Ordre des AGRONOMES du Québec

STRATÉGIES DE FERTILISATION RELATIVES À L'INDICE DE SATURATION EN PHOSPHORE DES SOLS

Contexte réglementaire

Lorsque l'indice de saturation en phosphore du sol minéral (ISP_1 = $(P/Al)_{M-3}$), déterminé par la méthode Mehlich-3 , a atteint les seuils environnementaux prévus à la note 3 de l'annexe 1 du *Règlement sur les exploitations agricoles* (REA), l'agronome doit, par ses recommandations, faire en sorte que le niveau de saturation du sol en phosphore (P) soit abaissé à une valeur inférieure à 7,6 % pour un sol avec une teneur en argile supérieure à 30 % et à 13,1 % pour un sol avec une teneur en argile égale ou inférieure à 30 % et qu'il soit maintenu sous ce seuil. La note 3 de l'annexe 1 du REA est donc une obligation réglementaire qui interpelle l'agronome et son client.

Ce document présente un ensemble de stratégies de fertilisation visant à abaisser le niveau de saturation en P des sols minéraux et organiques sous les seuils environnementaux critiques de saturation en P.

1. SOLS MINÉRAUX

1.1. GRANDES CULTURES[1]

Les stratégies de fertilisation proposées tiennent compte de trois aspects.

a. Les seuils environnementaux critiques de saturation en P sont différents selon la teneur en argile du sol et ils sont plus élevés pour les sols sableux, comparativement aux loams ou aux argiles (Pellerin et coll., 2006).
b. La dose moyenne de P correspondant à un bilan équilibré à la surface du sol est d'environ 45 kg de phosphore (P_2O_5) total/ha. Cet apport annuel de P permettrait, au fil des années, de réduire la teneur en P assimilable des sols considérés comme riches en P (Giroux et coll., 2002; Giroux et Royer, 2007).
c. Les recommandations agronomiques contenues dans les grilles du *Guide de référence en fertilisation* du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ, 2010).

Indice de saturation en phosphore égal ou supérieur aux seuils environnementaux critiques

Quand certains types d'engrais sont utilisés et l'indice de saturation en phosphore $(P/Al)_{M-3}$ est égal ou supérieur à 7,6 % pour un sol ayant une teneur en argile supérieure à 30 % et égal ou supérieur à 13,1 % pour un sol ayant une teneur en argile égale ou inférieure à 30 %, les recommandations de fertilisation faites par l'agronome doivent être basées sur les situations suivantes.

a. Utilisation d'engrais organiques
   - Recommander un apport annuel maximal de 45 kg de P_2O_5 total/ha. Cependant, dans le cadre d'une rotation de 3 ans, un dépassement de l'apport annuel de 45 kg de P_2O_5 total/ha est permis, sans toutefois dépasser un apport total de 135 kg de P_2O_5 total/ha sur les 3 années.

b. Utilisation uniquement d'engrais de synthèse phosphatés
   - Utiliser les recommandations du *Guide de référence en fertilisation* (CRAAQ, 2010).

1.2. CULTURES MARAÎCHÈRES[2]

[1] Avoine, blé, canola, gazon, lin, maïs-grain, maïs à ensilage, maïs sucré, millet, orge, pâturages, prairies, sarrasin, sorgho du Soudan, soya

[2] Ail, aubergine, brocoli, carotte, chou, chou-fleur, concombre, cornichon, courge, épinard, haricot, laitue, melon, oignon, panais, piment doux, poireau, pois, poivron, rutabaga, tomate.

Les stratégies de fertilisation proposées tiennent compte de trois aspects.

a. Les seuils environnementaux critiques de saturation en phosphore sont différents selon la teneur en argile du sol. Ils sont plus élevés pour les sols sableux, comparativement aux loams ou aux argiles (Pellerin et coll., 2006).
b. Les recommandations agronomiques contenues dans les grilles du *Guide de référence en fertilisation* (CRAAQ, 2010).
c. La stratégie est définie pour un cycle de culture. S'il y a deux cultures dans une même année dans un même champ, la stratégie peut être appliquée deux fois.

Indice de saturation en phosphore égal ou supérieur aux seuils environnementaux critiques

Lorsque le $(P/Al)_{M-3}$ est égal ou supérieur à 7,6 % pour un sol ayant une teneur en argile supérieure à 30 % et à 13,1 % pour un sol ayant une teneur en argile égale ou inférieure à 30 %, les recommandations de fertilisation faites par l'agronome doivent être basées sur les situations suivantes.

a. Utiliser les recommandations du *Guide de référence en fertilisation* (CRAAQ, 2010).
b. Dans le cadre d'une rotation de trois années et de l'utilisation d'engrais organiques, un dépassement de l'apport annuel prévu aux grilles de référence est permis, sans toutefois dépasser l'apport de P_2O_5 total permis pour les trois années de la rotation.

1.3. POMMES DE TERRE

a. Utiliser les recommandations du *Guide de référence en fertilisation* (CRAAQ, 2010).

