

# Le cycle du phosphore dans les fermes biologiques

Joanne Thiessen Martens

Mars 2023

## INTRODUCTION

Tous les êtres vivants ont besoin de phosphore (P) pour survivre et croître. Le P est présent dans l'ADN, les membranes cellulaires et les composés de stockage d'énergie de tous les organismes, des bactéries aux bananes et du blé aux baleines. Chez les plantes, le P favorise la photosynthèse, la croissance des racines, la floraison et la formation des fruits et des semences, autant d'éléments essentiels à la production de récoltes saines et abondantes.

La gestion du P dans le sol est un véritable défi pour tous les agriculteurs en raison des réactions du P dans le sol. Même lorsque le sol contient une grande quantité de P total, seule une petite quantité est assimilée par les plantes. Le P du sol exporté dans les produits récoltés doit être renouvelé par des sources extérieures. Toutefois, un excès de P peut causer des dommages à l'environnement s'il s'écoule dans les cours d'eau et les lacs.

Les fermes biologiques connaissent un défi supplémentaire en ce qui concerne la gestion du P, étant donné qu'il existe peu d'apports en P appropriés dont l'utilisation est actuellement approuvée dans le cadre des normes biologiques. Certains experts considèrent la gestion du P comme l'un des plus grands défis à relever pour assurer la durabilité des systèmes de production de cultures biologiques<sup>1</sup>.

## LE P DANS LE SOL EN QUELQUES MOTS

Le phosphore (P) élémentaire présent dans les sols, les plantes et les autres organismes est toujours lié à l'oxygène, formant des ions phosphate ( $PO_4$ ). Les composés P inorganiques (ou minéraux) se forment lorsque le phosphate se lie aux minéraux du sol tels que le calcium ou le fer. Le phosphate peut également se lier au carbone et à d'autres éléments pour créer des composés P organiques (ou d'origine biologique) que l'on trouve dans les organismes vivants, morts et en décomposition, y compris la matière organique du sol.

Toutes ces formes de P peuvent être présentes dans le sol en même temps, ce qui crée une grande réserve de P total dans le sol avec des transformations constantes entre les formes (figure 1). Cependant, seule une infime partie de ce P est dissoute dans l'eau à tout moment. Comme les plantes doivent « boire » leurs nutriments, elles ont un accès direct uniquement au P qui est dissous dans l'eau à ce moment-là. Les propriétés du sol telles que le pH et la teneur en argile ont une grande influence sur la solubilité du P dans le sol. La solubilité du P du sol est maximale lorsque le pH du sol est légèrement acide, autour de 6,5.

En général, le P ne se déplace pas beaucoup dans le sol, seulement quelques millimètres au cours d'une saison de croissance, de sorte que les plantes doivent aller le chercher. Certaines plantes possèdent un système racinaire étendu qui leur permet de prélever le P soluble dans le sol. De nombreuses plantes s'associent à des champignons mycorhiziens, qui peuvent prélever le P encore plus efficacement que les racines des plantes. Certaines plantes libèrent également des substances à partir de leurs racines pour aider à extraire le P moins soluble du sol.

### P ou $P_2O_5$ : Quelle est la différence?

Les analyses NPK des engrais et de nombreux laboratoires de sol et agronomes désignent le phosphore du sol et de l'engrais par  $P_2O_5$  ou phosphate. Une analyse de tissu végétal peut donner des résultats de P élémentaire (sans l'oxygène). Dans le sol, les engrais et les plantes, le P n'est jamais présent sous la forme  $P_2O_5$ . Cependant, il est important de comprendre comment le  $P_2O_5$  s'intègre dans les calculs des bilans de P ou des taux d'application du P. Veillez à utiliser systématiquement le  $P_2O_5$  ou le P élémentaire pour ces calculs. Pour convertir le P élémentaire en  $P_2O_5$ , il faut multiplier par 2,3. Pour convertir le  $P_2O_5$  en P élémentaire, il faut multiplier par 0,43. Par exemple, un taux d'application de  $P_2O_5$  de 46 lb/ac correspond à environ 20 lb/ac de P élémentaire.

