

Ce document est une synthèse d'éléments techniques fournis par Philippe Marion en formation. Retranscription de ses propos par Marion Guillot.

La forme des éléments dans le sol

» Le phosphore P est présent sous différentes formes :

➤ Essentiellement sous forme minérale (2/3) :

- Dans la solution du sol
- Adsorbé sur la phase solide (complexe argilo-humique CAH) :
La part minérale adsorbée sur le CAH est facilement mobilisable par la plante. Quand on apporte un engrais phosphaté, le phosphore est mis en solution puis adsorbé sur le CAH.
- Formes cristallisées ou amorphes :
Une partie du P est sous forme amorphe. Cette partie est surtout liée à la nature du sous-sol (phosphates naturels issus de la roche mère), plus qu'au phénomène de rétrogradation.

➤ Sous forme organique (1/3) :

Cette part doit être minéralisée pour être disponible pour les plantes.

» La Potasse K est répartie de la façon suivante :

- Dans la solution du sol
- Echangeable : fixé temporairement sur le CAH
- Non échangeable : fixé dans les feuillets d'argile (pas disponible). Dans les analyses de sol, cette partie non échangeable est prise en compte.

» La Magnésie Mg :

On considère que Mg se comporte comme la potasse. La teneur en Mg est fortement liée à la nature du minéral qui constitue le sol. C'est un élément surtout présent dans les argiles, et naturellement moins présent dans les limons et la craie.

Quels sont les engrais minéraux les plus efficaces ?

Les **CRU** (Coefficient Réel d'Utilisation) dépendent de la nature chimique de l'engrais, mais peuvent varier en fonction des types de sol et pH : ils sont plus élevés en sols à pH neutres (CRU 20%), que dans des sols à pH basique (CRU 10%). Le CRU diminue avec le temps, d'où l'intérêt de réaliser l'apport au plus près des besoins. En termes de choix d'engrais, les solubles dans l'eau sont les plus efficaces. Ils sont classés ci-dessous du plus au moins efficace.

Forme chimique et commerciale	CRU %
TSP (superphosphate triple), SSP (superphosphate simple)	10 à 15
Phosphates d'ammonium (MAP, DAP ou 18-46)	8 à 15
Phosphates Bicalciques	12 à 16
Scories	1 à 6
Phosphal	0.1 à 3
Phosphates naturels	0.05 à 5

D'autres types d'engrais dits « biodisponibles » ou « protégés » existent sur le marché. Dans nos essais, à apport d'unités équivalent, le gain de rendement est identique.

Importance du système racinaire : Les racines peuvent absorber de l'eau sur 1 à 5 mm d'épaisseur. La plante a donc besoin d'un bon système racinaire pour aller chercher les éléments, d'autant plus que la migration de ces derniers autour de la racine est très limitée. L'efficacité des engrais dépend donc aussi de la qualité du système racinaire.

Les Produits Organiques sont-ils aussi efficaces que les engrais minéraux ?

» Pour la Potasse :

Les produits organiques ont une efficacité équivalente aux engrais minéraux.

» Pour le Phosphore :

Les produits organiques (y compris les digestats) ont des coefficients d'équivalence entre 80 et 95%. Ils ont donc une efficacité proche des engrais minéraux. **SAUF** pour les composts de déchets verts dont le coefficient d'équivalence est autour des 55%, c'est-à-dire quasi moitié moins efficace qu'un engrais minéral. Attention également aux composts de boues d'épuration qui sont parfois mélangés à des déchets verts.

Type de produit	Coef d'équivalence	
	P	K
Lisiers et fumiers de porcs	0,95	1
Fumiers ou fientes de volailles	0,85	1
Fumiers de bovins	0,80	1
Composts de fumiers de bovins	0,70	1
Boues de STEP biologiques	0,95	1
Boues de STEP physico chimiques (CaO, sels Fe...)	0,90	1
Compost de boues de STEP et déchets verts	0,70	1
Compost de déchets verts	0,55	1

Attention aux compost de déchets verts!

