

médiatement assimilable et en réserve de disponibilité plus ou moins lente; aussi ne devons-nous pas nous étonner de voir les solvants utilisés dans les divers pays refléter les variétés de climats et surtout de sols:

Pour le P²O⁵:

- acide sulfurique dilué, au Danemark, dans les sols non calcaires du Liban, du Portugal et de France.
- Lactate (Egner-Riehm) en Allemagne, Autriche, Belgique, Luxembourg, Portugal, Pays-Bas.
- Acide trichloroacétique, Espagne.
- Acide acétique + acétate de soude (Morgan-Barbier), France, parfois en Italie, Royaume-Uni.
- Acide nitrique étendu (Schloesing), pour terres calcaires en France.
- Acide citrique (Dyer), pour les terres non calcaires en France, ou Royaume-Uni.

Pour le K²O:

- Lactate (Egner-Riehm), en Allemagne, Autriche, Belgique, Luxembourg, Portugal.
- Acétate d'ammoniaque, Liban, Danemark.
- Acétate de soude, France.
- Acétate de soude dans acide acétique (Morgan-Barbier), France, Italie, Royaume-Uni.
- Acide chlorhydrique, Pays-Bas.

Les analyses de sol, même en tenant compte des solvants plus ou moins appropriés aux sols considérés, ne sont pas des tests parfaits en raison notamment des complexes argilo-humiques et du calcaire; les sols retiennent souvent énergiquement les principes fertilisants que certaines plantes parviennent cependant, suivant l'état d'humidité du terrain, à assimiler dans des proportions plus ou moins importantes. Il est bien évident que ces solvants qui doivent agir très rapidement en vue de l'analyse de laboratoire ne peuvent donner une idée exacte de la mise à disposition des principes fertilisants assimilables par les plantes qui s'effectue lentement dans les solutions du sol. Aussi ne peut-on demander à ces analyses une grande précision qui, du reste, ne semble pas nécessaire. Dans la plupart des pays les résultats de l'analyse font classer les teneurs du sol dans une échelle très approximative en «bonne», «faible» et «mauvaise teneur».

Dans quelques pays l'annonce d'une bonne teneur du sol en un élément est considérée comme dispensant d'apports d'engrais; dans la plupart des autres, un «apport d'entretien» est appliqué, même en cas de très bonne richesse du sol dans l'élément considéré.

L'analyse du sol ne procurant que des renseignements très fragmentés dans certaines conditions de sol et de climat il est normal que l'on soit amené à chercher un test en rapport plus étroit avec la faculté d'absorption même de la plante. Depuis un assez long temps déjà, dans les cultures pérennes et particulièrement pour la vigne, on eût recours à l'analyse foliaire, il s'agit là d'un test de comparaison et une certaine difficulté consiste dans le choix du sujet-témoin; les diverses variétés, les divers milieux influent de telle sorte que les sujets de comparaison doivent être extrêmement nombreux; d'autre part, la méthode n'a guère donné, jusqu'à présent, des résultats intéressants sur plantes annuelles de nos pays.

Actuellement une autre méthode se développe et est appliquée sur une très grande échelle en URSS, il s'agit de l'analyse des sucs de plantes qui, pratiquement, renseignerait assez exactement sur la composition de la sève ascendante, donc sur l'assimilation des principaux éléments. Utilisée systématiquement sur toute la Russie par des investigations quantitatives elle est aussi pratiquée aux USA sur une certaine échelle, comme test qualitatif, nous commençons à l'étudier en France. Ce test est encore un test de comparaison et il convient de savoir jusqu'à quel degré d'approximation les courbes d'assimilation-types peuvent rendre cette comparaison valable. Il semble qu'en URSS on ait simplifié la méthode à l'extrême, les recherches françaises actuelles portent en particulier sur les in-

fluences du milieu sur les courbes d'assimilation en vue de constituer des courbes-types en nombre aussi réduit que possible sans pour cela perdre trop de précision. On prétend qu'en URSS le milieu provoque seulement des variations de composition du suc allant du simple au double alors que les variations dues à la fumure provoquent des variations du simple au décuple: ce serait cette disproportion dans les effets qui autoriseraient la simplification adoptée par les Russes.