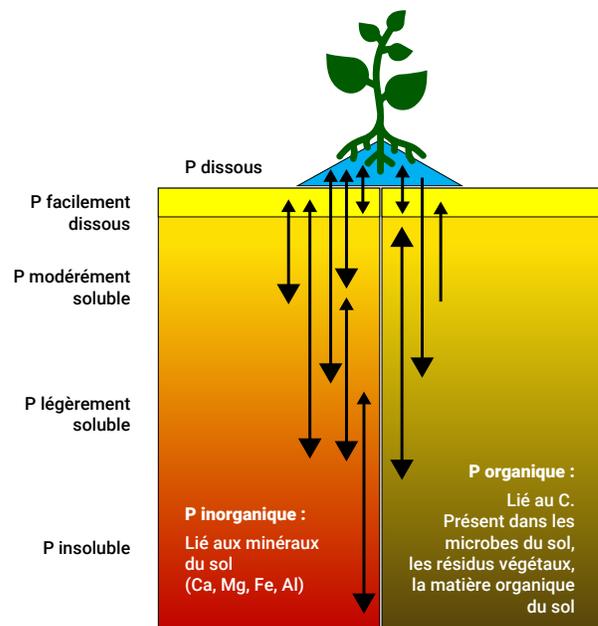


Figure 1. Les réserves de phosphore dans le sol, y compris le P dissous, le P inorganique plus ou moins soluble et le P organique. Seul le P dissous est immédiatement utilisable par les plantes. Une petite quantité de P inorganique et organique est facilement transformée en formes solubles. D'autres transformations se produisent continuellement. (Figure : J. Thiessen Martens)

# GESTION DU PHOSPHORE DANS LES FERMES BIOLOGIQUES

La gestion du P dans le sol requiert une approche à long terme. Dans les champs qui sont récemment passés de la production conventionnelle à la production biologique, les cultures peuvent puiser dans les réserves existantes de P dans le sol pendant une décennie ou plus, en fonction de l'état initial du P dans le sol et des cultures. Cependant, un plan de gestion du P peut aider à remédier aux signes précoces d'une carence en P ou à la prévenir complètement. Dans les champs où la quantité de P assimilable par les plantes est déjà épuisée, une gestion efficace du P peut être l'étape la plus importante pour restaurer la productivité des cultures.

## Diagnostic des carences en phosphore

Le diagnostic des carences en P dans les systèmes biologiques nécessite un mélange d'observations et d'analyses en laboratoire afin de dresser un tableau complet de l'état des nutriments du sol et des cultures.

Les jeunes plantes déficientes en P présentent souvent une coloration violette ou rouge (figure 2), surtout lorsque le sol est froid. Or, même les plantes dépourvues de ces feuilles violettes peuvent souffrir d'une carence en P. Parmi les symptômes généraux, citons le retard de développement, la floraison réduite, la faible croissance des racines et la faible nodulation chez les légumineuses. Toutefois, il est difficile de reconnaître ces symptômes sans les comparer. Si vous avez accès, ne serait-ce qu'à une petite quantité d'un intrant P approuvé, essayez de l'appliquer sur quelques bandes dans le champ. Marquez bien les bandes et observez la réaction des cultures au fil du temps.

L'analyse du sol apporte des renseignements importants sur l'état de la teneur en P du sol. Les champs biologiques peuvent souvent être très productifs lorsque l'analyse standard du P dans le sol indique une valeur « faible » (généralement de 5 à 8 ppm de P Olsen). Toutefois, une analyse de sol qui indique un taux « très faible » ou « très déficient » (généralement inférieur à 5 ppm de P Olsen) est trop faible pour la plupart des cultures, même dans des conditions biologiques. Un taux Olsen P supérieur à 15 n'apportera probablement aucun avantage supplémentaire aux cultures et peut présenter un risque de perte de P pour l'environnement.

L'analyse du pH du sol est également importante, car il affecte la solubilité du P dans le sol. La recherche d'autres éléments nutritifs et de propriétés telles que les sels peut aider à écarter d'autres problèmes susceptibles d'être à l'origine d'une mauvaise croissance des cultures.

Si l'on soupçonne une carence en P, une analyse des tissus végétaux peut fournir plus de renseignements. L'analyse des tissus se fait de préférence dans le cadre d'un engrais vert à base de légumineuses, au début ou à la fin de la floraison. Prélevez des échantillons de la plante entière à plusieurs endroits du champ, séchez-les à l'air et coupez-les en morceaux, puis envoyez un échantillon à un laboratoire pour l'analyse du P total dans les tissus de la plante. Si la concentration de P dans les tissus est inférieure à 0,2 %, une carence en P est probable.

