

AGRICULTURA

Bulletin trimestriel de
l'Association des Anciens
Étudiants de l'Institut
Agronomique de
l'Université de Louvain.



Driemaandelijksch Bulle-
tijn van de Vereeniging der
Oud-Studenten van het
Landbouwinstituut der
Universiteit te Leuven.



SOMMAIRE — INHOUD

ANTOINE V. — Les Centres Agronomiques de l'Université de Louvain au Congo « La Cadulac »	p.	97
BAEYENS J. — De moderne opvatting der agrologie	blz.	106
MOLHANT A. et D'HIVAN-ASSAN DE POZDNIAKOFF D. — Contribution à l'étude de l'engraissement du porc : appréciation de la consistance du lard	p.	129
REYNAERT St. — Het bepalen van de onverteerbare eiwitachtige stoffen in veevoeders	blz.	161

DOCUMENTATION — DOCUMENTATIE

HONLET J. — Les vitamines	p.	171
IV ^e congres voor land- en tuinbouw, beknopt verslag	blz.	176

Nouvelles de l'Association, des Confrères et de l'Institut Agronomique - Communiqués - Bibliographie.

Nieuwsjes van de Vereeniging, van de Confraters en van het Landbouwinstituut - Mededeelingen - Boekbespreking.

Secrétariat :

INSTITUT AGRONOMIQUE

21, RUE DES RÉCOLLETS - LOUVAIN

Secretariaat :

LANDBOUWINSTITUUT

21, MINDERBROEDERSSTRAAT - LEUVEN

Compte Chèques Postaux :

N° 1657.40 - Ing. G. PEETERS (Compte-Rekening B) LOUVAIN-LEUVEN

Postcheckrekening :

De moderne opvatting der Agrologie

door E. H. J. BAEYENS, *Ldb. Sch. Ing. Lv.*
Docent aan de Universiteit te Leuven

Het wil mij voorkomen dat de bouwvooreigenschappen van langsom meer bekeken worden in het licht der gegevens van de colloïdchemie. In onderhavige bladzijden vindt de lezer een *proeve* van colloïdchemische bodemsynthese voor zoover deze met het tot op heden verzamelde feitenmateriaal te verwezenlijken is. Sedert enkele jaren is de kennis van de bouwvoor en van den ondergrond de kinderschoenen van het empirisme ontwassen, en opgegroeid tot een zelfstandige wetenschap met eigen aanschouwingen en eigen procédés, onafhankelijk van elke, onmiddellijk naar de praktijk gerichte strekking. Ook hebben volgende beschouwingen en besproken feiten hoofdzakelijk voor doel het zuiver wetenschappelijk karakter van de moderne agrologie en pedologie in het licht te stellen. Dat echter de traditioneele grond- en bemestingsleer al aardig hun voordeel kunnen trekken uit die theoretische gegevens, zal, hoop ik, uit de af en toe bijgevoegde gevolgtrekkingen voor de landbouwpraktijk, zonder meer duidelijk zijn.

* * *

Voor zoover het landbouwdoeleinden betreft, kan de colloïdchemische bodemkennis herleid worden tot de studie der adsorptieverschijnselen waarvan ik hier Michaëlis' be-

paling overschrijf : « Men spreekt van adsorptie wanneer de scheikundige reactie zich bepaalt bij de grensvlakken der twee reagerende fasen- zóó dat de chemisch zuivere afzondering van het gevormde product niet mogelijk is, daar geen stechiometrische verhoudingen aanwezig zijn (1) ».

Wij moeten ons dus een colloïdchemische reactie als volgt voorstellen : een zeer groot sub- of amikron is in een vloeistof gesuspendeerd (vaste en vloeibare fase). Het inwendige van dit stofdeeltje ontsnapt, door zijn omvang, aan de inwerking der electrolyten van de vloeibare fase. Enkel een deel der oppervlakte moleculenlaag is geïoniseerd ; de kationen dier laag kunnen uitwisselen tegen equivalente kationen-massa's der vloeibare fase. Die in- en uitwisseling verloopt dus equivalent, doch daar wij het gevormde product slechts bekomen, gebonden aan de inwendige kern waarvan wij gewoonlijk de moleculaire verhoudingen niet kennen, kunnen wij in het eindproces ook niet die stechiometrische wetten weervinden welke chemische reacties tuschen afzonderlijke moleculen kenmerken.

Doordat het grensvlak van een amikron gedeeltelijk geïoniseerd is, bezit het colloïde een — meestal — zwakke elektrische lading : rond het stofdeeltje bevindt zich een elektrische dubbellaag met verschillend potentiaal; onmiddellijk rond de vaste kern een, bij grondcolloïden, negatieve zone gevormd door de ladingen van de gedissocieerde, op de kern vastzittende anionen. Daarrond een tweede, buitenste laag die haar potentiaal ontleent aan de lading der min of meer diffuus rond de kern zwevende, gedissocieerde kationen.

Volgens Wiegner nu (2), bevindt ieder kation zich in een bepaalden hydratatietoestand, d. w. z. is omgeven van een laagje « gerichte » watermoleculen die het potentiaal van dit kation stabiliseeren, en zijn vereeniging met het anion van de kern beletten. Een sterk gehydrateerd colloïde bevindt zich in gepeptiseerden toestand, dus in solvorm. Vermindert door de een of andere oorzaak dit potentiaalverschil of die

(1) *Biochemisch. Zeitschrift*, 97, 72 en vlg.

(2) Zie BLANCK - *Bodenlehre*, Bd. I - en HONCAMP, - *Düngerlehre* I - Wiegner : *J. Soc. chem. ind.*, 50, 1931.

hydratatietoestand, dan houdt de dissociatie op ; de kationen « vallen » op de anionen en het colloïde vlokt uit.

