

GRILLES DE RÉFÉRENCE EN FERTILISATION

CITROUILLE, RUTABAGA

ET CONCOMBRE DE TRANSFORMATION



COMITÉ DE COORDINATION

Gerardo Gollo Gil, directeur régional adjoint, Direction régionale de la Montérégie, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ)

Abdenour Boukhalfa, M. Sc., agronome, Direction régionale de la Montérégie, MAPAQ

Isabelle Couture, M. Sc., agronome, Direction régionale de la Montérégie, MAPAQ

Mélissa Gagnon, agronome, Direction régionale de Montréal-Laval-Lanaudière, MAPAQ

DÉTERMINATION DES VALEURS SCIENTIFIQUES DE RÉFÉRENCE EN FERTILISATION

Christine Landry, Ph. D., agronome et biologiste

Claude-Alla Joseph, Ph. D.

Stéphanie Houde, M. Sc., agronome

Julie Forest-Drolet, M. Sc., agronome

Lélia Anderson, M. Sc., B. Ing., agronome

Olivier Breton-Bourgault, agronome

Simon Guillemette, M. Sc.

Mandela M. Jacques, M. Sc.

Michèle Grenier, M. Sc.

Anaïs Charles, Ph. D.

Alexandre Leblanc, M. Sc., biologiste

Mélissa Paradis, M. Sc.

Julie Desautels, M. Sc.

Anne-Mary Le Guennec

ÉTABLISSEMENT DES GRILLES DE RÉFÉRENCE EN FERTILISATION

Marie Bipfubusa, Ph. D., Centre de recherche sur les grains (CÉROM)

Athyna Cambouris, Ph. D., Agriculture et Agroalimentaire Canada

Judith Nyiraneza, Ph. D., Agriculture et Agroalimentaire Canada

Éric Thibault, agronome, directeur général, PleineTerre

Marie-Élise Samson, Ph. D., agronome, Université Laval

Joann Whalen, Ph. D., agronome, Université McGill

ÉDITION

Direction des communications, MAPAQ

Ce projet a été financé par le programme Prime-Vert du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation en vertu du Partenariat canadien pour l'agriculture, une entente conclue entre les gouvernements du Canada et du Québec.

 PARTENARIAT
CANADIEN pour
l'AGRICULTURE

Canada Québec  

Ce projet a bénéficié d'une aide financière du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques en vertu du Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques.

INTRODUCTION

Au début des années 2000, pour répondre à un besoin exprimé par les agronomes et les intervenants en production végétale, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) a entrepris une importante démarche devant conduire à la publication de grilles de référence en fertilisation. Les résultats de ces dernières seraient soutenus par des essais au champ réalisés dans les conditions spécifiques du Québec.

Depuis 2004, ce sont 21 cultures qui ont fait l'objet de plus de 500 essais au champ encadrés par l'un des quatre programmes de soutien financier suivants, mis en œuvre par le MAPAQ : le Programme de soutien à l'innovation horticole (2004-2008), le Programme de soutien aux essais de fertilisation des cultures maraîchères (2008-2012), le Programme de soutien aux essais de fertilisation (2013-2018) et le Mandat de l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) pour la révision des valeurs scientifiques de référence en fertilisation (MIRVRF 2020-2023).

Dans le contexte de ce dernier programme, outre la conduite d'essais supplémentaires au champ, l'équipe de l'IRDA devait poursuivre le travail entrepris au cours de son premier mandat, soit le Plan de révision des grilles de référence en fertilisation du MAPAQ (2017-2020). Il s'agissait de réunir et de vérifier les données nécessaires au calcul des valeurs scientifiques de référence en fertilisation (VSRF). Pour plusieurs cultures, des résultats d'essais réalisés au Québec, financés et menés en dehors des programmes mentionnés plus tôt, ont pu être intégrés pour compléter et consolider les jeux de données.