## Établissement d'un plan de gestion du P

Un bon plan de gestion du P prévoit des décisions sur les apports en P à utiliser, la quantité à appliquer, ainsi que le moment et l'endroit où l'appliquer. Il n'y a pas une seule et unique meilleure approche de la gestion du P, car chaque ferme est différente, mais le respect de quelques principes généraux peut s'avérer utile.

## Quelle entrée P?

Un bon point de départ consiste à déterminer les apports potentiels en P existants, en tenant compte des avantages et des inconvénients de chacun d'entre eux. Tout intrant P utilisé doit figurer sur la liste des substances autorisées de la norme biologique canadienne et doit être approuvé par votre organisme de certification avant d'être appliqué.

Les effluents d'élevage ou le compost sont l'une des meilleures sources de P et d'autres nutriments. Assurez-vous de faire analyser le fumier pour en déterminer la teneur en éléments nutritifs, car la concentration en P peut varier considérablement. Il existe d'autres amendements en P autorisés sur le marché, notamment les granulés de luzerne, la poudre d'os et les produits à base de phosphate naturel. Le phosphate naturel et la poudre d'os ne sont généralement efficaces que dans les sols au pH acide, mais leur application en même temps que le soufre peut s'avérer utile. Lorsque vous essayez un nouveau produit, laissez une ou deux bandelettes de contrôle pour vous permettre de vérifier par vous-même son efficacité.

The costs of the product plus shipping and application are important to consider but remember that poor crop yields due to P deficiency also have a cost. Payer pour des apports en P équivaut à investir dans votre ferme.

## Quelle quantité de P faut-il appliquer?

La recommandation d'engrais d'une analyse de sol standard peut indiquer la quantité de P à appliquer, mais elle est généralement plus élevée que celle nécessaire pour les cultures biologiques.

Une autre stratégie pour choisir un taux d'application de P consiste à calculer un budget de nutriments. Un budget des éléments nutritifs, tout comme un budget financier, permet d'additionner tous les éléments nutritifs entrant dans un champ et d'en soustraire ceux qui en sortent. Pour calculer le bilan nutritif, il faut utiliser les quantités de produits récoltés et les apports en P multipliés par la concentration en P de chaque élément. Un budget P simple est présenté dans le *tableau 1*. Des tableaux sur l'absorption des nutriments par les cultures sont accessibles en ligne ou des valeurs peuvent être obtenues à partir de l'analyse en laboratoire des échantillons de céréales et de foin provenant de votre propre ferme. L'absorption de P par les cultures fourragères est très élevée et requiert des ajouts de P plus importants que si l'on ne cultive que des cultures annuelles. Pour équilibrer votre budget en P, pensez à ajouter suffisamment de P pour annuler le déficit créé par la récolte des cultures.

Compte tenu de la rareté et du coût des apports en P, il peut s'avérer impossible d'en appliquer suffisamment pour équilibrer les exportations de P. Dans ce cas, une stratégie doit être élaborée pour utiliser au mieux les apports en P disponibles, particulièrement lorsqu'il s'agit de remédier à des carences existantes.

Tableau 1. Un budget nutritif de base illustrant l'élimination du P d'un champ sur une rotation de quatre ans et la quantité de fumier nécessaire pour remplacer le P éliminé.

Année	Article	Quantité	Concentration P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total retiré/ajouté
<b>Déménagements</b>				
1	Luzerne, foin	3 ton/ac	15 lb/ton	45 lb/ac
2	Luzerne, foin	2 ton/ac	15 lb/ton	30 lb/ac
3	Blé	30 bu/ac	0.6 lb/bu	18 lb/ac
4	Avoine	50 bu/ac	0.26 lb/bu	13 lb/ac
<b>Total supprimé</b>				<b>106 lb/ac</b>
<b>Ajouts nécessaires</b>				
<b>Fumier de bovins de boucherie (base humide)</b>		<b>23 ton/ac</b>	<b>4.6 lb/ton</b>	<b>106 lb/ac</b>
<b>Équilibre global</b>				<b>0 lb/ac</b>

\* Sources des valeurs de concentration P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : **Tableau d'absorption et d'élimination des éléments nutritifs par les cultures<sup>2</sup>; propriétés du fumier<sup>3</sup>**

Cibler certaines cultures est un bon moyen de tirer le meilleur parti de quantités limitées d'apports en P. Les engrais verts et les fourrages à base de légumineuses sont particulièrement sensibles aux carences extrêmes en P et ne fixent pas beaucoup d'azote en cas de carence en P. C'est pourquoi l'application de P aux engrais verts peut non seulement soulager la carence en P, mais aussi aider les légumineuses à apporter de l'azote à la culture suivante. De plus, l'application d'apports en P peut stimuler la croissance des mauvaises herbes, qui peuvent être plus faciles à gérer dans une culture d'engrais vert que dans une culture commerciale.