Brengen wij nu die algemeene begrippen over op het gebied der bodemkunde. Vooraf dient echter opgemerkt dat enkel de allerfijnste gronddeeltjes colloïdale of adsorbeerende eigenschappen vertoonen, n. l. de klei en de humus. Dr. Hisink van het Bodemkundig Instituut te Groningen heeft, steunende op een omvangrijk experimenteel materiaal, uitgemaakt dat, voor de gronden van ons humiede klimaat, 22 gr. adsorbeerende stof in humus gelijk staan met 100 gr. adsorbeerende klei (1). Ik wil hier niet ingaan op de bepaling van het woord klei, noch op de twistvraag bij welke korrelgrootte de adsorbeerende eigenschappen van een grond ophouden en het eigenlijke zand begint. Ieder bodemkundig instituut houdt er een eigen meening op na, en een der nuttige opgaven der internationale bodemkundige congressen is voorzeker voeling tusschen de zoekers der verschillende landen tot stand te brengen en de werkmethodes op eenzelfde leest te schoeien. Welke nu ook de bovenste korrelgroottegrens zij die men aanneemt voor het adsorbeerend complex, ieder colloïdaal grondonderzoek moet noodzakelijk beginnen met een klei-humusbepaling. In het Bodemkundig Laboratorium van het Landbouwinstituut der Universiteit te Leuven wordt de humus gedoseerd door elementairanalyse, en de klei (deeltjes kleiner dan 16 of 2 μ volgens de fracties) met den slibcylinder van Atterberg. Het adsorbeerend gehalte van den grond is dan :

$$\frac{\text{humus} + \text{klei} \times 4,545}{100}$$

Na deze voorafgaande bemerking, kunnen wij een colloïdaal gronddeeltje schematisch als volgt voorstellen (*Zie schema volgende bladzijde*).

Enkele bemerkingen. — Sfeer I stelt de inerte kern voor die geen deel neemt aan de scheikundige reacties. Het grensvlak (sfeer II) of de buitenste laag moleculen van de kern, bestaat uit al of niet gedissocieerde, verzadigde of onverzadigde

(1) Beiheft z. d. mitt. der Int. Bodenk. Geselsch., Band I, bl. 33.

N. B. — *Men moet zich de centrale kern veel grooter voorstellen dan zij hier afgebeeld is.*

IV.				
III.				electrolyten
II.	Klei Na Klei H	H ⁺		van het
I.	Klei- humus- amikron	Humus H Klei' Humus' Klei Ca Humus Ca	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺	bodemvocht
II.		Klei K Humus K	Na ⁺	b. v.
III.			K ⁺	de
IV.				meststoffen

klei- en humuszuren. Afgezien van sommige basische- en alkaligronden der tropen, is sfeer II nooit gansch verzadigd en bevat altijd een zeker aantal klei- en humus-zuren. Het grensvlak van een colloïdaal gronddeeltje is dus negatief geladen. Daarrond zweven in gedissocieerden toestand een aantal kationen die min of meer kunnen gehydrateerd zijn (het kringetje rond de atoomteekens). Zij vormen de buitenste, positief geladen zone der electriche dubbellaag. Eindelijk is dat gronddeeltje omgeven door het bodemvocht met de daarin opgeloste, gedissocieerde electrolyten der meststoffen, der rotsenverweering, der atmosfeersche neerslagen, enz..

Wij gaan nu de bruikbaarheid dier colloïdchemische bodemopvatting aan enkele der belangrijkste grondeigenschappen toetsen.

I. — De grond en Freundlich's adsorptieisotherme

De vraag kan gesteld of de colloïdale natuur der tamelijk eenvoudige, scheikundig zuivere solen en gelen dezelfde is

als die der zeer ingewikkelde, slecht gekende bodemcolloïden. Na het uitwerken der colloïdchemische wetten door de physici, hebben de bodemkundigen niet getalmd die gegevens op het colloïdaal grondcomplex toe te passen, en de uitslag is boven verwachting bevredigend geweest.

Een dier belangrijkste wetten is wel Freundlich's isotherme (1) die een verband daarstelt tusschen de hoeveelheid geadsorbeerde stof door een colloïde en het quantum niet geadsorbeerde, in oplossing gebleven electrolyten :

$$\frac{x}{m} = a \cdot C^{\frac{1}{n}}$$

x = hoeveelheid geadsorbeerde stof per gram adsorbens (m)
 C = concentratie van het niet geadsorbeerde, in oplossing gebleven deel.

a en $\frac{1}{n}$ zijn constanten die voor ieder systeem moeten berekend worden.

Door logarithmeering bekomt men :

$$\log \frac{x}{m} = \log a + \frac{1}{n} \log C$$

Het is dus een lineaire equatie. Bepaalt men experimenteel de waarden x en C voor verschillende concentraties, en zet men hun logarithmen uit in een rechthoekig coördinatenstelsel met $\log \frac{x}{m}$ en $\log C$ respectievelijk als absis en ordinaat dan moeten de bekomen snijpunten der loodlijnen onder elkaar verbonden een rechte lijn geven, tenminste binnen zekere grenzen, want, wordt het inwerkend vocht bijv. te geconcentreerd toegediend, dan kan het grondcomplex zelf scheikundig ontbonden worden zoodat de zuiver colloïdale condities ophouden te bestaan.

Ik heb de geldigheid van Freundlich's isotherme experimenteel onderzocht op verscheidene Belgische en Congolesche gronden, en daar bij mijn weten zulke opzoekingen

