

Fertilisation en PHOSPHORE de la pomme de terre

Recommandations



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec

Avertissements

Au moment de sa rédaction, l'information contenue dans ce document était jugée représentative des connaissances sur la fertilisation en phosphore de la pomme de terre et son utilisation demeure sous l'entière responsabilité du lecteur. Certains renseignements pouvant avoir évolué de manière significative depuis la rédaction de cet ouvrage, le lecteur est invité à en vérifier l'exactitude avant de les mettre en application.

Cette fiche technique fait partie d'une série de 2 réalisées conjointement par le Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), l'Université Laval et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ).

Cette série de fiches concrétise le projet *Approches agroenvironnementales en cultures légumières* réalisé dans le cadre du programme *Initiative d'appui aux conseillers agricoles*, selon les termes de l'entente Canada-Québec sur le Renouveau du Cadre stratégique agricole.



Canada



Pour information :

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec
2875, boulevard Laurier, 9^e étage
Québec (Québec) G1V 2M2
Téléphone : 418 523-5411
Télécopieur : 418 644-5944
Courriel : client@craaq.qc.ca
Site Internet : www.craaq.qc.ca

© Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 2008

Publication n° EVC 028

Fertilisation en phosphore de la pomme de terre - Recommandations

Rédaction

Nicolas Samson, M.Sc., agronome, chargé de projet, Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec

Léon-Étienne Parent, Ph.D., agronome, professeur, Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec

Annie Pellerin, Ph.D., agronome, conseillère scientifique en fertilisation, MAPAQ, Direction régionale de la Montérégie-Ouest, Saint-Rémi

Lotfi Khiari, Ph.D., professeur, Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, Québec

Christine Landry, M.Sc., agronome, biologiste, chercheure, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, Québec

Révision

Gilles Gagné, M.Sc., agronome-pédologue, chercheur, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), Québec

François Labrie, agronome, expert en grandes cultures, La Coop fédérée, Montréal

Sébastien Marchand, M.Sc., agronome, consultant privé en fertilisation, Warwick

Hélène Moore, M.Sc., agronome, conseillère, Club de fertilisation de la Beauce, Sainte-Hénédine

Sylvie Richard, agronome, directrice technique, Association des fabricants d'engrais du Québec (AFEQ), Saint-Hyacinthe

Robert Robitaille, M.Sc., agronome, analyste en agroenvironnement, MAPAQ, Direction de l'environnement et du développement durable, Québec

Joann K. Whalen, Ph.D., agronome, professeure, Université McGill, Campus Macdonald, Département des sciences des ressources naturelles, Sainte-Anne-de-Bellevue

Coordination et édition

Chantale Ferland, M.Sc., chargée de projets aux publications, CRAAQ, Québec

Joanne Lagacé, chargée de projets, CRAAQ, Québec

Lyne Lauzon, biologiste, coordonnatrice des publications, CRAAQ, Québec

Mise en page et conception graphique

Jocelyne Drolet, agente de secrétariat, CRAAQ, Québec

Photos de la page couverture

Samuel Morissette, Ferme Daniel Bolduc et fils

Philippe Parent, Cultures H. Dolbec

Nicolas Samson, Université Laval

TABLE DES MATIÈRES

Introduction et objectifs	1
Matériel et méthodes	1
<i>Sélection des sites et analyses de sol</i>	1
<i>Étapes de réalisation du modèle de recommandations</i>	3
Résultats et discussion	5
<i>Classes de fertilité et probabilité de réponse</i>	5
<i>Réponse de la pomme de terre à l'application de P : optimisation de la dose</i> <i>d'engrais phosphaté</i>	6
<i>Modèle de recommandations</i>	7
<i>Commentaires et contraintes sur le modèle de recommandations</i>	8
Conclusion	8
Références	9
Remerciements	10

