

dans les plantes de toutes les formes variées de combinaisons de la substance quaternaire, le phosphore semble caractérisé par les fonctions d'actif de du bio-métabolisme). Parmi les acquisitions les plus intéressantes méritent aussi d'être rappelées celles qui tendent à démontrer une plus grande fixation d'azote libre au sol pourvu de phosphates. Il est certain que le phosphore exerce un rôle important pour permettre aux plantes une meilleure utilisation des autres éléments nutritifs et, en particulier, de l'azote.

Si l'on fait compte de la pauvreté de nos terres en phosphore total et assimilable, il semble indispensable d'intensifier les fumures phosphatées «de fond» pour porter la teneur nutritive du sol à un niveau satisfaisant. Viennent ensuite les fumures annuelles ou d'entretien pratiquées sur les cultures particulières.

Même en ce qui concerne le potassium, les interactions avec l'azote ont démontré que le premier détermine également une plus substantielle et meilleure utilisation que le second par la plante. Dans les cas d'insuffisance potassique en présence de quantités élevées d'azote, le métabolisme de l'azote lui-même se développe imparfaitement: on a dans la plante un excès d'azote non utilisable, on a des phénomènes de dépression de la production lorsqu'une part importante de potassium ne trouve pas son rapport adéquat avec l'azote.

#### 4. L'azote et la nature génétique de la plante

La nature génétique de la plante a une telle importance en regard du choix de l'effet des fumures, qu'elle renverse le résultat final si la fumure n'est pas convenablement dosée. Il suffit de rappeler les manifestations des verses et les attaques de la rouille qui peuvent se vérifier dans les froments abondamment fumés à l'azote.

Dans tous les cas, en climat aride, on conseille le choix, dans l'alternance des différentes espèces, de cultiver en cycle court et, par là, d'avoir des besoins hydriques inférieurs; de cultiver des variétés précoces qui échappent aux premières périodes de sécheresse. La recherche génétique dans ce domaine continue dans les principaux pays et a déjà amené à des résultats hautement appréciables. On peut aujourd'hui cultiver des variétés précoces de froment tendre, de maïs, de sorgho et d'autres plantes. Le problème reste en suspens pour le blé dur, qui revêt tant d'importance dans la culture des céréales méditerranéennes.

Avec la nature génétique on considère l'aptitude physiologique que possèdent quelques espèces. On sait par exemple l'aptitude du riz et du maïs à assimiler l'azote ammoniacal, spécialement dans la première période du cycle biologique et l'on sait l'action élective exercée par des sels azotés solubles sur le développement de la majeure partie des graminées. On apprend aussi que l'application d'azote aux légumineuses réduit et quelquefois annule la fixation réalisée normalement par les bacilles des racines et l'action de fumure azotée n'équivaut pas à celle que l'azote atmosphérique fixé par la plante et que la symbiose bactérienne à lui transmis a exercée.

On ne peut enfin oublier la nature et la destination des produits: lorsqu'on recherche les productions fourragères (ex.: graminées ou mixtes) l'emploi de l'azote peut aussi atteindre des limites trop excessives, toujours en fonction des réserves d'humidité du sol; dans d'autres cultures s'impose un équilibre supérieur dans les applications d'azote (céréales, tabac, coton).

#### 5. Azote et assolements

Le progrès ultérieur dans la fertilisation des terrains arides est fondamentalement lié à l'évolution des assolements culturaux. Quand on dispose d'eau d'irrigation, le passage aux assolements intensifs est sans doute plus facile: il est possible d'effectuer diverses cultures et le choix de celles-ci dépend uniquement de raisons de marché. En culture irriguée aussi les problèmes de la fumure se résolvent plus facilement.

Dans l'évolution des assolements productifs en culture sèche le premier problème a trait au passage des assolements discontinus (avec jachères) à ceux continus, comportant une plus grande limitation, pour ne pas dire une abolition, des repos

entraînant un développement adéquat des cultures fourragères et, par conséquent, de l'élevage du bétail. La diffusion des cultures fourragères représente la clef de voûte du progrès de l'agriculture de tous les pays secs méditerranéens.

