

## LA FERTILITE PHOSPHATEE DES SOLS CALCAIRES.

par P. DUTIL

Station de Science du Sol I.N.R.A. Chalons/Marne (France)

La fertilisation phosphatée a toujours posé des problèmes importants. S'il est facile de connaître les besoins réels des plantes cultivées, le maintien d'une teneur suffisante dans le sol pour satisfaire les besoins de la plante est difficile à apprécier. En effet le phosphore est soumis à diverses contraintes physico-chimiques, et il convient de définir leur importance dans le milieu calcaire et les méthodes nécessaires pour parvenir à une utilisation rationnelle des engrais phosphatés.

### I. LE PROBLEME DU PHOSPHORE EN CULTURE:

Les plantes ont des exigences relativement faibles soit tout au plus 50 à 60 ppm de  $P_2O_5$ .

En phosphore total les roches sédimentaires calcaires ont des teneurs variables pouvant aller de 0,5 à 2-3% et les sols cultivés dérivant de ces roches peuvent présenter des teneurs un peu plus élevée soit de 2 à 4%.

Les méthodes d'analyse conventionnelle nous montre la présence de 0,100 à 0,500% de  $P_2O_5$  dit « assimilable » soit 5 à 10% du phosphore total du sol, soit environ 500 kg à tonne/ha pour l'horizon de surface.

La disponibilité nécessaire pour les plantes.

### II. LE CYCLE DU PHOSPHORE EN SOLS CALCAIRES:

Les engrais apportés au sol sont dissous et libèrent des ions phosphoriques qui vont prendre diverses voies d'organisation dans le milieu (fig. 1).

Les sols calcaires comportent 3 constituants principaux intervenant dans cette organisation:

— *la matière organique*, plus ou moins importante selon les sols, peut varier de 1 à 3% dans l'horizon de surface cultivé.

— l'analyse, à des teneurs variables, selon la différenciation des types de sols concernés,