Les diverses analyses postulent toujours des interprétations en raison des nombreux facteurs qui réagissant les uns sur les autres, modifient les rythmes de l'alimentation des plantes. L'analyse physique, dans certains sols et sous certains climats, permet généralement une bonne base d'interprétation de l'analyse chimique, aussi trouve-t-on dans de nombreux pays des guides à l'usage du cultivateur ou de ses conseillers qui, compte tenu des indications simplifiées de l'analyse chimique, permettent, à l'aide d'un tableau de correspondance aux composants physiques, surtout aux complexes, de formuler la fumure adéquate pour chaque culture. Nous avons eu ainsi entre les mains des tableaux en usage chez les Conseillers agricoles en Belgique, en Hollande, au Danemark, en Allemagne. Dans d'autres pays comme l'Autriche, des tableaux de «doses d'engrais» sont établis par culture et pour chacun des types courants de sol («Secteur des Alpes avec principalement des exploitations de montagne», «Préalpes nord et sud», «Région sèche», «Quartier boisé»). Dans la plupart de ces documents, établis par des services vulgarisateurs, les doses sont exprimées en kilos ou quintaux/Hectares des engrais usuels dans la région considérée.

Le mode d'application le plus courant des engrais semble dans les pays d'Europe occidentale être l'épandage sur toute la surface avec enfouissement à l'automne ou en fin d'hiver, en fond de labour, au moins pour P²O⁵ et K²O; l'épandage en couverture se développe surtout pour l'azote avec parfois fractionnement et aussitôt au printemps, pour les engrais composés. En potasse les pays humides du Nord ou montagneux des Alpes semblent craindre un lessivage d'hiver et conseillent un épandage au printemps; il n'en est pas de même dans les pays méditerranéens ou même continentaux. Il semble avéré qu'en certains pays l'apport conjoint d'acide phosphorique et d'azote à la sortie de l'hiver, en couverture sur les céréales d'automne, est bénéfique.

La localisation cependant commence à se développer sur certaines cultures, notamment le maïs où des applications sont souvent faites au semis, en bande, souvent latérale à la raie du semis de graine ou légèrement au-dessous de la graine et sont parfois accompagnées de désinfectants.

La fumure phosphatée et potassique, en fond de plantation, des vignes et des arbres fruitiers est bien généralisée maintenant, elle est suivie au cours des années suivantes par des fumures d'entretien, de surface, plus ou moins enfouies.

Les fumures par irrigation sont encore exceptionnelles mais se développent sur certaines cultures dans les régions méditerranéennes (riz, orangers, légumes), en Italie, en Espagne et même un peu en France.

Conclusion

L'intérêt de fumures correctes et par conséquent de «conseils de fumure» pleinement valables est considérable. Comme je l'ai indiqué au début de cet entretien, la fumure minérale est susceptible, par l'accroissement des rendements, d'être très hautement rentable et de transformer parfois, lorsque la fertilité chimique est le «goulot d'étranglement», des exploitations précédemment déficitaires en exploitations nettement bénéficiaires. Je pourrais citer comme exemple les modifications de fumure apportées dans une petite ferme de 10 ha située à une quinzaine de kilomètres de Strasbourg où la fumure, passant en trois ans de 79 à 129 NF (15 à 25 dollars) à l'hectare et se trouvant mieux équilibrée, a converti un revenu net à l'hectare négatif en un revenu net de près de 300 NF (60 dollars)

Sicile (4, 21, 22) et dans les terrains de la Grèce et de la Tunisie (26) indique pour le froment en particulier une profondeur aux alentours de 30 à 35 cm.