## Quand et où appliquer du P?

Si possible, appliquez les apports en P au printemps, juste avant ou au moment de l'ensemencement. Cela donne à la culture les meilleures chances de l'utiliser et pose le moins de risques de perte de P pour l'environnement. Ne jamais appliquer d'apports en P, quels qu'ils soient, sur de la neige ou un sol gelé. Une grande partie de ces apports peut être perdue lors de la fonte des neiges au printemps. Comme le P ne se déplace pas beaucoup dans le sol, il est important de faire pénétrer les apports en P dans le sol plutôt que de les laisser à la surface. Certains produits peuvent être appliqués en bandes ou injectés. L'enfouissement de P dans le sol permet également de réduire les pertes de P par ruissellement de surface.

## SOMMAIRE

Les champs biologiques à long terme sans accès au fumier présentent souvent une carence en phosphore. La gestion du P dans les fermes biologiques est délicate en raison de ses réactions complexes dans le sol et des limites des apports en P qui peuvent être utilisés. Chaque agriculteur doit disposer d'un plan de gestion du phosphore à long terme qui lui permette de détecter les carences en P, de décider des apports en P à utiliser pour remplacer les éléments nutritifs éliminés dans les produits récoltés et de choisir les pratiques d'application appropriées. Appliquer du P aux champs qui présentent des carences est un investissement dans l'avenir de votre ferme, qui favorise une exploitation durable et rentable fondée sur des sols et des cultures sains.

## Joanne Thiessen Martens, PhD

professeure adjointe, département de chimie et de fertilité des sols, faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation de l'université du Manitoba.

## RÉFÉRENCES

1. Paulsen, H. M.; Köpke, U.; Oberson, A.; Rahmann, G. Phosphorus—The Predicament of Organic Farming. In *Phosphorus in Agriculture: 100 % Zero*; Schnug, E., De Kok, L. J., Eds.; Springer Netherlands: Dordrecht, 2016; pp 195–213. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-7612-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-94-017-7612-7_10).
2. Taurus Agricultural Marketing, Inc. *Nutrient Uptake and Removal Chart*. Taurus Ag. <https://resources.taurus.ag/taurus-nutrient-uptake-and-removal-chart> (accessed 2023-01-23).
3. Manitoba Agriculture. *Properties of Manure*. <https://www.gov.mb.ca/agriculture/environment/nutrient-management/pubs/properties-of-manure.pdf> (accessed 2023-01-23).
4. Thiessen Martens, J. R.; Lynch, D. H.; Entz, M. H. A Survey of Green Manure Productivity on Dryland Organic Grain Farms in the Eastern Prairie Region of Canada. *Can. J. Plant Sci.* 2019, 99 (5), 772–776. <https://doi.org/10.1139/cjps-2018-0311>.

## Composer avec un faible taux de P dans le sol

Remédier aux carences en P dans le sol peut prendre du temps, mais il existe des solutions pour compenser ces carences à court terme, particulièrement sur les terres où la carence n'est pas très grave.

Il est important de choisir des cultures capables de prélever ou de mobiliser le P du sol. Le lin peut très bien s'adapter à des champs dont la teneur en P du sol est très faible (3 à 4 ppm) en raison de sa forte relation symbiotique avec les champignons mycorhiziens. Le soja semble également donner de bons résultats avec une teneur en P très faible. D'autres légumineuses, comme les pois, la vesce velue et la luzerne, ont tendance à souffrir d'une teneur en P très faible, mais peuvent généralement composer avec une teneur en P qualifiée de « faible » (5 à 8 ppm)<sup>4</sup>. La plupart des cultures céréalières ne sont que modérément sensibles à la carence en P, mais peuvent souffrir d'une carence en N si l'engrais vert précédent était déficient en P. Les cultures de Brassica, comme la moutarde, tendent à être très sensibles aux carences en P.

Dans les sols à forte teneur en matière organique et à forte activité biologique, le phosphore libéré par le sol peut être utilisé pendant quelque temps. Toutefois, cette approche n'est pas durable à long terme, car elle dégrade la matière organique du sol.



Figure 2. Seigle d'automne semé au printemps avec des feuilles violettes typiques d'une carence en P. (Photo : J. Thiessen Martens)