Introduction et objectifs

Au Québec, l'évaluation de la capacité réceptrice en phosphore (P) des sols minéraux et la gestion des fertilisants phosphatés ont été améliorées au début des années 2000 par l'adoption de l'indice de saturation en P $(P/Al)_{M-III}$ extrait au Mehlich-III (M-III). Cet indice s'est montré plus performant pour expliquer le comportement du P dans le sol que l'analyse P_{M-III} seule qui ne tient pas compte de la capacité de fixation des sols (Khiari *et al.*, 2000; Pellerin *et al.*, 2006a,b). Une nouvelle grille de fertilisation utilisant le rapport $(P/Al)_{M-III}$ a ainsi été produite et publiée en 2003 dans le *Guide de référence en fertilisation* du CRAAQ (CRAAQ, 2003) pour la culture de la pomme de terre cultivée en sol minéral léger ayant un contenu en argile inférieur à 20 %. Le modèle utilisé a été établi à partir de données compilées en tenant compte de critères agronomiques et environnementaux provenant de 78 essais de fertilisation conduits entre 1984 et 1998 (Khiari *et al.*, 2000). Pour les sols légers contenant moins de 20 % d'argile, un seuil environnemental critique $(P/Al)_{M-III}$ de 15,0 % a été défini (Khiari *et al.*, 2000). Au-delà de 15,0 % $(P/Al)_{M-III}$, il a été convenu, à partir de l'information alors disponible, que la dose de P recommandée devait être égale ou inférieure aux prélèvements de P par la partie récoltée de la culture, soit de 30 à 60 kg P_2O_5 /ha pour un rendement en tubercules de 33 à 66 t/ha (300 à 600 quintaux/acre).

Le modèle de recommandations de 2003 contenait toutefois un nombre limité de sites dont l'indice $(P/Al)_{M-III}$ dépassait 15,0 %. De plus, bien que la pomme de terre soit principalement cultivée sur des loams sableux, des sables loameux et des sables, elle est parfois produite sur des loams contenant plus de 20 % d'argile ou en sols graveleux (> 20 % de fragments grossiers ou de particules supérieures à 2 mm). Ainsi, dans un effort collectif d'amélioration continue des pratiques de fertilisation au Québec, 37 nouveaux essais de fertilisation phosphatée ont été effectués entre 2000 et 2007, principalement sur des sols minéraux ayant un $(P/Al)_{M-III}$ supérieur à 15,0 %. Cette fiche vise donc à mettre à jour la grille de fertilisation en P de la pomme de terre du CRAAQ (2003). Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- Expliquer la démarche pour élaborer la grille de fertilisation en P de la pomme de terre;
- Bonifier l'actuel modèle de recommandations en P de la pomme de terre en sol minéral (CRAAQ, 2003) par l'incorporation des données de 37 sites expérimentaux supplémentaires, pour un total de 115 sites;
- Commenter et expliquer les contraintes d'application du modèle.

Matériel et méthodes

Sélection des sites et analyses de sol

Essais 1984-1998

Une base de données de 78 sites fut utilisée par Khiari *et al.* (2000) pour élaborer la grille de fertilisation phosphatée de la pomme de terre de 2003 (CRAAQ, 2003). Cette base de données a été réutilisée dans le nouveau modèle.

Fertilisation en phosphore de la pomme de terre - Recommandations

Essais 2000-2007

Les nouveaux sites comportaient surtout des sols minéraux de saturation en P supérieure à 15,0 % dans les régions de Québec (Portneuf, Île d'Orléans) et de Lanaudière. Tous les essais ont été réalisés à la ferme sur des sols minéraux acides couramment utilisés pour la culture de la pomme de terre. La majorité des sols étaient de type podzolique. Les sols montraient une teneur en argile inférieure à 20 %, sauf ceux de l'Île d'Orléans qui en contenaient entre 26 % et 33 % (Landry *et al.*, 2007, Landry *et al.*, 2008).

L'engrais minéral utilisé était du phosphate mono ou bi-ammoniacal (MAP ou DAP) épandu aux doses sélectionnées selon les caractéristiques du milieu. La majorité des essais comprenaient un traitement témoin non fertilisé en P qui est essentiel pour établir la trajectoire de la courbe de réponse ainsi que de 2 à 5 doses croissantes de P. La dose maximale de P ajouté allait de 45 à 300 kg P₂O₅/ha, selon les caractéristiques du site. Le dispositif expérimental était un bloc complet aléatoire avec 3 ou 4 répétitions selon les sites. Au moment de la récolte, les rendements vendables étaient compilés pour chacune des parcelles expérimentales. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide des logiciels SAS (SAS Institute, Inc. 1999) et Excel (Windows, 2003).