Les assolements culturaux plus évolués comportent l'amélioration de la technique de la fertilisation.

On ne peut parler de fertilisation du sol si l'on ne tient pas compte précisément des assolements, dans lesquels les aspects des fumures organiques et minérales ne sont pas réalisés sur la culture à laquelle la fumure elle-même a été appliquée, mais se reflètent sur les cultures successives. A propos des actions résiduelles il ne faut pas se limiter à considérer seulement les disponibilités nutritives, mais il faut tenir compte des améliorations introduites dans les conditions physico-chimique et biologique du sol. Dans les sols bien fournis en humus, l'azote fertilisant en excès intensifie les actions microbiennes avec répercussion sur l'entière mobilisation des matières nutritives (2a). D'autre part, d'après des recherches de White et Pesek (34) une proportion d'azote sous forme nitrrique provenant de la transformation de l'azote ammoniacal se localiserait au-dessous de la couche travaillée: dans ces recherches on a constaté l'action résiduelle de l'azote sur des cultures d'avoine succédant au maïs. L'action résiduelle due à l'azote a été constatée aussi par Scarsbrook (31) avec l'avoine après du coton fumé avec des fertilisants contenant de l'azote uréique.

En ce qui concerne le froment ou les céréales analogues on sait que de l'influence de la culture précédente peut dépendre la dose optima d'azote à administrer et ensuite la valeur de la production maxima résultante.

On a appris que les légumineuses, celles des herbages en particulier, laissent avec leurs résidus de racines abondants des quantités d'azote assimilables. Après défriche d'herbages de légumineuses, quelquefois, la fumure azotée peut d'ailleurs ne pas être appliquée au semis, se réglant éventuellement avec l'apport de nitrate en couverture. Les cultures sarclées non légumineuses agissent au contraire en améliorant les conditions physiques du terrain, avant tout la structure, si bien que les céréales qui suivent peuvent recevoir des applications adéquates d'azote. Dans les conditions de la culture en deuxième paille, au contraire les engrais doivent être toujours appliqués de manière bien proportionnée, l'action appauvrissante exercée par les céréales étant connue.

#### V. Perspectives de la fertilisation azotée en milieu aride

Nous avons mis l'accent sur les facteurs variés et complexes qui interviennent pour orienter la technique de la fumure azotée. En se référant aux cultures d'automne-hiver, les plus récentes constatations résultant de l'expérimentation faite dans divers milieux, peuvent se synthétiser ainsi:

##### 1. Quantité d'azote

En ce qui concerne le blé tendre dans des sols suffisamment profonds et bien travaillés, faiblement pourvus en substance organique, avec l'adoption d'espèces précoces, de petite taille, l'emploi de 40-60 kg d'azote par ha et quelquefois davantage (variable selon le cours de la saison) est à conseiller sans contre-indication, en choisissant la limite inférieure lorsque le blé succède à une légumineuse et la limite supérieure dans le cas de précédent céréale; en se maintenant dans des limites intermédiaires dans le cas des autres précédents (plantes sarclées non légumineuses) (2c, d, e). Dans des conditions déficientes, c'est-à-dire sur sols plus pauvres en substance organique et quand les réserves hydriques du terrain font défaut, il est bon de se maintenir près de la limite inférieure. On doit agir avec plus de précautions pour les blés durs qui, en raison de leur plus grande taille, sont plus sujets à la verse et sont aussi plus sensibles à l'échaudage. Bien que les expériences menées pendant ces dernières années dans quelques régions, parmi lesquelles la Pouille et la Sardaigne (2f, h), tendent à démontrer que l'on peut atteindre et parfois dépasser dans des conditions favorables la limite de 40 kg d'azote par ha.

Pour des autres cultures (herbages mélangés du type vesce et avoine) 30-50 kg d'azote par ha réussissent également bien.

