

einer Luzerne während zwei Jahren, in einer Feldbestellung von 10 Jahren genügen sollten, zur Aufrechterhaltung des Humusausgleichs der Böden. Andererseits scheint es uninteressant, den Humusgehalt der Böden übertrieben zu steigern, da physiologische Störungen infolge zu gewaltiger Stickstoffproduktion auftreten könnten, und auch um die Verschwendung pflanzlicher Stoffe zu vermeiden, da die Böden jährlich ebensoviel Humus verlieren als ihnen zugeführt wird.

Zwischentätigkeit Humus—Mineraldünger

Die Mineraldünger haben durch die Vergrößerung der Ernten, also deren Abfälle, wie Wurzeln, Stoppeln, Zuckerrüben-Oberteile usw., durch die Erhöhung der Futterquellen für den Unterhalt eines grösseren Viehbestandes, welcher mehr Mist liefert, einen sehr günstigen Einfluss auf die Erhaltung des Humusreichtums der Böden. Die Studien des Herrn CHAMINADE haben ebenfalls bewiesen, dass der Humus die Pflanzenernährung anregt, ihnen erlaubt, sich durch besser aufgelöste Lösungen zu ernähren, erhöht den Mineralgehalt in den Ernten selbst, was gleichzeitig eine vermehrte Verwendung von Mineraldüngern verlangt.

Humus and Fertility

The fertility of the soils depends in principle on their high content of natural minerals or mineral fertilizing and on their good physical condition. Therefore, the humus is a main agent for the soils' structure. Although the fertility of the soils is not a function of the humus content, there exists for each kind of soil a critical minus content from which on the fertility diminishes rapidly. In the Parisian region the critical minus content for muddy soils seems to be around 2%.

Definition of Humus

The humus is a complex produce of vegetal matter, degraded by microbial action, which through polymerisation of certain constitutive elements finishes to build big molecules. In the Parisian climate and soils, the humus contains about 5% of nitrogen and furthermore about

$$10\% \text{ of } \frac{C}{N}$$

The rôles of Humus

They are particularly the following

Physical rôle: as conditioner of the soil, which, aided by mineral colloids allows the grumous structure.

Chemical rôle: liberation of his carbon in carbonic gas, acidifying the solutions of the soil; liberation of his nitrogen, developing successively from an ammoniacal

to a nitric form, concurs for the nutrition of the crops; action upon compound phosphatics becoming mobile humophosphates and particularly useful for plants.

Microbial rôle: The humus is in the meantime a habitat and nutriment for microorganisms which interfere in most of the mineral matters predigestions, necessary to the plants, solubilisation of the phosphates, ammonisation and nitrification of nitrogen, attacking potassic stones a. s. f.

Humic balance of the soils

This depends partly on the speed of the humus constitution and the supply of new organic matters and partly on the speed of destruction by consequent microbial action.

In the Parisian climate and without supply of manure, the destruction of the humus content might be slightly below 1% per soil; in the moist climate of Septentrional Europe, the destruction of the humus content takes a little longer and it goes on much quicker in the Tropic countries.

To compensate the losses of humus it is proper to supply with organic matter; these supplies seem not as important as they were considered generally. The field examples of the Station of Askov and of the Station of Grignon with witness allotments without fertilizers since 60 or 80 years let suppose that with a supply of mineral fertilizers which bring big yields, a burying of straw and waste and a two years maintenance of a lucern may be sufficient to keep the humic level of the soils for a rotation of 10 years. There is no interest in increasing the humus content in the soil in an exagérate way for risk of physiological troubles resulting in a too brutale nitrification and also to avoid the wastes of vegetal matter, as the soils lose yearly as much humus as they are provided for.

Inter-action Humus—Mineral Fertilizers

The mineral fertilizers have a most beneficial influence on the maintainance of a rich humus content of the soil in increasing the crops, therefore their waste, roots, stubbles, greens of sugar-beets a. s. f., and in increasing the fodder resources for more abundant cattle, providing for more manure.

