

PROBLÈMES DE LA SCIENCE DU SOL RELATIFS A LA MISE EN CULTURE DES SOLS JEUNES DU ZUIDERZÉE

PAR

le D^r D.-J. HISSINK

Directeur de l'Institut de la Science du Sol à Groningen

Dans le fascicule de janvier-février 1932 de cette revue, j'ai donné quelques indications sur la fermeture et le dessèchement par fractions du Zuiderzée. En 1932, le Wieringermeerpolder était à sec depuis deux ans et à ce moment, déjà, on en avait fait une carte détaillée (1). Bientôt après, la carte de la couche supérieure paraissait également (2). A la même époque, une carte du futur polder N.E. (voir la carte page 13 de cette revue 1932) était faite; la cartographie ne pouvait se faire naturellement que sous l'eau; en se basant sur cette carte on a modifié le plan d'endiguement de ce deuxième polder. Avec l'endiguement, le premier pas était fait; la digue pourra être achevée en 1940, après quoi l'eau sera pompée en neuf mois environ, si bien que la mise en culture de ce deuxième polder, grand de 48.000 ha., pourra commencer en 1941. En mai 1938, on a entrepris la cartographie, également sous l'eau, des deux polders du sud, dont la superficie est de 150.000 ha.

Le Wieringermeerpolder, desséché en 1930, fut mis entièrement en culture en 8 ans. 10.000 ha. en gros sont déjà affermés à des agriculteurs, tandis que 8.000 ha. environ sont provisoirement encore administrés par l'Etat, en attendant d'être livrés aussitôt que possible aux cultivateurs.

Au cours de ces 8 ans, beaucoup de problèmes de la science du sol ont été examinés dans le nouveau Wieringermeerpolder

et bien que les résultats ne soient pas encore entièrement publiés, on peut donner pourtant de brefs aperçus sur les recherches les plus importantes.

Sols sableux du Wieringermeer : ils renferment seulement de faibles quantités d'humus et d'argile (particules minérales $< 0,016$ mm. de diam.), ils perdent d'ailleurs très vite leurs sels par un bon ressuyage; ils n'éprouvent pas d'altération ultérieure. Ils sont utilisés pour la plupart en pâturage et en herbage et doivent recevoir pour cela des engrais N, P^2O^5 et K^2O . Au sud de l'île Wieringen se trouve un grand territoire de sable, vieux pays plat qui, par suite de son élévation, n'a maintenant qu'une hauteur d'eau souterraine peu élevée, si bien que des infiltrations d'eau doivent se faire. On sait que les sols sableux à très petits grains de valeur U ($U =$ surface spécifique) (3) > 100 qui contiennent d'ordinaire quelques centièmes d'argile, sont plus résistants à l'infiltration; les mouvements de l'eau dans de tels sols ont lieu à de très faibles vitesses. Par contre, ces sols sont naturellement assez humides, si bien qu'il leur faut très peu d'infiltration.

Sols argileux du Wieringermeer : ils sont, lors de leur dessèchement, caractérisés en premier lieu par leur teneur élevée en eau. Tandis que la couche supérieure des vieux polders, même si elle est détrempée entièrement après des pluies, contient tout au plus 50 gr. d'eau pour 100 d'argile (particules $< 0,016$ mm. de diam.), on trouve dans les sols jeunes de Wieringermeer 180 gr. d'eau par 100 gr. d'argile; c'est pour cela qu'au début on ne pouvait y pénétrer. De plus, la proportion de bases échangeables dans l'argile — et cela est vrai également pour l'humus — est en moyenne environ $24 Ca + 48 Mg + 9 K + 19 Na = 100$; la teneur en Na est si élevée que la fraction argilo-humique se peptise facilement (4). Les sols jeunes du Zuiderzée se présentent donc au début sous forme d'une masse pâteuse, sans structure, ne se laissant pratiquement pas traverser par l'eau et contenant en outre une substance argilo-humique facilement peptisable. Il existe d'autre part une particularité heureuse; en effet, il faut ajouter comme troisième caractéristique une teneur assez élevée en sel marin; or aussi longtemps que l'eau est salée, la peptisation de la substance humico-argilo-sodique est retardée.