- Cas particulier des écumes : des références par le passé les considéraient comme peu efficaces, mais des données plus récentes les placeraient finalement autour des 100% de coefficient d'équivalence.
- Cas particulier des bouchons utilisés en agriculture biologique : l'efficacité du phosphore qu'ils contiennent peut varier en fonction de l'origine du phosphore présent. Si l'origine du phosphore est de la farine de viande ou de plume, le coefficient d'équivalence est bon (80 à 100%), mais s'ils sont issus de phosphates naturels, le coefficient d'équivalence est proche de zéro en sol neutre ou basique.

Faut-il craindre des phénomènes de rétrogradation du Phosphore ?

» La rétrogradation, un épiphénomène ?

Elle existe, mais dans des sols fertilisés régulièrement, c'est plutôt un épiphénomène. Il se peut que le phosphore soit un peu moins disponible, mais pas stoppé complètement. Fardeau refusait le terme de rétrogradation car pour lui le phosphore était moins facilement disponible mais pas bloqué.

» Enfouir le phosphore pour limiter la rétrogradation et maximiser son efficacité :

La rétrogradation du phosphore est liée à des conditions particulières : beaucoup de calcaire et/ou beaucoup de chaleur. D'où l'intérêt d'enfouir les apports de phosphore (minéraux ou organiques) pour les protéger de la chaleur, et donc de la rétrogradation. De plus, le phosphore est l'élément le moins mobile dans le sol, d'où l'intérêt de l'enfouir, voire de le localiser au semis, pour le placer au plus près des racines.

Si l'enfouissement n'est pas possible, l'apport est à réaliser le plus tôt possible en culture (proche levée).

Remarque : contrairement au phosphore, il n'est pas nécessaire d'enfouir la potasse qui reste efficace même appliquée en couverture car elle est plus mobile dans le sol.

Est-il intéressant de localiser le phosphore au semis ?

» La localisation, une technique théoriquement idéale :

L'enjeu de la localisation pour le Phosphore, élément peu mobile, est d'augmenter sa concentration localement (proche des jeunes racines) pour augmenter son efficacité.

Les résultats les plus concluants concernent le maïs : la localisation du P n'augmente pas forcément le rendement, mais elle a un effet starter qui fait avancer la culture plus rapidement en stade. Cela se répercute sur l'humidité des grains, qui diminue plus rapidement et peut permettre de récolter plus tôt.

» Mais...

La localisation n'est généralement pas nécessaire en sols bien pourvus.

En colza, la méthode présente peu d'intérêt en sols bien pourvus.

En betterave, pas de différence de rendement dans nos essais.

Attention à la localisation régulière : des apports réduits permettent des économies mais ne compensent pas les exportations et aboutissent à des appauvrissements du sol sur le long terme.

Est-il pertinent de réaliser des apports « bloqués » sur les têtes de rotation ?

On parle d'apport bloqué quand on apporte sur la tête de rotation, les quantités nécessaires sur deux ou trois ans.

Quand on apporte du P régulièrement, la partie fixée sur le complexe argilo-humique est facilement mobilisable par les plantes. A contrario, quand on en apporte beaucoup d'un coup pour faire des stocks, le P « vieillit » et devient moins facilement mobilisable.

» Sur 3 à 5 ans, il est possible de « stocker » sans réelle diminution de la disponibilité du Phosphore :

- A condition de réaliser l'apport dans de bonnes conditions : enfouissement nécessaire, pas sous de grosses chaleurs
- A condition que le sol soit capable de stocker : en lien avec la CEC du sol (CEC=taille du frigo). Par exemple, sur des sables, la CEC est très faible, il n'est donc pas pertinent d'y faire de gros apports bloqués. En craie, limons-argileux ou limons calcaires, il est donc possible de bloquer les apports de phosphore sans que cela ne génère un « mauvais » vieillissement du P et des rétrogradations.

Peut-on faire des impasses ?

» L'enjeu des impasses est limité en sols moyennement et fortement pourvus

➤ Enseignements de plusieurs essais longue durée :

- Apports de 40 uP/ha/an : la teneur du sol est quasiment maintenue avec une légère diminution.
- Apports de 80uP/ha/an : la teneur du sol est stable.
- Apports de 120uP/ha/an : on stocke du P dans le sol
- Impasse prolongée : c'est au bout de 7-8 ans que la teneur du sol commence réellement à diminuer. Et c'est aussi au bout de 7-8 ans que la productivité des cultures commence à baisser (plus vrai avec des impasses P que impasses K).