The studies of Mr. CHAMINADE show clearly that the humus stimulates the nutrition of the plants, permitting them the absorption of better dissolved solutions; it increases the exportation of mineral principles in the crops, and needs therefore also a larger supply of mineral fertilizers.

Les engrais minéraux et l'humus

Par JAC. KORTLEVEN, de la Station expérimentale T.N.O. d'agronomie et institut pour l'étude du sol, Groningen (Pays-Bas)

1. Introduction.

Pendant plusieurs siècles, pour ainsi dire aussi longtemps que l'homme a labouré la terre, jusqu'au siècle dernier, la fumure se composait pour la plus grande partie, si non essentiellement, des engrais organiques.

La chaux et les cendres étaient les engrais minéraux les plus connus en ces temps anciens.

Selon les idées de cet époque l'humus servait à nourrir les plantes de combinaisons organiques, par absorption directe de ces substances. L'approvisionnement des végétaux en éléments N.P.K. par ces engrais orga-

niques et l'humus fut négligé, parce qu'on manquait de connaissances à ce point.

Au siècle passé on a trouvé que les substances organiques étaient inassimilables par la plante (ce qui n'est probablement pas tout à fait exact), mais que les végétaux absorbent les éléments nutritifs en combinaisons simples d'origine inorganique. On sut ensuite qu'en dosant ces éléments comme sels, les récoltes augmentaient d'une façon considérable.

Ceci a mené à la naissance de l'industrie des engrais minéraux. A cause de cette évolution des idées on voyait les engrais organiques également comme fournisseurs

d'éléments nutritifs en les jugeant d'après leur teneur en matières nutritives.

L'emploi des engrais minéraux augmenta surtout pendant notre siècle alors que leurs avantages furent mieux connus par l'enseignement et des instructions agronomiques appropriées. Comme avantages nous mentionnons augmentation des récoltes, maniement plus facile que pour des masses volumineuses d'engrais organiques, une plus grande possibilité d'adoption des dosages au besoin d'éléments nutritifs, etc.

Pour ces raisons et encore parce qu'on n'avait pas trouvé d'autres fonctions pour l'humus, l'intérêt pour l'humus et en même temps pour la fumure organique furent mis au dernier plan.

Dès qu'on eut compris que l'humus joue un rôle dans la structure des sols, dans la teneur en eau, dans la micro-flore et — faune et dans la résistance contre l'érosion par l'eau et par le vent, c'est-à-dire en quelques mots dans la fertilité des sols et dans la conservation de cette fertilité, l'humus commençait à attirer de nouveau l'attention et on commençait à considérer les matières organiques non seulement comme fournisseurs des matières minérales, mais encore comme fournisseurs d'humus.

Ainsi que l'aiguille déséquilibrée d'une balance s'agite d'un côté à l'autre pour trouver enfin l'équilibre après de multiples oscillations amorties, ainsi a varié l'appréciation de l'humus. Maintenant on trouve beaucoup de personnes qui ne voient que les bienfaits de l'humus et ceci en superlatif, en mettant toutes les difficultés et les mésaventures de l'agriculture sur le compte des engrais minéraux. En certains cas on va jusqu'à proscrire les engrais minéraux parce qu'on pense que l'usage de ces engrais diminuerait la «qualité» des produits. Le résultat de l'usage des engrais minéraux serait une augmentation des maladies des hommes et des bêtes («qualité» ici n'est pas un attribut rationnel, mais indéfini et mystique). Ce sont là des raisonnements exempts de toute preuve exacte. Remarquons, quoique ce qui suit ne prouve pas le contraire, que dans les pays où l'emploi des engrais minéraux a trouvé un usage courant la longueur corporelle moyenne et la durée de la vie ont augmenté et la mortalité infantile a diminué. Nous ne nous arrêterons pas à ces faits. Mais nous portons ces faits à l'attention des organismes internationaux appropriés pour approfondir ces problèmes, vu les répercussions humaines qui sont en jeu. Ceci demande d'amples recherches et par conséquent beaucoup d'argent. La plupart de ceux qui s'occupent maintenant des recherches agronomiques sont d'accord qu'à mesure que l'emploi des engrais minéraux a augmenté l'approvisionnement en matières organiques a diminué. Ce point de vue n'est donc pas seulement partagé par ceux qui veulent proscrire les engrais minéraux, mais il s'agit plutôt d'une idée générale, qui est le résultat de l'intérêt qu'on porte de nouveau au bilan de l'humus dans nos sols cultivés. Il faut examiner cette opinion.

