acre where nothing grew before.

Value of Sulfur in Aiding Solubility of Phosphorus (Table XVII).

Available sulfur and phosphorus frequently need supplementing in the soil, sulfuric acid and rock phosphate are used for preparing acid phosphate, ground raw rock phosphate and sulfur are the most concentrated forms of these materials. Sulfuric acid formed during the oxidation of sulfur tends to liberate plant food in soil. Sulfur-rock phosphate composts have been studied by Dr. Jacob LIPMAN and others for making phosphate available in this way. Field trials have been conducted in recent years to test the practicability of applying sulfur and ground raw rock phosphate for maintaining supply of these elements in certain Ore-

gon soils. (Two of the experiments for which there is more than one year's record are reported in Table XVII).

Experiments started on antelope clay adobe in the spring 1919 (Table XVII-*a*) were planned to test the value of sulfur and manure in making available phosphorus in raw rock phosphate. The experiment gives indication that the treatment will prove economical. The soil is giving marked response to barnyard manure.

In experiments on the Carlton silty clay loam in Benton County (Table XVII-*b*) and Cascade Powell silt loam in Multnomah county in the humid sections sulfur, rock phosphate, manure and lime have given some of the largest yields. Lime however was added at a different time in the rotation than the sulfur.

Value of Sulfur and Sulfate Alternated with Limestone in Humid Climates.

Trials are underway, including the sulfur, lime, and manure combination, especially on four humid, red hill soils. (Table XVIII) Sulfur has given slightly greater increases than phosphorus on these soils, and lime has given moderate to good results. In the Multnomah experiment just cited, lime, manure, and sulfur have given good results on a soil containing goodly amounts of phosphorus but of rather low availability, due to high iron content. Sulfur alone has depressed growth of vetch in one instance. Experiments are not continued to a definite conclusion. Sulfur alone applied to Willamette silty clay loam at Corvallis has increased acidity somewhat. Three applications, 1914, 1917, and 1920, of 320 pounds each have aggravated acidity somewhat as judged by the TRUOG and hydrogen-ion tests. In these experiments sulfur, rock phosphate, manure and lime gave the highest yields.

Effect of Sulfur on Acidity of Humid Soils.

Heavy and repeated applications of sulfur have been made in Western Oregon experiments to learn the ultimate effect of using sulfur upon soils. Samples of the oldest (1915) series of plots on antelope clay adobe were collected (1922) and submitted to the TRUOG acidity test only slightest acidity was found in the case of the one plot receiving 600 pounds an acre of sulfur at each application. These samples were also submitted to the Department of Bacteriology for hydrogen-ion tests. The pH value untreated was 7.2, while the 600 pound application of sulfur gave 6.8.

Samples were collected November 1922 from certain plots of the fertility range on Willamette silty clay loam started in 1914 and retreated 1917 and 1920 and tested by Department of Bacteriology with results as follows: Six checks averaged P^H 5.8; sulfur 3 applications of 320 pounds each, 3 years appart P^H, 5.4; Hydrated Lime 1 ½ tons, each 3 years P^H 6.6; superphosphate 320 pounds each 3 years P^H 5.6.

Conclusions from Oregon Sulphur Studies.

Sulfur has proven very profitable for most of the alfalfa lands of Oregon. About 25,000 acres have been sulfured, over 100,000 acres in Oregon will respond to sulfur and produce at least a ton an acre more alfalfa at a cost of about one dollar a ton, when so treated. Eighty to one hundred pounds applied, each three to five years has been proven to be a suitable application. There is still much to be learned regarding sulfur in relation to soil fertility.

TABLE IV (a). — *Value of Fertilizers and their Relation to Economical Use of Irrigation Water.*

Deschutes Medium Sandy Loam, Redmond, Central Oregon, 1912
1/2 Acre Plots.