Pour les teneurs en K, les diminutions sont surtout liées à la présence ou non de cultures exigeantes dans la rotation (jusqu'à -14 ppm/an). Et d'autant plus que les pailles sont exportées.

Sur craie, une impasse prolongée réduit en moyenne la teneur du sol de 5 ppm (Joret-Hebert) par an. La baisse est plus marquée sur des limons (10ppm/an).

Les enrichissements et appauvrissements se jouent sur une échelle longue (au bout de 7-8 ans). Sur un sol riche, des impasses sont possibles temporairement sans perdre en productivité, mais les teneurs du sol sont à surveiller.

» Carences :

L'absorption du phosphore et de la potasse est plus précoce que celle de l'azote. C'est pour cette raison que les carences sont généralement observées plus tôt dans le cycle des cultures. Cela explique aussi pourquoi il est difficile de rattraper des carences en P et K.

Attention aux rapports K/Mg : ex dans le secteur d'Épernay : les jus de Goyard sont très riches en potasse et en apportent beaucoup. Cela peut générer des carences induites s'il y a trop de potasse par rapport à la magnésie (même si le sol contient assez de magnésie).

Peut-on corriger un sol pauvre ?

» Le mythe de l'effet « vieille graisse » :

» Enseignements de l'essai longue durée de Grignon :

Après plusieurs dizaines d'années d'impasse, la productivité des parcelles pauvres rejoint celle des témoins (qui ont été fertilisés tous les ans) quand on redémarre la fertilisation. Cet essai de Grignon, et d'autres essais longue durée mis en place dans les années 70-80 et arrêtés fin des années 80-début des années 90 ont remis en cause l'ancienne méthode de calcul qui reposait sur un niveau minimum (effets « vieille graisse »).

» Les impasses de fertilisation ne sont pas irréversibles, même après 50 ans sans fertilisation

Quel est l'impact des couverts végétaux sur la fertilité PK ?

» Les couverts « recyclent » le phosphore :

» Enseignements de l'essai de 1960 (INRA Chalons de Radet):

Le Phosphore est présent dans les couverts sous forme minérale et organique. Les engrais verts peuvent mobiliser du P et de la potasse fixé sur le complexe argilo-humique et le remettre à disposition à leur destruction. Un engrais vert remet à disposition du P qui est déjà dans le sol. Il permet le « recyclage » du phosphore du sol. Il n'en crée pas, mais en améliore la disponibilité. Les engrais verts font « tourner » le P du sol, et ralentissent son « vieillissement » et diminuent donc les risques de rétrogradation.

» Faut-il apporter les produits organiques (PRO) avant le semis des engrais verts ? ou au printemps, avant le semis de la culture à fertiliser ?

Si le couvert semé suite à l'apport organique pousse correctement et fait de la biomasse, on peut considérer que les éléments apportés par le PRO seront valorisés par le couvert et seront remis à disposition de la culture de printemps suite à la destruction du couvert. En conditions trop sèches, limitantes à la pousse du couvert, il peut être plus pertinent de reporter l'apport au printemps. D'autant plus que, pour la partie azotée, l'efficacité d'un apport d'été est très faible pour la culture de printemps s'il n'a pas pu être mobilisé par un couvert. De plus, il est toujours plus pertinent d'apporter le phosphore au plus près des besoins de la plante, c'est-à-dire proche du semis.

Mais souvent, c'est la disponibilité ou la possibilité d'épandre qui conditionne le timing d'apport.

Quel est l'impact du travail du sol sur les teneurs en Phosphore ?

» La quantité globale de P est identique, mais la répartition dans le profil diffère selon le travail du sol :

- ▶ Labour : concentration uniforme sur l'horizon travaillé
- ▶ TCS : concentration plus homogène sur 10cm, puis diminution progressive
- ▶ Semis direct : le Phosphore diminue de façon linéaire en fonction de la profondeur : il est surtout présent sur l'horizon de surface. Ce qui peut poser question sur la capacité des racines à mobiliser ces éléments concentrés en surface (sûrement plus problématique pour des pivots que pour des systèmes fasciculés).

Remarque : les sols non tassés prélèvent mieux le phosphore.



Merci à Philippe Marion et aux membres du groupe Ferti du GEDA de Coole et Soude !