2. L'approvisionnement en matières organiques et l'emploi des engrais minéraux.

L'opinion que depuis l'emploi des engrais minéraux non seulement l'intérêt pour la fumure organique, mais encore l'intensité d'approvisionnement des sols en matières organiques aurait diminué est inexact (ces deux choses sont confondues involontairement), si l'on voit ce problème en général.

Cette inexactitude a été démontrée pour les Pays-Bas par une étude de l'auteur de cet exposé et son collaborateur. Les résultats ont été publiés au *Landbouwkundig Tijdschrift* 66 (1954) 90-98 en hollandais résumé en anglais). C'est la seule étude qui existe concernant cette matière et elle gagne encore en impor-

tance parce qu'elle s'occupe du pays où l'emploi des engrais minéraux est le plus élevé du monde entier. On a donné dans cet article historique-agronomique un exposé de la quantité de matières organiques administrée (moyenne par ha) et répartie sur tous les sols en culture au Pays-Bas depuis 1860 jusqu'à nos jours (donc avant la période d'usage d'engrais minéraux à grande mesure). On y considère les quantités de

1. débris des villes, ménages et exploitations.
2. Les proportions entre les prés et les champs par rapport à la formation de racines plus élevée et la production de fumure sur les prés.
3. Le nombre de bétail par ha comme correction sur 2 concernant la quantité de la fumure.
4. Le choix des végétaux en agriculture en vue de la production de racines, chaumes et verdure incorporée dans le sol par la charrue.
5. La production de racines coïncidant avec les récoltes augmentées des parties souterraines.
Il en résulte que:
 - a) par départements, les Pays-Bas en comptant 11, on a constaté des écarts dans la quantité de matières organiques, qui se produisent depuis l'emploi des engrais minéraux et qui parviennent au sol (moyenne annuelle par ha). Ceci compte à plus forte raison pour des unités plus petites, comme par exemple les communes, les fermes, etc. etc.
 - b) On a pu constater une diminution dans le pays en total de la quantité des débris, de la jachère d'été, du fumier vert, des plantes fourragères et aussi de la quantité des céréales causée par l'augmentation de cultures de plantes sarclées. Ceci est relatif et vu par ha effectif en production dans la période en question.
 - c) La quantité de fumier a augmenté dans le pays entier. Ceci est dû à l'élevage de bétail très intensif, en quoi les engrais minéraux jouent aussi un rôle.
 - d) On peut constater la même chose pour la production des racines (et d'autres parties souterraines).
 - e) En considérant a) — d), on voit que pour le pays entier l'approvisionnement de matières organiques n'a pas diminué (par ha de sol cultivé).

Ce dernier résultat implique que la quantité totale de matières organiques aux Pays-Bas a augmenté en sens absolue. Il ne faut pas oublier que seulement par l'emploi des engrais minéraux on a pu augmenter la superficie par mise en culture de sols, qui auparavant se trouvaient en jachère (comme les sols infertiles de bruyère sablonneux et les sols nouvellement conquis).

L'emploi élevé des engrais minéraux aux Pays-Bas n'a donc pas endommagé l'approvisionnement des sols cultivés en matières organiques. Il est vrai que des écarts locaux se sont produits à cet égard. Mais on a trouvé également des écarts locaux au milieu du siècle précédent et il y aura toujours des écarts causés par le changement de conjoncture, par le progrès de la science etc. Ce qui importe est, que pour un territoire assez large on ne trouve pas une grande différence entre l'approvisionnement du sol en substances organiques avant l'usage des engrais minéraux et au milieu du 20^e siècle dans un pays où l'usage des engrais minéraux est très important. Tout au plus on pourrait dire que la différence entre les divers ressorts doit être suivie avec attention afin de pouvoir égaliser les écarts existants.