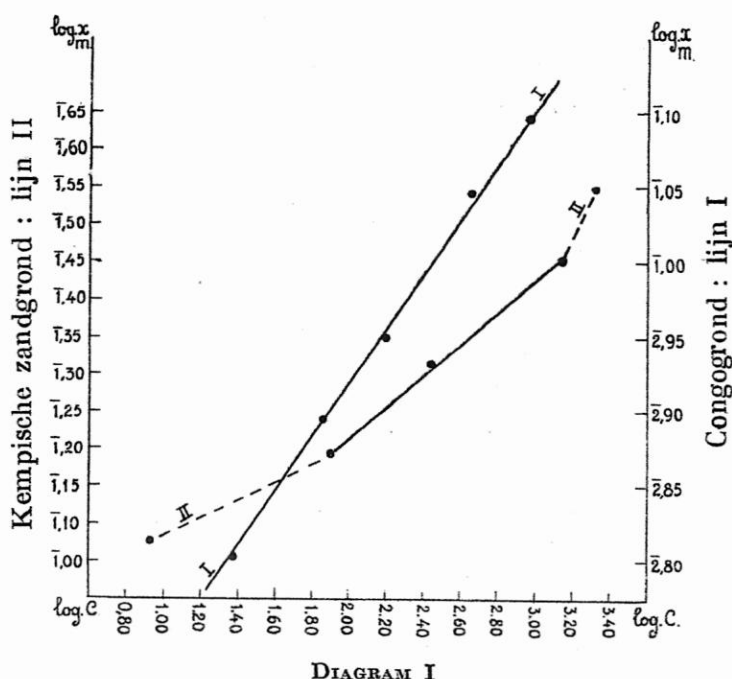
(1) Kapillarchemie, 1923, bl. 150 en vlg.

in ons land nog niet zijn uitgevoerd, deel ik hier de uitslagen voor een paar monsters mede (1) ; zie ook diagram I : (Volgende bladzijde).

Lei-zandgrond uit Kisantu (20 gr.) (curve I v. h. diagr.)	x	$\frac{x}{m}$	$\frac{Ca}{2}$ in milliequivalenten aanwezig		C per liter	$\log C.$	$\log \frac{x}{m}$	20 cc. filtraat.
			vóór	na				
	2.5	0.125	50	47.5	950	2.97772	$\bar{1}.09691$	
	2.2	0.110	25	22.8	456	2.65896	$\bar{1}.04139$	
	1.8	0.090	10	8.2	160	2.20412	$\bar{2}.95424$	
	1.5	0.075	5	3.5	70	1.84510	$\bar{2}.87506$	
	1.3	0.065	2.5	1.2	24	1.38021	$\bar{2}.81291$	
Kempische glauconiet-zandgrond (50 gr.) (curve II v. h. diagr.)	17.7	0.354	125	107.3	2126	3.32756	$\bar{1}.54900$	50 cc. filtraat
	14.4	0.288	62.5	48.1	962	2.98318	$\bar{1}.45939$	
	10.6	0.212	25.0	14.4	288	2.45939	$\bar{1}.32634$	
	7.8	0.156	12.0	4.2	84	1.92428	$\bar{1}.19312$	
	5.8	0.116	6.25	0.45	9	0.95424	$\bar{1}.06446$	

Wat de practische doorvoering van zulke experimenten aangaat, schikt men het zoo dat gelijke hoeveelheden grond met stijgende dosissen van een electroliet (hier Ca acetaat) een bepaalden tijd in een schudapparaat geroteerd worden,

(1) Deze en de volgende hier gepubliceerde opzoekingen heb ik uitgewerkt tijdens mijn verblijf aan het Bodemkundig Instituut te Groningen. Den Heer prof. Dr. D. Hissink, directeur van het Instituut, den Heeren assistenten Dr. J. Van der Spek en Dr. Hooghoudt alsmede den Heeren hoofdanalysten A. en J. Dekker weze hier mijn vriendelijkste dank toegezegd voor hunne gewaardeerde hulp tijdens mijn oponthoud aan het Instituut.



waarna men in eenzelfde hoeveelheid filtraat de in oplossing gebleven Ca gravimetrisch of titrimetrisch gepaalt. Een blik op het diagram I zegt ons dat de onderling verbonden punten, binnen zekere grenzen (1), inderdaad een nagenoeg rechte lijn geven, zoodat wij mogen besluiten dat de colloïdale eigenschappen van den grond in hoofdzaak dezelfde zijn als die waarmede Freudlich zijn Kapillarchemie heeft opgebouwd.

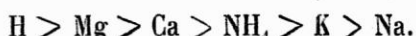
II. — Basenverwisseling en colloïdchemie.

Reeds in 1850 stelde Thomas Way vast dat vele meststoffen door den grond « vastgehouden » worden, en wel

(1) Het is klaar dat de eindcurveeringen van lijn II moeten in verband gebracht worden met de extreem uiteenlopende concentraties (resp. 9 en 2126 milliequivalenten) der electrolietphase.

hoofdzakelijk hun kation, terwijl het filtraat den zuurwortel bevat gebonden aan *andere* basen die in equivalente hoeveelheid uit het bodemcomplex treden. Zoo mijn hooger uitgewerkte schematische voorstelling van een colloïdaal gronddeeltje juist is, moeten wij aannemen dat het kation van een meststof in de electrische dubbellaag van het gronddeeltje treedt, en daar de aanwezige, al of niet gedissocieerde metaalelementen verdringt, welke laatste dan in het bodemwater terecht komen en door de planten kunnen opgenomen worden. Die in- en uitwisselingsverschijnselen zijn zeer gecompliceerd, en de zeer uitgebreide literatuur (1) die op dit gebied voorhanden is, bewijst, dat het in de laatste jaren niet aan pogingen ontbroken heeft eenige regelmatigheid in dat, voor den landbouw hoogst belangrijk proces te ontdekken. Volgende feiten schijnen nagenoeg vast te staan.

a) Ieder kation heeft zijn eigen in- en uitwisselingsenergie. Waterstof heeft het grootste inwisselingsvermogen; dan volgen de tweewaardige, en eindelijk de eenwaardige elementen. Uit tal van vreemde en eigen opzoekingen, meen ik de volgende inwisselingsrij voorloopig te mogen aannemen.



