

gement compte de ce fait, si on se base sur des chiffres de prélèvement moyens, lors de l'établissement des plans de fumure.

III. Arrière-action de l'acide phosphorique des engrais minéraux

On sait que MAERCKER et WAGNER, les deux pionniers de la fumure phosphatée, ont conseillé, à la fin du siècle dernier, de fournir des doses extrêmement élevées d'engrais phosphatés. Cette recommandation a provoqué de vives oppositions de différents côtés et le fait de fournir des doses aussi élevées d'engrais phosphatés a été souvent considéré comme du gas-pillage. En se basant sur un matériel expérimental exceptionnellement nombreux, WAGNER avait toutefois pu démontrer, à l'époque, l'exceptionnel intérêt d'une saturation du sol en acide phosphorique, saturation qui consiste dans le fait que le sol devient d'année en année plus riche en acide phosphorique assimilable, que les rendements deviennent plus sûrs d'année en année et que le sol est mis en mesure de pouvoir fournir des rendements exceptionnellement élevés dans les années exceptionnellement favorables.

Les opinions et les constatations faites par WAGNER sont entièrement confirmées par nos résultats récents. Nous avons insisté sur le fait que le degré d'utilisation de l'acide phosphorique des engrais minéraux a été plus élevé au cours des dernières années de nos deux essais de fumure sur prairies, précisément par suite de la saturation du sol en acide phosphorique, saturation exigée par WAGNER. Il en a été également de même dans notre essai de fumure sur plantes de grande culture à Ernsthofen avec le seigle, l'avoine et les pommes de terre. Dans tous nos essais, les récoltes ont été assurées avec plus de sécurité au fur et à mesure de leur durée, et sur prairies nous avons pu obtenir effectivement des augmentations de rendement exceptionnellement élevées et des fourrages à teneur élevée en éléments minéraux. Il ne fait aucun doute qu'il faut tenir compte de ces considérations lors de l'interprétation des analyses de sol et de l'établissement des plans de fumure; elles jouent certainement un plus grand rôle que l'économie douteuse de quelques kilos d'acide phosphorique.

En effet, est-ce une faute économique d'apporter aux cultures davantage d'acide phosphorique qu'elles n'en prélèvent? Certainement pas? WAGNER avait déjà pu montrer que des fumures phosphatées répétées 6, 8 ou 9 fois avaient laissé dans le sol suffisamment de restes d'acide phosphorique inutilisé qu'une arrière-action très sensible peut se produire. En nous basant sur les résultats obtenus dans des essais d'une durée exceptionnellement longue, nous traiterons pour terminer ce problème d'arrière-action.

1. Arrière-action de l'acide phosphorique des engrais minéraux dans l'essai de fumure sur prairie No 1.137

L'essai de fumure sur prairie de Reichelsheim, que nous avons déjà décrit, comporte des parcelles qui ont reçu de 1912 à 1932, en dehors des engrais potassiques, tous les ans 101 kg de P₂O₅ à l'ha. En 1932, soit après 21 années d'essai, nous avons subdivisé ces parcelles en deux et nous avons apporté sur la moitié, de 1933 à 1958, seulement de la potasse, ceci pour étudier l'arrière-action du P₂O₅. Cette étude a donc porté sur 26 années d'essai. De 1912 à 1932 la prairie avait reçu au total 2128,0 kg/ha de P₂O₅. D'après nos analyses de foin, les récoltes ont prélevé pendant cette durée 443,1 kg de P₂O₅, de sorte qu'il est resté dans le sol, après la 21^e année d'essai, un reliquat de 1684,9 kg de P₂O₅. De 1933 à 1958, période pendant laquelle nous avons étudié l'arrière-action du P₂O₅, les plantes des prairies ont prélevé 347,4 kg de ce reliquat de P₂O₅. Ceci revient à dire que le degré d'utilisation du reliquat de P₂O₅ pendant 26 années a été de 21% soit en moyenne par an de 0,8%. L'acide phosphorique des engrais minéraux a donc eu une arrière-action sensible, mais celle-ci ne se traduit pas seulement par une absorption accrue d'acide phosphorique par les plantes, mais également par des aug-

mentations sensibles de rendement, ce qui est en fin de compte déterminant pour l'agriculteur.