2. Azote et matière organique

En matière de fertilisation des terrains arides revient toujours sur le tapis le problème de la fumure organique, compte tenu du fait que les terrains eux-mêmes sont en général pauvres en humus.

Sans rappeler les concepts bien connus sur le rôle de la matière organique dans le sol et ses rapports avec l'humus et les engrais minéraux⁷⁾ il semble opportun d'indiquer les moyens dont on peut disposer pour pourvoir aux importants apports de substance organique.

Sans doute le fumier d'étable reste le plus important des engrais organiques, mais, malheureusement, avec les méthodes actuelles de cultures, on n'en produit pas en quantité suffisante pour pourvoir à l'entretien ou à la restauration de la fertilité dans les sols. On pourra rendre possible cela seulement quand l'intensification des cultures fourragères permettra d'étendre les élevages de bétails (semi-stabulation ou stabulation).

Il y a des gens qui tentent de pourvoir aux apports de substance organique au moyen des engrais verts de légumineuses. Il faut distinguer les engrais verts d'hiver de ceux tardifs du printemps déjà avancé: ces derniers préconisés par Pantanelli (29). A notre avis, du point de vue économique, toutes les formes d'engrais verts n'apparaissent pas adaptées au milieu aride pour les cultures herbacées sèches. Les engrais verts hivernaux peuvent s'utiliser, selon les plantes employées et les régions considérées, en janvier-février. En ce cas la question se pose: quelle culture peut-on pratiquer sans l'aide de l'irrigation? Malgré les engrais verts, dans la plupart des cas les cultures sèches de printemps-été en milieu chaud-aride conduisent très souvent à une levée peu satisfaisante. Nous avons dit «dans la plupart des cas», parce qu'il n'est pas exclu dans des terrains meilleurs, de bonne profondeur, on pourra atteindre à des résultats favorables. De même ne semblent pas à conseiller les engrais verts tardifs, à effectuer tard dans l'été avec des matériaux plus ou moins lignifiés pour, ensuite, semer la céréale de l'automne suivant. Avec cette dernière méthode, s'il est vrai qu'il s'enfouit une plus grande quantité de substance qui se décompose peu pendant l'été, il est aussi vrai que l'on perd un an, pour lequel les accroissements de production de la culture de l'année suivante sont difficilement en mesure de rembourser et les frais engagés pour les engrais verts et le manque de production d'un an.

En milieu aride, les engrais verts peuvent être conseillés pour les cultures arborescentes (oliviers, vigne) mais, en général, lorsque la culture d'un herbage est effectuée, il est toujours préférable de conseiller de destiner la production d'herbe à l'élevage du bétail qui joint un revenu en viande et en laine à la production de fumier.

Ces derniers temps, est revenu sur le tapis le problème de la fumure organique grâce à l'emploi direct de la paille, argument qui s'accorde avec les recherches il y a 60 ans de Krüger et Schneidewind. Les résultats de recherches modernes françaises et italiens (2c, 2g 9) ont confirmé la vérification des phénomènes de dénitrification consécutifs à la dégradation du rapport $\frac{C}{N}$ de la paille. Il apparaît toutefois possible d'éliminer ou de limiter la dépression de production que l'on constate dans la culture des céréales effectuée sur terrain fumé avec la paille moyennant l'adjonction d'azote ammoniacal dans une proportion aux environs de 1% de la paille enterrée. De même

⁷⁾ L'argument a formé l'objet de discussions particulières au cours de l'Assemblée générale du CIEC tenue à Zurich en octobre 1954 (11). Il faut aussi signaler les récents travaux de Barbier, de Chaminade et de Dhar (5, 10, 18). Par là se confirme généralement que l'efficacité de la fumure minérale, surtout de celle azotée, est liée à la teneur en humus du sol. Dans les terres pauvres en humus, les accroissements résultant de l'apport d'azote minéral restent inférieurs à ceux obtenus avec la même quantité d'azote apportée en terrains pourvus de substance organique. D'autre part, dans les terrains pourvus d'humus, le risque des effets dépressifs sur les cultures à attribuer aux doses d'azote élevées (2a) diminue.

par des recherches que nous avons entreprises en Sardaigne il semble confirmé qu'en effet l'adjonction d'azote limite les phénomènes de dénitrification; mais en terrain compact, en employant des proportions élevées de paille (ici 50 Qx et là 75 Qx par ha) on a vérifié au départ des conditions physiques peu favorables (excès de «creux») qui ont fait ressentir leurs effets à cause du retard des précipitations et, de là, par le lent développement du processus de décomposition des matières enfouies.