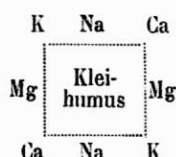
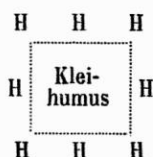
b) Het inwisselingsvermogen van een kation wordt beïnvloed door zijn concentratie, zoodat een « sterker » kation, b. v. Ca, kan uitgewisseld worden door een van huis uit zwakker inwisselend, b. v. Na, van het oogenblik dat dit laatste in voldoende hoeveelheid wordt toegediend. Die eigenschap laat ons toe sommige, sedert lang gekende, doch tot hiertoe minder goed verklaarde feiten uit de landbouwpraktijk colloïdchemisch uit te leggen. Eenige grepen :

1) Waterstof heeft het grootste inwisselingsvermogen. Bijgevolg zal in onze humiede streken een adsorbtief-rijke grond, aan zich zelf overgelaten, noodzakelijkerwijze verzuren doordat het gronddeeltje na eenigen tijd op zijn grens-

(1) Zie bibliografisch overzicht bij E. Blanck, *Handbuch der Bodenlehre* 1931, Bd. VIII, bl. 184 en vlg. De grondlegger der bodemcolloïdchemie is voorzeker de Nederlander J. Van Bemmelen (*Landw. Versuchsstationen*, 35, 69).

vlak nog enkel klei- en humuszuren zal bezitten waarvan de basen door het regenwater zijn uitgeloozd.

Een totaal zure (onverzadigde) en basische (verzadigde) grond kan dus respectievelijk als volgt voorgesteld worden :



2) Het is mogelijk de grondzuurheid te neutraliseeren door Ca alhoewel dit kation een kleiner inwisselingsvermogen bezit dan waterstof van het oogenblik dat kalk in voldoende concentratie toegediend wordt. De colloïdchemie legt ook uit waarom enkel Ca (OH)₂ en CaCO₃ en niet bijv. CaCl₂ bij machte zijn een bodem te neutraliseeren (zie verder kapittel der verzadiging). Zij verklaart daarenboven het tamelijk zonderlinge verschijnsel dat een adsorptief-rijke grond die reeds veel Ca bevat, toch nog meer kalk kan behoeven om een bepaalde pH te bereiken, dan een lichte zandgrond met een absoluut lager basengehalte.

Een goede Brabantsche klei vergt per 100 gr. adsorbeerend complex (klei + humus $\times$ 4,5) van 0,80 tot 1,1 gr. CaO om een pH 7 te bereiken. Welnu, tal van niet gepubliceerde ontleding van Congoleesche gronden hebben mij geleerd dat deze gronden slechts 0,5 gr. CaO vergen om het neutraliteitspunt te bereiken voor eenzelfde hoeveelheid klei-humus. De colloïdchemische grondopvatting geeft een verklaring voor dit eigenaardig verschijnsel, en de kennis van die feiten is voor de bekalking van zulke gronden van niet te onderschatten belang.

Enkele cijfers tot staving dier zienswijze : (*Zie tabel volgende bladzijde*).

3) In algemeenen regel zijn voor de planten rechtstreeks opneembaar slechts die stoffen welke in uitwisselbaren vorm in het klei-humuscomplex voorkomen. Al wat in sfeer II vertoeft, en niet uitwisselbaar is, wordt, voorloopig ten

Nederlandsche gronden (1)	grond-nummer	klei	humus	adsorbeerend complex	pH	CaO par 100 gr. klei-humus voor pH 7
	2330	9.8	5.8	35.6	4.13	1.19 gr.
	2329	10.1	5.0	32.6	5.03	1.06 gr.
	1697	63.7	12.6	120.4	4.83	0.87 gr.
	1698	59.2	9.7	102.8	6.83	0.85 gr.
Congogronden	123	12.6	1.0	17.1	5.1	0.56 gr.
	567	14.1	1.1	19.0	4.8	0.53 gr.
	101	14.2	1.2	19.6	4.8	0.53 gr.
	151	11.7	0.9	15.7	4.9	0.50 gr.

minste, onttrokken aan de inwerking der wortels. (2) Bijgevolg kan een grond, bij zuiver scheikundig onderzoek, rijk zijn aan voedingstoffen, en toch die stoffen niet in « opneembaren » vorm bevatten. Ook het voedselgehalte van het waterig grondextract geeft geen juist beeld van den vruchtbaarheidstoestand. Het failliet van het zuiver scheikundig grondonderzoek als vruchtbaarheidsdiagnose wordt door de colloïdchemische bodemopvatting voorzien, en zal nog nader toegelicht worden bij het kapittel van den verzadigingstoestand (3).

(1) Zie HISSINK : *Verhandl. der 2 comm. der intern. Bodenk. Gesellsch. Budapest, 1929, Teil A.*

(2) Zie nochtans : *Soil Science July 1933* : er komen zeker gevallen voor waarin de plant, na de uitwisselbare reserve uitgeput te hebben, ook de niet uitwisselbare van de centrale klei-humuskern aanspreekt. Het betrekkelijk hoog kaligehalte van aardappelen op zandgrond met zeer weinig water- en zoutzuuroplosbare K_2O wijst op dit feit dat colloïdchemisch moeilijk uit te leggen is.

(3) Met de citroenzuurmethode schijnt het intusschen beter te verlopen : uit de vergelijkende statistieken tusschen deze en die van Neubauer, heb ik sterk den indruk dat de citroenzuurmethode een tame-

4) Een overvloedige bemesting met een bepaald kation kan een *ander* kation uit het bodemcomplex uitwisselen, welk kation dan aan den plantengroei van dat seizoen ten goede komt. Vooropgesteld is natuurlijk dat de grond rijk zij aan het uitgewisselde kation in kwestie. Zoo is het te verklaren dat een sterke Chilibemesting bij bieten het kaligehalte van den oogst verhoogt op kleigronden die dikwijls rijk zijn aan in het water onoplosbaar kalium-kiezelaluminaat waarvan de kali nochtans uitgewisseld wordt door het van huize uit zwak inwisselende, doch in dit geval sterk geconcentreerde Na.

5) De grond bevat twee soorten Ca : ingewisselde, d. i. gebonden aan het klei-humuscomplex, en vrije, voortkomend van het CaCO_3 in het bodemwater opgelost. Uit hetgeen voorgaat zal wel zonder meer klaar zijn dat die twee soorten Ca een gansch verschillenden rol spelen in de structuur, de reactie en de physiologische geaardheid van de bouwvoor.