Le premier processus de formation du sol de ces dépôts limoneux et argileux est le dessèchement pour que, sous l'ac-

tion du soleil et du vent, il se forme une couche arable supérieure. Pour cela, il est nécessaire en premier lieu d'avoir un bon lessivage du sol. A cette fin, le polder est traversé par un système de canaux; perpendiculairement à ces canaux, se trouvent des fossés, délimitant les parcelles, dont la profondeur est de 1 m. 25 à 1 m. 90. Le lessivage ultérieur des grandes parcelles d'environ 30 ha. se fait d'abord au moyen de tranchées ouvertes ayant une profondeur d'environ 60 cm. et un écartement de 11 m. Après 4 à 6 ans on draine; dans les fossés, on place des tuyaux de drainage et les fossés de drainage sont remplis avec de la terre. Quand la couche supérieure est desséchée, les couches profondes se dessèchent également peu à peu sous l'effet de la végétation qui se développe aussitôt. Comme nous l'avons déjà exposé (5), il se produit des crevasses, etc...; c'est-à-dire que le sol, et sans doute au début seulement la couche supérieure, prend déjà une certaine fermeté, une certaine structure. Il se laisse traverser par l'eau tandis que l'air peut pénétrer dans la couche supérieure. Il se produit des processus d'oxydation, les combinaisons pyriteuses sont oxydées en oxyde de fer et en SO^4H^- . Avec le CO^2Ca présent, il y a formation de gypse et de bicarbonate de calcium, deux sels de Ca soluble dans l'eau qui transforment le complexe argilo-humique magnésien-sodique en complexe argilo-humique calcique. L'échange de Na par Ca a lieu très rapidement par suite de la fixation faible des ions Na adsorbés par le complexe argilo-humique. Mg reste plus longtemps combiné. Après 5 à 7 ans, le rapport des bases était en moyenne d'environ $73 + 19 + 5 + 3 = 100$. Dans la mesure où il m'est possible d'en juger, l'ion Mg n'est pas nuisible du point de vue de la structure.

Le processus d'échange de la matière sodique en complexe argilo-humique calcique est réversible; il est nécessaire pour qu'il y ait transposition que SO^4Na^+ et avant tout CO^2Na^+ et CO^2NaH soient aussi vite que possible retirés du sol; aussi doit-il exister un bon et rapide écoulement de l'eau de pluie dans les fossés des canaux. Il est donc nécessaire d'avoir en premier lieu un bon lessivage du sol.

Il est de la plus grande importance que le dessèchement et la perméabilisation du sol, début de la formation de la structure, se fasse pendant la période salée; si le sol retient encore du sel, il empêche la peptisation du complexe argilo-

humico-sodique. S'il en est ainsi, les sels peuvent être entraînés rapidement, ainsi que plus tard les produits d'échange comme $\text{SO}^{\circ}\text{Na}^{\circ}$, $\text{CO}^{\circ}\text{NaH}$ et $\text{CO}^{\circ}\text{Na}^{\circ}$. La peptisation du complexe argilo-humique qui se produira sans doute temporairement après le départ du sel diminuera toujours un peu la perméabilité du sol. Le sol qui est déjà bien perméable peut se permettre ce luxe. Si le départ des sels se fait dans la période boueuse, lorsque le sol ne contient encore que le complexe argilo-humique sodique, le sol peut devenir entièrement imperméable à l'eau par suite de la peptisation.