Tout au long de l'établissement des VSRF, l'IRDA s'est appuyé sur une revue de la littérature pour chacune des cultures traitées et sur des échanges avec divers intervenants du milieu (agronomes et professionnels des clubs agroenvironnementaux ou du MAPAQ). L'objectif consistait à inclure tous les aspects particuliers de chaque culture et d'en tenir compte dans l'interprétation des VSRF, y compris les pratiques culturales en usage et les contraintes propres à la culture.

Lorsque l'ensemble des classes de fertilité et des VSRF pour une culture donnée est déterminé, le MAPAQ et le comité scientifique utilisent ensuite ces informations pour établir les nouvelles grilles de référence en fertilisation du Québec. Le détail de la démarche effectuée et les résultats du calcul des VSRF sont ainsi présentés au comité scientifique qui peut, s'il le juge à propos, ajuster certaines de ces valeurs selon des fondements scientifiques autres que le jeu de données fourni ainsi que sur la base de son jugement agronomique. Une fois les recommandations considérées

comme définitives, le MAPAQ les regroupe et les publie sous la forme de « grilles de référence en fertilisation ». Le fascicule de l'IRDA, qui contient plus de détails sur les jeux de données et l'ensemble des analyses, est également publié et peut être consulté. Les tableaux finaux de VSRF qui s'y trouvent ne sont ainsi pas toujours identiques à ceux finalement produits par le comité scientifique.

Ces nouvelles grilles constituent des outils de référence d'une qualité exceptionnelle pour les agronomes et leurs clients concernant toutes les cultures visées, particulièrement celles, nombreuses, qui n'avaient jamais fait l'objet d'essais au champ au Québec.

Finalement, il y a lieu de rappeler que les tableaux qui suivent ne représentent que des modèles de référence. Bien qu'ils soient d'une grande rigueur scientifique, ils constituent essentiellement des points de repère et ne se substituent pas au jugement professionnel de l'agronome, qui demeure l'ultime responsable de la recommandation. De nombreux facteurs, notamment ceux qui sont définis par les conditions particulières du champ (ex. : l'état de santé du sol), doivent aussi être pris en considération. L'expérience professionnelle de l'agronome, de même que ses autres sources de référence, pourra aussi justifier une modification de la recommandation ou l'introduction de nuances lorsqu'il le juge nécessaire.

Cette publication détaille les recommandations pour trois cultures maraîchères : la citrouille, le rutabaga et le concombre de transformation. Tous les essais qui ont alimenté la base de données ont été réalisés dans des conditions de production commerciale, dans des champs où les parcelles étaient soumises exactement aux mêmes parcours de production, mis à part la fertilisation. Les traitements de fertilisation ont aussi imité, dans la mesure du possible, les périodes, les méthodes et les sources d'engrais communément utilisées en production commerciale. Lors du traitement des données, la première étape visait à établir la validité (ex. : coefficient de variation, problème au champ et erreur de traitement ou de mesure) et la représentativité des données (ou des sites) (ex. : texture, proportion de sols dont la condition allait de très pauvres à très riches pour l'élément visé et répartition géographique). Les données non valides ont été retirées du jeu de données. À plusieurs reprises, l'ajout de données provenant d'essais externes a permis d'améliorer la représentativité ou la robustesse du jeu de données.