Dans un pays doté d'une agriculture productive et de paysans instruits, où on fait sans cesse tout ce qu'on peut pour adapter le plan d'exploitation le plus rationnellement possible aux nécessités toujours plus urgen-

tes d'intensifier l'agriculture (raisons économiques, sociales, politiques, commerciales et géographiques), il a donc été possible de garder pendant un siècle l'approvisionnement en matières organiques au même niveau, même en se servant de beaucoup d'engrais minéraux. Et ceci a pu se réaliser, sans tenir compte d'autres procédés, par les engrais minéraux, qui ont amélioré les cultures herbagères; ceci a facilité un élevage de bétail plus intensif.

A son tour cet élevage a influencé la production de fumier. Les engrais minéraux ont aussi stimulé la production de racines et de chaumes.

Nous ignorons si on trouve le même état de choses dans d'autres pays, faute de données. Mais il faut, si l'on veut améliorer l'agriculture faire coïncider toutes les mesures à prendre, et si on veut faire de la propagande pour un usage plus intensif des engrais minéraux, on doit être sûr que l'instruction et le service de renseignement appropriés fonctionnent bien. Dans ce cas toute la structure des fermes s'adaptera à l'intensification qui est rendue possible par l'usage des engrais minéraux. Ultérieurement l'économie des matières organiques ne s'en ressentira pas, comme on voit aux Pays-Bas.

Il faut dire cependant que si l'approvisionnement de matières organiques reste au même niveau, il n'est pas certain que cet approvisionnement soit à son optimum, voir même suffisant. Maintenant on a démontré que cet approvisionnement est égal en 1850 et 1950. Il reste toutefois possible qu'il ne soit pas optimum dans les deux cas. On en reparlera dans un autre chapitre.

Nous avons vu qu'un usage très élevé d'engrais minéraux ne se fait pas forcément aux frais de l'approvisionnement en matières organiques. Reste à savoir quelle influence les engrais minéraux ont sur la provision d'humus.

3. La provision d'humus dans le sol et l'usage des engrais minéraux.

D'abord nous allons voir très sommairement de quelle manière une certaine provision d'humus se produit dans le sol. Les bases théoriques de la mathématique et de la pédologie ne nous intéressent pas pour le moment. Nous en examinerons immédiatement les résultats.

Si l'approvisionnement en matières organiques se maintient au même niveau (moyenne annuelle), pendant assez long temps la provision d'humus de la couche arable tend à un équilibre. Autour de cet équilibre oscille la provision de matières organiques. L'amplitude dépend de la précision de la méthode d'analyse et de la manière dont on prend les échantillons, des végétaux cultivés (du fait si on a peu ou beaucoup de réserves de chaumes et de racines ainsi que du fait si on a cultivé ou non dans une certaine année des végétaux sarclées) et du climat.

La provision d'humus en état d'équilibre est environ $20 \times$ l'approvisionnement annuel en matières organiques sèches.

Soit un sol, dont la teneur en humus est très élevée, par exemple un sol vierge de forêt ou de prairie ou encore un sol approvisionné très intensivement de matières organiques.

Si on commence à exploiter ce sol de manière que $20 \times$ l'approvisionnement moyen annuel de matières organiques est plus petit que la provision de matières organiques sèches de la couche arable au point de départ, on verra que la provision se dirige vers l'état d'équilibre selon une courbe qui représente une fonction logarithmique. Cela veut dire que d'abord elle descendra vite; la