Pour la formation d'une bonne structure du sol, deux processus sont également nécessaires : le premier de nature physique, le deuxième de nature chimique; la substance pâteuse sans structure doit être desséchée et Na (et Mg) échangeable doit être remplacé en grande partie par Ca. Ces deux processus se complètent. Aussi bien l'argile Na que l'humus Na se peptisent de nouveau au contact de l'eau après dessiccation; aussi longtemps que le complexe argilo-humique calcique n'est pas desséché, il ne peut former de bon matériaux pour le squelette du sol. Il semble que le dessèchement de l'humus Ca a plus d'importance pour le processus de la formation de la structure que le dessèchement de l'argile. D'après beaucoup de versions (6) l'humus, après dessèchement, se peptiserait beaucoup plus difficilement que l'argile; le fait que le complexe argilo-humique forme un tout peut jouer un rôle ici (7). C'est précisément pour cela qu'une longue période ininterrompue de prairies et herbages est nécessaire pour avoir une structure stable (8). Les Kwelder devant nos côtes sont restés 40 à 60 ans et parfois plus longtemps à l'état de prairies permanentes avant d'être endigués. Bien que je ne puisse pas apporter de chiffres comme preuves, je suis pourtant convaincu que cette végétation, pendant la période des Kwelder a une très grande influence sur la formation et la stabilité de la structure du sol du jeune Kwelder et du polder ultérieur, et que c'est là la raison principale pour laquelle les polders conservent longtemps leur bonne structure et leur perméabilité à l'eau. Pour les sols jeunes du Wieringermeer, ce serait naturellement le moyen le plus sûr, si on laissait se poursuivre plusieurs années l'exemple du Kwelder en les utilisant comme prairies et herbages jusqu'à ce que la dessiccation et la formation de crevasses soient suffisamment avancées dans les couches profondes et que, par suite, la stabilité de la structure

soit renforcée, Pour des raisons économiques, cela n'a pas lieu maintenant; les sols sont déjà drainés après 4 à 5 ans et utilisés pour la culture. Que ces sols aient déjà atteint après ces temps trop courts une stabilité de structure suffisante, on ne peut le dire avec certitude. Des méthodes directes pour établir avec chiffres cette stabilité nous manquent pour le moment. Indirectement, la perméabilité à l'eau peut nous renseigner un peu sur le processus de formation de la structure de ces sols argileux. Pour déterminer la perméabilité du sol, naturellement en place, c'est-à-dire aux champs, deux méthodes sont utilisées (9), à savoir :

1° Méthode d'étude de la nappe souterraine d'après le débit des drains;

2° Méthode des puits (d'après Diserens).

Jusqu'à présent on ne peut pas encore être renseigné sur les résultats.

Une chose importante pour la mise en culture des sols jeunes du Zuiderzée est donc de ne pas détruire la structure formée pendant le dessèchement. Il est primordial pour cela de travailler le sol au début très superficiellement et non quand il est humide. En outre, il faudra veiller à l'évacuation rapide de l'eau; il ne faut pas qu'il se crée des flaques. Il faut bien se persuader que c'est encore un sol jeune qui se peptise rapidement par l'eau.

Abandon par le sol du sel. — Des sols de bonne perméabilité à l'eau perdent très vite leur sel sous le climat hollandais humide par un bon lessivage. Pour la marche de ce processus, on consultera la thèse du D^r Ir. A. J. Zuur (10). Pour la mise en culture, il était de la plus grande importance, au printemps, avant les semailles, de savoir si le sol avait perdu suffisamment de sel. Les essais effectués dans les polders de recherches à Andijk ont permis d'établir que l'on pouvait entreprendre les semailles avec une teneur en sel de l'eau du sol de 5 gr. NaCl par litre. Dans ce cas, les pluies au printemps enlèvent suffisamment de sel pour permettre aux semences de germer. Chaque printemps, on dresse une carte de sel du polder de Wieringermeer. Au total, 20.000 essais de sol sont examinés pour H²O et NaCl dans le laboratoire pédologique de Medemblik (Wieringermeerpolder). En 1936, le Wieringermeerpolder avait pratiquement perdu tout son sel dans la couche supérieure; seulement là où se trouvent des sources d'eau salée, la couche supérieure peut contenir encore

trop de sel, aussi ces endroits sont-ils maintenant soumis à un drainage intensif.

