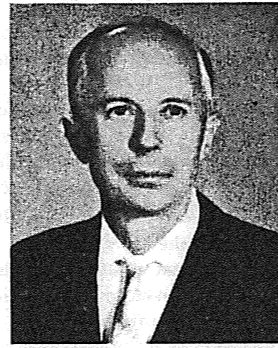


Fumures minérales et fumures organiques

Cas des exploitations sans bétail

G. DROUINEAU, INRA, Antibes (France)



Introduction

Pendant des millénaires, la seule fumure employée par les agriculteurs était le fumier. L'avènement des engrais chimiques et surtout le développement considérable de leur emploi depuis une vingtaine d'années pose un problème important pour les exploitations sans bétail qui peuvent être obligées d'importer du fumier ou d'autres matériels organiques. Les difficultés d'approvisionnement en fumiers se présentent surtout dans les zones où les exploitations sans bétail dominant et où, par conséquent, ceux-ci sont rares. La manipulation du fumier, qui nécessite ou des équipements importants ou une main d'œuvre abondante, est redoutée par certaines catégories d'exploitants.

L'agriculteur, suivant la région où il se trouve, suivant la structure de son exploitation et ses productions, se pose la question de savoir si les fumures organiques sont nécessaires et de quel prix il convient de payer cette nécessité. Il vient immédiatement à l'esprit que cela dépend du sol, du climat, des cultures pratiquées et des techniques culturales. La réponse pourra être différente suivant qu'il s'agit de cultures de céréales, de cultures fruitières ou maraichères. C'est non seulement un problème de rendement annuel mais également de conservation de la fertilité et de l'état humique du sol à un moment donné.

Ce rapport reste dans la ligne des préoccupations du CIEC depuis la première Communication du Professeur SCHMITT (1) en 1954 et il est indispensable de rappeler que le sujet connexe «Engrais minéraux et économie de l'humus dans les sols» a été remarquablement traité par G. BARBIER en 1958 au IIIème Congrès Mondial des Fertilisants. (2)

Le problème des relations entre les fumures minérales et les fumures organiques est d'une telle complexité en raison de la multiplicité des agents et des actions mises en jeu et de leur interdépendance, qu'il est indispensable de tenter d'y mettre un peu d'ordre, même si celui-ci est arbitraire. Ce sera notre préoccupation dans la première partie de cet exposé qui comprendra également une discussion sur deux dispositifs expérimentaux établis pour étudier les effets à long terme des fumures organiques et des fumures minérales.

Dans une deuxième partie nous nous attarderons quelque peu sur la technique des enfouissages de paille étant donné ses relations avec l'emploi des fumures azotées minérales et son actualité. Nous laisserons presque totalement à l'écart les engrais verts qui nous paraissent mériter un rapport spécial.

Dans la troisième partie, nous verrons enfin comment le type d'exploitation intervient dans le problème qui nous occupe.

I. Actions des fumures organiques

Difficultés de l'expérimentation

fumures organiques - fumures minérales

Il convient tout d'abord de rappeler les fonctions les plus importantes de la matière organique apportée sous forme d'engrais, d'amendement ou de résidu de récolte et de l'humus stabilisé.

On peut distinguer :

A. Des actions directes sur la nutrition minérale

1. Fourniture d'éléments fertilisants et d'oligo-éléments, généralement après minéralisation (N, S, P) mais parfois après simple dissolution notamment pour K.
2. Actions liées à la capacité d'échange propre à la matière organique, d'autant plus forte que la capacité d'échange de la fraction minérale est plus faible.
3. Actions liées aux phénomènes d'intervention dans les équilibres cations échangeables-cations non échangeables.
4. Influence sur la pénétration des cations et des anions dans la racine.
5. Rôle de certains constituants de l'humus comme facteurs de croissance.

B. Des actions indirectes sur la nutrition minérale

1. Influence sur la structure, la perméabilité pour l'air et pour l'eau, la capacité de rétention pour l'eau.
2. Influence sur la microflore et la microfaune et, en général, sur l'activité biologique du sol avec, pour conséquence l'influence du dégagement de gaz carbonique et de la modification de l'atmosphère du sol.

D'autres actions qui intéressent l'exploitant agricole seraient également à prendre en considération, par exemple, sur le plan conservation du sol, la résistance à l'érosion en nappe; sur le plan travail du sol, la diminution de la résistance à la traction pour certains instruments de travail.

Les recherches sur les relations entre les fumures organiques et les fumures minérales doivent considérer trois groupes d'effets qui n'intéressent pas au même titre un exploitant agricole; ce sont les effets à long terme, les effets à moyen terme et enfin les effets à court terme.