descente sera de moins en moins prononcée jusqu'à ce que la courbe soit devenue une ligne horizontale à l'état d'équilibre. Si on avait commencé la même méthode d'exploitation (quant aux quantités de matières organiques administrées), mais sur un sol avec une provision en matières organiques plus petite que 20 fois la moyenne annuelle de matières organiques, la ligne monterait selon les mêmes règles jusqu'à ce qu'elle ait atteint l'état d'équilibre et elle se prolongerait alors horizontalement. Supposons enfin que l'état d'équilibre de la provision en matières organiques sèches est égal à 20 fois l'approvisionnement moyen annuel. Alors il ne se passera rien. On trouvera immédiatement une ligne horizontale, ignorant les points répandus par hasard. On voit donc que les provisions de matières organiques finissent toujours par se balancer autour $20 \times$ l'approvisionnement (moyen annuel) de matières organiques sèches. Seulement l'oscillation autour de l'équilibre n'a pas fini en 20 ans. Pour cela il faut compter au moins 50 ans à 100 ans. On dispose d'une formule qui nous donne le rapport entre la provision, l'approvisionnement et le temps.

Quand la provision de l'humus diminue on voit surtout au commencement, que la destruction l'emporte sur l'approvisionnement. La provision devient donc moins importante et à mesure que la provision diminue l'approvisionnement et la destruction s'accordent, jusqu'à l'équilibre. Quand la provision accroit, l'approvisionnement est plus important au commencement que la petite provision du point de départ. Ces raisonnements font voir comment l'opinion s'est faite que l'agriculture fait diminuer sans remède la provision d'humus des sols jusqu'à une hauteur, qui donne à craindre. Ceci est causé par des observations faites aux Etats-Unis d'Amérique, où on a mis en culture en temps historiques (même encore très récemment) des sols jusque là couverts de forêts et de prairies, et aux pays tropicaux, où on a pu constater la même chose en mettant en culture des défrichements de forêts vierges. Il est évident que la provision d'humus est très grande en ces cas, et on peut comprendre facilement que la provision d'humus diminuera parce qu'aucun système ne peut maintenir une provision d'humus aussi élevée. Si l'approvisionnement est assez pauvre, il est possible que l'équilibre soit atteint à un point assez bas. En augmentant l'approvisionnement l'équilibre final s'établira aussi à une hauteur plus satisfaisante.

En partant au contraire d'un sol avec une petite provision d'humus (ou d'un terrain sans humus, ce qui est quelque-fois le cas aux Pays-Bas quand on a labouré très profondément les terres argileuses déchaulées de façon que le sous-sol a paru à la surface), on voit monter la provision.

Il n'y a donc pas de raison d'une psychose d'angoisse ni pour l'emploi de termes comme «la tragique» de l'agriculture et la «chirurgie» de la couche arable. Chaque type d'exploitation a sa propre provision finale d'humus.

Si on a peur qu'elle ne soit pas assez élevée on doit se demander comment on peut améliorer cet état de choses. Un des moyens pour atteindre ce but est l'engrais minéral. Pourtant ce n'est pas le moyen le plus efficace. Si, sans changer la rotation ou les variétés cultivées, on change de type d'exploitation p. e. si auparavant on n'utilisait pas d'engrais minéral et qu'après on se servait des engrais minéraux en dosages aussi rationnels et aussi élevés que possible on voit augmenter les récoltes de 100%. Par ce fait la production de racines et de chaumes augmente avec 20 pour cent environ. Si avant elle était de 3 tonnes, elle est maintenant montée à 3 tonnes 600 kg. La provision d'humus finale augmente de $20 \times 600 = 12000$ kg. Avec un poids de couche de 2.000.000 kg l'augmentation de la provision est

de 0,6%. Ceci n'est pas encore très imposant, mais c'est contraire à ce qu'on croyait autrefois, lorsqu'on disait que les engrais minéraux brûlaient l'humus.

En voici un exemple de F. E. Bear (The Test of Time, American Fertilizer 109-112 [1948] 7-9, 24). The residual effects of fertilizers, West Virginia Agr. Exp. Sta. Bull. 160, [1916]) d'un expériment de 15 ans.

