

Parmi les perfectionnements qui ont récemment amélioré les procédés industriels de la synthèse de l'ammoniaque, signalons l'emploi de l'hydrogène dérivé du méthane. Un autre procédé a été intelligemment exploité: c'est l'utilisation de l'hydrogène extrait des combustibles liquides provenant des raffineries de pétrole selon un procédé de l'ingénieur FAUSER. Citons aussi celui qui a été appliqué en Sicile à Priolo et qui permet la production de l'ammoniaque synthétique selon la méthode Texaco.

Tels sont les fruits de l'industrie pétrochimique, lancée désormais, et qui a connu au cours de ces dernières années un essor vraiment exceptionnel.

En ce qui concerne la potasse, de nouvelles possibilités se sont fait jour récemment et soulignent le succès de l'industrie pétrochimique dans cet important secteur. Jusqu'à ces dernières années tous les engrais potassiques étaient importés. Les tentatives qui avaient été faites en Italie pour exploiter les minéraux leucitiques aboutirent à un demi-échec en raison surtout du coût élevé du potassium et du faible titre des matériaux employés.

Ce n'est que récemment, à la suite de la découverte d'importants gisements en Sicile de Kaïnite dans les régions de Caltanissetta et d'Enna, que l'industrie nationale des engrais potassiques a pu s'affermir. On peut prévoir que cette industrie pourra satisfaire non seulement les besoins intérieurs mais qu'elle pourra pourvoir aussi à l'exportation d'importantes quantités de sulfate et de chlorure de potassium.

En une quarantaine d'années, l'agriculture a atteint deux buts très importants: la production nationale des azotés et celle des engrais potassiques. Il est hors de doute qu'une telle émancipation exercera une influence toujours plus grande sur l'économie et la technique des fumures.

La situation actuelle de la production des engrais peut se résumer en quelques chiffres significatifs:

En 1961<sup>1)</sup> la production a été de 4 100 000 quintaux de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 6 720 000 quintaux de N; 1 380 000 quintaux de K<sub>2</sub>O.

Il a été consommé respectivement: 3 790 000 quintaux de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 3 390 000 quintaux de N; 1 082 000 quintaux de K<sub>2</sub>O (année 1960).

En ce qui concerne la courbe de consommation elle-même, il est intéressant de souligner qu'au cours de dix dernières années (1950-51/1959=60) on a relevé les augmentations suivantes: azote 127 %; phosphore 27 %, potasse (K<sub>2</sub>O) 350 %<sup>2)</sup>. Ces chiffres sont très éloquents et méritent un bref commentaire. Mis à part le fait que l'agriculture italienne est encore bien loin d'atteindre la consommation d'engrais qu'exigerait l'extension de ses cultures, il est évident, toutefois, que l'évolution de la fumure a procédé par étapes en suivant les voies les plus variées, ainsi que le démontre la courbe de consommation de ces trois éléments de base.

La production plus forte d'engrais phosphatés à des prix vraiment bas a trouvé certainement de plus grandes facilités pour son écoulement pendant les vingt-cinq premières années de ce siècle et elle a imprimé à la technique de la fumure l'empreinte caractéristique des rapports élevés  $\frac{P}{N}$ .

En effet, la science officielle a toujours reconnu l'importance vitale de l'élément phosphore dans le sol italien, mais le problème des équilibres chimiques à base azotée plus large pouvait être difficilement abordé.

Les diverses exigences des espèces cultivées, les variétés alors employées (le blé, par exemple), l'outillage modeste pour le labourage du sol, n'ont pas été sans exercer une influence mais certes moins forte que celle du prix élevé des engrais azotés. Pour s'en rendre compte il suffit de confronter au cours de ce siècle les prix du blé et ceux du sulfate d'ammoniaque, par exemple, qui est l'engrais dont la production est la plus vieille et la plus répandue. On s'aperçoit alors que

jusqu'en 1924 le quintal de sulfate d'ammoniaque était plus cher que le quintal de blé. Au fur et à mesure qu'on a disposé de plus grandes quantités de cet engrais azoté son prix baissa et il finit par ne coûter que moitié moins cher que le blé. Cette nouvelle condition économique a favorisé l'expansion des azotés en général dont les prix, petit à petit, se sont égalisés.