MÉTHODOLOGIE

La méthodologie servant à déterminer les classes de fertilité et le calcul des VSRF est similaire pour toutes les cultures analysées. À l'aide du test de partition de Cate-Nelson, les indicateurs de fertilité (ex. : [nitrate, phosphore (P), potassium (K)]_{sol}, saturation en phosphore [ISP₁], matière organique ou autre) sont mis en relation avec le rendement relatif (rendement du témoin sans engrais divisé par le rendement maximal du bloc) pour déterminer des seuils agronomiques de réponse ou de non-réponse. Lorsque cela est possible, les seuils sont propres aux groupes de texture G1 (sol à texture fine), G2 (sol à texture moyenne) et G3 (sol à texture grossière). Les meilleurs indicateurs, soit ceux permettant de prédire avec précision la réponse à la fertilisation, sont retenus pour créer les classes de fertilité. Les seuils agronomiques de réponse délimitent ces classes. À l'intérieur des classes de fertilité, des analyses de variance sont réalisées dans le but d'analyser la réponse de la culture aux doses croissantes d'azote, de phosphore et de potassium. Pour éviter les biais causés par les grandes variations qui pourraient être observées entre les rendements des grandes surfaces dans un contexte de production et ceux des parcelles de recherche, l'effet des doses croissantes de fertilisant est étudié en tenant compte du rapport de rendement (rendement fertilisé/rendement témoin). La plus petite dose associée au meilleur rendement constitue la VSRF. Le comité scientifique a alors la possibilité, s'il le juge à propos, d'adapter certaines VSRF selon le jugement agronomique

ou des bases scientifiques autres que le jeu de données. Par exemple, lorsque le test de partition ne permet pas de créer des classes distinctes sur une très large plage de valeurs de contenu en éléments du sol, cette plage peut être scindée ou, dans le cas des catégories de sols les plus pauvres, pour lesquelles il existe peu de données, la dose proposée peut être plus élevée que la plus petite dose testée de façon à maintenir un niveau suffisant pour l'élément visé. Une fois les VSRF considérées comme définitives, elles sont rassemblées et publiées sous la forme de grilles de référence en fertilisation.

L'ensemble du travail effectué à l'IRDA à l'aide des données disponibles a généré une quantité impressionnante d'information utile à court, à moyen et à long terme. Toutes les données colligées et vérifiées ont été structurées dans une base de données que les scientifiques, les conseillers et les producteurs pourront consulter. Outre les grilles de référence, cette publication rapporte les concentrations d'éléments nutritifs majeurs (azote [N], pentoxyde de phosphore [P₂O₅] et oxyde de potassium [K₂O]) dans les tissus végétaux et les quantités exportées dans les récoltes; la teneur en nitrate résiduel du sol en post-récolte est aussi indiquée pour deux couches de sol, soit de 0 à 30 cm et de 30 à 60 cm, à titre de considération environnementale. Toutefois, en aucun cas les recommandations des grilles qui suivent n'ont été modifiées en fonction des quantités résiduelles de nitrate.



CITROUILLE, RUTABAGA ET CONCOMBRE DE TRANSFORMATION

Les pages suivantes présentent les grilles de référence en fertilisation pour la citrouille, le rutabaga et le concombre de transformation. Ces dernières ont été établies à l'aide des résultats de 64 essais au champ (24 pour la citrouille, 20 pour le rutabaga et 20 pour le concombre de transformation) réalisés dans le cadre du Programme de soutien aux essais de fertilisation des cultures maraîchères (2009-2014), du Programme de soutien aux essais de fertilisation (2014-2018) et des essais dans le cadre du Mandat de l'IRDA pour la révision des valeurs scientifiques de référence en fertilisation (MIRVRF) (2020-2021). Les essais ont été menés dans les régions de la Montérégie, de Lanaudière, des Laurentides, de la Chaudière-Appalaches, de la Capitale-Nationale et de la Mauricie pour la citrouille, dans les régions de Lanaudière et de la Chaudière-Appalaches pour le rutabaga et dans les régions de la Montérégie, de Lanaudière et du Centre-du-Québec pour le concombre de transformation. Les pratiques culturales étaient en tous points les mêmes ou semblables aux pratiques adoptées en production commerciale. Une gamme très étendue de textures caractérisait les sols où les essais étaient menés pour les trois cultures, allant du sable à l'argile lourde en passant par les différentes classes loameuses.

En plus des améliorations déjà mentionnées par rapport aux références actuelles, ces nouvelles grilles intègrent l'Indice de saturation en phosphore (ISP_1) comme indicateur de fertilité phosphatée principal dans la détermination des doses de phosphate recommandées. L' ISP_1 est reconnu comme un meilleur indicateur de la biodisponibilité du phosphore que le P_{M3} seul.