Les sols échantillonnés au printemps ont été caractérisés (Tableau 1) pour leur texture (CPVQ, 1997), leurs contenus en P_{M-III} et Al_{M-III} (Mehlich, 1984) et en matière organique (CNS-Leco2000 ou Walkley-Black (CPVQ, 1997)), et leur pH eau (CPVQ, 1997). Une correction a été effectuée sur les mesures de P_{M-III} obtenues par colorimétrie (C) et Al_{M-III} dosé par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) afin d'uniformiser tous les indices de saturation (P/Al)_{M-III} des sols en référence à la spectroscopie d'émission dans le plasma (SEP). Pour ce faire, les équations suivantes ont été utilisées (Khiari *et al.*, 2000; CRAAQ, 2003) :

$$\left[\left(\frac{P}{Al} \right)_{M-III} \right]_{SEP} = 1,12 \times \left[\left(\frac{P}{Al} \right)_{M-III} \right]_{C-SAA} \quad (1)$$

$$\left[P_{M-III} \right]_{SEP} = 1,09 \times \left[P_{M-III} \right]_{C-SAA} \quad (2)$$

Tableau 1. Propriétés physico-chimiques des 115 sites expérimentaux

	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart type
pH eau	4,7	6,9	5,8	0,5
Matière organique (%)	0,5	11,9	3,8	1,6
Argile (%)	0,6	32,3	10,1	8,2
P _{M-III} (mg/kg) [†]	3,1	707	141	149
Al _{M-III} (mg/kg)	435	4072	1545	545
(P/Al) _{M-III} (%) [‡]	0,1	71,5	10,4	12,0

[†] Convertie en SEP selon l'équation 2

[‡] Convertie en SEP selon l'équation 1

Étapes de réalisation du modèle de recommandations

1) Classes de fertilité et probabilité de réponse

La première étape d'élaboration d'une grille consiste à établir des classes de fertilité. Ces classes sont d'abord délimitées à partir de seuils agronomiques et environnementaux. Le seuil agronomique est une valeur critique exprimée en $(P/Al)_{M-III}$ au-delà de laquelle les rendements relatifs (équation 3) se stabilisent autour de 80 % ou plus selon la méthode de Cate-Nelson (Nelson et Anderson, 1984). Cette méthode permet de relier le rendement relatif à l'indice $(P/Al)_{M-III}$ sur un graphique. Le seuil agronomique est déduit de cette relation pour les 115 sites expérimentaux. Un rendement relatif inférieur à 100 % signifie que la culture a répondu positivement à l'ajout d'engrais, tandis qu'un rendement relatif supérieur à 100 % signifie que l'ajout d'engrais a fait diminuer le rendement.

$$\text{Rendement relatif} = 100 \times \frac{\text{Rendement témoin}}{\text{Rendement maximum avec engrais}} \quad (3)$$

Le seuil environnemental est obtenu par une caractérisation des mécanismes de sorption et de désorption du P pour parvenir à une valeur critique de risque environnemental au-delà de laquelle le risque de dissipation du P de la parcelle vers le cours d'eau est élevé (Breeuwsma et Silva, 1992; Beauchemin *et al.*, 2003).

Une fois les seuils agronomiques et environnementaux établis, on calcule la probabilité exacte que le rendement optimal du site soit atteint par l'ajout d'engrais. Ce calcul, appelé « test de puissance », est aussi utilisé pour évaluer le risque environnemental d'une action (Suter, 2007) ou établir le contrôle de la qualité en industrie. Un test de puissance supérieur à 80 % signifie que l'ajout de fertilisant est nécessaire pour atteindre le rendement optimal du site (Hair *et al.*, 1995). Sur le plan statistique, ce test équivaut à une erreur de type II ou erreur bêta (β). Le test de puissance ($1-\beta$) vise à établir, dans un premier temps, la nécessité ou non de fertiliser pour atteindre le rendement potentiel dans chacune des classes de fertilité, mais sans spécifier de dose. Pour calculer la puissance, la moyenne et l'écart type des rendements relatifs doivent d'abord être calculés pour chacune des classes de fertilité. La puissance (ou efficacité de la réponse à l'engrais P) est ensuite déterminée pour chacune des classes de fertilité choisies en suivant les trois étapes suivantes, aussi schématisées à la figure 1 :