Les azotés, de toute façon, se sont imposés à cause des exigences de l'agriculture qui évoluait selon les nouvelles règles de fumure, des innovations génétiques et agronomiques pour la préparation du sol, et de l'irrigation dont la pratique s'éten-dait.

Il faut citer parmi les progrès industriels la production récente des engrais complexes. Elle doit son origine aux principes scientifiques et pratiques qui visent à une technique de la fumure plus perfectionnée. C'est donc un effort très louable que l'industrie a accompli au bénéfice de l'agriculture.

Les complexes n'ont été lancés de façon décisive en Italie qu'en 1950 seulement. Mais, en l'espace de dix ans, la production qui atteignait à peine quelques centaines de milliers de quintaux a atteint et dépassé l'an dernier onze millions de quintaux.

L'augmentation a été en moyenne de 1 000 000 de quintaux par année, dépassant ainsi celle des azotés simples qui n'était déjà pas négligeable.

Dans l'ensemble (1960), la production correspond à 1 146 000 quintaux d'azote, 2 066 000 quintaux d'anhydride phosphorique et 1 157 000 quintaux de potasse dans les proportions suivantes: 26 % de N; 47 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 27 % de K<sub>2</sub>O.

La production et la consommation des engrais complexes marquent une étape très importante dans l'orientation que prendra la technique des fumures.

Deux faits récents présentant un intérêt scientifique particulier méritent d'être signalés: d'abord, le rapprochement des rapports N/P et N/P/K, voulu par les exigences particulières des cultures les plus communes. En deuxième lieu, l'amélioration des équilibres chimiques grâce à l'apport simultané de deux ou trois éléments de la fertilité réunis en un complexe aux rapports déterminés.

En outre, l'utilisation des engrais veut une simplification aussi bien technique qu'économique. C'est là évidemment un problème difficile pour une agriculture telle qu'elle existe en Italie, où elle doit s'adapter à des milieux physiques les plus variés.

En fait, la production des engrais complexes a résolu du point de vue technique le plus gros problème de la fumure directe, c'est-à-dire les apports de nourriture correspondant aux possibilités de productivité des cultures et dont les effets doivent donc être opportuns et rapides.

L'Italie est arrivée bonne dernière après les principaux pays européens et après l'Amérique dans la préparation des complexes sur une grande échelle. Toutefois, on peut dire que ce retard lui a, en quelque sorte, servi pour affirmer des concepts mieux adaptés à leur application dans la fumure de production. Nos formules sont beaucoup moins nombreuses que celles des autres pays, et ceci parce que nous attachons plus aux exigences physiologiques des différentes cultures qu'à celles des différents terrains.

Cette façon de voir, que nous avons défendue depuis longtemps, tend à une fin positive: on ne peut, en effet, dans toutes les cultures, poursuivre les deux objectifs agronomiques fondamentaux, à savoir: premièrement, la fertilisation du sol qui cherche à éliminer les carences évidentes de certains éléments et de véritables anomalies de caractère physico-chimique. Deuxièmement, l'anticipation à la culture qui, bien qu'influencée par les conditions des terrains, s'attache surtout aux exigences spécifiques de la culture et à ses capacités productives réelles en fonction du milieu climatique.

La technique de fertilisation de n'importe quel terrain est un fait évolutif; il demande du temps et des interventions constantes; c'est la technique capitale de toute agriculture rationnelle. Elle débute avec le travail du sol la régularisation des

de l'acide est d'environ 26 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. On peut filtrer soit après le 1er, soit après le second stade. On obtient une plus grande rapidité de filtrage au 1er stade, et il ne se produit que très peu de précipité lorsqu'on arrive au second stade de l'ammonisation du produit filtré.