Le potassium est rapporté en parties par million (ppm), et non plus en kilogrammes par hectare (kg/ha). C'est d'ailleurs l'unité que les laboratoires utilisaient déjà pour le dosage de cet élément. Ils la convertissaient en kg/ha en multipliant les ppm par 2,24, un coefficient arbitraire qui entraîne une imprécision, car il est basé sur une masse volumique apparente très variable d'un sol à l'autre. Les laboratoires seront appelés à présenter les résultats de potassium en ppm.

La méthode utilisée ici et préconisée pour mesurer la teneur en matière organique est celle de la perte au feu (MO_{PAF}), que la majorité des laboratoires accrédités adoptent déjà.

EXPORTATIONS D'AZOTE, DE PENTOXIDE DE PHOSPHORE (P_2O_5) ET D'OXYDE DE POTASSIUM (K_2O)

Le travail de l'IRDA a permis de déterminer les premières valeurs propres au Québec quant aux teneurs des récoltes en éléments majeurs et aux exportations. De plus, la méthode de calcul utilisée donne des valeurs fiables et précises. Le taux d'humidité, la concentration en éléments nutritifs dans les tissus et les exportations d'azote (N), de pentoxyde de phosphore (P_2O_5) et d'oxyde de potassium (K_2O) ont été calculés à l'aide d'un sous-ensemble d'individus appelé « population de tête ». Cette population regroupe les individus ayant présenté des rendements élevés et des concentrations équilibrées parmi les éléments nutritifs qui composent les tissus. Le calcul prend exclusivement en compte la biomasse qui quitte le champ lors de la récolte. Pour cette raison, il est question d'exportations plutôt que de prélèvements. Il n'existe pas de lien de cause à effet entre les quantités d'éléments prélevés ou exportés (ou le rendement visé ou réel) et les besoins des cultures en éléments nutritifs. Ces renseignements ne doivent d'aucune façon être utilisés pour déterminer les doses d'engrais à recommander.

TABLEAU 1 CONCENTRATIONS ET EXPORTATIONS EN N, EN P₂O₅ ET EN K₂O DANS LES RÉCOLTES

	HUMIDITÉ (%)	CONCENTRATIONS (kg/t humide)			RENDEMENT (kg/ha)	EXPORTATIONS (kg/ha)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Citrouille	94	1,32	0,49	2,59	67 569	89	33	176
Rutabaga	88	1,72	1,17	3,18	79 909	140	95	259
Concombre de transformation	95	1,17	0,55	1,98	120 631	122	57	206

NITRATE RÉSIDUEL À LA RÉCOLTE

L'effet de la fertilisation sur le nitrate résiduel (couches de sol de 0 à 30 cm et de 30 à 60 cm et seulement de 0 à 30 cm dans la culture de la citrouille) a fait l'objet d'une analyse pour évaluer les risques de perte d'azote dans l'environnement. À cette fin, c'est l'indice de nitrate qui a été utilisé pour déterminer si l'augmentation de nitrate résiduel était notable en présence d'engrais azoté.

Pour les trois cultures, la fertilisation azotée a entraîné une hausse des teneurs en nitrate, et l'ampleur de l'augmentation varie en fonction de la dose d'azote, de la texture du sol et de la profondeur considérée (figures 1, 2 et 3).

CITROUILLE

La fertilisation azotée a entraîné une hausse des teneurs en azote sous forme de nitrate (N-NO₃) dans le sol par rapport au témoin non fertilisé. En effet, dès l'application de la plus petite dose de N, soit 45 kg N/ha dans le MIRVRF, l'augmentation tendait à être importante. À partir de 90 kg N/ha, l'augmentation en N-NO₃ résiduel a été croissante, de même que le niveau de signification associé. Aux plus fortes doses, les indices de nitrate ont grimpé jusqu'à atteindre près de 2,5 fois la valeur du témoin (figure 1). Ces résultats démontrent que, malgré la réponse importante à l'engrais azoté, une partie de celui-ci demeure non prélevée et à risque d'être perdue après la récolte.

