



Nouveaux outils de gestion de l'azote dans la production de la pomme de terre

Léon E. Parent, professeur, agronome, Ph.D.
Département des sols et de génie agroalimentaire,
Université Laval
leon-etienne.parent@fsaa.ulaval.ca

Introduction

Les producteurs de pommes de terre seraient tentés d'appliquer des quantités excessives d'engrais, car une sous-fertilisation est plus risquée qu'une sur-fertilisation. Une recette unique qui couvre les besoins de la culture quelles que soient les combinaisons de facteurs climatiques, édaphiques et culturaux est une solution facile, mais certainement pas optimale. Le rendement potentiel du site dépend de plusieurs facteurs dont la longueur de la saison de croissance, l'objectif de rendement, la qualité du sol, la région, le coût des engrais et le marché. Elle dépend aussi du choix de la méthode de calcul de la dose à appliquer selon la fonction de réponse choisie. Par exemple, le choix de l'équation quadratique qui recommande une dose plus élevée qu'une fonction linéaire-plateau ou même qu'une fonction logarithmique de Mitscherlich. Cette dose peut aussi varier avec le cultivar et n'est souvent pas modifiée si l'azote est fractionné ou non.

Il y a une grande variation d'efficacité d'utilisation de l'azote (EUA) par la pomme de terre (30 à 70 %), attribuable au lessivage du nitrate, à l'approvisionnement insuffisant en eau, à une balance minérale générale sous-optimale et au faible enracinement de la plante. Pour des doses appliquées de 150 à 250 kg N/ha et un rendement de 45 T/ha, l'EUA apparente est de 180 à 300 kg de tubercules par kg d'azote ajouté. Des doses économiques « optimales » de 80 à 140 kg N/ha ont aussi été mesurées. Cette diversité de ces doses est attribuable à une grande variété de conditions locales. La méta-analyse permet de synthétiser l'information provenant de nombreux essais de fertilisation conduits sous des conditions spécifiques de climats, de sols et de systèmes culturaux. Par ailleurs, l'analyse des balances nutritives permet de classer les cultivars selon leur signature nutritive, d'en diagnostiquer le statut nutritif et de tester la sensibilité de la plante à la fertilisation azotée compte tenu des interactions entre l'azote et les autres éléments nutritifs.

Notre but est de présenter des résultats de la méta-analyse des essais de fertilisation azotée de la pomme de terre au Québec ainsi que de modèles de lessivage du nitrate et de diagnostics nutritifs.

Matériel et méthodes

La base de données québécoise comprend actuellement 189 essais de fertilisation azotée effectués depuis 1958. Nous avons consigné 308 colonnes d'informations par site. La saison de croissance de la pomme de terre a été divisée en deux parties : soit du semis à la tubérisation (0 à 45 jours), qui détermine le nombre de tubercules, et de la tubérisation à la récolte (46 jours à récolte), qui détermine le poids moyen des tubercules à la récolte. La récolte ou le rendement est le produit du nombre de tubercules par le poids moyen des tubercules. Le climat a été classé selon un indice de Thornthwaite, soit les précipitations cumulées moins l'évapotranspiration réelle, modélisées par notre équipe du génie civil pour chacune des deux périodes. Le climat est humide (H) si les précipitations cumulées dépassent l'évapotranspiration, et sec (S) si c'est l'inverse. Comme on a deux périodes, il y a quatre classes climatiques : HH, HS, SH et SS. Les sols ont été classés selon la texture en groupe G2 (loam, loam sablo-argileux) et groupe G3 (sable, sable loameux, loam sableux). On a considéré trois classes de rendements : < 30, 30 à 40, et > 40 T/ha. Notez que le rendement moyen au Québec est de 28 T/ha.

Si on est intéressé par l'interaction entre le rendement, le climat et la dose, le nombre de sous-groupes peut atteindre $3 \times 4 = 12$. Si on segmente davantage avec la texture de sol, on obtient $3 \times 4 \times 2 = 24$ sous-groupes au maximum. Il est possible que certains sous-groupes ne contiennent aucune donnée. Plus le nombre de sous-groupes augmente, plus il faut de sites pour bien appuyer le modèle de réponse spécifique à chaque sous-groupe et ainsi satisfaire aux exigences des recommandations localisées. C'est pourquoi nous limiterons notre analyse aux essais de fertilisation azotée de la pomme de terre en sols du groupe G3 (sable, loam sableux, sable loameux) sous les quatre conditions climatiques HH, HS, SH et SS. Dans chaque sous-groupe, les rendements sont exprimés sur une base relative par rapport au traitement témoin :

$$\text{Rendement relatif} = \frac{\text{Rendement dans le traitement azoté}}{\text{Rendement dans le traitement témoin sans ajout d'azote}}$$

La base de données comprend également près de 3500 analyses partielles ou complètes qui ont été effectuées sur des échantillons foliaires prélevés sur la première feuille complètement développée (3^e à 5^e à partir du haut) à 10 % de floraison, soit au début de la tubérisation.

La distribution spatiale et le lessivage du nitrate ont été étudiés avec des équipements de télédétection approchée ou éloignée, des tensiomètres à succion et des modèles empiriques.

Résultats et discussion

Méta-analyses

Nous posons l'hypothèse que la dose d'azote dépend du climat et du rendement potentiel du site. En effet, (1) des promoteurs de l'agriculture de précision avancent que la dose d'azote doit être réduite si le rendement potentiel du site est faible et (2) on prétend souvent que la dose d'azote doit être augmentée si on anticipe un rendement élevé en raison de prélèvements plus élevés par la culture, indépendamment de l'efficacité d'utilisation de l'azote par la plante.