#### IV. Au Danemark

Les apports de P<sup>2</sup>O<sup>5</sup> et K<sup>2</sup>O se font généralement en une fois avant le semis en automne, l'importance dépend des récoltes envisagées. Dans les sols fortement fertilisés et de réaction basique les engrais sont appliqués en épandage au semoir sur toute la surface sans localisation. La ferti-irrigation se pratique en horticulture seulement. Les carences sont combattues plutôt par pulvérisation que par fumure.

#### V. En Espagne

On apporte des fumures phosphatées très supérieures aux exportations jusqu'à ce que l'analyse de contrôle montre que l'on a atteint un bon niveau de réserves, on applique ensuite une fumure d'entretien. En potasse on opère de même, toutefois ces sols peu productifs et secs sont généralement bien pourvus en cet élément, par contre les sols irrigués nécessitent à peu près toujours des apports. La localisation est essayée dans les lignes de maïs. Pour les orangers l'ammoniaque est utilisée directement dans les eaux d'irrigation.

#### VI. En France

Rares sont les exploitations où la fumure phosphatée et potassique est bloquée en tête d'assolement. On a plutôt apporté, dans le passé, la fumure phosphatée et potassique en fumure de fond et surtout à l'automne, en fonction des récoltes à produire. Actuellement on a tendance à compléter l'apport de fond par une fumure azoto-phosphatée de couverture au printemps. Certaines cultures de céréales reçoivent en outre des apports fractionnés d'azote en cours de végétation. Des cultures comme le maïs bénéficient de fumures composées localisées combinées avec des insecticides, d'autres comme le riz reçoivent leur fertilisation dans l'eau d'irrigation. Enfin les cultures perennes reçoivent une fumure phosphatée et potassique massive à la plantation suivie d'une fumure annuelle d'entretien. Près de la moitié de la fumure est appliquée sous forme d'engrais composés. Parmi ces engrais un tiers est formé d'engrais ternaires dont une proportion très élevée de complexes, plus de 1.100.000 tonnes. On enregistre une évolution sous l'action des Stations de Recherches vers un calcul des fumures fondé, d'une part, sur le besoin en azote de chaque récolte selon rendement escompté, d'autre part, sur le besoin du sol en P<sup>2</sup>O<sup>5</sup> et en K<sup>2</sup>O, en fonction du mode de culture, notamment de la charge de bétail, pour le maintien d'un niveau de fertilité optimum qui doit être recherché, le cas échéant, en forçant les fumures P<sup>2</sup>O<sup>5</sup> et K<sup>2</sup>O pendant plusieurs années pour l'atteindre. Ceci se traduit dans un document donné ci-joint en annexe.

#### VII. En Italie

Les apports phosphatés et potassiques se font à chaque culture, toutefois pour les cultures perennes le P<sup>2</sup>O<sup>5</sup> est apporté en grosse quantité à la plantation sans négliger pour autant la dose d'entretien dans les années suivantes.

La localisation s'effectue pour une part de la fumure phosphatée et potassique par enfouissement avec la semence. L'Azote est surtout appliqué sur blé et plantes industrielles en couverture, au détriment de l'apport de fond.

#### VIII. Au Luxembourg

Les fumures phosphatées et potassiques sont appliquées à chaque culture, mais on les spécialise: P<sup>2</sup>O<sup>5</sup> au blé, K<sup>2</sup>O aux plantes sarclées, en fonction de l'assolement; pour les prairies les apports se font généralement tous les 3 ans. Dans les terres de culture on enfouit les scories au labour; dans les prairies on procède au hersage. Généralement on recommande l'emploi de la fumure phosphatée et potassique à l'automne et de l'azote au printemps, toutefois dans ces sols constamment en bon niveau de fertilité la date d'épandage des engrais phosphatés et potassiques a ici peu d'importance.