RUTABAGA

Les résultats des analyses montrent que l'effet de la fertilisation azotée sur les teneurs en nitrate du sol est variable selon la profondeur et le groupe de textures considérés. En effet, l'apport de N par fertilisation a augmenté considérablement le nitrate résiduel du sol par rapport au témoin dans la couche de sol de 0 à 30 cm dans les deux groupes de textures analysés (G1 contre G2 et G3). Des hausses importantes du N-NO₃ résiduel ont été induites par la fertilisation azotée à partir de la dose de 60 kg N/ha dans les sols G1 et de 90 kg N/ha dans les sols G2 et G3 (figure 2). Dans les deux groupes de textures, les plus fortes teneurs ont été produites par l'apport de 120 kg N/ha et valaient environ 1,27 fois celles des traitements témoins. Dans la strate sous-jacente (30-60 cm), aucun effet notable de la fertilisation n'a été observé sur la teneur en nitrate résiduel pour les deux catégories de sol. Comparativement à la couche de surface, de plus faibles concentrations ont été mesurées, soit de 1,55 à 1,64 et de 0,85 à 2,02 ppm dans les sols G1 et G2-G3, respectivement.

Dans les sols du groupe G1, le nitrate résiduel était très comparable entre les différentes doses de N appliquées, tandis que dans les sols G2 et G3, les teneurs semblaient augmenter. Toutefois, cette hausse n'a pas été importante. Ces données pourraient découler de la nature plus perméable des sols G2 et G3.

CONCOMBRE DE TRANSFORMATION

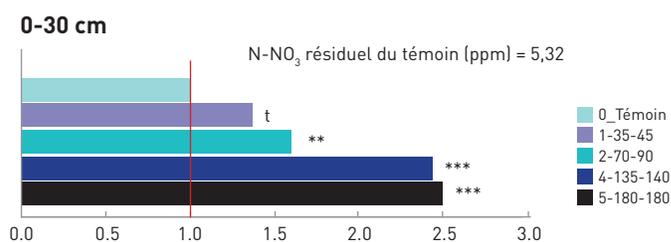
La fertilisation azotée a entraîné une hausse variable des teneurs en N-NO₃ selon la profondeur et le groupe de textures considérés. De manière générale, les teneurs en N-NO₃ résiduel des parcelles témoins étaient plus élevées dans les sols G1 que dans les sols G2 et G3.

Dans les sols à textures fines (G1), les différentes doses d'azote n'ont engendré aucune augmentation du N-NO₃ résiduel par rapport au témoin, tant en surface qu'en profondeur, à l'exception des doses 90 à 97 kg N/ha dans la strate de 30 à 60 cm. Ces doses ont engendré une augmentation de 46 % (indice nitrate de 1,46) des teneurs par rapport au témoin. Malgré cela, le nitrate résiduel semble peu affecté par les doses de N appliquées dans ce type de sol, tant en surface qu'en profondeur.

À l'opposé, dans les sols à textures moyenne et grossière (G2 et G3), une augmentation considérable du nitrate résiduel a été observée dans les deux profondeurs étudiées dès l'ajout de 90 N/ha. En surface, les doses croissantes d'azote ont graduellement induit une hausse des teneurs en N-NO₃ du sol jusqu'à atteindre 1,55 fois la valeur du témoin avec la dose de 180 N/ha. En profondeur, l'écart était plus important, alors que les teneurs ont atteint jusqu'à 2 fois les valeurs du témoin pour les plus fortes doses de N testées (figure 3).

Ces résultats démontrent que, malgré la réponse importante de la culture aux apports d'engrais azoté jusqu'à la dose de 120 kg N/ha, une partie de celui-ci demeure non prélevée et à risque d'être perdue par lessivage dans les sols G2 et G3.