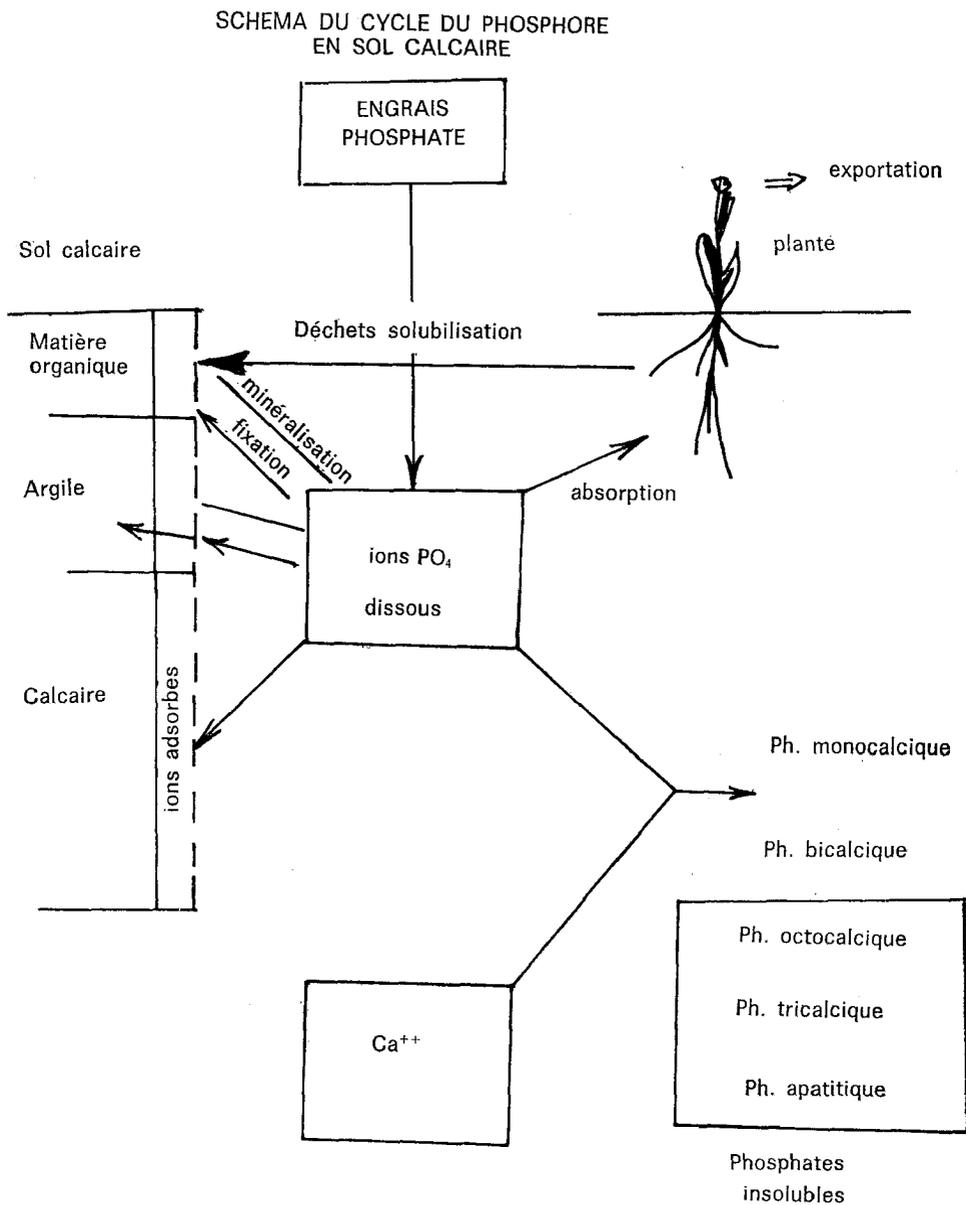


Figure 1

— et enfin (et surtout) le *calcaire* qui selon sa texture, sa dureté, et selon l'activité biochimique, l'intensité et la fréquence des précipitations, va contribuer à la libération des ions **calcium**.

La fourniture essentielle d'ions  $\text{PO}_4^{---}$  est assurée par l'apport d'engrais et la minéralisation de la matière organique, d'origine végétale ou animale.

Les ions libérés dans le milieu se répartissent alors de la manière suivante:

— Une partie *reste à l'état dissout dans la solution du sol*.

— une partie *se fixe sur les divers sites d'absorption* offerts par le milieu: surfaces externe de minéraux argileux (parfois internes), sites d'échange avec la matière organique.

— et enfin une partie s'engage dans les réactions chimiques avec le **calcium**.

La plante s'alimente à partir de la solution du sol, modifie la concentration du milieu et exporte le phosphore du sol.

### III. PRINCIPAUX MECANISMES

#### 1) *L'adsorption et les échanges permanents.*

Il a été déjà montré (BARBIER, 1954) qu'il y a un liquide et les ions adsorbés au voisinage des surfaces solides. Cet ensemble constitue « sol des ions échangeables », ou encore « auto diffusibles », défini par la technique de dilution isotopique, et représente effectivement la réserve nutritive du sol. Cette réserve est très faible et représente environ 1/10.000 du phosphore total d'un sol.

L'équilibre entre phase liquide et surfaces adsorbantes est fonction de l'aptitude du sol à fixer les ions phosphoriques c'est-à-dire du *pouvoir fixateur du sol*, ce pouvoir étant d'autant plus élevé que le sol présente une résistance à l'enrichissement de la solution, ou bien à la disorption.

En sols calcaires, ce pouvoir fixateur peut varier de 100 à 600 ppm, pour porter la solution du sol au standard de 2 mg/l.

#### 2) *L'insolubilisation du phosphore*

Le phénomène a été étudié « in vitro » (ARVIEU 1967) et le schéma simplifié d'évolution des ortho phosphates en solution en présence de calcite conduit à envisager en sols calcaires l'enchaînement régulier des réactions conduisant à la formation de:

- phosphate monocalcique;
- phosphate bicalcique;

- phosphate octocalcique;
- phosphate tricalcique.

Ce dernier pouvant encore évoluer en vieillissant vers des formes plus calciques de type apatidique.

Ceci permet de penser qu'un sol calcaire, à des vitesses variables selon les conditions thermo-hydriques, les ions  $\text{PO}_4^{---}$  de la solution du sol peuvent s'engager dans une voie à sens unique d'insolubilisation, par formation de composés de plus en plus calciques, et de moins en moins solubles, l'insolubilisation étant déjà réalisée au niveau du phosphate tricalcique.

Il s'y ajouterait de plus, en milieu magnésium, la formation de *phosphates amoniaco-magnesium* insolubles, ce qui peut être effectif dans le cas d'une fertilisation corrective magnésienne et d'apports d'engrais ammoniacaux.

En résumé, pouvoir fixateur (adsorption) et insolubilisation doivent être considérés comme deux facteurs très importants de l'efficacité des engrais phosphatés en milieu calcaire. Il est indiscutable que dans les sols très calcaires, l'insolubilisation reste le facteur prépondérant.