	Rendement total 15 ans kg/h	Aug- mentation	Mat. org. en couche arable	Aug- mentation
1. Sans engrais	45 908	—	47 970	—
2. Avec engrais minéraux	132 154	862.46	68 150	20 180

L'augmentation du rendement total (moyenne annuelle) a été $86\,246 : 15 = 5\,750$ kg. Une augmentation de $0.20 \times 5\,750 = 1\,150$ kg de chaumes et de racines se conforme à ces données. Dans l'état de l'équilibre final la provision d'humus en couche arable est monté de 20×1150 kg = 23 000 kg. Après 15 ans on a trouvé 20 180 kg. Ce résultat est très satisfaisant. La conclusion est donc que l'emploi des engrais minéraux ne diminue pas la teneur en humus, mais que, au contraire il augmente la provision des matières organiques dans la couche quoique cette augmentation soit faible.

Mais si on varie la rotation avec l'aide des engrais minéraux, dans le sens de plus de plantes sarclées, on contrebalance l'augmentation de l'humus, parce que les plantes sarclées produisent moins de racines.

Au chapitre 2 nous avons vu que la teneur en humus aux Pays-Bas n'a pas changé pendant le siècle dernier y compris tout changement de type d'exploitation et de rotation. Dans le présent chapitre nous avons esquissé les résultats de l'usage d'engrais minéraux en général et en combinaisons variantes. Or, pour les différents engrais il ne faut pas que les résultats soient les mêmes. La seule donnée sur ce point-ci est connue de l'auteur concerne la chaux. Dans un article pas encore publiée, il a montré qu'après chaulage, la teneur en humus décline proportionnellement à la teneur initiale. La perte n'est pas grave: pour les teneurs plus basses que 8% il s'agit de quelques dixièmes de pour-cent en humus. Et de plus la perte est évidemment plus que redressée par le gain causé par les autres engrais utilisés.

4. Le niveau de matière organique et le niveau des engrais minéraux.

Nous avons déjà constaté (chap. 2) que l'approvisionnement en matières organiques tout en restant au même niveau n'est pas forcément optimal.

Une autre possibilité, qui n'exclut cependant pas du tout ce qui précède, est la suivante. Quoique l'approvisionnement en matières organiques reste au même niveau, peut-être les matières organiques et l'humus deviennent néanmoins des «facteurs limitants» par l'emploi très intensifié des engrais minéraux. Il est connu des agronomes que si on intensifie un facteur de croissance on doit également en intensifier d'autres pour profiter à fond de l'intensification du premier, ou autrement dit si l'on active un facteur qui est au minimum on en verra d'autres descendre vers le minimum, si l'activation du premier va assez loin.

Aux Pays-Bas on voit une indication de ce phénomène. Quoique aux Pays-Bas le climat soit humide, en été l'eau est au minimum. Ceci a été démontré d'une façon concluante par des données parues dans le numéro de septembre du mensuel Neerlandais «Landbouwkundig Tijdschrift». C'est compréhensible car les récoltes sont maintenant deux fois de ce qu'elles étaient il y a 100 ans. Naturellement cela demande plus d'eau. Mais la teneur en eau n'a pas changé parce que

la quantité d'humus n'a pas augmenté il est possible que le facteur de l'humidité a fléchi au minimum. Certainement d'autres circonstances ont joué un rôle, ici p.e. la régularisation de l'évacuation d'eau toujours plus parfaite, au cas d'excès pendant d'autres saisons.

Il reste possible que l'augmentation prétendue des maladies et des pestes est due au fait que les deux facteurs de croissance, engrais organiques et engrais minéraux sont mal équilibrés. Mais ceci n'a pas encore été démontré d'une façon concluante et on doit tenir compte des maladies très graves qui ont affectées les cultures avant l'entrée des engrais minéraux dans l'agriculture. Maintenant on est maître de ces calamités.

L'auteur de ce rapport a fait paraître dans «T.N.O. Nieuws» (mars 1949) 4, 85-93, un article «Richtlijnen van het Compostonderzoek» où il a calculé que tout l'ensemble de l'agriculture aux Pays-Bas a un déficit d'approvisionnement de 1,1 million de tonnes de matières organiques sèches par an. En état d'équilibre la provision d'humus est de $20 \times 1,1$ million de tonnes = 22 millions trop basse. Ceci égale 9 tonnes par ha. Nous ne pouvons pas remédier à cela par augmentation simple de l'approvisionnement des engrais minéraux, parce que la production de racines et de chaumes ne peut pas augmenter par quelques centaines de pour cents. Ceci est impossible. Il faut trouver d'autres moyens.