Crop	Irrigation total depth	Fertilizers per acre	Yield per		Gain in		Cost of fertilizer	Profit (or loss)
	In.	Pounds	Acre Tons	Acre inch Tons	Yield T	Value $ *		
Alfalfa	21	None	3.00	0.143	—	—	—	—
Alfalfa	21	Potas. sulf. 160	3.96	0.186	0.96	8 68	4.00	4 68
Alfalfa	21	Gypsum 60	3.40	0.102	0.41	3.69	0.45	3.24
Alfalfa	21	Potas. cl. 160	3.27	0.156	0.27	2.43	4.00	1.57
Old clover	24	None	3.33	0.138	—	—	—	—
Old clover	24	Potas. sulf. 160	5.04	0.210	1.71	15.39	4.00	11.39
Old clover	24	Gypsum 60	3.48	0.145	0.25	2.25	0.45	1.80

* Alfalfa hay $ 10 T.

TABLE IV (b). — *Fertilizer used and Alfalfa Yields, Medford Fine Sandy Loam.*

Plots one-tenth acre in size. Fertilizer applied April 11, 1912.

Plot	Application	Lbs	Yield first cutting Tons per acre
1	Dried blood	50	1.85
2	Superphosphate	50	2.45
3	Muriate of potash	25	1.65
4	Dried blood	50	2.35
	Superphosphate	50	
5	Dried blood	50	1.95
	Muriate of potash	25	
6	Superphosphate	100	2.09
	Muriate of potash	25	
7	Dried blood	25	2.20
	Superphosphate	50	
	Muriate of potash	25	
8	Gypsum	40	2.02
9	Checks (Ave. 7 trials)	—	1.76

TABLE V. — *Value and Effect of Sulphur Fertilizers on Antelope Clay Adobe Oregon Experiment Station.*

1913 Series. Reimer Plats, Soil Experiment Field, Medford, Southern Oregon, 1915-1921
Yield per Acre, Tons, E. = East ½ retreated 1917-1920.

Treatment	Plots 1/10 Acre		1915	1916	1917	1918	1919	1920	1921	Alfalfa T per A 7 year Ave. 15-21 Inc.	Ave. net from T.	Annual gain fertilizers $
Check.	1	E	1.495	0.480	0.380	1.190	0.560	0.435	0.520	0.580	—	—
		W	1.495	»	»	0.250	0.400	0.690	0.610	0.615	—	—
Gypsum 595 (1 × 8 rds.) . . .	2	E	5.440	4.920	3.040	1.070	2.440	3.250	2.145	3.180	2.524	23.98
		W	»	»	2.480	0.570	2.790	1.590	1.160	2.707	2.097	20.55
Monocalcic Phosphate 410.0 . .	3	E	1.590	0.710	0.470	0.260	0.380	0.670	0.560	0.663	0.001	−4.37
		W	»	»	0.480	0.270	0.330	0.410	0.520	0.616	0.006	−1.40
Superphosphate 823.0	4	E	5.460	4.820	3.000	1.080	2.540	3.600	2.145	3.248	2.586	19.68
		W	»	»	3.220	0.580	2.760	1.380	1.065	2.755	2.145	19.39
Check.	5	E	1.080	0.335	0.330	0.350	0.520	0.725	0.988	0.620	—	—
		W	»	»	0.350	0.280	0.530	0.660	0.710	0.503	—	—
Sulfur 100.0	6	E	2.640	5.270	3.700	1.150	3.110	3.350	2.868	3.155	2.493	24.06
		W	»	»	3.920	0.600	3.020	1.455	1.295	2.600	1.990	19.61
Sulfur 300.0	7	E	5.010	5.380	3.780	1.030	4.900	3.510	3.040	3.807	3.245	29.87
		W	»	»	4.020	0.850	4.580	4.765	3.995	4.086	3.470	33.90
Iron sulphate 842.0	8	E	5.610	5.780	4.480	1.360	3.990	2.340	4.410	3.996	3.334	32.54
		W	»	»	4.160	0.900	5.170	3.540	3.184	4.049	3.439	33.79
Check.	9	E	1.085	0.245	0.700	0.220	0.380	1.700	1.110	0.786	—	—
		W	»	»	»	0.240	»	0.880	0.685	0.663	—	—

TABLE VI. — *Effect of Fertilizer with and without Fertilizer.*

Reimer Plats, Oregon Experiment Station, Soil Experiment Field, Medford.
January 1916 series: Retreated 1920, except 6 and 17.
Plot 9 received some sulfur bearing material, probably 1920.