1. Dans l'étude des effets à long terme les Agronomes ont cherché à répondre aux questions suivantes:

A. Quel est le rendement possible pour les cultures d'un assolement déterminé quand on compare des parcelles recevant uniquement ou bien des fumures organiques ou bien des fumures minérales? Il existe depuis longtemps des expériences de longue durée de ce type en Angleterre, en Allemagne, au Danemark (3) et en France; elles sont cependant fort peu nombreuses. Certaines d'entre elles ont pu être exploitées pour déterminer l'influence du traitement sur la teneur en matières organiques du sol (teneur en N, C, rapport C/N) (4,5) ou sur la valeur biologique des produits récoltés (6,7). De nouveaux dispositifs plus précis dont l'âge moyen est de l'ordre de 10 à 15 ans ont été institués plus récemment en Europe. Pour que les comparaisons puissent être interprétées à long terme, il faut, en effet, que les dispositifs expérimentaux soient réalisés de manière à ce que les fumures organiques et minérales apportent des quantités voisines ou égales de N, P, K.

B. La deuxième question est relative à l'importance des résidus de récolte engendrés par les fumures minérales. Il s'agit de savoir si les fumures minérales appropriées à un site et à une culture sont capables d'engendrer des résidus de récolte en quantités telles que l'apport de matière organique sèche au sol, réalisé par leur enfouissement, contribue de façon subs-

tre, l'acide phosphorique ordinaire est entièrement un orthophosphate. L'acide superphosphorique contient 76 % de P_2O_5 alors que l'acide orthophosphorique ordinaire n'en contient qu'environ 54 %. On utilise la teneur de 76 % P_2O_5 parce que c'est la composition eutectique entre les acides orthophosphoriques (H_3PO_4) et pyrophosphoriques ($H_4P_2O_7$). La température de fusion au point eutectique est assez basse pour que l'acide devienne fluide à la température atmosphérique, tandis que le changement de concentration dans chaque direction augmente rapidement la température du point de solidification.

L'avantage particulier de l'acide superphosphorique dans la fabrication des engrais composés liquides est que les polyphosphates d'ammoniaque se trouvent être beaucoup plus solubles que l'orthophosphate d'ammonium. Une solution 10-34-0 faite à partir de l'acide superphosphorique, donne toute satisfaction, employée à des températures s'abaissant jusqu'à $-18^\circ C$ ($0^\circ F$), tandis qu'une solution 8-24-0 faite à partir de l'acide orthophosphorique cristallise vers $-8^\circ C$ ($18^\circ F$).

Lorsqu'on ajoute de l'ammoniac à l'acide superphosphorique, il est important d'éviter l'hydrolyse du polyphosphate en orthophosphate. L'hydrolyse est très rapide lorsque le pH est bas mais très lente pour pH que l'on trouve d'ordinaire dans les engrais composés liquides. Donc, il est nécessaire de réduire le contact de l'eau avec l'acide avant que ce dernier n'ait réagi sur l'ammoniac. Ceci se fait par l'introduction simultanée de l'acide, de l'ammoniac et de l'eau dans le mélangeur, en prenant soin de bien agiter. Par ce moyen, l'acide se trouve neutralisé avant que l'hydrolyse n'intervienne de façon sensible.

Les fabricants d'engrais composés liquides peuvent tirer avantage de la grande solubilité du polyphosphate de deux façons, soit en utilisant de l'acide superphosphorique au lieu de l'acide phosphorique standard, soit en utilisant une solution de base neutre (10-34-0) au lieu de la combinaison habituelle ammoniac et acide. La solution de base est fabriquée dans une usine centrale par addition d'ammoniac à l'acide superphosphorique et est livrée à chaque petite usine. Deux avantages: la solution de base peut être transportée et stockée dans des citernes en acier au carbone tandis que l'acide exige de l'acier inoxydable ou de l'acier au carbone protégé en surface, et le producteur évite les complications dues à la réaction acide-ammoniac qui pose un problème de refroidissement, l'emploi d'une solution de base de cette façon est plus aisé avec l'acide superphosphorique qu'avec l'acide ordinaire à cause de la forte concentration et en raison du prix de revient inférieur.

L'acide superphosphorique, nous l'avons vu, est fabriqué par le procédé au four. Cependant, on peut aussi le fabriquer par la voie humide, en concentrant l'acide obtenu par voie humide au niveau de la teneur en P_2O_5 de l'acide superphosphorique. Les polyphosphates se forment pendant la concentration. On étudie ce procédé au TVA, et les travaux sont en cours.

L'emploi de l'acide superphosphorique dans la fabrication des engrais composés liquides est d'un développement relativement récent, mais il semble s'accroître rapidement. Plusieurs entreprises fabriquent l'acide, trois d'entre elles par voie humide. Au moins on fabrique une solution de base 10-34-0.