#### IV. CONCEPTION DE LA FERTILISATION PHOSPHATEE EN SOLS CALCAIRES.

Il convient de porter le sol à nouveau optimum tel que des apports supplémentaires n'apportent pas de supplément de rendement, tous autres éléments nécessaires étant apportés largement au-delà du besoin.

Ce genre d'essai peut être réalisé en petits pots au laboratoire (terre) et donner une idée du phosphore à apporter au sol pour obtenir l'effet optimum.

Au champs, la meilleure solution consiste à effectuer des essais en *courbe de réponse* pour définir l'effort optimum.

Une méthode d'analyse conventionnelle permet alors d'apprécier le niveau du sol en phosphore et l'extrapolation du résultat aux sols de caractéristiques identiques de la petite région.

#### V. PRATIQUE DE LA FUMURE PHOSPHATEE.

L'expérience acquise dans ce domaine montre qu'en sols pauvres, il est nécessaire pour parvenir rapidement à un niveau de rendement optimum d'effectuer une fumure corrective, sans excéder toutefois des doses trop élevées (200 U/ha).

Il convient de signaler qu'en sols très calcaires l'insolubilisation moyenne est de l'ordre de 30% des apports et qu'elle s'accroît en fonction de la

température (en sols à humidité convenable). On constate par ailleurs que la disponibilité phosphorique est d'autant meilleure que les sols sont mieux pourvus en matière organique, ce qui laisse supposer que l'adsorption ou les liaisons au niveau des composés humiques constituent une possibilité de mise en réserve non négligeable.

Ensuite, les apports effectués constituent la fumure d'entretien, qui doit compenser les exportations réelles des plantes et l'insolubilisation.

On peut signaler qu'en sol calcaire le phosphore ne migre pas par la solution percolant et sa diffusion en profondeur nous paraît être strictement d'ordre biologique par le jeu des réorganisations racinaires et des divers organismes animaux.

Cet enrichissement du sous-sol n'est pas négligeable et peut être un facteur d'amélioration de productivité pour des cultures à enracinement profond, mais il n'est acquis qu'après plusieurs années de culture avec fertilisation phosphatée excédentaire.

Enfin, il est bon de signaler que pour les cultures qui exploitent la totalité de la surface du sol, il est important d'avoir une répartition homogène, que seules des labours convenablement exécutés peuvent assurer.

## VI. LES CHOIX DES ENGRAIS PHOSPHATES.

L'efficacité des engrais phosphatés est avant tout liée à leur solubilité dans les conditions de milieu des sols calcaires, soit à pH variant de 7,5 à 8,3.

Le comportement des divers engrais classiques est déjà bien connu: les phosphates naturels moulus sont insolubles, les superphosphates sont solubles et le phosphore présente un palier de solubilité intéressant entre pH 7 et 8.

Pour les autres engrais plus récents: phosphate d'ammoniac ou polyphosphates leur évolution chimique dans le sol est la même que celle des orthophosphates et leur effet est donc identique à celui des superphosphates. Les polyphosphates contiennent en effet des tripoly-met a et pyrophosphates qui sont rapidement hydrolysés en orthophosphates dès leur incorporation au sol humide.

Pratiquement les phosphates solubles doivent être employés pour des effets à court terme.

## VII. LES DOSES D'APPORT.

Elles sont liées, comme il a été indiqué, au pouvoir fixateur du sol. Ce dernier peut varier de 100 à 500 mg de P/kg de sol, ce qui représente des apports de 700 à 3500 kg de  $P_2O_5$ /ha. Ces valeurs apparaissent élevées mais

correspondent bien au minimum requis en sols très calcaires de grandes cultures ou à certains sols de culture maraîchère.

De telles quantités ne peuvent être apportées que graduellement par fractions supérieures aux besoins réels, jusqu'à l'obtention de l'optimum correspondant au pouvoir fixateur.

La dose d'entretien correspond ensuite aux exportations réels majorées de 50% (insolubilisation).

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARBIER, G., LESAIN, A. et TYSZ KIEWICZ, 1954 - *Recherches au moyen d'isotopes sur les phénomènes d'autodiffusion dans le sol et sur l'alimentation des plantes.*
- DUTIL, P., 1967 - *Résultats d'une étude de fertilisation phosphatée en sol très calcaire « Sols de champagne » des charentes.* Bull. A.F.E.S., N. 6, H. 27-35.
- GACHON, C., 1966 - *Prospathe isotopiquement diluable et pouvoir fixateur des sols en relation avec la croissance des plantes.* C. R. Acad. Agric., H. 1108-1116.