L'ammonisation de l'acide par grosses quantités est également possible, mais il est nécessaire d'introduire l'ammoniaque lentement pendant l'intervalle du pH où il se produit un précipité des impuretés (approximativement entre 2 et 4). Si l'on introduit trop vite l'ammoniaque pendant cet intervalle on n'obtient que des taux de filtrage très pauvres, probablement à cause de la sur-ammonisation locale et du précipité de solides qui en découle sous une forme très finement divisée.

On a développé une méthode de décantation continue pendant le cours de ce travail qui peut s'appliquer aux usines ne fabriquant que des engrais liquides. L'acide est ammonisé d'une façon continue en 2 stades et le produit s'écoule dans un réservoir de décantation. Le produit souillé entre dans le réservoir à décanter en un point situé à mi-chemin entre le haut et le bas. La décantation se fait assez rapidement pour permettre un départ continu de liquide épuré par le haut et des lourds déchets par le bas. Des expériences ont montré que ces derniers peuvent être pulvérisés d'une manière satisfaisante pour un épandage en couverture.

Un fabricant d'engrais liquides peut employer ce procédé, c'est-à-dire utiliser la solution claire pour la vente aux fermiers qui s'en servent et utiliser les déchets pour l'épandage ordinaire, sur sol nu. La plupart des fabricants font des épandages ordinaires et pourraient trouver à employer les déchets si l'épandage était sous leur propre contrôle.

**Impureté en suspension:** Bien que la fabrication d'un engrais liquide pur par séparation ou enlèvement des impuretés soit possible, elle implique des dépenses supplémentaires et est plus complexe. Un compromis consiste à maintenir les impuretés en suspension afin qu'elles ne puissent se déposer pendant le stockage. Ceci ne donne pas un engrais liquide clair mais aide à éviter les problèmes de manutention qui peuvent survenir si l'acide obtenu par voie humide est ammonisé par le même procédé que celui utilisé pour l'acide au four ammonisé.

SLACK et NASON ont étudié la suspension des impuretés. Deux méthodes pour obtenir les suspensions paraissent devoir donner de bons résultats dans le cas de longs stockages. Dans l'une, on incorpore un argile de type gonflant (1 à 2 % du poids du produit) qui va servir d'agent de suspension. Dans l'autre l'acide est continuellement neutralisé à un pH d'environ 7,0 plutôt que l'habituel 6,6 à 6,7. Après l'introduction de tout l'ammoniac, on met plus d'acide pour faire redescendre le pH à la valeur habituelle. La précipitation des impuretés à un pH élevé donne finalement un précipité divisé qui se dépose très lentement.

Des deux méthodes, l'utilisation du pH élevé paraît préférable aux usines où l'on peut fournir simultanément acide et ammoniaque; cela ne demande aucune matière première supplémentaire ni aucun matériel de malaxage spécial (comme il en faut pour la méthode par l'argile), cependant dans certaines grandes usines du type opérant par pesées l'emploi de l'argile est le seul possible puisque l'on ne peut maintenir constant le pH de neutralisation.

On a remarqué que des cristaux de struvite (Mg NH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub> · 6H<sub>2</sub>O) faisaient leur apparition dans le produit après une certaine période de stockage. Dans certains cas, ces cristaux atteignent une taille assez importante pour obstruer les becs des vaporisateurs. On a découvert qu'on pouvait empêcher la formation de struvite d'une manière satisfaisante en mettant le pH final du produit aux environs de 5,8 à 6,2, plutôt que de 6,6 à 6,7 comme on le fait d'ordinaire.

#### Oligo-éléments et produits nutritifs secondaires

Dans de nombreuses régions des USA, les sols sont déficients en/ou plusieurs éléments nutritifs secondaires et oligo-éléments. Le problème paraît s'étendre puisque chaque année on

remarque de plus en plus de carences. Dans certains cas, la carence est corrigée par un seul épandage relativement fort du composé approprié de l'élément manquant. De plus en plus, on incorpore des petites quantités de ces composés dans les engrais composés.