Sur la base de nos résultats, les hypothèses (1) et (2) ne semblent pas fondées pour la pomme de terre. En effet, quel que soit le rendement potentiel, la dose d'azote pour obtenir le rendement maximum est identique sous climat HH. Dans les groupes HS et SS, ces doses sont plus élevées lorsque le rendement potentiel est plus faible. Les doses sont comparables seulement pour le groupe climatique SH.

Une dose de 140 kg N/ha au semis couvrirait les besoins de base moyens sous toutes les conditions climatiques jusqu'au buttage. Par la suite, surtout si le climat est humide, des apports additionnels de 25 à 50 kg N/ha pourraient être nécessaires. L'eau et l'azote vont de pair.

Balances nutritives

Des découvertes récentes en mathématiques appliquées permettent de solutionner des systèmes complexes de balances nutritives dans les plantes et les sols. La méthode des balances permet de tenir compte des interactions entre les éléments nutritifs dans la plante et de comparer la signature nutritive des cultivars sans les biais de diagnostic causés par les interactions. La performance de cette méthode dépasse 80 % et pourrait être encore améliorée en tenant compte des conditions climatiques lors du prélèvement de l'échantillon foliaire.

Les cultivars de pomme de terre montrent des balances nutritives parfois significativement différentes, indiquant que les normes nutritives et les besoins en engrais pourraient différer entre les cultivars. Comme de nouveaux cultivars entrent sur le marché chaque année, cette approche diagnostique pourrait associer les nouveaux cultivars à des cultivars de référence dont on connaît déjà les besoins en engrais.

Le concept des balances nutritives est aussi applicable aux équilibres nutritifs dans les sols, à l'évaluation des besoins en chaux et à la détermination rapide, peu coûteuse et propre de la texture du sol et de son contenu en matière organique par des technologies du proche infrarouge.

Distribution spatiale du nitrate

Le lessivage du nitrate est attribuable principalement aux conditions climatiques. Étonnamment, il n'y avait pas de différence importante dans le lessivage du nitrate entre un témoin sans azote et une dose recommandée de 170 kg N/ha. Durant une année humide, le lessivage était de 64 kg N/ha dans le traitement sans ajout d'engrais et de 75 kg N/ha avec l'ajout de 170 kg N/ha comme recommandé. Durant une année sèche, le lessivage était de 32 et de 37 kg N/ha, respectivement. On attribue ce phénomène au fait qu'une plante non fertilisée reste chétive et prélève difficilement l'azote minéralisé ou déjà présent dans le sol alors qu'une plante fertilisée est vigoureuse et plus efficace à prélever l'azote. Cette observation mérite une plus grande attention.

La carte de distribution du nitrate dans un champ peut être combinée à une carte des besoins en azote mesurés à l'aide d'essais de fertilisation par zone dans le champ. Pour généraliser cette approche, il faudra générer de grands métafichiers avec des essais conduits rigoureusement.

Qualité des sols (l'année 2015 est l'année internationale des sols!)

La qualité des sols est en voie de devenir le principal défi à relever pour assurer notre sécurité alimentaire. La compaction réduit en moyenne de 34 % le rendement de la pomme de terre par rapport à un sol non compacté. Un sol compacté demande généralement plus d'eau et d'engrais dû au faible enracinement de la plante. Un sol productif permet l'enracinement des plantes sur 50 cm de profondeur. Pour décrire l'état du sol, le pédologue creuse un trou appelé « pédon » et détermine la séquence, l'épaisseur et la composition des horizons diagnostiques jusqu'à un mètre de profondeur ainsi que celles des couches problématiques afin d'élaborer de bonnes mesures correctives de nature mécanique, chimique et biologique d'amélioration du profil cultural.

Conclusion

Plus on se rapproche des conditions locales, plus il faut tenir compte des interactions. Les besoins en azote dépendent entre autres des conditions climatiques, du potentiel de rendement, de la qualité du sol et des interactions entre ces facteurs. Les métafichiers permettent de consigner les essais de fertilisation pour élaborer des recommandations localisées. Le Québec relève ce défi depuis 2008 alors que les États-Unis débutent cette année. Il reste beaucoup de travail à faire pour identifier là où il manque de l'information pour alimenter les modèles, mettre à jour les informations, tenir compte impérativement de la qualité des sols et élaborer des diagnostics robustes de balances nutritives. Notre équipe y travaille avec acharnement pour faire passer les systèmes de production de pommes de terre à l'ère du bio-numérique avec de meilleures méthodes diagnostiques pour la nutrition minérale de la pomme de terre et la qualité des sols.

Cette présentation fait partie du module « azote » du projet intitulé *Implementing Means to Increase Potato Ecosystem Services* CRSNG-RDC 385199-09

Partenaires : Cultures Dolbec Inc., Groupe Gosselin FG Inc., Agriparmentier et Prochamps Inc., Ferme Daniel Bolduc Inc., Conseil de recherche en Sciences Naturelles et en Génie du Canada.

Équipe de recherche : Nicolas, Marie-Hélène, Élisabeth, Philippe, Marie Ève, Jean-Pierre, Guy, Annie-Claude, Jérôme, Martin, Serge, étudiants et collaborateurs au Québec et à l'étranger.