Plots 1/10 Acre	Treatment: Fertilizer	Pounds per acre	Yield per acre Average for 6 years 1916–1921 Tons	Ac. gain in yield per acre Tons	Ac. annual net gain from fertilizer Dollars
1	Check	0	0.493	—	—
2	Sulfur	600	2.036	1.502	9.02
3	Sulfur	100	2.305	1.771	17.05
4	Sulfur	300	2.620	2.086	18.86
5	Gypsum	595	2.870	2.336	21.87
6	Mococo Residue (not retreated) . .	1541	2.725	2.191	17.41
7	Monocalcic phosphate	317	0.595	0.061	0.97
8	Superphosphate	823	2.605	2.071	15.91
9	*Muriate of potash	534	1.165	0.631	2.31
10	Sulfate of potash	594	2.445	1.911	13.17
11	Check	0	0.545 x	— x	—
12	Nitrate of soda	558	0.575	0.041	5.17
13	Sulfate of ammonia	423	2.675	2.141	15.77
14	Iron sulfate	870	2.685	2.151	20.06
15	Magnesium sulfate.	782	2.685	2.151	18.80
16	Sodium sulfate	1033	2.255	1.721	15.49
17	Pyrites (not retreated)	263	0.890	0.356	2.68
18	Check	0	0.440	0.094 x	—

* 4 year average. Received some sulfate 1920. x Average 0.534.

TABLE VII. — *Comparison of Lime with Sulfur.*

November 1916 Series: Reimer Plats, Oregon Experiment Station, Soil Experiment Field, Medford.

Plots 1/10 Acre	Treatment Fertilizer	Amt. per acre lb.	Cost dollars	Av.	Two	Yield per acre alfalfa Av. for 5 years 17–21	Incr.	Value dollars	Net dollars
1	Check – harrowed	0	—	—	—	0.665	—	—	—
2	Pyrites – harrowed	477	2.38	0.48	0.96	1.485	0.689	6.89	5.93
3	Pyrites – *not* harrowed	477	2.38	0.48	0.96	1.725	0.929	9.20	8.33
4	Sulphur – *not* harrowed.	100	2.00	0.40	0.80	2.925	2.129	21.29	20.49
5	Gypsum – *not* harrowed	595	4.47	0.89	1.78	3.250	2.454	24.54	22.76
6	Quicklime – *not* harrowed. . . .	2000	10.00	2.00	4.00	0.865	0.069	0.69	−3.31
8	Ground Limestone – *not* harrowed	2000	5.00	1.00	2.00	0.817	0.026	0.26	−1.74
7	Check – *not* harrowed	0	—	—	—	0.928	—	—	—

Average check 0.796

Plots *retreated* with same amounts of fertilizer in March, 1920. No yields are given for plots 7 and 8 for 1919 and hence the average yield is a four year average.

