

Appréciation de quelques facteurs impondérables dans l'élaboration des recommandations de fertilisation

LOUIS ROBERT¹

¹ Agronome, MAPAQ Direction régionale de la Chaudière-Appalaches 675 Route Cameron SAINTE-MARIE (Québec) G6E 3V7

Louis.robert@mapaq.gouv.qc.ca

Mots clés : fertilisation, variabilité saisonnière, recommandation, volatilisation, analyse de sol.

Si on devait évaluer la qualité du travail agronomique en fertilisation strictement sur la base de la fréquence des cas de pertes de rendement attribuables aux recommandations, la note serait près de la perfection. En effet, si on considère d'une part que chaque recommandation, faite sur tous les champs individuels, de tous les PAEF, et à chaque année, constitue un acte agronomique comportant un risque d'erreur certain, et d'autre part le nombre de cas d'échecs documentés ou même seulement soupçonnés d'être de mauvais résultats agronomiques, le taux de réussite est impressionnant.

L'élaboration d'une recommandation de fertilisation est la plupart du temps réalisée de façon mathématique, en reliant la teneur du sol en élément nutritif à une quantité précise d'engrais à apporter, en utilisant, souvent à l'aide de logiciels spécialisés, les balises proposées par le Guide de référence en fertilisation (CRAAQ, 2010). Même si le jugement agronomique ne peut être évacué de la démarche, du moins en principe, à l'usage, on en vient à ne plus accorder trop d'importance aux nombreux processus biologiques, bio chimiques ou encore climatiques qui peuvent considérablement altérer la relation [Analyse du sol]/[Besoins réels de la culture] à différentes étapes de l'élaboration de la recommandation : variabilités spatiale et saisonnière des résultats d'analyse de sol, manipulation des échantillons, calculs des pertes, qualité de l'épandage, etc.

Ces facteurs sont bien documentés et font encore régulièrement l'objet de travaux de recherche et revues de littérature. Un projet de suivi hebdomadaire des paramètres chimiques a été complété en Chaudière-Appalaches en 2012, mais n'a jamais encore été publié (Guillemette, V. 2012. Comm.pers.). À toutes les semaines, du début juin à la mi-novembre 2011, les sols de parcelles chaulées ou non, de deux sites de textures différentes (St-Isidore, sable loameux St-Thomas, podzol; St-Lambert-de-Lauzon, loam argileux LeBras, gleysol) ont été échantillonnés aux mêmes endroits et analysés pour évaluer l'amplitude de la variabilité saisonnière sur des sols typiques de la région, et l'effet du chaulage sur cette variabilité. Il en ressort que, pour les deux sites, mais sans tendance commune, plusieurs des paramètres varient en cours de saison, à un point tel que, parfois, des intervalles de quelques semaines auraient menées à des recommandations de chaux ou d'engrais très différentes. Par exemple, le pH eau au site St-Lambert est passé de 5,3 à la mi-juin à 6,2 6 semaines plus tard; le phosphore a connu un maximum de 220 kg/ha au début juillet à St-Isidore, et un minimum de 145 kg/ha à la fin août; et le potassium 250 kg/ha en juin, 50 kg/ha à la fin de la saison.

À première vue surprenantes, ces observations ne contredisent pas les constats faits dans d'autres contextes et publiés dans des revues scientifiques plus formelles : la variabilité saisonnière peut être aussi importante que la variabilité spatiale, ne suit pas de patron régulier, et ne peut être expliquée par l'absorption par les cultures, les variations climatiques, ou la fertilisation, du moins lorsque ces facteurs sont analysés sans tenir compte des interactions entre eux et des transformations chimiques et microbiennes dans le sol.

Une revue de littérature (Khan, 2013) portant spécifiquement sur le potassium rapporte des valeurs passant de 270 à 500 kg K/ha à 4 semaines d'intervalle, et fait ressortir l'importance du sous-sol comme source de potassium pour expliquer partiellement l'augmentation graduelle de la teneur du sol en K sur une période de plusieurs années, et pour plusieurs sites, même en absence de fertilisation K. Une compilation de 211 essais publiés démontre qu'on ne peut établir de lien entre le bilan K (apports/exportations) et l'évolution de la teneur en K du sol, à court ou long terme, ni avec les besoins en K des cultures. L'apport de potassium (KCl) a eu aucun effet sur le rendement dans 76 % de ces essais, et aucun effet sur la qualité des récoltes dans 92 %. Toutes cultures confondues, l'effet de la fertilisation potassique sur le rendement a été plus souvent négatif (effet du Cl⁻). Dans le cas des plantes fourragères,

une baisse de qualité est généralement mesurée, par l'effet antagoniste du K sur l'absorption de Ca et Mg, et les risques accrus de fièvre de lait et tétanie des herbages.