2. SOLS ORGANIQUES

2.1. GRANDES CULTURES

Les stratégies de fertilisation proposées tiennent compte de quatre aspects.

a. Par définition, les sols organiques contiennent plus de 30 % de matière organique (Groupe de travail sur la classification des sols, 1998).
b. Le seuil environnemental critique de saturation en P en sol organique est de 5 % (Guérin et coll., 2007). L'indice de saturation en P en sol organique (ISP_3), évalué à partir de la méthode Mehlich-3, est exprimé en pourcentage de la façon suivante :

$$ISP_3\ (\%) = \left[\frac{\frac{P}{31}}{\frac{Al}{27} + 5 \times \frac{Fe}{56}} \right]_{M-3} \times 100$$

c. Le seuil environnemental critique de saturation en P de 5 % correspond à environ 105 kg P_{M-3}/ha.
d. Les recommandations agronomiques contenues dans les grilles du *Guide de référence en fertilisation* (CRAAQ, 2010).

Indice de saturation en phosphore égal ou supérieur au seuil environnemental critique

Comme aucun essai de fertilisation n'a été fait en sol organique pour les grandes cultures, les membres du comité de gestion des matières fertilisantes de l'OAQ présument que les recommandations en sol minéral basées sur le P_{M-3} et l'ISP_1 sont applicables en sol organique. Ils supposent aussi que les analyses de l'ISP_1 sont transposables sur une base d'ISP_3. Par conséquent, lorsque l'ISP_3 est égal ou supérieur à 5 %, les recommandations de fertilisation faites par l'agronome doivent être basées sur les situations suivantes.

a. Utiliser les recommandations du *Guide de référence en fertilisation* (CRAAQ, 2010) pour ces cultures en sol minéral.
b. Dans le cadre d'une rotation de trois années et de l'utilisation d'engrais organiques, un dépassement de l'apport annuel prévu aux grilles de référence en fertilisation est permis, sans toutefois dépasser l'apport de P_2O_5 total permis pour les trois années de la rotation.

2.2. CULTURES MARAÎCHÈRES

Les stratégies de fertilisation proposées tiennent compte de cinq aspects.

a. Par définition, les sols organiques contiennent plus de 30 % de matière organique (Groupe de travail sur la classification des sols, 1998).
b. Le seuil environnemental critique de saturation en phosphore en sol organique est de 5 %, selon l'ISP_3 (Guérin et coll., 2007). Ce seuil correspond à environ 105 kg P_{M-3}/ha.
c. Les recommandations agronomiques contenues dans les grilles du *Guide de référence en fertilisation* (CRAAQ, 2010).
d. La stratégie est définie pour un cycle de culture. S'il y a deux cultures dans une même année dans un même champ, la stratégie peut être appliquée deux fois.

Indice de saturation en phosphore égal ou supérieur au seuil environnemental critique

Lorsque l'ISP_3 est égal ou supérieur à 5 %, les recommandations de fertilisation faites par l'agronome doivent être basées sur les situations suivantes.

a. Utiliser les recommandations du *Guide de référence en fertilisation* (CRAAQ, 2010).
b. Les engrais organiques ne sont pas recommandés.

3. SYNTHÈSE DES ÉTUDES SUR L'ENRICHISSEMENT ET LA RÉTROVERSION DU PHOSPHORE

Le taux d'enrichissement des sols en P est relativement bien documenté alors que celui du taux de réduction de la saturation des sols en P pour se situer sous le seuil environnemental l'est moins. Certaines études réalisées au Québec ont, toutefois, porté sur l'évolution de la teneur en P des sols en lien avec le bilan annuel du P pour chaque parcelle (Giroux et coll., 2002) et sur les effets à long terme des applications de P sur les rendements ainsi que l'évolution des teneurs, de la saturation et de la solubilité du P dans deux sols très riches en P (Giroux et Royer, 2007; Messiga, 2010). Les résultats de ces trois études constituent les bases scientifiques pour appuyer les stratégies de fertilisation, en lien avec la note 3 de l'annexe 1 du REA.

Selon l'étude de Giroux et coll. (2002), lorsque les apports de P au sol sont inférieurs aux exportations de P des cultures (bilan négatif), une diminution de la teneur en P assimilable des sols est observée en sols riches, mais beaucoup moins en sols pauvres. Dans la situation où le bilan est équilibré ou modérément excédentaire, une baisse du P assimilable est observée dans les sols riches et un maintien, dans les sols

pauvres. Lorsque le bilan du P est excédentaire d'environ 30 kg P_2O_5/ha, la rétroversion du P compense le surplus du bilan de sorte que les sols maintiennent leur teneur en P assimilable. Lorsque les apports de P sont importants et dépassent de 30 kg P_2O_5/ha les exportations, une augmentation du P assimilable est observée dans tous les sols.