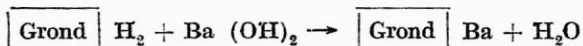
III. — Verzadigingstoestand van den grond.

Steunende op het hooger aangegeven schema, zou ik den verzadigingstoestand van een grond willen characteriseeren als zijnde de verhouding welke bestaat in sfeer II en III tusschen het aantal H en het aantal metaalkationen uitgedrukt in equivalenten. Het landbouwkundig belang dier grootheid springt dadelijk in het oog wanneer men bedenkt dat een « zware » grond tamelijk veel basen kan bevatten b. v. geadsorbeerde Ca en toch actueel zuur kan zijn omdat er naast dit basengehalte nog een belangrijke hoeveelheid H ionen kan aanwezig zijn die, in gedissocieerden toestand de pH van den bodem beheerschen. Kan die verzadigingstoestand quantitatief uitgedrukt worden, dan bezit men tevens een maatstaf voor het zware of lichte, het rijke of arme karakter van een grond, zijn kalk en meststofbehoefte

lijk getrouw beeld geeft van de vruchtbaarheid der nieuw ontgonnen Zuiderzeegronden (mondelinge mededeeling uit het Laboratorium der Zuiderzeewerken van Medemblik-Holland).

enz. al eigenschappen waarvan de beoordeeling tot op heden aan de — subjectieve — scherpzinnigheid van den landbouwer was overgelaten. Het heeft dan ook in de laatste jaren niet aan pogingen ontbroken den verzadigingstoestand van een grond quantitatief uit te drukken. Ieder Instituut heeft zijn eigen werkwijze, en het ware te wenschen meer eenvormigheid op dat gebied te zien verschijnen. Al die methodes echter kunnen, mijns inziens, ondergebracht worden binnen het kader van onderhavig werkplan :

a) Behandelt men een grond met een *sterke base*, dan wisselen alle geadsorbeerde H ionen uit, en maken plaats voor het inwisselend metaal. De grond is alsdan maximaal verzadigd :



De reactie verloopt totaal van links naar rechts omdat het gevormde water weinig of niet gedissocieerd is tegenover het sterk gesplitste Ba (OH)₂.

De eerste welke dien totalen verzadigingstoestand zocht te bepalen was Dr. D. Hissink (1). Voor de practische doorvoering der V, T, en T — S waarden, zie vakliteratuur (2). De volkomen verzadiging wordt door dit procédé slechts bekomen bij een pH van ongeveer 11, een reactie die in de natuur nooit bereikt wordt. Wij mogen echter niet vergeten dat het hier gaat om de quantitatieve bepaling van een wetenschappelijke grootheid welke gansch verschillende gronden onder eenzelfde gezichtspunt brengt.

b) Behandelt men een grond met een *hydrolytisch* zout, dan is de verzadiging niet zoo volledig omdat de splitsing van het gevormde zuur, alhoewel zwak, heel wat grooter is dan

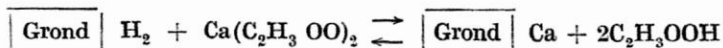
(1) Transactions of the 2 comm. of the int. Society of Soil Science. Groningen, 1927, bl. 117 en vgl.

(2) Methoden für die Untersuchung des Bodens, 1932, Verlag Chemie G. m. b. H., Berlin, W. 10, bl. 62.

— Kappen, Die Bodenacidität bl. 173.

— Hissink : Verhandl. der 2 Comm. der intern. Bodenk. Gesellsch., Groningen.

die van water en dus de dissociatie en het uitwisselen van de bodemwaterstof tegenwerkt :



Om dan de verzadiging toch practisch volledig te maken, schudt Kappen een bepaalde hoeveelheid grond niet éénmaal, maar verscheidene keeren met afnemende concentraties van een gelijk volume Ca acetaatoplossing waarbij telkens het vrijgekomen azijnzuur getitreerd wordt. Na 6 of 7 titraties naderen de hoeveelheden toegevoegde NaOH N/10 asymptotisch de absis, zoodat het voldoende is de cijfers der eerste 6 doseeringen bijeen te tellen om de totale hoeveelheid uitgewisselde H⁺, en dus de ingewisselde Ca⁺⁺/2 te bekomen. Vermits er daarenboven een min of meer constante verhouding bestaat tusschen die opvolgende titraties, is het mogelijk een factor op te stellen die, vermenigvuldigd met het resultaat der eerste titratie, den totalen verzadigingstoestand van een grond omvat. Die factor verschilt volgens de te bekomen reactie en is voor pH 8,5 gelijk aan 6,5 en voor pH 7 gelijk aan 3.

Daar het gevormde azijnzuur getitreerd wordt, is het klaar dat de Kappenmethode de uitgewisselde grond H⁺, dus de hydrolytische zuurheid, en bijgevolg eigenlijk het ONverzadigd karakter van een grond weergeeft. Zij zegt rechtstreeks niets over de actueel aanwezige basen die met de H ionen uitwisselen. Daar echter de begrippen verzadigd en onverzadigd correlatief zijn, is het gemakkelijk het eene in het andere om te rekenen, lijk Kappen doet in zijn werk : Bodenacidität, bl. 178, bij middel van het absolute neutralisatievermogen van den grond.

Practisch dient de hydrolytische verzadiging van een grond in eerste lijn om zijn kalktoestand of kalkbehoefte te bepalen :

100 gr. grond worden met 250 gr. N Ca acetaatoplossing een uur geroteerd, waarna men in 125 cc. van het filtraat de gevormde zuurwaterstof tegen phenolphthaleïne als indicator met N/10 NaOH titreert. Het aldus bekomen getal wordt, met 3 vermenigvuldigd, tot CaO of Ca (OH)₂ omgerekend, en op het veld overgebracht in de veronderstelling dat een Ha, bouwvoor ongeveer 3.000.000 kgr. grond bevat. Deze

hoeveelheid kalk is dan voldoende om de reactie van een akker op ongeveer pH 7 te brengen.