Sols acides. — Les dépôts du Zuiderzée sont, en général, riches en CO^3Ca . Dans le Wieringermeerpolder, on rencontre pourtant des endroits qui ont déjà été, dans les périodes géologiques anciennes, des terres. Avec le climat humide de la Hollande, il y a un lessivage du sol et, en premier lieu, de CO^3Ca . C'est là surtout, où de grandes quantités de substances organiques se sont formées, que tout le CO^3Ca peut avoir été éliminé. Là où il y a une affluence d'eau saline, il s'accumule dans ces dépôts argilo-marécageux des combinaisons de fer sulfaté. Celles-ci s'oxydent au contact de l'air, il se forme SO^4H^2 et en l'absence de CO^3Ca , SO^4H^2 se combine au début avec les bases du complexe argilo-humique et enfin avec Fe^2O^3 et Al^2O^3 de l'argile. Les sols encore à peu près neutres au début prennent une réaction acide, le pH peut s'abaisser jusqu'à 2 et même 1 (11). Là où ces dépôts se trouvent en surface, ils doivent être mélangés pour la culture avec des sols contenant du CO^3Ca . Des essais aux champs montrent que par un bon lessivage on peut également éliminer une partie de SO^4H^2 . Nous pensons avoir trouvé ainsi un remède pour ces sols acides sulfatés. Néanmoins, Fe et Al en solution sont entraînés avec les eaux de pluie et là où les parcelles sont drainées avec des tuyaux, ils arrivent dans les canaux où ils se déposent à l'état de gels $\text{Al}^2\text{O}^3/\text{Fe}^2\text{O}^3$, soit par dessiccation, soit par oxydation. L'obstruction des tuyaux de drainage par ces gels se fait ainsi naturellement; l'eau de drainage ne peut alors s'écouler que très lentement, à tel point que l'eau reste stagnante dans les tranchées de drainage au-dessus des tuyaux et par suite dans tout le terrain. Le dépôt des gels dans les tuyaux n'est pourtant pas très grave; en effet, on peut curer ces tuyaux. Cependant, si le dépôt des gels a lieu à la jointure des tuyaux, les ouvertures sont cimentées et l'eau du sol ne peut arriver dans les tuyaux. Le drainage établi devient alors sans effet et la parcelle doit être drainée à nouveau.

Nécessité de la fumure pour le sol. — On a examiné en plus des problèmes de la science du sol d'autres problèmes de nature agronomique et botanique, pour finir par ceux d'ordre économique et administratif. Je traiterai ici seulement brièvement quelques problèmes relatifs à la nécessité de la

fumure. Cette nécessité se montre en premier lieu à l'aide des essais de fumure. Pour les sols se trouvant encore sous l'eau, cela n'est pas possible. De plus les essais de fumure ont besoin d'être répétés des années durant et cela n'est pas encore possible pour les sols jeunes du Wieringermeerpolder. Nous avons également recherché à établir la nécessité de la fumure, du moins approximativement, avec l'aide de méthodes de laboratoires et nous avons comparé les sols du Zuiderzée avec nos sols marins des polders de même type, ayant environ les mêmes teneurs en humus, argile et sable. Pour ces sols de polder, on connaît assez bien les besoins en engrais. Cette méthode nous a donné de bons résultats.

CaO. — Les nouveaux dépôts sont riches en $\text{CO}^{\circ}\text{Ca}$; seuls les sols sulfatés doivent être amendés avec CaO .

K²O. — Des essais de fumure ont montré que les sols sableux ont besoin d'une fumure potassique, les sols riches en argile non. Comme il était à prévoir, la teneur de K va de pair avec la teneur en argile; à ce point de vue, les sols du Wieringermeer se comportent comme les sols marins des polders connus.