Dans l'état actuel des connaissances, le problème de la fumure directe avec paille dans les terrains arides demande des confirmations ultérieures pour fixer, selon les milieux, les quantités de paille et d'azote, la profondeur et l'époque d'enfouissement, les effets sur les cultures successives.

L'utilisation de la paille pour la préparation des fumiers «artificiels» semble convenir, en stratifiant la matière de la paille avec des engrais phospho-azotés et en maintenant l'état humide avec de fréquents arrosages. Là où manquent les possibilités de disposer de modestes quantités d'eau pour les arrosages, les précipitations serviront à humidifier naturellement les tas eux-mêmes. Dans ce cas le processus de décomposition peut être plus long, mais en définitive on atteindra le résultat voulu. D'autre part, en même temps que la paille de céréales on pourra employer des résidus végétaux non utilisables autrement. Ce qui compte c'est enrichir avec tous les moyens, les terrains arides en substances organiques.

Un moyen très important pour apporter la substance organique au sol est représenté, comme on l'a appris, par les cultures fourragères, en particulier les légumineuses qui laissent d'abondants résidus de racines. L'action fertilisante de la luzerne et des autres légumineuses polyennales est connue, mais aussi les cultures annuelles de féverolle, de vesces, exercent une action importante. A cela s'ajoute le fait que les cultures en prés sont les meilleures utilisatrices d'engrais phosphatés, dont les terrains arides méditerranéens ont presque toujours besoin.

Malheureusement dans les terrains arides la substance organique introduite dans le sol est soumise à de rapides processus d'oxydation (eremacausi) et ainsi les difficultés pour parvenir à un bon dosage d'humus deviennent plus grandes. Cependant, avec de tels procédés (épandage des fumiers peu après la saison pluvieuse et non en plein été; adoption d'assolements équilibrés) il semble possible de réduire même ces actions négatives.

De la même façon, le manque initial de substance organique ne peut représenter un obstacle pour l'évolution de l'assolement des cultures. En cas de manque ou d'insuffisance d'apports de substance organique, la fumure minérale, celle azotée, en particulier, devra servir comme seul moyen générateur pour produire de plus grandes quantités de la même substance organique. En effet, quand s'accroît le besoin d'intensifier la fumure minérale pour obtenir de plus grandes quantités de fourrage, pour obtenir en général des quantités plus élevées de produits végétaux ou animaux, il est clair que s'accroît aussi la production de cette matière organique, dont la plus grande partie doit retourner à la terre. Il n'y a pas de conflit entre fumures organiques et minérales. Toutes les deux sont indispensables pour augmenter les processus productifs.

3. Azote, phosphore et potassium

Nous avons déjà rappelé que les terrains arides méditerranéens sont, en général, pauvres en phosphore. Dans de vastes régions, la carence en cet élément prend des aspects préoccupants alors que l'influence du phosphore dans la vie végétale est considérable.

Aux vieilles connaissances sur les fonctions du phosphore se sont ajoutées les acquisitions modernes en ce qui concerne l'appréciation de sa valeur biologique. Ainsi les recherches menées avec l'aide du C₁₄ ont mis en lumière sa fonction activante dans la photosynthèse des hydrates de carbone. En cas de carence en phosphore, entre autres, la faculté des plantes supérieures à synthétiser le saccharose s'affaiblit. En réalité, dans toutes les synthèses glucidiques, génératrices à leur tour