Le développement et l'emploi des polyphosphates à partir de l'acide phosphorique ont rendu nécessaire le développement d'autres formules de solubilité. On recommence l'étude de la solubilité telle que nous l'avons décrite, en utilisant l'acide superphosphorique au lieu de l'acide orthophosphorique — la figure 3* représente le diagramme de solubilité pour le système contenant une solution d'urée et nitrate d'ammoniaque (NH_3 rapport P_2O_5 , 2,97). On obtient des concentrations beaucoup plus fortes dans la partie haute du phosphate dans le diagramme que dans l'étude précédente faite avec l'acide orthophosphorique. Cependant, au fur et à mesure qu'on approche des sommets de l'azote ou de la potasse, les avantages de l'acide superphosphorique diminuent et les solubilités approchent de celles obtenues avec l'acide ortho.

La proportion de polyphosphates dans l'acide superphosphorique est fixée par la teneur en P_2O_5 exigée pour donner un acide fluide en vue du transport. Cependant, si l'acide est

* voir fig. 3 texte anglais page 38

ammonisé dans l'usine où il est fabriqué, la concentration n'est pas aussi importante puisque l'on peut obtenir la fluidité en chauffant l'acide. L'acide qui contient jusqu'à 79 % de P_2O_5 a été traité de cette façon dans le programme expérimental de la TVA. Selon les travaux de HUHTI et GARTAGANIS, le phosphate de l'acide contenant 79 % de P_2O_5 est présent sous les formes et les proportions suivantes:

- 19 % d'acide orthophosphorique,
- 44 % de pyrophosphorique,
- 21 % de triphosphorique,
- 10 % de tétraphosphorique, et
- 6 % d'acides de chaîne moléculaire plus longue.

Ainsi, les polyphosphates constituent 81 % du phosphate, comparés aux 50 % de l'acide superphosphorique transportable.

L'apport d'ammoniac aux acides allant de 78 à 79 % de P_2O_5 a donné des solutions de base qui contiennent 70 %, ou plus, de phosphate sous la forme «poly». Comme on s'y attend, ces solutions supportent le stockage d'une manière satisfaisante à un niveau de concentration plus élevé qu'il n'est possible avec des solutions fabriquées à partir d'un acide à 76 % de P_2O_5 . Un composé 11-37-0 se fabrique maintenant dans l'usine expérimentale de la TVA au lieu de la solution 10-34-0 faite auparavant. Des essais sont en cours afin de déterminer l'influence d'une forte teneur en polyphosphates sur la solubilité lorsque les autres matériaux sont mélangés à la solution de base.

Hydrolyse: L'hydrolyse peut être un problème pendant le stockage lorsqu'on utilise des solutions de polyphosphates. La teneur en est faible mais, par temps chaud en l'espace de plusieurs mois, il peut avoir pour résultat une perte appréciable de polyphosphate. Des essais avec solutions faites à partir d'un acide à 76 % de P_2O_5 ont montré que le taux n'est pas assez élevé pour causer de réels dommages. Cependant, les acides de 78 à 79 % de P_2O_5 donnent des polyphosphates à chaîne moléculaire plus longue qui sont connus pour s'hydrolyser plus rapidement que le type à chaîne courte. Des essais ont montré que la solution neutre faite à partir de l'acide le plus fort s'hydrolysait à une vitesse considérable par temps chaud.

Cependant, à $0^\circ C$, aucune des solutions ne s'hydrolyse d'une façon appréciable en l'espace de plusieurs mois. Ainsi toute difficulté provenant des solutions à forte teneur en polyphosphates peut se réduire en prenant soin de n'utiliser qu'une solution fraîche en vue d'un stockage hivernal. La haute teneur en polyphosphates la protège contre la cristallisation à basse température. Pendant le stockage d'été, il se perdra des polyphosphates mais la forte température atmosphérique aide à prévenir toute cristallisation.

Emploi de l'hydroxyde de Potassium: Un autre moyen pour accroître la concentration des engrais composés liquides c'est de substituer de l'hydroxyde de potassium au chlorure de potassium. Le plus grand inconvénient dans l'emploi de l'hydroxyde de potassium, c'est son prix relativement élevé. Cependant, il y a certains cas, surtout pour les cultures qui ont besoin d'engrais à faible teneur en chlore où l'apport d'une partie de toute la potasse sous forme d'hydroxyde de potassium se justifie du point de vue économique. De plus, le carbonate de potassium, qui est, chimiquement, un équivalent de l'hydroxyde de potassium, va être fabriqué à l'aide d'un nouveau procédé, ce qui aura pour conséquence que ce produit reviendra à un prix acceptable pour l'industrie des engrais liquides. Un autre avantage des deux produits c'est que l'on peut fabriquer des solutions neutres dont le rapport N : P est faible. L'hydroxyde de potassium neutralise l'acide, tandis que dans les liquides à faible teneur en azote fabriqués avec le chlorure de potassium, il n'y a pas assez d'ammoniaque pour neutraliser l'acide et en conséquence, les solutions sont nettement acides.

Depuis que l'on sait que l'acide superphosphorique a le pouvoir d'accroître la concentration, on a essayé de déterminer l'action combinée de l'emploi de l'hydroxyde de potassium et