En ajoutant les produits nutritifs déficients aux engrais composés solides, il est difficile d'obtenir un bon mélange de la petite quantité de produits ajoutés avec les principaux constituants et, une fois le mélange fait, la ségrégation peut se produire au cours de la manutention. De plus, les produits ajoutés peuvent n'être pas compatibles chimiquement avec les autres produits du mélange.

L'obtention d'un mélange adéquat n'est pas un problème dans le domaine des engrais liquides — que ce soit les composés liquides ou les liquides azotés — mais d'autres problèmes surgissent. Le principal est la solubilité limitée de la plupart des matériaux assimilables.

Parmi les éléments secondaires, le calcium et le soufre sont les principaux employés dans les fertilisants liquides. L'addition de calcium se réduit aux régions de la côte du Pacifique, où on l'utilise sous forme de nitrate de chaux dans une solution de nitrate d'ammoniaque. Le calcium est connu pour avoir une influence sur le sol spécifiquement nécessaire à quelques sols de la côte du Pacifique.

Le calcium n'est pas compatible avec les engrais composés liquides parce qu'il précipite sous forme de phosphate. Cependant, il apparaît fort peu nécessaire de l'ajouter aux mélanges liquides car dans la plupart des cas un épandage direct de chaux de provenance locale est plus économique.

On ajoute le soufre à la fois aux liquides azotés et aux engrais composés liquides. En général, on utilise le polysulfure d'ammonium pour les liquides qui contiennent de l'ammoniaque libre. Il est fortement soluble dans de telles solutions mais fort peu dans les composés liquides. Pour ceux-ci, on utilise le bisulfite d'ammonium et le thio-sulfate d'ammoniaque. On utilise largement le bisulfite d'ammonium dans l'ouest de notre pays, où il est fabriqué comme sous-produit à partir d'opérations de fonte.

Les principaux oligo-éléments sont le bore, le fer, le zinc, le cuivre et le manganèse. On se sert de bore sous la forme de borate de soude et les autres sous forme de sulfates métalliques. Ils sont tous solubles dans l'eau et par conséquent solubles jusqu'à un certain point dans les solutions azotées. Cependant, sauf pour le bore, aucun des composés micro-nutritifs n'a une solubilité appréciable dans les engrais composés liquides. Par exemple, seulement 0,01 à 0,04 % des éléments (ajoutés sous formes de sulfates) peuvent se dissoudre à la température ambiante dans un engrais liquide 9—9—9 fait à partir de l'acide orthophosphorique.

On peut augmenter la solubilité des oligo-éléments dans les engrais composés liquides grâce à l'emploi de l'acide superphosphorique au lieu d'acide orthophosphorique ordinaire. Les polyphosphates dans l'acide superphosphorique retiennent les oligo-éléments de la même façon que le fer et l'aluminium sont retenus quand on emploie l'acide superphosphorique pour rendre clair l'acide obtenu par voie humide. La solubilité, à la température atmosphérique dans une solution 9—9—9 faite à partir de l'acide superphosphorique est celle-ci (éléments ajoutés sous forme de sulfates):

Oligo-éléments	Solubilité, poids %
Fer (Fe <sup>+++</sup> )	0,56
Cuivre (Cu <sup>++</sup> )	0,53
Zinc (Zn <sup>++</sup> )	0,64
Manganèse (Mn <sup>++</sup> )	0,07

La faible solubilité du sel de manganèse est probablement due à la stabilité relativement faible des composés du manganèse, par rapport à celle des autres métaux. Les polyphosphates de l'acide superphosphorique ne forment pas apparemment de composés suffisamment stables avec le manganèse, probablement à cause de la petite longueur de la chaîne des polyphosphates. Des expériences ont été faites avec un acide superphosphorique contenant 78 à 79 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A cette forte te-

<sup>1)</sup> «L'industrie chimique italienne en 1961» L. MORANDI. — Journée de la Chimie à la 40ème Foire de Milan.

<sup>2)</sup> L. PERDISA: Production et consommation des engrais chimiques en Italie extrait de «Engrais et fumures» octobre 1961.