P²O⁵. — Les dépôts boueux près de nos côtes sont riches en $\text{P}^{\circ}\text{O}^{\circ}$, comme aussi les sols jeunes des polders. Il existe une relation entre la teneur en $\text{P}^{\circ}\text{O}^{\circ}$ et cette teneur en humus-argile. Sur 100 gr. d'argile (particules $< 0,016$ mm. de diam.) les sols jeunes des polders contiennent environ 0,35-0,40 p. 100 de $\text{P}^{\circ}\text{O}^{\circ}$ total (soluble dans $\text{NO}^{\circ}\text{H}$). La solubilité relative (acide citrique 1 p. 100) est élevée, environ 30 à 40 p. cent. Les sols de polders contenant environ 50 p. cent d'argile et plus n'ont besoin d'aucun apport de $\text{P}^{\circ}\text{O}^{\circ}$ pendant les premières 200 à 250 années. Les sols Wieringermeer ne sont pas aussi riches en $\text{P}^{\circ}\text{O}^{\circ}$; sur 100 gr. d'argile il se trouve environ de 0,2 à 0,3 p. cent de $\text{P}^{\circ}\text{O}^{\circ}$ (soluble $\text{NO}^{\circ}\text{H}$) avec une solubilité dans l'acide citrique d'environ 30 p. cent. C'est pourquoi pour les sols argileux peu lourds du Wieringermeer, on pouvait prévoir un besoin en $\text{P}^{\circ}\text{O}^{\circ}$. Il est prouvé maintenant que c'est réellement le cas. Seuls les sols lourds du Wieringermeer ont un besoin nul ou en tout cas très faible en $\text{P}^{\circ}\text{O}^{\circ}$. La même chose est à remarquer pour les sols des polders N.E.

Humus et azote. — (Voir tableau.)

*Humus et azote en p. cent de matière sèche des sols argileux lourds
(60 p. cent d'argile)*

POLDER D'ESSAI DANS LE VOISINAGE DE ANDYK (ZUIDERZÉE)		RÉGION DU DOLLARD (CÔTE N. E. DE LA PROVINCE DE GRONINGEN)	
HUMUS			
Dépôts boueux	5,8	Dépôts boueux	5,8
Vieux de 4 ans	5,4	Vieux de 70 ans	3,2
» de 8 ans	5,2	Très vieux	3,2
GR. HUMUS POUR 100 GR. D'ARGILE			
Dépôts boueux	9,6	Dépôts boueux	9,6
Vieux de 4 ans	9,0	Vieux de 70 ans	5,3
» de 8 ans	8,7	Très vieux	5,3
AZOTE (N)			
Dépôts boueux	0,333	Dépôts boueux	0,322
Vieux de 4 ans	0,291	Vieux de 70 ans	0,209
» de 8 ans	0,278	Très vieux	0,209
GR. N POUR 100 GR. HUMUS			
Dépôts boueux	5,7	Dépôts boueux	5,5
Vieux de 4 ans	5,4	Vieux de 70 ans	6,6
» de 8 ans	5,3	Très vieux	6,6

Les dépôts boueux lourds de la côte N.-E. de la province de Groningen (région du Dollard) et du polder d'essai d'Andyk (Zuiderzée) contiennent presque tous pour cent d'argile la même quantité d'humus, en moyenne 9,6. Pour permettre la comparaison, tous les chiffres donnés sont calculés pour un taux de 60 p. cent d'argile. 100 gr. de matière sèche (105° centigr.) de ces dépôts boueux contiennent donc 60 gr. d'argile et en gros 5,8 d'humus; plus 0,333 d'azote (Andyk) et 0,322 d'azote (Dollard), soit pour cent d'humus 5,7 d'azote et 5,5. Après pose de la digue et la mise en culture de ces champs, une forte oxydation des substances organiques a eu lieu dans la couche supérieure. Dans le polder d'essai d'Andyk, la teneur en humus tombe après 4 ans à 5,4 p. cent et après 8 ans 5,2 p. cent; ainsi par an et pour 100 gr. de substances sèches, il disparaissait dans les 4 premières années 100 mgr. d'humus et dans la deuxième période de quatre ans, 50 mgr.; donc en moyenne en 8 ans, par an, 75 mgr. d'humus. On peut ainsi calculer la production annuelle de CO², formé dans la couche supérieure (0 à 15 cm.), soit en gros 2.600 kg. CO² par ha. Dans le même temps, la teneur en azote s'abaisse de 0,333 (état boueux en 1927) à 0,291 pour 100 (1931) et 0,278 p. cent (1935). Donc dans la période de 1927-1935 (8 ans) il y a libération par an en moyenne de 115 kg. d'azote dans la couche supérieure (0 à 15 cm.) par ha. Il est évident que le sol jeune argileux du polder d'essai

d'Andyk ne réagit pas du tout la première année à la fumure azotée. De plus, on voit que la substance organique dans cette période de 8 ans, a évolué plus lentement que les combinaisons azotées. La teneur pour cent de substances organiques en azote s'abaisse de 5,7 à 5,4 et 5,3.