Malgré cela les prairies doivent recevoir régulièrement des engrais phosphatés. En effet les parcelles qui ont continué à recevoir une fumure phosphatée de 1933 à 1958 ont eu des rendements supérieurs à ceux des parcelles dont nous avons étudié l'arrière-action du P₂O₅; elles ont produit au total 329 q. de foin en plus. Par ailleurs le fourrage de ces parcelles était toujours plus riche en acide phosphorique.

2. Arrière-action de l'acide phosphorique des engrais minéraux dans l'essai de fumure sur plantes de grande culture No 739

Pour étudier l'arrière-action de l'acide phosphorique des engrais minéraux sur plantes de grande culture, nous avons en 1914, divisé en deux une partie des parcelles de l'essai d'Ernsthofen, une moitié n'ayant plus reçu d'acide phosphorique depuis 1915, mais recevant par contre de la potasse et de l'azote. L'étude de l'arrière-action d'une fumure phosphatée fournie de 1901 à 1914 porte donc sur une période imposante de 44 années. Compte tenu des résultats d'analyses annuelles des différentes plantes cultivées quant à leur teneur en P₂O₅, nous avons obtenu, par exemple pour les parcelles à scories Thomas, les résultats ci-après, en ce qui concerne l'arrière-action de l'acide phosphorique.

Arrière-action de l'acide phosphorique des engrais minéraux dans l'essai de fumure sur plantes de grande culture No 739

Apport d'acide phosphorique par les engrais minéraux de 1901 à 1914	918,0 kg/ha P ₂ O ₅
Prélèvement d'acide phosphorique par les cultures de 1901 à 1914	212,6 kg/ha P ₂ O ₅
Reliquat de P ₂ O ₅ à la fin de la 14 ^e année d'essai	705,4 kg/ha P ₂ O ₅
Prélèvement de P ₂ O ₅ de ce reliquat par les cultures de 1915 à 1958	227,1 kg/ha P ₂ O ₅
Degré d'utilisation du reliquat de P ₂ O ₅ pendant 44 années d'étude de l'arrière-action	32,2 %
Degré d'utilisation annuelle moyen du reliquat de P ₂ O ₅	0,7 %

Mais le reliquat de P₂O₅, qui est resté dans le sol de limon de Ernsthofen après 14 années de fumure, n'a pas été un capital mort pour les différentes cultures qui ont suivi. C'est ainsi que nous avons obtenu de 1915 à 1919, c'est-à-dire pendant la période de la première guerre mondiale où les engrais phosphatés étaient rares, sur les parcelles réservées à l'étude de l'arrière-action du P₂O₅, 5,2 q. de valeur céréales de plus que sur les parcelles n'ayant jamais reçu d'acide phosphorique. Pendant les années d'après guerre, de 1920 à 1924, où les engrais phosphatés étaient encore plus rares, nous avons obtenu sur les parcelles d'étude de l'arrière-action du P₂O₅, des rendements moyens de 8,2 q./ha de valeur céréales. On peut en déduire que pour la première décennie suivant la période où la fumure phosphatée était apportée à raison de 64 kg/ha de P₂O₅ tous les ans (1901 à 1914), l'arrière-action de l'acide phosphorique a correspondu à une valeur de 6,6 q. de valeur céréales. Au cours de la deuxième décennie (1925 à 1934) nous avons enregistré encore une valeur de l'arrière-action de 4,9 q./ha de valeur céréales. Bien entendu ces chiffres ont progressivement diminué au cours des années suivantes. Mais même au cours des dernières années, soit après plus de 40 ans, l'arrière-action de la fumure phosphatée minérale est encore apparente dans cet essai et se traduit par des rendements plus élevés que dans les parcelles n'ayant jamais reçu d'engrais phosphatés.