In het Bodemkundig Laboratorium van het Landbouwinstituut, wordt de kalkbehoefte ook nog op een andere manier bepaald : 5 of 6 reageerglazen worden ieder met 50 gr. grond voorzien en met stijgende hoeveelheden van een getitreerde kalkoplossing geschud. Daarna bepaalt men de pH van ieder buisje, en de aldus bekomen cijfers worden met het toegegeven CaO in gr. per 100 gr. grond in een coördinatenstelsel overgebracht. De snijpunten der loodlijnen geven, verbonden, een curve die voor iedere pH de noodige hoeveelheid scheikundig zuivere kalk rechtstreeks laat aflezen (zie bijgaand diagram II). Deze methode, die feitelijk niets anders is dan een adaptatie van Jensen's bufferproef (1), is eenvoudiger dan de acetaatreactie, alhoewel ze ietwat lagere kalkcijfers aangeeft. Ziehier vergelijkende uitslagen voor enkele Congogronden :

Grondnummer	123	567	101	151	Aiv	Biv	Civ
Kappen	0.113	0.120	0.120	0.103	0.120	0.110	0.105
Bodemkundig Laboratorium	0.097	0.102	0.105	0.080	0.102	0.094	0.082

De verschillen zijn niet van dien aard dat ze moeilijkheden opleveren bij het geven van bemestingsadviezen. De zaak wordt echter bedenkelijker wanneer de bekomen getallen moeten overgebracht worden op het te bekalken veld. Het is niet altijd loonend voor ieder geval het scheikundig gehalte van een handelskalk te onderzoeken ; de fijnheid der toe te dienen meststof, haar chemische vorm, en vooral de manier waarop ze met den grond vermengd wordt, kan het resultaat sterk beïnvloeden. Om al die redenen is de in het laboratorium gevonden kalkhoeveelheid zelden toereikend om de vereischte pH op het veld te bekomen, en moet zij vermenigvuldigd worden met een factor waarvan de on-

(1) Jensen. Internat. mitteil. der Bodenkunde, 14,112.

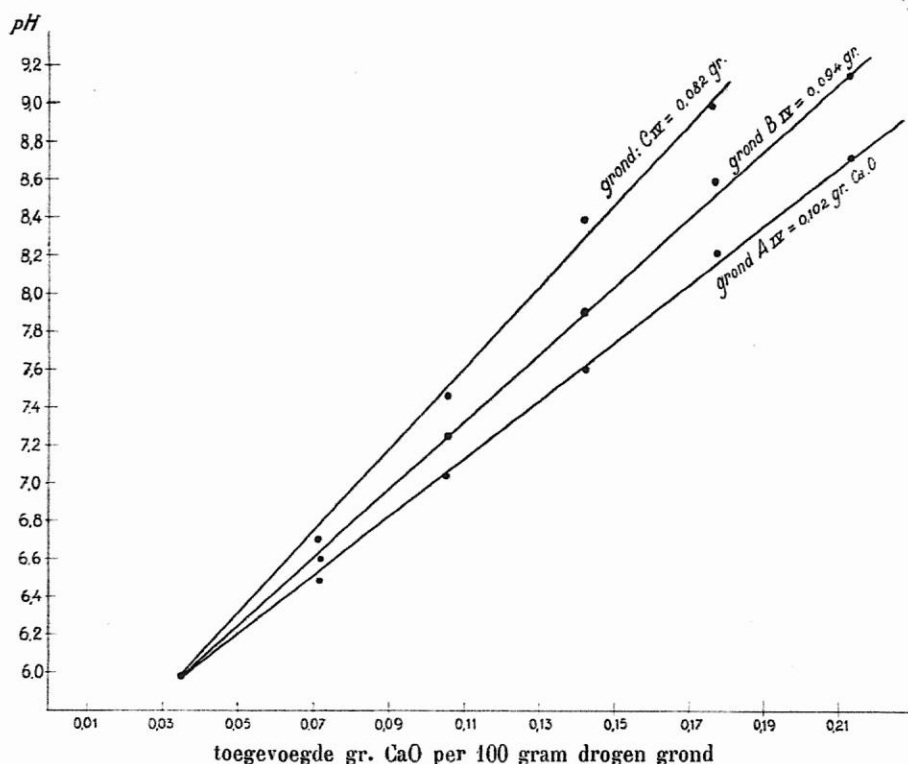
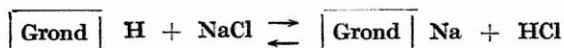


DIAGRAM II

dervinding mij geleerd heeft dat hij kan schommelen tus-
schen 1,5 en 2,5 ! Er zal nog heel wat voorlichting noodig
zijn eer de landbouwers zullen inzien dat een mislukking
van een bekalking op advies niet in hoofdzaak te wijten is
aan den bodemkundige, maar aan hun eigen gebrekkige
manier van toedienen.

c) Als derde middel om den verzadigingstoestand van een
grond te karakteriseeren, kan men hem bewerken met een
neutraal zout. Het aldus ontstane sterke zuur werkt het
uittreden van de H^+ uit het bodemcomplex in beduidend
hooger mate tegen dan dit het geval is met een hydroly-
tisch zout :



Een neutraal zout (de meeste meststoffen) kan dus den grond veel minder van basen voorzien dan een hydrolytisch zout (CaCO_3) of een sterke base $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Die inwisseling van het neutrale kation heeft natuurlijk voor gevolg de equivalente uitwisseling, niet alleen van een zeker aantal H^+ , doch ook van de andere aanwezige kationen, ieder volgens zijn concentratie en eigen uitwisselingsvermogen (1). Door het analytisch bepalen van die uitgewisselde kationen, krijgt men alzoo een beeld van den *actueelen* verzadigingstoestand en dus van de vruchtbaarheid van een gegeven akkerland, terwijl de $\text{T} - \text{S}$ bepaling met een sterke base of met een hydrolytisch zout veeleer een gedacht geeft over den *potentieelen* verzadigingstoestand, d. i. die hoeveelheid basen welke een grond kan adsorbeeren om totaal verzadigd te zijn en in de toekomst die of die vruchtbaarheid te bereiken.