- I. Mesurer la distance entre la moyenne « M » des rendements relatifs de tous les sites compris dans une même classe de fertilité et la valeur « V » située à un niveau de probabilité « α » (erreur de type I) égale à 0,05 selon la formule $V = M + t_{0,05}s/\sqrt{n}$, où « $t_{0,05}$ » est la valeur du test de Student (unidirectionnel vers la droite avec $(n-1)$ degrés de liberté), « s » est l'écart-type des rendements relatifs dans une même classe de fertilité et « n » est le nombre de sites dans cette même classe.
- II. Calculer « β » (erreur de type II) selon la formule $P\left(\frac{100-V}{s/\sqrt{n}}\right)$, qui est la probabilité associée à la valeur $(100-V)/(s/\sqrt{n})$ distribuée selon une loi de Student unidirectionnelle avec $(n-1)$ degrés de liberté.
- III. Calcul de la puissance : $(1-\beta)$.

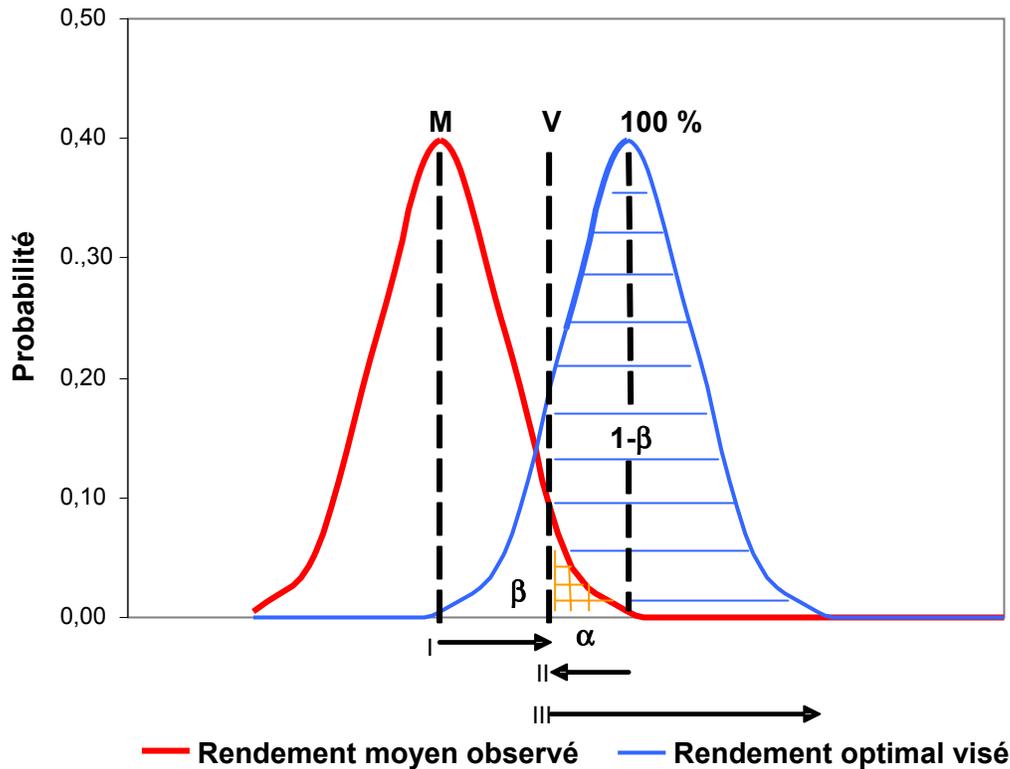
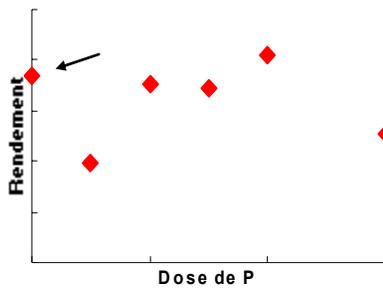


Figure 1. Distinction de la moyenne observée de la classe de fertilité « M » comparée à un rendement optimal de « 100 % » distribué selon une courbe normale. La puissance du test ($1-\beta$) est la probabilité d'atteindre le rendement optimal du site en fertilisant avec un engrais P (partie hachurée en bleu de la courbe). Les trois étapes du calcul de la puissance sont indiquées par des flèches.