TABLE VIII. — *Comparison of Sulfur and Phosphorus.*

1917 Series: Reimer Plats, Oregon Experiment Station, Soil Experiment Field, Medford.

Plots 1/10 acre	Treatment Fertilizer	Amt. per acre lb.	Retreatments 4-15-19 lb.	Retreatments 3-1-20 lbs.	Ave. yield per A. 6 years 1917–22 tons	Incr.	Value	Net Annual Dollars
1	Check.	0	0	0	0.439	—	—	—
2	Superphosphate	412	823	412	2.051	1.645	16.45	11.65
3	Gypsum.	298	595	298	2.066	1.666	16.66	13.29
	Rock phosphate	281	564	281	—	—	—	—
4	Gypsum.	298	595	298	1.937	1.531	15.31	13.82
5	Check.	0	0	0	0.345	—	—	—
6	Superphosphate	412	823	412	2.238	1.832	18.32	11.64
	Rock phosphate	281	564	281	—	—	—	—
7	Sulfur	100	50	50	2.121	1.715	17.15	16.48
8	Sulfur	100	50	50	2.256	1.856	18.56	17.89
9	Sulfur	200	100	100	2.663	2.257	22.57	19.35
	Rock phosphate	281	564	281	—	—	—	—
10	Sulfur	200	100	100	2.043	1.637	16.37	15.33
11	Check.	0	0	0	0.435	—	—	—

TABLE IX. — *Different Rates of Application for Sulfur.*

1917 Sulfur Series: Reimer Plats, Oregon Experiment Station. Soil Esperiment Field, Medford.

Plots 1/10 acre	Treatment: Fertilizer	Amount per acre Lbs.	Cost per acre Dollars	Yield per acre Average for 3 years 1918-21 Lbs.
1	Sulfur	100	2.00	2.063
2	Sulfur	200	4.00	2.290
3	Sulfur	300	6.00	1.173
4	Sulfur	400	8.00	2.123

Treated November, 1917.

No yield given for 1919 and hence the average is a three year average, although the series has run four years. All plots did not receive same amount of water, due to slope of land.

TABLE X. — *Value of Sulphur and other Fertilizers on Different Projects in Central Oregon.*

Plots 1/10 Acre			Crop – Alfalfa, 18, 19, 20, 3 years: Ave. T. per A.	Ave. Incr. Tons	Net Value of increase Dollars
	Van Matre Plots, Sisters.				
1	Muriate of potash	160	2.95	0.38	— 1.00
2	Sulfate of potash	160	3.10	0.53	0.50
3	Sulfur	100	3.51	0.94	7.40
4	Check	0	2.57	—	—
5	Superphosphate	320	3.22	0.65	0.90
6	Nitrate of soda	80	3.14	0.57	3.30
7	Check	0	2.57	—	—
8	Gypsum	50	3.05	0.48	4.55
	Becker Plots, Tumalo.				
1	Gypsum	50	2.74	0.85	8.25
2	Muriate of potash	100	1.95	0.06	— 4.60
3	Superphosphate	320	2.39	0.50	— 0.60
4	Nitrate of soda	80	2.32	0.43	1.90
5	Sulfate of potash	160	2.85	0.96	4.80
6	Sulfur	80	2.97	1.08	9.20
7	Check	0	1.89	—	—
	Martin Plots, Redmond				
1	Check	0	4.07	—	—
2	Muriate of potash	160	4.07	0.00	—
3	Superphosphate	320	5.02	0.95	4.70
4	Nitrate of soda	80	5.14	1.07	5.10
5	Sulfate of potash	160	5.78	1.71	12.30
6	Sulfur	80	5.96	1.89	17.30

TABLE XIII. — *Summary of Fertilizer Trials, Deschutes Valley, Central Oregon. Trials mainly in 1912 and 1918, '19, '20.*

Unpublished Data, Orc. Expt. Sta., Dept. Soils. Four years – Average.