De eerste welke het begrip van actueele verzadiging (de S waarde) in de bodemkunde heeft ingevoerd, is Dr. Hissink, Directeur van het Bodemkundig Instituut te Groningen (2). 25 gr. grond worden in een bekersglas met kokende N NaCl oplossing geroteerd, na 24 uren gefiltreerd, en met de zoutoplossing uitgewasschen tot op een liter vloeistof waarin dan de uitgewisselde basen op de gewone manier gedoseerd worden en in milliequivalenten per 100 gr. grond uitgedrukt.

Uit tal van analyses op Nederlandsche, en ook, voor zoover mijn ondervinding strekt, op Belgische gronden, blijkt dat de uitgewisselde basen meestal alkaliën en aardalkaliën zijn, en wel in de tamelijk constante verhouding van :

79 Ca. 13 Mg. 6 Na. 2 K.

Zoodat het voor practische doeleinden dikwijls volstaat enkel de Ca bepaling uit te voeren. Met daarenboven die milliequivalenten op 100 gr. adsorbeerend complex (klei + humus $\times 4,545$) om te rekenen, bekomt men de klei-humus S waarde, eene grootheid die toelaat gansch verschillende gronden quantitatief onder elkaar vergelijkbaar te maken,

(1) Titreert men de uitgewisselde H^+ , dan bekomt men de uitwisselingszuurheid, waarover in volgende bijdrage.

(2) Hissink. D. J., *Zeitschrift f. Pflanzenern. u. Düngerl.*, A 4-137.

en die geroepen is, in een naaste toekomst een belangrijke rol bij de vruchtbaarheidsbepaling onzer velden te spelen.

Ziehier een praktisch voorbeeld van S waardebepaling :

Een zware poldergrond met 0% CaCO_3 , 4.7% humus, 68,5% klei, 26,8% zand, 89,9% adsorbeerend complex en pH 5,9, bevatte bij ontleding de volgende uitwisselbare basen :

	<i>in % ; op drogen grond</i>	<i>in M. E. op 100 gr. grond</i>	<i>in M. E. op 100 gr. klei-humus</i>
Ca O	0.535	19.1	21.3
Mg O	0.138	6.9	7.6
K_2O	0.025	0.5	0.6
Na_2O	0.025	0.8	0.9
S waarde :		27.3	30.4

Het landbouwkundig belang van de S waardebepaling ligt voor de hand vooral wanneer ze in verband gebracht wordt met het klei-humuscomplex. De bepaling van het adsorbeerend vermogen van een grond geeft een beeld van zijn zwaar of licht karakter. Zij zegt echter niet in hoever die grond uitgeloofd is en verarmd aan vruchtbaarmakende basen. Welnu het zijn vooral de basen in uitwisselbaren vorm welke volgens de moderne grondopvatting in aanmerking komen voor den plantengroei.

De bepaling van den verzadigingstoestand door neutrale zouten, tenminste wanneer ze zich beperkt bij een Ca doseering, is tamelijk eenvoudig zoolang er questie is van carbonaatarme gronden. Voor onze kalkstreken echter stuit men op een moeilijkheid voortkomende uit de aanwezigheid van twee soorten Ca waarover ik reeds gesproken heb.

Het is weerom Hissink's verdienste die moeilijkheid overbrugd te hebben door uitlooding van het grondmonster niet

met één, maar met twee afzonderlijke liters N NaCl onder toepassing van de volgende vernuftige redeneering (1) :

Daar de basenverwisselingsverschijnselen practisch onafhankelijk zijn van den tijd (2), zal in den eersten liter filtraat bijna al de uitwisselbare kalk te vinden zijn plus die carbonaatkalk welke oplosbaar is in N NaCl. In den tweeden bevindt zich dus enkel de carbonaatkalk, en door deze kalk af te trekken van het kalkgehalte in den eersten liter, bekomt men de uitwisselbare kalk, ook in carbonaatgronden. Ik heb de juistheid van Hissink's redeneering op enkele gronden met stijgend karbonaatgehalt experimenteel willen nagaan, en bevonden dat de uitslagen gansch met dien gedachtengang overeenstemmen (zie onderstaande tabel). Zelfs de resultaten van prof. Arany (3) die Hissink's opvatting zouden neerhalen, bekrachtigen dezès meening van het oogenblik dat ze geïnterpreteerd worden gelijk het behoort.

grond- nummer	% CaCO_3	% CaO op droge stof				geadsorb. Ca
		1 ^e liter	2 ^e liter	3 ^e liter	4 ^e liter	
88	0	0.779	0.013	0.007	0.007	0.766
74	2.3	1.053	0.143	0.122	0.104	0.910
60	6.0	0.885	0.150	0.143	0.128	0.735
47	10.5	0.910	0.161	0.148	0.132	0.749

Welke van die drie soorten verzadigingsprocédés heeft het meest kans door te dringen in de praktijk der grondontleding n. l. voor landbouwdoeleinden ?

Het zal wel zonder meer duidelijk zijn dat de behandeling van een grond met een sterke base den bodem op een reactietoestand brengt, een hoeveelheid basen inwisselt zooals in de natuur nooit voorkomt, en daarbij schadelijk zou zijn voor

(1) Hissink : *Zeitschrift für Pflanzenernährung u. D.*, l. cit.

(2) Freundlich, *Kapillarchemie*.

(3) Transactions of the 2nd comm. of the intern. Society of Soil Science vol. A-1, Copenhagen 1933.

den plantengroei (1). De hydrolytische en de neutrale zouten werken heel wat « zachter » gelijk de onderstaande inwisselingsproeven duidelijk aantonen. Aangewend werd een 0,4 N Ba (OH)₂ oplossing, en van de andere zouten een concentratie welke overeen komt met de equivalente hoeveelheid Ba in de Ba(OH)₂ oplossing.