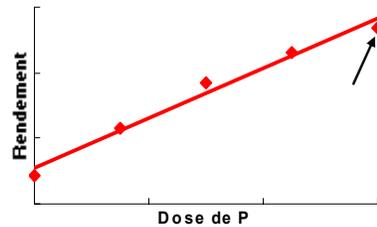
2) Réponse de la pomme de terre à l'application de P : Optimisation de la dose d'engrais phosphaté

L'opération suivante consiste à évaluer la dose optimale de P (kg P_2O_5 /ha) à chacun des sites en fonction des rendements vendables. Aucune distinction n'a été faite entre les cultivars, car Samson (1997) a démontré qu'il n'y avait pas d'interaction entre le cultivar et la dose d'engrais phosphaté. Quatre types de réponse de la pomme de terre aux ajouts d'engrais P ont été observés pour les 25 cultivars testés :

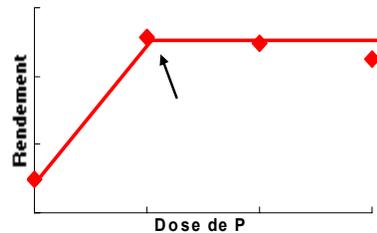
Fertilisation en phosphore de la pomme de terre - Recommandations



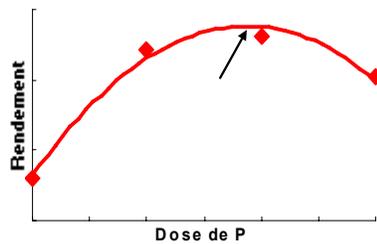
- Absence de réponse : la différence de rendement entre le témoin sans P et ceux fertilisés est de 2 t/ha ou moins. À l'intérieur de cette erreur expérimentale, tout jugement devient aléatoire.



- Réponse linéaire : la dose maximale est retenue. Ce type de réponse est possible dans les sols où le taux de saturation en P $(P/Al)_{M-III}$ est de faible à très faible.



- Réponse linéaire plateau : le rendement augmente avec la dose de P jusqu'à l'atteinte d'un plateau au-delà duquel les rendements n'augmentent plus. La dose sélectionnée se situe à l'intersection entre la réponse linéaire au P et le plateau de rendement.



- Réponse quadratique : la variation de rendement décroît avec la dose de P après l'atteinte du rendement maximum. La dose optimale dépend du rapport entre le coût unitaire de l'engrais (\$ de P/kg) et le prix d'une tonne de tubercules (\$/t). Le rapport utilisé était de 10,5.

3) Modèle de recommandations

Le modèle de recommandations traduisant l'évolution de la dose optimale en fonction de l'indice $(P/Al)_{M-III}$, est obtenu par le calcul de la médiane des doses optimales retenues à l'étape 2 et des valeurs de $(P/Al)_{M-III}$ délimitant chacune des classes (étape 1). La valeur médiane, correspondant à une espérance conditionnelle de 50 %, favorise les pratiques culturales bénéfiques sur des sols qui, très souvent, ont été soumis à des pratiques intensives menant à leur dégradation.

Résultats et discussion

Classes de fertilité et probabilité de réponse

Les seuils agronomiques de $(P/Al)_{M-III}$ de 3,0 % et 12,0 % ont été obtenus à partir de la méthode de Cate-Nelson pour établir les classes de fertilité. Au-delà d'un indice $(P/Al)_{M-III}$ de 12,0 %, l'atteinte de 80 % du rendement maximal, sans ajout de P, est possible

Fertilisation en phosphore de la pomme de terre - Recommandations

(Tableau 2). Le seuil environnemental est de 15,0 % (P/Al)_{M-III} pour les sols contenant moins de 20 % d'argile et de 11,0 % (P/Al)_{M-III} pour ceux contenant de 20 à 30 % d'argile (Pellerin *et al.*, 2006b). Comme la plupart des sols voués à la culture de la pomme de terre contiennent moins de 20 % d'argile (100 sites sur 115 dans cette étude), un seuil environnemental de 15,0 % (P/Al)_{M-III} a été retenu dans le modèle de recommandations. Les classes ont été établies en tenant compte des valeurs critiques de 3,0 %, 12,0 % et 15,0 %. Par la suite, les intervalles ont été déterminés en tenant compte du nombre de sites par classe de fertilité et selon la valeur médiane de recommandation en passant d'une classe à la suivante. Les seuils sont définis aux tableaux 2 et 3.