Fertilizer	Crop	No. of Trials	Ave. Rate per Acre: Applied	Ave. Rate per Acre: Value	Average Yield per acre	Average increase over check plot	Net Value of increase *
Sulfur	Alfalfa	8	80	£ 3.20	4.35	1.8 T.	18.00
Sulfur	Oats	1	80	2.20	30 bu.	5 bu.	0,80
Gypsum	Alfalfa	10	52.5	0.37	3.75 T.	0.67 T.	6.51
Phosphorus	Alfalfa	6	280	5.12	3.95 T.	1.10 T.	8.44
Phosphorus	Barley	1	320	5.12	66.2 bu.	3.40 bu.	1.30
Nitrogen	Alfalfa	6	80	3.20	4.00 T.	1.14 T.	9.80
Nitrogen	Barley	1	160	6.40	69 bu.	8.4 bu.	3.05
Manure	Barley	1	10 T.	—	61.7 bu.	1.1 bu.	—
Muriate of potash	Alfalfa	4	140	13.00	3.00 T.	0.62 T.	6.20
Muriate of potash	Potatoes	7	130	11.55	113 bu.	24 bu.	8.10
Sulfate of potash	Clover	1	160	14.40	5.04 T.	1.71 T.	10.90
Sulfate of potash	Alfalfa	2	120	8.75	5.23 T.	1.33 T.	8.92
Sulfate of potash	Potatoes	11	160	14.40	235 bu.	90. bu.	40.20
Kemfert	Potatoes	7	126	7.94	94.4	7.6 bu.	— 3.76
Kelpchar	Potatoes	4	240	15.15	98.5	25.72 bu.	— 1.54

* Hay at $10.00 per T. Potatoes at 50$ per lb. Kelp and Kelf $6.00 cwt.

TABLE XVII (a). — *Value of Manure in Connection with Sulfur and Rock Phosphate.*

1920 Series: Oregon Experiment Station, Soil Experiment Field, Medford.

Plot	Treatment: Fertilizer	Amt. per A.	Cost	Yield per acre Average for 2 years, 20-22: Tons	Incr. S.	$	Net
1	Manure	20 T.	$2.00	2.31	1.055	10.95	9.55
	Sulfur	100 T.	—	—	—	—	—
2	Manure	20 T.	—	—	—	—	—
	Sulur	100 T.	2.00	2.225	0.970	9.70	7.30
	Rock phosphate	281 T.	2.81	—	—	—	—
3	Manure	20 T.	—	1.255	—	—	—
4	Check	0	—	0.565	—	—	—

Treatments applied September 1920.

TABLE XVII (b). — *Value of Sulfur in making Phosphorus Available.*

Cascade Silt Loan (Hill phase) Multnomah County.

Treatment Kind & Rate per Acre	Corn. 1920	Potatoes 1920	Oat Hay – 1922	
			No lime	Limed 1½ T. A.
Untreated check plats average	11.047	5.445	0.975	1.263
Sulfur 100 T.	11.087	7.074	0.957	0.891
Manure 10 T.	11.918	5.895	1.343	1.436
Sulfur + Manure 10 T.	12.946	8.910	1.569	1.584
Superphosphate 250 T.	12.591	6.525	1.091	1.197
Rock phosphate 500 T.	11.613	5.070	0.9609	1.157
Sulfur 100 T. + Rock phosphate 500 T.	—	—	0.944	1.277
Sulfur 100 T. + Rock phosphate 500 T.	—	—	—	—
Sulfur + Manure 10 T.	—	—	1.197	1.569

SUMMARY.

Investigations dealing with the use of sulfur in the north-western United States began in 1912 when it was found by the Oregon Experiment Station that the increase in alfalfa yields caused by potassium sulfate in eastern Oregon experiments and by acid phosphate in southern Oregon experiments, could be secured with elemental sulfur. Subsequent analyses of soils and crops indicated, and field, greenhouse, laboratory sulfur experiments seem to confirm the view that sulfure was a limiting element, and that the increase caused by its application was not due to indirect action to any great extent.

Soils that Respond to Sulfur.

Tests with dozens of arid and semi-arid soil types of the northwest proved that there are hundreds of thousands of acres of alfalfa lands that can be increased one ton or more an acre each year with sulfur at a cost not exceeding one dollar a ton for the sulfur applied. Soils benefitted range from sand to adobe. These soils are chiefly arid or semi-arid in character and well supplied with calcium.