Tous les agriculteurs qui ont suivi autrefois les conseils de WAGNER quant à la saturation de leurs sols en acide phosphorique, ont ainsi pu passer sans trop de difficultés des périodes difficiles et disposent d'un sol dont le capital a gardé sa valeur et qui porte encore aujourd'hui des intérêts.

Progrès dans la fertilisation azotée des terrains arides d'Europe

Prof. R. BARBIERI, Directeur de l'Institut d'Agronomie générale de l'Université de Sassari

Prof. A. FABRIS, Directeur de l'Institut de l'Industrie Agricole de l'Université de Milan

Sous la poussée des besoins de populations en expansion, la production agricole a dépassé, dans les plus importants pays du monde, le niveau atteint avant la guerre ¹⁾. Le rythme d'accroissement a été variable selon les conditions de milieu mais il reste dans tous les cas proportionné au progrès atteint dans les différents secteurs de la science et de la technique agronomique: assolements et travail du sol, irrigation, fumure, amélioration génétique des plantes, emploi de semences sélectionnées, défense des cultures contre les parasites.

Il n'est pas facile de déterminer l'influence exercée par des moyens particuliers. Indubitablement, une place importante est occupée par la fumure et, parmi ces facteurs, une place prédominante appartient aux engrais azotés. Sans l'azote produit par l'industrie, il n'aurait pas été possible d'atteindre des rendements élevés avec des espèces sélectionnées de froment, avec les nouveaux hybrides de maïs, avec les types polyplodes de betteraves sucrières et les autres cultures de plantes améliorées. Le présent article se propose d'illustrer, au point de vue agronomique, les plus importants progrès vérifiés pendant l'après-guerre en matière de fumure azotée dans les terrains arides des pays européens.

I. Concept d'«aridité»

Parmi les facteurs qui concourent pour déterminer l'aridité d'une région, les plus importants restent toujours: le régime des précipitations, considérées soit dans leur totalité que dans leur répartition au cours des mois de l'année; les variations thermiques et le régime des vents dans leur action sur l'humidité atmosphérique, sur l'évaporation des terrains et sur la transpiration des plantes.

On considère comme «climat aride» ces terrains sur lesquels il est possible de pratiquer des cultures herbacées uniquement durant la saison pluvieuse, comme «climat humide», ceux sur lesquels (lorsque les conditions thermiques ne font pas défaut) la distribution des pluies permet la culture continue durant toute l'année; comme «climat désertique» ceux où l'absence de précipitations ne permet, à aucune saison, de pratiquer la moindre culture.

A la base de l'action des facteurs météoriques et en particulier du régime des pluies et de la température, on distingue les régions à climat **chaud-aride** et **froid-aride**. Les pays méditerranéens (comme aussi une grande partie de l'Afrique méridionale et de l'Australie) sont généralement à climat chaud-aride parce que la sécheresse coïncide avec la saison chaude; au contraire une grande partie des Etats-Unis d'Amérique, l'Asie centrale et la Patagonie sont à climat froid-aride, souffrant d'aridité pendant la saison froide, tandis qu'au printemps-été ils ont une certaine pluviosité.

Du point de vue agronomique, les facteurs climatiques sont considérés dans les effets qu'ils exercent sur les terrains et sur les plantes. Dans la détermination de l'aridité d'un terrain les caractéristiques de ce dernier concourent aussi. Suivant leur origine, leur profondeur, leur constitution, les terrains présentent différentes propriétés qui conditionnent leur pouvoir d'absorption et de rétention de l'eau, la rapidité d'ascension capillaire, l'évaporabilité, les limites de flétrissement des plantes. Tout cela sans tenir compte de l'influence exercée par

l'altitude, par la situation et par l'exposition des terrains mêmes ²⁾.