La deuxième moitié du tableau donne les chiffres pour le sédiment boueux du Dollard (5,8 p. cent d'humus; 9,6 d'humus p. cent d'argile; 0,322 p. cent d'azote et 5,5 d'azote p. cent d'humus). Tous ces chiffres sont presque égaux aux chiffres des dépôts boueux d'Andyk. Le Reiderwolderpolder a été endigué en 1862 et il fut examiné en 1932, donc après 70 ans. La teneur en humus de la couche supérieure était alors en gros de 3,2 p. cent (donc 5,3 p. cent d'argile); la teneur en azote de 0,209 p. cent. La teneur pour cent des substances organiques en azote est montée dans ces 70 ans de 5,5 à 6,6; pendant que les combinaisons azotées dans les premières années, 4 à 8 ans, évoluaient plus rapidement que les combinaisons organiques, plus tard c'est le contraire.

Il est curieux que les plus vieux sols de polder dans la région du Dollard (des sols de polders furent examinés 350 ans environ après l'endiguement) qui sont cultivés, ont à peu près la même teneur en humus et la même teneur en azote, environ 3,2 p. cent d'humus (pour 60 p. cent d'argile) et 0,209 p. cent d'azote. On arrive évidemment à un palier de 5,3 d'humus pour 100 d'argile et 6,6 d'azote p. cent d'humus. Dans d'autres dépôts argileux cultivés, ce palier est également atteint. Il semble pourtant que les sols moins argileux atteignent une teneur relative en humus un peu plus élevée; par exemple des sols argileux avec 40 p. cent d'argile arrivent à environ 3 p. cent d'humus, soit 7,5 d'humus p. cent d'argile, tandis que les sols argileux lourds avec 60 p. cent d'argile arrivent seulement à 3,2 p. cent d'humus, soit 5,3 d'humus p. cent d'argile. Plusieurs exemples doivent encore vérifier ce fait. La teneur en CaO exerce aussi son influence. En tous cas, il est établi avec une certitude suffisante que la teneur en humus, sous notre climat, arrive à un palier en sol cultivé.

On a vu que les sols jeunes du Wieringermeer étaient bien moins riches en humus que les sols jeunes boueux provenant des polders d'essais d'Andyk et de la région du Dollard après dessèchement. Au lieu de 5,8 p. cent d'humus pour 60 gr. d'argile, les sols jeunes de Wieringermeer en contiennent seulement 3,8, donc seulement 0,6 p. cent d'humus de

plus que les sols vieux argileux de Dollard avec palier de 3,2 p. cent. Les sols de Wieringermeer à 40 p. cent d'argile avaient en moyenne seulement 3,4 p. cent d'humus, donc seulement 0,4 p. cent d'humus de plus que les sols vieux argileux à même teneur d'argile avec palier de 3 p. cent. Il n'est pas du tout impossible pour ces sols jeunes du Wieringermeer qu'il n'y ait par la mise en culture qu'une très faible réduction du taux d'humus et qu'une très faible proportion d'azote soit mobilisée. Alors que les sols jeunes des polders d'essais d'Andyk dans les premières années après l'endigement ne réagissaient nullement à la fumure azotée, il fallait s'attendre dans les sols de Wieringermeer à une faim d'azote en se basant sur les suppositions ci-dessus. C'est actuellement le cas, les plantes souffrent ici d'un manque d'azote.