Humid Soils that Respond to Sulfur.

Numerous recent analyses and four fertility field experiments show that the extensive red hill regions extending from Coos Bay to Astoria and from the Pacific to the Cascades, covering the coast hills and the hills surrounding Willamette Valley contain only 150 to 400 pounds of sulfur in the plowed surface of an acre, and give 25 to 50 % increase of clover, and some increases with grain from sulphur applications, this being a greater increase than is obtained from acid phosphate. These soils are residual and derived from basaltic material.

Sixty years of cropping has depleted this initial supply in representative soil types from 300 pounds down to 200 pounds an acre, and the indication is that available sulfur is deficient at the close of the rainy season.

Crops which are benefitted.

Legumes, particularly alfalfa, red and Alsike clover, have given marked response to sulfur fertilizers. Moderate increases have been obtained on wheat and potatoes, and but little increase from this treatment where field peas, beans, corn, kale, rape or sunflowers were grown. The benefit with potatoes is attributed largely to indirect action in controling potato scab and some increase in nitrification.

Sulfur in Rainfall and Drainage.

Lysimeter studies show that forty to forty-five pounds of sulfur are lost in the annual percolate, while only three to six pounds an acre a year is received in the annual precipitations.

Relation to Nitrification.

Laboratory experiments indicate strongly that a little gypsum of sulfur and lime aids nitrification at the beginning of the growing season, there being practically no nitrates in western Oregon soils at that time because of low temperature and excessive moisture, after the cold, wet weather has depleted the nitrate and sulfate supply in western Oregon, and sulfur or calcium sulfate aids establishment of a stand of new clover. Heavy applications of sulfur inhibit nitrification.

Sulfur Oxidation.

Sulfofication studies (by Professor HALVERSON of the Bacteriology Department of the Oregon Experiment Station) show that most of the Oregon soil types contain organisms capable of oxidizing sulfur more rapidly than is necessary for the plant's needs. Sulfur applied to field plats has caused visible results in two weeks. Elemental, commercial, ground sulfur is the most economical form. It should be applied early and harrowed in to insure results the first season.

Other Probable Effects of Sulfur.

Sulfur was found by our chemists to increase the protein content of crops in solution. Recent experiments show that sulfur help keeps cations, Ca, etc.

Water culture, and pot and tank experiments strongly indicate that sulfur is an especially critical element, but that only a small amount is necessary. Yields have been markedly increased and water requirements strikingly decreased by adding a little sulfur against its elimination or near elimination.

Sulfur is found to go into the plant best with calcium or as $CaSO_4$.

From a study of the literature and inquiry of experiment stations throughout the United States, it seems that the basaltic region of the northwest is the greatest field for the profitable use of sulfur. Basalt contains only limited amounts of sulfur. Soils receiving large quantities of sulfate bearing irrigation water, those high in organic matter and those containing sulfate alkalies in the Great Basin region are plentifully supplied with sulfur, while soils in eastern and southern states receive a fair supply of sulfur in fertilizers, manures, and from precipita-

tion in the heavy coal consuming sections. Good results are reported from sulfur trials in the Pallouse region, and in some irrigated sections of Washington, Idaho, California, and Montana.

Profits from the Use of Sulfur.

Thorough field experiments with sulfur as a fertilizer in Oregon, now ten years in duration, are believed to be the most extensive to be found. Applications amounting to 1,000 pounds of sulfur per acre during this period have resulted in continued marked increase in yield. The duration of the increase in yields from a hundred pound application on an acre of soil is three to five years, the heavier soil types retaining sulfur longer.

Relation of Sulfur to Acidity.

Use of elemental sulfur beyond the amount needed to meet the absolute deficiency has tended to aggravate soil acidity in humid and semi-humid sections, as judged by tests made of southern and western Oregon soils to determine the hydrogen-ion concentration.

A slightly acid condition (pH 5 to 6) is best for Alfalfa.