Zusammenfassung

Handelsdünger und Humus.

1. Humus und organische Düngemittel werden nicht mehr als Nahrung für die Pflanze oder als Lieferanten der mineralen nährenden Bestandteile betrachtet, sondern als Stoffe, welche einen regulierenden Einfluss auf die physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften ausüben.

2. Verwendung von Handelsdünger, sogar eine intensive, braucht nicht zu einer geringeren Zufuhr organischer Substanz zu leiten. Denn in den Niederlanden, wo ein sehr intensiver Handelsdüngerverbrauch herrscht, kommt trotzdem dieselbe Menge an organischen Stoffen pro ha in den Boden hinein als vor 100 Jahren, wo fast kein Handelsdünger verwendet wurde.

Die Menge an Abfallstoffen, und durch strukturelle Änderungen der Bauernbetriebe auch die Verwendung von Sommerbrache, Gründüngung und Futtergewächse wurden zwar geringer, aber Wurzel- (und Stoppel) ertrag und die Stalldüngermenge (ermöglicht durch intensivierte Viehwirtschaft) füllten diese Lücke wieder auf.

An dieser Zunahme hat auch der Handelsdünger seinen Anteil geliefert. Gleichfalls durch strukturelle Änderungen findet man lokale Abnahmen und lokale Zunahmen.

3. Handelsdünger wirkt nicht schädigend auf den Humusvorrat, sondern steigert ihn durch Steigerung der Wurzelerträge. Denn wenn man die Zufuhr organischer Substanz nur genügend lange auf derselben Höhe fortsetzt, erreicht der Humusvorrat schließlich einen Gleichgewichtszustand. Als dann ist der Humusvorrat der totalen Zufuhr organischer Substanz, also auch dem Wurzelertrag proportional.

4. Als eine starke Zunahme des verwendeten Handelsdüngers zusammengeht mit einem Gleichbleiben der Zufuhr organischer Substanz, ist ein In-Minimum-Geraten des letzteren zu befürchten und wird dessen Intensivierung notwendig zur besseren Auswertung des ersteren.

Einen Hinweis für die Richtigkeit dieser Gedanken liefern der für die Niederlande bestehende Feuchtemangel im Sommer und die berechnete Notwendigkeit einer Steigerung der durchschnittlichen Humusgehalte. Letzteres ist aber nicht zu erreichen durch weitere Erhöhung der Minereraldüngung.

5. Das Problem der Qualität der Ernten und folglich von menschlichen und tierischen Krankheiten bei organischer bzw. mineraler Düngung oder bei einer Kombination der beiden ist noch ungelöst und ist nur zu lösen durch grosszügige Untersuchungen im Zusammenarbeiten von Forschern aus verschiedenen Disziplinen.

Summary

Fertilisers and Humus

1. Humus and organic manure are no longer regarded neither as nutrition for the plant, nor as suppliers of mineral nutrients, but as substances belonging to the regulators of physical and biological soil-properties which constitute soil fertility.
2. Application—even when intensive—of fertilisers not necessarily tends to a decrease of organic matter supply. This follows from the situation in the Netherlands, which stand foremost in the use of fertilisers, while the total amount of organics pro hectare is equal to that in prefertiliser-days. Though the total amount remained the same the supply with waste products and the use of summer fallow, green manuring and foddercrops decreased by structural changes in farm management; this loss was compensated by an increase in production of roots and

stubble and in the amount of stable manure (as the results of a starkly intensified cattle farming). For this increase fertilisers are partly—though certainly not wholly—responsible.

Furthermore, also by structural changes a decrease occurred in certain areas and an increase in others.