Les essais de fertilisation des grandes cultures au Québec ont souvent obtenu peu ou pas de réponse au phosphore ou au potassium. Il arrive que les teneurs des sols utilisés soient au-dessus des niveaux de suffisance, mais il est tout aussi probable que d'autres facteurs que la teneur du sol influencent la réalisation du rendement. Les coefficients de détermination (R^2) des courbes de régression entre $[P,K]_{\text{sol}}$ et rendement relatif sont rarement $> 0,50$. Donc, même lorsque seul la teneur en l'élément varie, plus de la moitié de la variabilité du rendement soit expliquée par d'autres facteurs.

Parmi les éléments nutritifs majeurs, l'azote est régulièrement un élément limitatif au rendement. Les analyses de sol routinières ne présentent pas d'indice de fertilité en azote. De par son importance économique et agronomique en productions de grandes cultures, ainsi que les impacts négatifs potentiels sur l'environnement, les conséquences d'une recommandation erronée sont multiples et coûteuses. L'exemple de la volatilisation de l'azote ammoniacal suite à l'épandage d'engrais de ferme sur des prairies permet d'illustrer la grande difficulté de prévoir avec précision l'apport d'azote réellement efficace quelques mois d'avance.

Sans pour autant en conclure que les analyses de sol conventionnelles sont d'aucune utilité, ces travaux remettent en perspective leur pertinence. Comme d'autres avant eux, ils aident à relativiser la valeur de l'analyse de sol dans le travail agronomique d'élaboration des recommandations de fertilisation, au profit d'autres indices : rendement de la culture sans apport dans des parcelles à la ferme, porosité et profondeur du sol, activité microbienne, etc.

Références

CRAAQ. 2010. Guide référence en fertilisation (2e éd.).

Guillemette, V. 2012. Connaître l'évolution des éléments minéraux du sol au cours de la saison de culture afin de déterminer le moment idéal pour l'échantillonnage des parcelles cultivées. Rapport de projet non publié, collaboration MAPAQ/Fertior/Agro-Enviro-Lab. Décembre 2012.

Khan, S.A., Mulvaney, R.L., et Ellsworth, T.R. 2013. The potassium paradox: Implications for soil fertility, crop production and human health. *Renew. Agr. And Food Systems*. 1-25.

Appréciation de quelques facteurs



impondérables dans l'élaboration des recommandations de fertilisation

Louis Robert, M.Sc., agr.
MAPAQ Chaudière-Appalaches

Journée d'information scientifique en
grandes cultures CRAAQ
Drummondville, 20 février 2014

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec

Variabilité saisonnière des analyses de sol

- pH, P et K: tendance à la baisse en cours de saison, remontée au printemps: fixation, rétrogradation, absorption par culture
- S'ajoute à la variabilité spatiale; chacune >> variabilité associée au traitement de laboratoire
- Varie d'un champ à un autre, et d'une année à l'autre, mais pas liée au climat
- La fertilisation amplifie la variabilité saisonnière
- Peut être aussi grande que 18 %, en moyenne, entre deux échantillons espacés de 2 semaines (Schwartz et al., 2011)

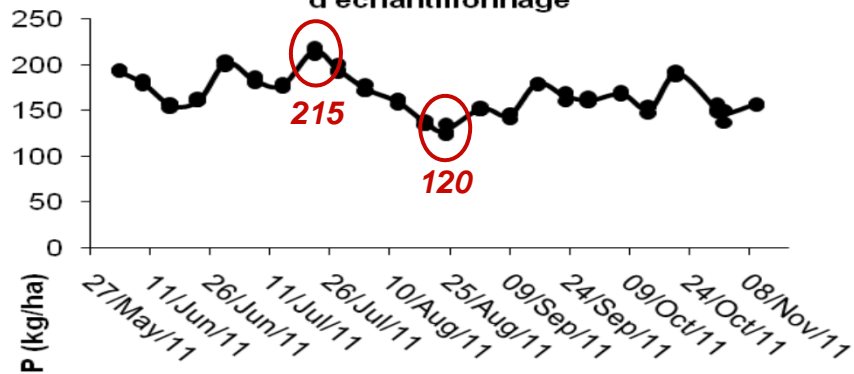
Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec

Variabilité saisonnière: Ch-App 2011

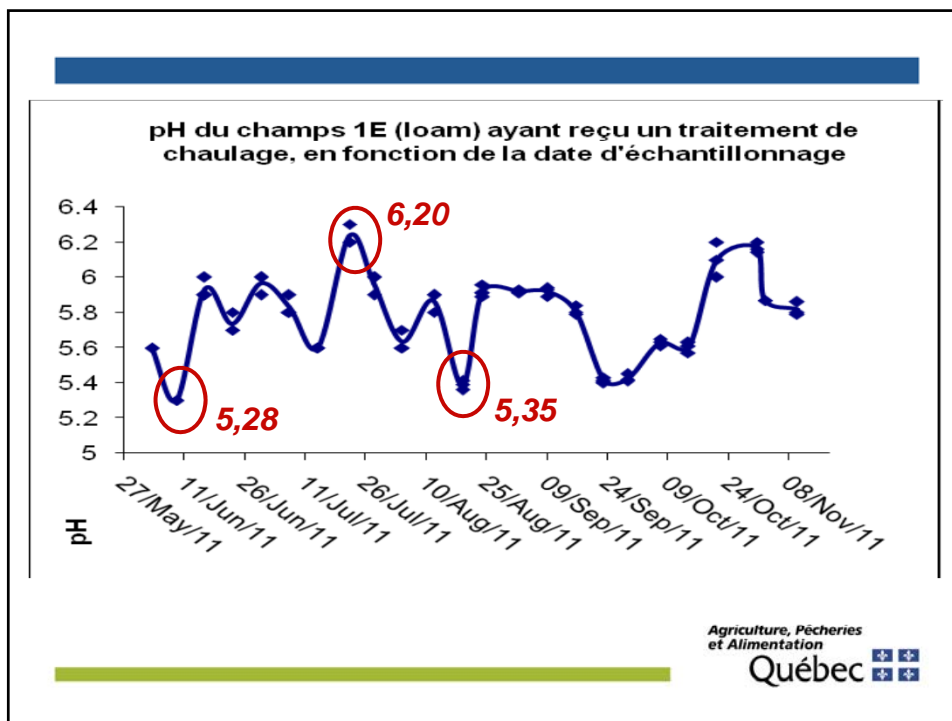
- Projet Fertior/Aro Enviro Lab/MAPAQ: V. Guillemette, agr.
- 2 sites échantillonnés chaque semaine du début juin à la mi-novembre aux mêmes endroits; avec/sans chaux;
- 16 prélèvements/parcelle = un échantillon
- Extrêmement variable, pour certains éléments, et sans patron prévisible
- Plus prononcée pour K, pH eau > P, Ca, Mg > éléments mineurs, m.o.
- Avec ou sans chaux, pH eau a augmenté

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec

Teneur en Phosphore (P; kg/ha) du champs 20 (sable loameux) n'ayant pas reçu un traitement de chaulage, en fonction de la date d'échantillonnage



Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec

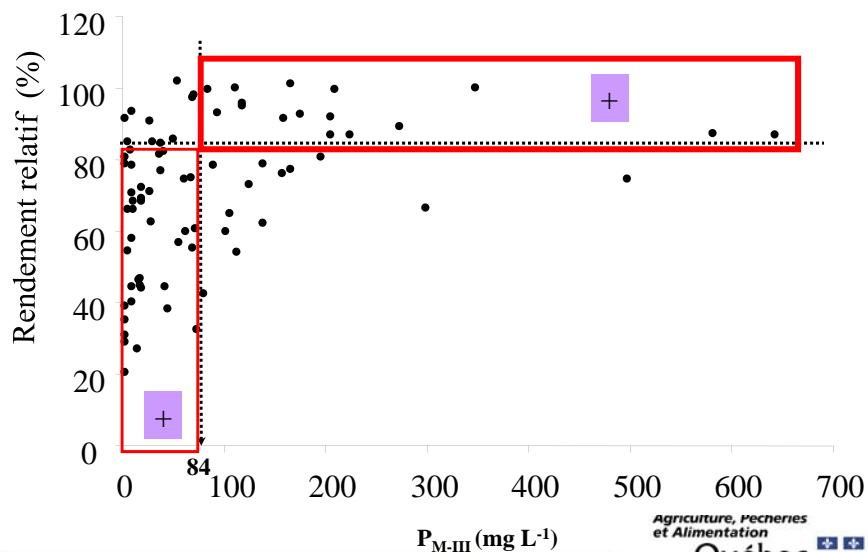


- Fiabilité de l'analyse de sol pour la fertilisation K**
- Khan, Mulvaney et Ellsworth (U of Illinois, 2013): compilation de 211 essais, dont Morrow (1876)
 - $[K]_{sol}$ a varié beaucoup, ex. 270 à 500 kg K/ha/mois
 - Le bilan apports/experts ne permet pas de prédire l'évolution de la $[K]_{sol}$ à court ou long terme
 - Hausse graduelle de $[K]_{sol}$: 259 kg/ha 1955; 360 2005
 - Aucun effet significatif de KCl sur le rendement 76 % des essais;
 - Effet sur qualité des récoltes: 8 % positif, 57 % négatif
 - Fertilisation K liée à « Buildup & Maintenance »: plusieurs risques
- Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec

Le calibrage à la source de notre usage

- L'analyse de sol est constituée de 3 parties: échantillonnage, extraction, interprétation
- L'interprétation basée sur les courbes de calibrage: courbes de régression [Élément]_{sol}/rendement relatif
- Coefficient de détermination (R^2): rarement > 0,40, mais significatif (P, K)
- Plus élevé pour le test nitrates (PSNT) que pour P ou K, peu importe la méthode d'extraction et dosage
- R^2 rarement significatif pour S et éléments mineurs (sauf Zn)

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec



Khiari, L. 2010

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec

Validation des recommandations: exemple P/maïs au Québec

- Bruulsema (1997): aucune réponse 15 sites-années/16 (5 riches, 1 moyen, et 2 pauvres): « on pourrait réduire nos recommandations de 50 % »
- MAPAQ, AAC: 9 sites, 3 ans; aucune réponse 27 sites-années/27, en raison de teneurs en P > seuil de réponse agronomique même pauvres/moyens (Barnett, 1997)
- Confirmé par Pellerin et al. (2006): 17 sites, 12 hybrides, 11 séries de sols (gleysols, brunisols, podzols), 5 avec plus que 30 % d'argile, % de saturation P de 1,7 à 9,5 %. Aucune réponse à 11 sites, augmentation de rendement à 2, et baisse de rendement à 4 sites. « On ne se trompe pas avec les recommandations actuelles, bien qu'on en mette trop ».
- Tremblay et al. (2011): rotation maïs/soya/blé 8 ans: aucun effet de la fertilisation P ou K sur le rendement ou la qualité; sol de 140 à 89 kg P/ha; le seuil de réponse est << CRAAQ

Évolution des teneurs dans le sol vs exportations

Série de sol	P initial	P/orge	P/maïs	P/dactyle	Diminution P
	----- kg P/ha-----				
Pontiac	116	103	94	90	26
Rideau	132	116	105	95	37
Ste-Rosalie	157	148	123	121	36
St-Urbain	213	188	175	164	49
Achigan	401	376	361	358	43
Lanoraie	513	475	470	448	65
	Baisse/culture	21	13	9	
	Prélèvement	33	58	50	

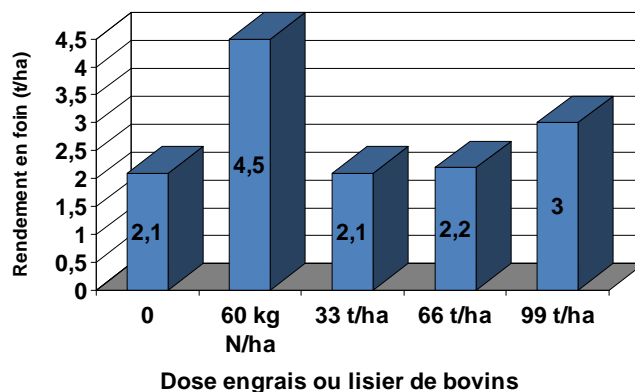
Giroux (2002)

Imprévisibilité des besoins en azote

- Méthode de calcul de la contribution en azote disponible des engrais de ferme peu fiable, plusieurs facteurs dont volatilisation N et historique du champ
- Tao et al. (CT, 2012): sur 64 champs de maïs avec historique d'engrais de ferme, 60 ne montraient aucune réponse à N; recommandation calculée = 27-132 kg N/ha;
- Smith et al. (2009): 27 expériences Qc, N.-É., I.-P.-É.: modèle à 28 variables n'a pas réussi à prédire correctement l'azote disponible; sous-estimation des pertes de 30 % en moyenne;
- N volatilisé dans les premières 24 h: 2-96 kg N/ha;
- Augmentation du pH de 6,2 à 6,3 => pertes augmentent de 20 %
- Essais IRDA/Agrinova/CCAÉ Ch-App., 2012-2013: pas de réponse significative du maïs à N 20 sites/21

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec

Effet de 7 jours sans pluie après lisier bovins sur coupe



Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec

Source: Denis Côté, IRDA 2000

Conclusion

- L'analyse de sol chimique n'est qu'un indicateur, parmi d'autres, de la fertilité d'un champ;
- Les besoins en éléments nutritifs des cultures ne peuvent être établis uniquement sur la base d'équation mathématique, aussi complexe soit-elle;
- Les facteurs physiques, biologiques, climatiques et humains doivent être considérés dans l'élaboration des recommandations en fertilisation: présence sur le terrain des agronomes
- Sens critique et discernement sont indispensables