Reagens	pH van het reagens	Ingewisselde milliequivalenten			
		grond N° 1	2	3	4
Ba(OH) ₂	13.37	300	283	280	227
Ca(AC) ₂	7.33	12	18.8	4.8	0.8
BaCl ₂	5.09	0.4	8.0	0	0

Men ziet dus dat het verzadigingsvermogen van de hydrolytische zouten heel wat dichter staat bij dat van de neutrale zouten dan bij de sterke basen, wat eigenlijk ingezien hun associatie van zelfsprekend is. Het is maar door herhaald uitloogen van den grond met acetaat dat Kappen er toe komt bij middel van de hydrolytische zuurheid de T—S waarde vast te stellen. De Kappenmethode vindt vooral hare toepassing bij de bepaling van den kalktoestand van een grond, terwijl de verzadigingstoestand, geschapen door inwerking van een neutraal zout, wel die schijnt te zijn welke best overeen komt met de natuurlijke groeicondities onzer cultuurplanten.

Ik moet echter nogmaals nadruk leggen op het feit dat al de hier geschetste procédés deel uitmaken van een zuiver wetenschappelijk grondonderzoek, zonder noodzakelijk verband met de praktische agrologie. De toekomst moet nog uitwijzen of zij van het wetenschappelijk terrein met vrucht kunnen overgebracht worden op de landbouwtechniek. Men is tegenwoordig zoo wat overal bezig het gehalte aan uit-

(1) Zoo de S waarde van een grond gekend is, kan men echter bij middel van V en T die hoeveelheid kalk berekenen noodig om een grond een goede *praktische* verzadiging te verschaffen vermits $V = \frac{S}{T} 100$.

wisselbare basen van een grond in verband te brengen met zijn oogstresultaten. Interessante gegevens zijn reeds bekomen (1), doch het is nog te vroeg deze voor de praktijk dienstbaar te maken.

In een volgende bijdrage zullen wij onderzoeken wat de toepassing van de colloïdchemische wetten ons kan leeren over twee andere belangrijke bodemeigenschappen, n. l. de structuur en de reactie van den grond.

(1) D. K. Hoagland a. S. C. Martin, Soil Science, July, 1933. (daar ook overzichtsbibliographie).

**LA CONCEPTION ACTUELLE
DE LA PÉDOLOGIE (1)**

par l'Abbé J. BAEYENS, *Ing. Chim. Agr. Lv.*
Chargé de cours à l'Université de Louvain

La chimie colloïdale permet d'exposer scientifiquement le mécanisme de certaines propriétés du sol connues depuis longtemps, mais insuffisamment expliquées. Ces propriétés étaient laissées au jugement subjectif de l'agronome, alors que, grâce à l'application des lois de la chimie physique, celui-ci pourra les déterminer quantitativement et les faire servir pour l'appréciation de la valeur culturale de terrains très différents.

L'auteur commence par élaborer un schéma de conception colloïdale d'une particule de sol (voir schéma page 109). Chaque particule de terre se compose d'un noyau inerte (sphère I) de silicates ou de matière humique échappants à l'action immédiate de la plante et des engrais.

La couche superficielle de ce noyau (sphère II) se compose de molécules d'acide argileux ou humique dont une faible partie est dissociée et donc chargée négativement. Autour de cette sphère il y a une troisième composée de cations H^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ et chargée positivement. Enfin toute la particule est entourée d'une pellicule d'eau (sphère IV) qui contient à l'état dissout les électrolytes provenant des engrais, des précipitations atmosphériques et de la désintégration physique, chimique ou microbiologique de la roche mère.

(1) Résumé de l'article précédent.

Il a été établi à l'Institut du Sol de Groningue, que seulement les particules les plus fines (plus petites que 16μ) manifestent des propriétés colloïdales, et que les propriétés adsorbantes de l'humus sont 4,545 fois celles de l'argile minérale pure.

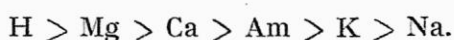
En déterminant la teneur en argile brute (grains $< 16 \mu$) et en y ajoutant la teneur en humus multipliée par 4,54, on obtient le complexe adsorbant d'une terre arable. C'est un facteur important pour l'estimation de la valeur d'un sol.

L'auteur applique ensuite cette conception pédologique nouvelle aux principales propriétés agrologiques d'une terre arable :

1) Il prouve expérimentalement que la matière colloïdale des sols belges et congolais est de même nature que celle des colloïdes chimiquement purs.

2) Lois des bases échangeables : lorsqu'on fait agir sur un sol un cation déterminé (un engrais p. ex.), il entre dans le complexe adsorbant en chassant une quantité équivalente d'un *autre* cation qui se trouvait à l'état adsorbé dans la particule colloïdale et devient ainsi disponible pour la végétation.

a) Chaque cation possède un pouvoir d'échange qui lui est propre et dont voici l'ordre probable :



b) Le pouvoir d'échange d'un cation est proportionnel à sa concentration. Ainsi une forte dose de $NaNO_3$ peut libérer une certaine quantité de cation Ca^{++} , quoique celui-ci ait un pouvoir pénétrant plus grand que le cation Na^+ .

3) L'état de saturation d'un sol. C'est le rapport entre la quantité de H^+ présents dans le complexe et la quantité de Ca , Mg , K , Na exprimée en équivalents. On fait sortir tous les ions H^+ du complexe adsorbant et on le sature complètement, en traitant un sol par une base forte (la valeur T de Hissink).

En traitant un sol par un sel hydrolytique (p. ex. le $CaCO_3$) on évalue la saturation hydrolitique qui sert principalement à la détermination du besoin en chaux d'une terre arable.

En traitant un sol par un sel neutre (la plupart des en-

grais), on détermine sa teneur en bases échangeables qui constituent un des indices de sa fertilité actuelle.

Les résultats expérimentaux qui appuient la conception colloïdale de la terre arable, ont été obtenus par l'auteur durant son séjour, l'an dernier, à l'Institut du Sol à Groningue (Hollande).

Dans un article suivant, il traitera de la structure du sol et de ses différentes espèces d'acidité à la lumière des données de la chimie colloïdale.