Tableau 2. Moyennes (M) des rendements relatifs, écarts-types (s) et nombre de sites (n) permettant le calcul de la puissance (1-β) de chacune des classes de fertilité

(P/Al) _{M-III} (%)	M (%)	s (%)	n	1-β (%)
0-1,4	53,6	24,3	21	100,0
1,5-2,9	57,0	19,2	10	100,0
3,0-5,9	75,2	18,1	23	100,0
6,0-11,9	75,8	12,9	17	100,0
12,0-14,9	77,8	14,1	9	97,9
15,0-19,9	84,0	11,1	9	96,2
20 et +	85,9	12,0	22	99,9

Les tests de puissance présentés au tableau 2 sont tous supérieurs à 80 %. Ils révèlent que l'ajout d'engrais est nécessaire à l'atteinte du rendement optimal quelle que soit la classe de fertilité. Il n'y avait donc pas de seuil (P/Al)_{M-III} agronomique critique à partir duquel aucune fertilisation phosphatée ne permettait d'atteindre le rendement optimal du site.

Réponse de la pomme de terre à l'application de P : optimisation de la dose d'engrais phosphaté

Seuls les sites ayant des rendements moyens supérieurs à 18 t/ha ont été retenus dans le modèle (20 sites ont été éliminés à cette étape). Il y avait très peu de réponse à la fertilisation phosphatée sous ce faible niveau de rendement.

La réponse de la pomme de terre à la fertilisation P se répartissait de la façon suivante parmi les 115 sites retenus dans le modèle :

- 11 sites où il y avait une absence de réponse.
- 17 sites présentaient une réponse linéaire.
- 51 sites présentaient une réponse linéaire plateau.
- 36 sites présentaient une réponse quadratique.

Modèle de recommandations

Les nouvelles recommandations de P par classe de fertilité sont présentées au tableau 3. Les principaux changements par rapport au modèle de 2003 (CRAAQ, 2003) se situent dans les classes de fertilité supérieures à 15,0 %. Le nouveau modèle indique un intervalle variant entre 45 et 90 kg P₂O₅/ha pour la classe de fertilité située entre 15,0 % et 19,9 % d'indice (P/Al)_{M-III}. Pour la classe de fertilité de 20,0 % et plus, un intervalle de 30 à 45 kg P₂O₅/ha a été retenu. Cet intervalle est sans doute attribuable à la qualité des sols, les sols de meilleure qualité et plus productifs exigeant moins d'engrais que les sols dégradés. Un dosage plus élevé en P, qui est un signe de problème de dégradation du sol, exige alors de plus longues rotations culturales sans apport de P afin d'équilibrer le bilan du P dans le champ.

Tableau 3. Recommandations d'engrais phosphaté selon la classe de fertilité et distribution des rendements moyens et maximums par classe

(P/Al) _{M-III} (%)	Recommandation (kg P ₂ O ₅ /ha)	Rendement	
		Moyenne	Maximum
0-1,4	200	31,3	57,9
1,5-2,9	170	33,5	47,4
3,0-5,9	150	32,5	57,7
6,0-11,9	130	32,6	52,6
12,0-14,9	100	28,2	43,6
15,0-19,9	45-90	26,2	40,9
20 et +	30-45	31,0	51,9

Au-delà du seuil environnemental de 15,0 %, il revient aux conseillers agricoles de confirmer, par des essais à la ferme et avec l'appui de services spécialisés au besoin, le choix des quantités d'engrais à appliquer, tout en restant néanmoins dans l'intervalle proposé par le modèle. Les essais à la ferme devraient d'ailleurs faire partie du contrôle de la qualité des sols pour ajuster les recommandations aux conditions locales. Dans les classes de fertilité de 15,0 % et plus, il est recommandé d'appliquer une dose d'engrais P équivalente au prélèvement de P par la récolte, soit 1,1 kg P₂O₅/t de tubercules. Il se peut que la dose recommandée par le nouveau modèle soit supérieure au prélèvement, notamment pour les sites ayant des rendements moyens inférieurs à 30 tonnes. En présence de telles conditions, des cultures de rotation sans ajout de P sont nécessaires afin de diminuer le risque environnemental.

Dans le cas des sols avec un indice de saturation supérieur à 20,0 %, les recommandations devront considérer le prélèvement de P par la récolte selon l'historique des rendements. De plus, des rotations de trois ans apparaissent nécessaires, incluant deux années consécutives d'une culture sans apport de P. De nombreuses études (O'Sullivan, 1977; Li *et al.*, 1999, Bélanger *et al.*, 2007) ont montré que des rotations d'un minimum de 2 ans contribuent à augmenter le rendement et la qualité des tubercules de 17 à 72 % comparativement à une culture en continu.