3. Fertilisers are not conducive to the amount of soil humus, but on the contrary favourable, by improving root production. For the ultimate amount of humus when the state of equilibrium is reached is proportional with organic matter supply in any form, including roots and stubble (on the condition that organic husbandry remains the same for a period of an adequate duration).
4. A heavy rise of the level of applied fertilisers together with an unchanged organic matter supply (and the corresponding humus content) give rise to the suspicion that the latter might become the limiting factor. If so, trying to intensify it should be imperative in order to get better results with fertiliser.
An indication for the correctness of this suspicion is given by the existing moisture shortage of the crops in the Netherlands and by a calculated necessity to increase the average humus content of soils in the Netherlands. This however cannot be attained by a further rise in fertiliser dressings.
5. The problem of quality of crops and consequently of diseases in the human and animal kingdoms caused by organics, fertiliser and the two combined still rests unsolved and is apt for solution only by large scale investigations by teams of workers belonging to various branches.

Engrais minéraux et humus

Dr A. FABRIS, Istituto di Industrie Agrarie Portici, Faculté Agronomique de l'Université de Naples

De premier abord, il pourrait surprendre, que dans le cours de la deuxième partie du siècle actuel, soit soumis à l'étude ce thème qui depuis une centaine d'années est l'objet de discussion.

En effet, à cette époque, la conception minérale de Justus Von LIEBIG sur la nutrition végétale, prenait décidément l'avantage sur la conception humiste de DE SAUSSURE, THAER, MATHIEU de DOMBASLE, etc. etc., en déterminant un profond bouleversement, apte à susciter bien des réactions justifiées en ce temps.

En suite, les oppositions se sont atténuées et un immense matériel d'expérimentation est aujourd'hui en notre possession et nous permet ainsi de démontrer avec une extrême clarté quelle est la réalité des faits examinés au propos. De l'examen de cette documentation, il est possible de tirer immédiatement la synthèse suivante: **aucune antithèse entre l'humus et l'engrais minéral, mais au contraire une extrême nécessité d'intégration comme condition essentielle de fertilité et productivité élevées du sol.**

S'il y a encore quelques doutes, il ne reste qu'à observer objectivement ce qu'il advient dans les zones les plus productives: là on constate la charge la plus grande de bétail par hectare, la plus grande restitution de substances organiques au sol, le meilleur équilibre quantitatif et qualitatif de l'humus et l'emploi supérieur d'engrais minéraux par hectare cultivé. La sagesse d'une expérience plus que millénaire a pu ainsi trouver son heureux point de rencontre avec les formidables progrès de la biologie, de la physique et de la chimie obtenus dans le domaine

de l'agronomie dans les derniers temps. Les affirmations précédentes trouvent en Italie la documentation suivante:

Consommation des éléments fertilisants (N, P₂O₅, K₂O) en pilos par hectare de superficie fumée en 1953

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total
Italie Septentrionale	17,5	32,8	5,7	56,0
Italie Centrale	10,5	21,8	0,3	32,6
Italie Méridionale	9,9	15,0	0,3	25,2
Italie Insulaire	6,0	14,8	0,4	21,2

Les chiffres ci-dessus dénoncent significativement comment dans l'Italie Septentrionale, où sont supérieurs l'intensité culturale, l'extension des cultures fourragères, la charge de bétail par hectare, l'apport du fumier, la fertilité du sol dans l'ensemble plus élevée et équilibrée on constate le maximum de consommation d'engrais minéraux par hectare cultivé, et s'il est encore à souhaiter une expansion ultérieure des consommations en ce sens, et un rapport amélioré N. P. K. au bénéfice de ce dernier élément les remarquables résultats atteints dans ce champ dans la Vallée du Pô ne doivent en aucun cas passer inaperçus.

Peut-on alors se demander ce qui peut justifier ce souffle de vent de fronde, ce soulèvement d'un impossible contraste entre les divers facteurs de la fertilité du sol, dont je discute?

Probablement, je pense, ce sont les exagérations des défenseurs irréductibles de la suprématie respective de l'engrais minéral ou de l'humus dans le procès de l'ali-