INDICES DE NITRATE



Indice nitrate = N-NO₃ du traitement / N-NO₃ du témoin

FIGURE 1 INDICES DE NITRATE À LA SUITE DES TRAITEMENTS AZOTÉS DE LA CITROUILLE À LA PROFONDEUR DE 0 À 30 CM DANS LES SOLS DES SITES DU MIRVRF

Les données présentées concernent uniquement les essais menés dans le cadre du MIRVRF. La statistique présentée à la droite des barres horizontales indique si le traitement est différent de la parcelle témoin 0 N.

NS : non significatif; t : tendance à $P < 0,12$; * P : entre 0,05 et 0,01; ** P : entre 0,01 et 0,001; *** P : $< 0,001$

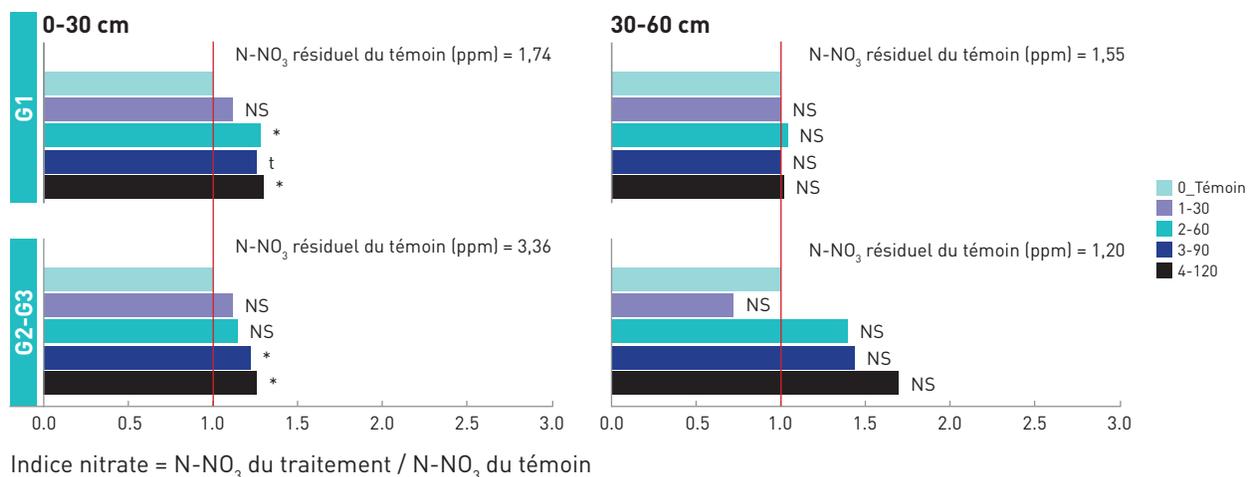


FIGURE 2 INDICES DE NITRATE À LA SUITE DES TRAITEMENTS AZOTÉS DU RUTABAGA AUX PROFONDEURS DE 0 À 30 CM ET DE 30 À 60 CM DANS LES SOLS G1 PAR RAPPORT AUX SOLS G2 ET G3, AU MOMENT DE LA RÉCOLTE

La statistique présentée à la droite des barres horizontales indique si le traitement est différent de la parcelle témoin 0 N.

NS : non significatif; t : tendance à $P < 0,12$; * P : entre 0,05 et 0,01; ** P : entre 0,01 et 0,001; *** P : $< 0,001$