Commentaires et contraintes sur le modèle de recommandations

- Ce modèle ne fait pas de distinction entre les classes texturales du sol. Sur les 115 sites, seulement 15 possédaient plus de 20 % d'argile, ce qui est insuffisant pour bâtir un autre modèle de recommandations. Cependant, dans ces sols, le risque environnemental du P augmente au-delà d'un indice $(P/Al)_{M-III}$ de 11 %.
- Un système de production de pomme de terre en continu diminue la qualité du sol (diminution de la matière organique et de l'activité microbienne, compactage, érosion par l'eau et le vent).
- Les sols graveleux retiennent moins bien les nutriments et demandent davantage d'engrais que les autres sols puisque l'extraction au M-III (sol tamisé à 2 mm) est biaisée par la présence de matériaux grossiers. L'ajout d'engrais phosphaté sur des sols ayant une faible capacité de rétention augmente le risque environnemental, requérant ainsi de plus longues rotations sans ajout d'engrais phosphaté.
- Les sols avec une couche indurée près de la surface et les sols minces sur roc ont un faible volume disponible d'exploration par les racines et peuvent ainsi demander plus d'engrais que les sols profonds. Comme pour les sols graveleux, l'ajout d'engrais phosphatés sur ces sols augmente le risque environnemental, requérant ainsi de plus longues rotations sans ajout d'engrais phosphaté.
- Les sols ayant un contenu en argile supérieur à 30 % sont sujets au compactage. La croissance des racines est alors affectée (Shierlaw et Alston, 1984). Le seuil environnemental y est aussi inférieur à celui des sols légers (11 % par rapport à 15 %). Il est souhaitable de ramener ces sols assez rapidement sous le seuil environnemental $(P/Al)_{M-III}$ de 11,0 % ou le seuil agronomique $(P/Al)_{M-III}$ de 12,0 % (Tableau 3).
- Les sols ayant un pH eau inférieur à 5,0 sont exposés à la toxicité de l'aluminium (Bouthier et Castillon, 2007). Une correction du pH est nécessaire avant d'appliquer les recommandations du modèle.
- Le présent modèle ne s'applique pas aux sols organiques.

Conclusion

Le nouveau modèle de recommandations d'engrais phosphaté pour la pomme de terre au Québec est basé sur 115 sites d'essais, soit 37 de plus que le modèle de 2003 (CRAAQ, 2003). Il comprend 7 classes de fertilité basées sur des seuils à la fois agronomiques et environnementaux. Les recommandations sont semblables à celles proposées dans le guide de 2003 lorsque l'indice de saturation est inférieur à 15,0 %. Par contre, elles augmentent pour les sols montrant un indice de saturation supérieure à 15,0 %. La réponse de la culture à l'engrais est très variable au-delà de 15,0 %. Dans ces conditions, le choix d'une dose adéquate devrait s'appuyer sur des résultats d'essais à la ferme avec pour objectif de ramener l'indice $(P/Al)_{M-III}$ sous 15,0 % en sols sableux et même 11,0 % en sols plus argileux. Les sols d'indice $(P/Al)_{M-III}$ supérieur au seuil environnemental (11,0 ou 15,0 %) requièrent un système de rotation de 2 ans ou plus prévoyant des cultures sans ajout d'engrais phosphaté dans l'optique d'une production durable de la pomme de terre au Québec. Les sols minces ou graveleux comportent des risques environnementaux du P élevés.