Ir. G. W. Harmsen pense devoir rechercher la cause de ce manque d'azote dans les sols jeunes du Wieringermeer du point de vue microbiologique. Il a constaté un faible travail de minéralisation des réserves naturelles d'humus des sols du Wieringermeer et il pense que l'on a dans le Wieringermeer affaire non pas à des sédiments marins jeunes, mais au contraire à des sols âgés, peu altérés par l'eau de mer, qui existaient déjà il y a des centaines d'années, et qui ont été lessivés énergiquement puis dégradés. En tous cas, dans les premières années, la destruction de l'humus par les microbes était insuffisante. Un des résultats les plus importants du point de vue agronomique était la faible proportion de combinaisons azotées organiques disponibles sous une forme utile pour les plantes supérieures. Les plantes souffraient donc du manque d'azote que l'on pouvait faire disparaître uniquement par des apports d'azote élevés ou par des engrais verts (légumineuses). Ces derniers, sont d'une très grande importance puisque non seulement ils vont à l'encontre de la faim d'azote, mais encore ils augmentent le taux d'humus nouveau. On leur accorde pour cette raison une part très importante dans la suite de l'assolement, si bien que entre deux autres plantes on intercale toujours une papilionacée employée seulement comme engrais vert. L'effet de cette technique est surprenant, car déjà, au cours de peu d'années, la faim d'azote a à peu près disparu et on a conservé une densité de population microbienne forte et active, garantie d'un bon état biologique normal.

Pour la culture des légumineuses (de préférence trèfle blanc

et trèfle violet, luzerne et lupuline), on a eu à vaincre des difficultés, car dans les sols jeunes il ne se trouvait encore que très peu de bactéries des nodosités, à tel point que toutes les plantes doivent être inoculées artificiellement pour rendre possible un développement normal. Annuellement de grandes quantités de matériaux d'inoculation sont fabriquées (culture pure de bactéries des nodosités) en vue de traiter la semence de trèfle avant le semis.

On voit par là quelle est l'importance du problème des légumineuses et des travaux fondamentaux de d'Hellriegels pour la mise en culture du nouveau pays obtenu par le dessèchement du Zuiderzée (13).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) Over de bodemkundige gesteldheid van de Wieringermeer, von Ir. A. J. Zuur, Algemeene Landsdrukkerij, 's-Gravenhage, 1936.
- (2) Voir la carte de Ir. Chr. L. van Steen.
- (3) Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond, von Dr. S. B. Hooghoudt, Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, 1934, No. 40 B, 215-345. Auch Teil A der Verhandlungen der Ersten Kommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft (Bangor, 1939) enthält eine kurze Darlegung der Bedeutung des U-Wertes.
- (4) Effect of increasing Na-saturation on the physical properties of soil, by L. G. Kotzmann, Különlenyomat a « Mezőgazdasági Kutatások »ból 1935. VIII, évfolyam 141-147, lap.
- (5) 1932, page 17, fig. 5 de cette revue.
- (6) The problem of soil structure, by A. N. Sokolowsky, 1933, Transactions First Commission, International Society of Soil Science, Soviet Section, A (I), 34-111.
- (7) K. K. Gedroiz, Transactions First Commission, Intern. Soc. Soil Science, Soviet Section, A (I), 34-111; G. Barbier, 1935, Influence de colloïdes humiques sur certaines propriétés physiques et chimiques des terres argileuses; *Ann. Agron.* (N. S.), 5, 765-780.
- (8) W. R. Williams, Theses of tenacity and cohesion in soil structure; *Pedology* (1935), 5-6, 755-762.
- (9) Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond, von Dr. S. B. Hooghoudt, Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, 1937, No. 43 B, 461-676.
- (10) Over de ontziltling van den bodem in de Wieringermeer, door A. J. Zuur (Doktorarbeit). Eine Mitteilung von Ir. S. Smeding: L'endiguement, l'assèchement et la constitution sociale du Wieringermeer (Directie Wieringermeer, Alkmaar, 1938) behandelt auf Seite 22-30 die Entsalzung der Böden des Wieringermeerpolders.
- (11) Bijdrage tot de kennis van de zure gronden in het Nederlandsch aluvium, door Dr. Jac. van der Spek, Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, No. 40 B, 1934, seite 409-503.
- (12) Voir aussi : Zusammenhang zwischen der Azidität des Bodens und der Zersetzung der organischen Substanzen im Boden von Dr. D. J. Hissink, Festschrift Julius Stoklasa, Berlin, Paul Parey, 1928.
- (13) Voir aussi « Der. Forschung dienst ». Neue Folge der « Deutschen Landw. Rundschau », Sonderheft 6, p. 40-41.