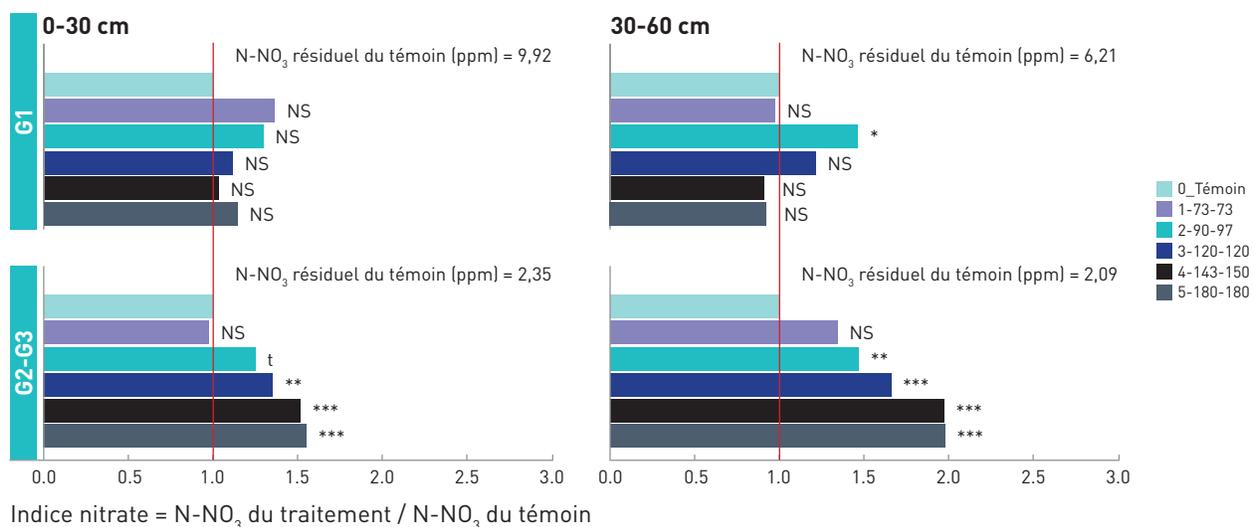


FIGURE 3 INDICES DE NITRATE À LA SUITE DES TRAITEMENTS AZOTÉS DU CONCOMBRE DE TRANSFORMATION AUX PROFONDEURS DE 0 À 30 CM ET DE 30 À 60 CM DANS LES SOLS G1 PAR RAPPORT AUX SOLS G2 ET G3, AU MOMENT DE LA RÉCOLTE

La statistique présentée à la droite des barres horizontales indique si le traitement est différent de la parcelle témoin 0 N.

NS : non significatif; t : tendance à $P < 0,12$; * P : entre 0,05 et 0,01; ** P : entre 0,01 et 0,001; *** P : $< 0,001$

AZOTE				
Groupe de textures ¹	Classe de fertilité MO _{PAF} (%) ²	Période d'application	Fractionnement (kg N/ha)	Dose totale (kg N/ha)
G1, G2 et G3	< 5,0	Semis	35	105 ^{4,5}
		En post-levée ³	70	
	> 5,0	Semis	35	35

Dans les sols des groupes de textures **G2 et G3** ayant **moins de 19,5 ppm** de N-NO₃, un apport de **135 kg N/ha** est suggéré indépendamment de la teneur en matière organique. Le N-NO₃ a été dosé au KCl 2M en laboratoire sur la profondeur 0-30 cm.

- G1 : sols à texture fine; G2 : sols à texture moyenne; G3 : sols à texture grossière.
- MO_{PAF} : matière organique déterminée à l'aide de la méthode par perte au feu.
- L'application de la dose en post-levée peut être faite en 1 ou 2 apports :
 - 1 apport : 70 kg/ha avant l'atteinte du stade boutons floraux;
 - 2 apports : 35 kg/ha au stade 2-3 feuilles + 35 kg/ha au stade boutons floraux.
- Dans les sols de **moins de 2,1 % de matière organique**, la dose peut être augmentée à **135 kg N/ha**.
- Si de fortes doses de [N + K₂O] sont apportées en bande et non à la volée, dans le but d'amoindrir les risques de salinité au semis, une part des engrais peut être appliquée à la volée ou reportée à la deuxième application.