Références

- Beauchemin, S., R.R. Simard, M.A. Bolinder, M.C. Nolin et D. Cluis. 2003. *Prediction of phosphorus concentration in tile-drainage water from the Montreal Lowlands soils*. Canadian Journal of Soil Science 83: 73-87.
- Bélangier, B., M. Giroux, R. Morin et D. Pagé. 2007. *Effets de huit précédents culturels sur le rendement et la fertilisation azotée de la pomme de terre (Solanum tuberosum L.) cv. Shepody*. Rapport de recherche de l'IRDA et du MAPAQ. Québec. 52 p.
- Bouthier, A. et P. Castillon. 2007. www.comifer.asso.fr/groupe_travail/103bouthier-colloque-final.prn.pdf. Station expérimentale du Magneraud, St Pierre d'Amilly, France.
- Breeuwsma, A. et S. Silva. 1992. *Phosphorus fertilization and environmental effects in the Netherlands and the Po region (Italy)*. Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil, and Water Research. Agric. Res. Dep. Rep. 57. Wageningen, Pays-Bas. 39 p.
- CPVQ. 1997. *Détermination du carbone organique (Walkley-Black modifiée). Méthode MA-1*. Méthodes d'analyse des sols, des fumiers et des tissus végétaux. 2^e mise à jour. Agdex 533. Conseil des productions végétales du Québec inc. Québec. 74 p.
- CRAAQ. 2003. *Guide de référence en fertilisation*. 1^{re} édition. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. Québec. 294 p.
- Hair, Jr, J.F., R.E. Anderson, R.L. Tatham et W.C. Black. 1995. *Multivariate data analysis with readings*. 4^e édition. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey.
- Khiari, L., L.E. Parent, A. Pellerin, R.A. Alimi, C. Tremblay, R.R. Simard et J. Fortin. 2000. *An agri-environmental phosphorus saturation index for acid coarse-textured soils*. Journal of Environmental Quality 29: 1561-1567.
- Landry, C. et D. Pagé. 2007. *Évaluation des besoins en P de la pomme de terre en sol riche en P à l'Île d'Orléans, été 2006*. Rapport de recherche « Programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région ». MAPAQ. Mars. 26 p.
- Landry, C., J. Mainguy et D. Pagé. 2008. *Besoins et utilisation en phosphore de la pomme de terre cultivée en sols saturés en P, Île d'Orléans, été 2007*. Rapport de recherche « Programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région ». MAPAQ. Mars. 25 p.
- Li, H., L.E. Parent, C. Tremblay et A. Karam. 1999. *Potato response to crop sequence and nitrogen fertilization following sod breakup in a gleyed humo-ferric podzol*. Canadian Journal of Plant Science 79: 439-446.
- Mehlich, A. 1984. *Mehlich-3 test extractant: A modification of Mehlich-2 extractant*. Communications in Soil Science and Plant Analysis 15: 1409-1416.

Fertilisation en phosphore de la pomme de terre - Recommandations

- Nelson, L.A. et R.L. Anderson. 1984. *Partitioning of soil test-crop response probability*. Dans : Soil testing: Correlating and interpreting the analytical results. M. Stelly (édit.) ASA Special Publication 29. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. p. 19-38.
- O'Sullivan, J. 1977. *Effects of rotation and nitrogen on yield and quality of potatoes*. Canadian Journal of Plant Science 58: 475-483.
- Pellerin, A., L.E. Parent, C. Tremblay, J. Fortin, G. Tremblay, C.P. Landry et L. Khiari. 2006a. *Agri-environmental models using the Mehlich-III soil phosphorus saturation index for corn in Quebec*. Canadian Journal of Soil Science 86: 897-910.
- Pellerin, A., L.E. Parent, J. Fortin, C. Tremblay, L. Khiari et M. Giroux. 2006b. *Environmental Mehlich-III soil phosphorus saturation indices for Quebec acid to near neutral mineral soils varying in texture and genesis*. Canadian Journal of Soil Science 86: 711-723.
- Samson, N. 1997. *Fertilisation optimale de variétés de pomme de terre au Québec*. Mémoire de maîtrise. Université Laval. Québec, Canada.
- Shierlaw, J. et A.M. Alston. 1984. *Effect of soil compaction on root growth and uptake of phosphorus*. Plant and Soil 77: 15-28.
- Suter, G.W. II. 2007. *Ecological risk assessment*. 2^e édition. CRC Press. Boca Raton, Floride. p. 18.

Remerciements

Les personnes et organisations suivantes ont collaboré à la réalisation de la présente grille de fertilisation phosphatée de la pomme de terre : Marcel Giroux (Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)), Cultures H. Dolbec inc. (Philippe Parent, agronome), Jean Coulombe (agronome, consultant) en collaboration avec Synagri inc., Groupe Gosselin inc. (Guy Roy, agronome), MAPAQ (Pierrot Ferland, agronome) en collaboration avec Jean-Pierre Veillette, agronome (AGRECO), et l'Université Laval.