Il en résulte que la classification en «zones climatiques» ayant pour seule base la quantité de pluies, n'est pas suffisante pour définir dans un sens agronomique le caractère d'«aridité» d'un terrain ³⁾. Ne répondent pas non plus à ce but les «indices climatiques», basés en général sur le rapport entre la somme annuelle des précipitations et la température moyenne, ou bien sur le rapport entre les précipitations et les températures des mois d'été, ou bien sur le rapport entre les précipitations et l'évaporation ⁴⁾. Ces indices servent plus à définir les aspects phyto-géographiques et, quelques uns, (Regenfaktor de Lang), les types pédologiques. En climat aride, ce qui compte, du point de vue agronomique, c'est la connaissance de la distribution et de la fréquence saisonnière des précipitations.

Toutefois, à la base des facteurs météoriques et pédologiques, c'est-à-dire du «complexe climat-sol», il semble plus opportun de se référer au concept de «milieu» (16) qui détermine les possibilités ou impossibilités de pratiquer des cultures herbacées durant la saison sèche avec ou sans l'aide de l'irrigation. Il est évident que, d'un extrême à l'autre (nécessité de fréquents apports d'eau durant la saison sèche ou inutilité de tels apports), il existe des conditions de milieux intermédiaires, dans lesquelles le succès des cultures en saison sèche peut être assuré grâce à des apports d'eau modestes et irréguliers (irrigation de secours).

Avec ces concepts, une classification agronomique des «milieux» en vue d'établir le degré d'aridité s'avère difficile. En général on peut définir comme arides ces milieux où les cultures herbacées deviennent rentables, soit même avec des procédés particuliers, seulement pendant la saison pluvieuse, tandis que, durant la saison sèche, en rapport avec les caractéristiques des terrains, l'irrigation «normale» (non de secours) se révèle indispensable pour réaliser les plus grands rendements pour la majeure partie des cultures mêmes; certaines cultures font exception, par exemple celle des tabacs d'Orient à Salente (Italie), en Turquie et en Grèce.

II. Milieu physique et organisation des cultures

Il n'est pas facile de synthétiser les conditions du milieu phy-

²⁾ «Aridité» — dans le sens agronomique, exprime un rapport entre l'humidité biodynamique du terrain pour n'importe quelle raison déficiente et le besoin acqueux des cultures qui y sont faites. Il est ainsi possible de distinguer (25):

- L'aridité **météorologique**, dans le sens d'une maigre pluviosité (250-500 mm) concentrée dans les pays méditerranéens en automne et hiver, sans pluie appréciable en fin de printemps et en été.
- L'aridité **pédologique**, dans le sens où la déclivité ou la faible épaisseur ou la perméabilité défectueuse d'un terrain concourent à éliminer plus qu'à faire absorber les précipitations.
- L'aridité **physiologique**, dans le sens où, si durant la fin du printemps et l'été la filtration à travers la surface du sol fait défaut et que le niveau de la nappe phréatique s'élève la concentration des sels du sol, augmente ce qui entraîne ceux-ci, dépendant de la capillarité et de l'évaporation, à ressortir et à affleurer en surface avec des conséquences défavorables sur l'absorption racinaire.

³⁾ Comme on le sait, la classification de Widtsoe (35) — basée sur la quantité de pluie tombée en un an — distingue:

- des zones de terrains arides avec pluie inférieure de 250 mm
- des zones de terrains subarides avec pluie de 250 à 500 mm
- des zones de terrains subhumides avec pluie de 500 à 750 mm
- des zones de terrains humides avec pluie dépassant 750 mm

⁴⁾ Parmi les indices climatiques proposés par divers auteurs (Penk, Prescott, de Martonne, Emberger, de Philippis et autres), celui défini comme

«indice d'aridité» dû à de Martonne est exprimé par le rapport $\frac{P}{T + 10}$ où P est la quantité annuelle de pluie et T la température moyenne annuelle. Par la suite, le même auteur a proposé un nouvel indice, obtenu par la moyenne arithmétique de l'indice de mois le plus aride avec celui annuel (19).