#### IX. Au Liban

Les apports phosphatés et potassiques se font à chaque culture et non en tête d'assolement. L'épandage s'effectue sur toute la

surface pour les céréales et le tabac, par contre la localisation est recommandée pour les plantes sarclées et industrielles: pommes de terre, betteraves sucrières, coton, ainsi que pour les cultures maraichères et les arbres fruitiers.

#### X. Aux Pays-Bas

P<sup>2</sup>O<sup>5</sup> et K<sup>2</sup>O sont généralement appliqués en une fois au printemps, dans le passé ils étaient plutôt employés à l'automne. Dans les sols à forte rétention on épand ces éléments le plus tard possible sur les prairies où l'on craint des lessivages, la potasse est même apportée en plusieurs fois, après chaque coupe. Par contre, pour certaines cultures, maïs et betteraves, exigeantes en P<sup>2</sup>O<sup>5</sup> à leur levée, on applique l'engrais phosphaté en hiver avec petit complément au semis.

L'épandage est généralement uniforme sur toute la surface sauf pour maïs et betteraves où on localise en lignes.

#### XI. Au Portugal

Les apports de P<sup>2</sup>O<sup>5</sup> et K<sup>2</sup>O se font à chaque culture selon leurs besoins. Les fumures sont épandues sur toute la surface des terres et enterrées par hersage ou labour; toutefois pour certaines cultures telles que la pomme de terre et le maïs on commence à utiliser la localisation.

#### XII. Au Royaume-Uni

L'application de P et K se fait à chaque culture, en principe par enfouissement au semis pour les céréales; l'azote pour les céréales d'hiver est épandu en couverture au printemps; pour les céréales de printemps il est entièrement enfoui au semis. N, P, et K sont enfouis à la plantation de la pomme de terre mais pas au contact du tubercule, ils sont apportés au semis pour la betterave à sucre et pour les plantes fourragères.

\*

Le court examen que je viens de faire montre que, suivant les pays, dans notre Europe occidentale, le **Conseil de Fumure** est formulé par des personnalités d'appartenances diverses et d'après des bases de diagnostic variées. Dans la plupart des pays les Services Officiels s'en préoccupent; partout les services agronomiques des producteurs d'engrais interviennent.

En fait, les agronomes qui connaissent bien une région et qui, depuis de nombreuses années observent les rendements des récoltes et l'allure de la végétation, sont généralement à même de formuler le Conseil de fumure sur le terrain après une courte enquête leur permettant de reconstituer le passé culturel. Ils opèrent ainsi comme ces vieux médecins qui connaissant bien leur Art, formulaient leur diagnostic sans s'en référer aux nombreux tests auxquels la science médicale moderne fait appel.

Toutefois il apparaît bien que l'art de la fertilisation a besoin, dans certains cas, de faire appel à des tests scientifiques, notamment là où des habitudes de fumure ne se sont pas encore établies. C'est alors que l'agronome est appelé à consulter un certain nombre de tests et, jusqu'à présent, ceux employés ont été surtout l'analyse du sol, voire parfois l'analyse de la plante, l'interprétation de ces tests faisant appel à l'étude structurale et pédologique du terrain.

L'analyse du sol porte presque exclusivement, dans tous les pays considérés, sur l'acide phosphorique et la potasse, la minéralisation de l'azote du sol échappant pour le moment à une prévision rationnelle, contrariée notamment par l'ignorance où l'on se trouve, lors du conseil, du climat ultérieur; les éléments secondaires et les oligo-éléments ne font généralement l'objet d'analyse que lorsque leur déficience dans le sol est suspectée, notamment quand des symptômes visuels de carence plus ou moins fugitifs ou au contraire affirmés se manifestent.

L'analyse de P<sup>2</sup>O<sup>5</sup> et de K<sup>2</sup>O dans le sol ayant pour but de renseigner sur les ressources en ces éléments effectivement disponibles pour les plantes, il est recherché, dans chacun des pays, des solvants qui caractérisent le mieux possible cette fraction des réserves du sol que la récolte peut assimiler. Climat et complexes des sols ont malheureusement une influence considérable sur ce fractionnement de la réserve en part im-