It appears that sulfur may be used on red hill soil at one-third the cost of sulfur as secured in gypsum, the use of which is common in western Oregon. Its continued use will make occasional liming more necessary. A combination of sulfur, rock phosphate, manure and lime has given maximum yields in some recent field experiments.

W. L. POWERS (*Oregon, U. S. A.*). — **Progrès dans les recherches sur le soufre employé comme engrais dans les régions nord-occidentales des États-Unis.**

RÉSUMÉ

Les recherches dont parle l'A. constituent seulement une partie des travaux accomplis sur la question particulièrement par la Station Expérimentale de l'Oregon depuis 1912. On avait constaté que l'augmentation du rendement de la luzerne causé par des expériences effectuées dans l'Oregon oriental à l'aide du sulfate de potassium, et dans l'Oregon méridionale par le phosphate acide, pouvait être assurée par l'emploi du soufre à l'état élémentaire. Des analyses successives tant des terrains que des récoltes et des expériences en plein champs, en vases et dans le laboratoire, démontrèrent que le soufre devait être considéré comme ayant une action directe sur la récolte.

L'A. donne des renseignements sur les terrains de l'Oregon qui ressentent favorablement l'application du soufre comme engrais ; sur les cultures qui peuvent profiter de cet emploi, sur les rapports entre la quantité du soufre apporté par les pluies et celle perdue par drainage ; sur les rapports entre l'application du soufre et la nitrification du sol ; sur l'oxydation de l'élément en question dans les terrains, etc.

Les expériences que l'on a effectuées dans l'Oregon sur ce sujet du soufre employé comme engrais sont les plus nombreuses et les plus méthodiques que l'on ait

exécutées jusqu'ici à cet égard. et les résultats qui en ressortent démontrent que 1000 lb. de soufre par acre complexivement pendant une période de dix ans, ont fait augmenter progressivement la récolte. En employant 100 lb. par acre cette augmentation persiste de 3 à 5 ans, et le types de sols pesants sont ceux qui retiennent le plus longuement le soufre.

L'usage du soufre en quantité supérieure à celle strictement nécessaire tend toutefois à augmenter l'acidité du sol humide et semi-humide.

Une condition légèrement acide (pH5 to 6) serait favorable pour la luzerne.

POWERS, W. L. Oregon (U. S. A.). — **Progress of Sulfur Investigations in the North-Western United States.**

ABSTRACT.

The investigations described by the author deal mainly with work carried out at the Oregon Station since 1912. It was found that the increase in alfalfa yields caused by potassium sulphate in eastern Oregon experiments and by acid phosphate in southern Oregon, could be obtained by the use of elemental sulfur. Subsequent analyses of soils and crops indicated, and field, greenhouse and laboratory experiments confirm the view that the increase is due to the direct action of sulfur.

Information is given respecting Oregon soils that respond favourably to sulfur, and on the relation between the amount of sulfur applied and carried in the rainfall, and the amount lost by drainage, also, the relation between applications of sulfur and nitrification, and of sulfur oxidation in the soil.

The experiments carried out in Oregon on the subject of the use of sulfur as a fertiliser are the most numerous and methodical of any made up to the present time. Applications amounting to 1000 lb. of sulfur per acre during the past ten years have resulted in continued increases in yield. The duration of the increase in yield from an application of 100 lb. per acre is from 3 to 5 years, heavier soils retaining sulfur for a longer period.

The use of sulfur beyond the amount required to meet the absolute deficiency, tends to increase soil acidity in humid and semi-humid areas.

A slightly acid condition (PH 5-6) is best for alfalfa.

DR. C. E. THORNE,

Director Emeritus, Ohio State Agricultural Experiment Station, Wooster, Ohio, U. S. A.

TITRE:

LONG CONTINUED FERTILIZER EXPERIMENTS IN OHIO (U. S. A.) AND THEIR INTERPRETATION.