Cette étude a aussi montré que l'évolution de la teneur en P assimilable et de la saturation en P d'un sol ne dépend pas seulement des quantités apportées et exportées en P, mais aussi des teneurs initiales en P assimilable et de la rétroversion du P liée à la nature pédologique et physico-chimique des sols (Giroux et coll., 2002). En effet, les caractéristiques pédologiques d'un sol (ex. : texture, contenu en argile, pH, etc.) influencent la capacité de rétroversion du P des sols et sa solubilité.

L'étude de Giroux et Royer (2007) visait, quant à elle, à établir l'effet des doses de P appliquées (0, 30, 60 kg P_2O_5/ha) sur les rendements des cultures, les exportations et le bilan de P. L'évolution des teneurs en P assimilable et en P soluble à l'eau a été déterminée dans un loam sableux Du Contour et dans un loam Sainte-Rosalie. L'étude a été conduite sur une période de 8 ans, soit 2 cycles de rotation maïs-maïs-soya-blé. Les chercheurs ont également mesuré les taux de diminution de la saturation en P et le temps nécessaire pour ramener les sols au seuil environnemental critique de saturation en P.

Les résultats de l'étude indiquent que les rendements des cultures n'ont pas été affectés de façon importante par les doses de P et que les réserves de P assimilable accumulées à des niveaux très élevés peuvent suffire au besoin des cultures pendant plusieurs années sans que des apports d'engrais soient nécessaires. Après une période de 8 ans, la réduction moyenne annuelle de P Mehlich-3 du loam sableux Du Contour a été de -15,1 kg P/ha-an dans la parcelle témoin sans engrais; de -14,8 kg P/ha-an avec la dose de 30 kg P_2O_5/ha et de -12,1 kg P/ha-an avec la dose de 60 kg P_2O_5/ha. Pour le loam Sainte-Rosalie, la réduction moyenne annuelle de P Mehlich-3 a été de -13,5 kg P/ha-an dans la parcelle témoin sans engrais; de -10,1 kg P/ha-an avec la dose de 30 kg P_2O_5/ha et de -8,5 kg P/ha-an avec la dose de 60 kg P_2O_5/ha. La dose de P correspondant à un bilan P équilibré (apport = exportation) est de 46 kg P_2O_5/ha dans le loam sableux Du Contour et de 44 kg kg P_2O_5/ha dans le loam Sainte-Rosalie. La dose appliquée de 60 kg P_2O_5/ha excède d'environ 15 kg P_2O_5/ha la dose d'équilibre du bilan (44 et 46 kg P_2O_5/ha), mais elle permet quand même la réduction de la teneur en P des sols, et ce, à un rythme plus lent. Ces résultats confirment les observations de l'étude de Giroux et coll. (2002). Le temps nécessaire pour atteindre le seuil de saturation en P de 13,1 % pour le loam sableux Du Contour et le loam Sainte-Rosalie est respectivement de 10 ans et de 8 ans pour la dose 0 kg P_2O_5/ha, de 12 ans et de 10 pour la dose de 30 kg P_2O_5/ha et de 14 ans pour la dose de 60 kg P_2O_5/ha.

L'étude de Messiga (2010) a démontré que, dans un système de rotation maïs-soya effectué sur une longue période (15 années), l'apport annuel de 80 kg P_2O_5/ha d'un engrais de synthèse phosphaté pour fertiliser le maïs suivi d'un apport de 0 kg P_2O_5/ha pour le soya conduit à une diminution progressive du P_{M-3} des sols au fil des années.

Pour les trois études concernant le P, l'application d'un bilan équilibré ou modérément excédentaire à la surface du sol est donc une mesure de réduction de la teneur et de la saturation en P des sols très riches.

4. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2010. Guide de référence en fertilisation, 2e édition, 473 p.

Giroux, M., J. Cantin, R. Rivest et G. Tremblay. 2002. Évaluation des teneurs en phosphore dans les sols selon la fertilisation, la richesse en P et les types de sols. Compte-rendu sur CD du colloque sur le phosphore OAQ-APAQ. « Une gestion éclairée », 19 p.

Giroux, M. et R. Royer. 2007. Effets à long terme des applications de phosphore sur les rendements, l'évolution des teneurs, de la saturation et de la solubilité du P dans deux sols très riches. Agrosolutions. 18 (1) : 17 -24.

Guérin, J., L.-É. Parent et R. Abdelhafidh. 2007. *Agri-environmental thresholds using Mehlich III soil phosphorus saturation indexes for vegetables in Histosols.* J. Environ. Qual. 36 : 975-982.

Groupe de travail sur la classification des sols, 1998. Le système canadien de classification des sols, 3e édition, Agriculture et Agroalimentaire Canada, publication 1646, 187 p.

Messiga, A. J. (2010). Transferts du phosphore dans les sols de grandes cultures. Thèse de doctorat en sols et environnement, Université Laval, Québec, 240 p.

Pellerin, A., L.-É. Parent, J. Fortin, C. Tremblay, L. Khiari et M. Giroux. 2006. *Environmental Mehlich-III soil phosphorus saturation indices for Quebec acid to near neutral mineral soils varying in texture and genesis*. Can. J. Soil Sci. 86 : 711-723.