PHOSPHORE			
Groupe de textures ¹	Classe de fertilité ISP ₁ (%) ²	Mode et période d'application	Dose totale (kg P ₂ O ₅ /ha)
G1	≤ 7,6	Au semis	60
	> 7,7		0 – 30 ³
G2 et G3	≤ 10,0	Au semis	90
	10,1 – 13,1		60
	> 13,2		0 – 30 ³

- G1 : sols à texture fine; G2 : sols à texture moyenne; G3 : sols à texture grossière.
- ISP₁ : indice de saturation en phosphore du sol = $[P_{M3} \text{ (ppm)} / Al_{M3} \text{ (ppm)}] \times 100$, éléments extraits à l'aide de la méthode Mehlich-3 (Mehlich, 1984) et dosés par spectroscopie d'émission au plasma (SEP ou ICP : *Inductively coupled plasma*).
- Dans le cadre des essais de fertilisation, des gains de rendement ont été observés au-delà des seuils d'ISP₁ de 7,6 et 13,1 % [respectivement dans G1 et G2-G3]. Ainsi, en fonction de l'historique du champ, un apport entre 0 et 30 kg P₂O₅/ha peut être recommandé selon le jugement de l'agronome.

POTASSIUM				
Groupe de textures ¹	Classe de fertilité K _{m3} (ppm) ²	Période d'application	Fractionnement (kg K ₂ O/ha)	Dose totale (kg K ₂ O/ha)
G1, G2 et G3	< 100	Semis	60	180 ^{4,5}
		En post-levée ³	120 (40+ 80)	
	101 – 200	Semis	40	120
		En post-levée ³	80 (30 + 50)	
	> 201	Semis	0 – 30	0 – 60
		En post-levée ³	0 – 30	

- G1 : sols à texture fine; G2 : sols à texture moyenne; G3 : sols à texture grossière.
- K_{m3} : potassium extrait à l'aide de la méthode Mehlich-3 (Mehlich, 1984).
- L'application de la dose en post-levée peut être faite en 1 ou 2 apports.
 - km₃ < 100 ppm :
 - 1 apport : 120 kg/ha avant l'atteinte du stade boutons floraux;
 - 2 apports : 40 kg/ha au stade 2-3 feuilles + 80 kg/ha au stade boutons floraux.
 - 101 < km₃ < 200 ppm :
 - 1 apport : 80 kg/ha avant l'atteinte du stade boutons floraux;
 - 2 apports : 30 kg/ha au stade 2-3 feuilles + 50 kg/ha au stade boutons floraux.
- Si le km₃ < 44 ppm, en fonction de la variété et de l'historique du champ, la dose peut être majorée à 210 kg/ha.
- Si de fortes doses de [N + K₂O] sont apportées en bande et non à la volée, dans le but d'amoindrir les risques de salinité au semis, une part des engrais peut être appliquée à la volée ou reportée à la deuxième application.

GRILLES DE RÉFÉRENCE EN FERTILISATION RUTABAGA

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation



AZOTE					
Groupe de textures ¹	Calibre visé ²	Classe de fertilité MO _{PAE} (%) ³	Période d'application	Fractionnement (kg N/ha) ⁴	Dose totale (kg N/ha)
G1	-	< 3,2	Au semis	30	60 ⁵
			Au stade 4-6 feuilles	30	
		> 3,2	Au semis	30	30 ⁵
G2 et G3	1 et 2	-	Au semis	30	60 ⁵
			Au stade 4-6 feuilles	30	
	1, 2 et 3	< 3,2	Au semis	30	90 ⁵
			Au stade 4-6 feuilles	60	
		> 3,2	Au semis	30	60 ⁵
			Au stade 4-6 feuilles	30	

Note : Les essais réalisés en sols G1 ont été regroupés dans la région de Lanaudière uniquement tandis que les essais en sols G2 et G3 ont été situés en grande majorité (7 sites sur 8) dans la région de la Chaudière-Appalaches.

1. G1 : sols à texture fine; G2 : sols à texture moyenne; G3 : sols à texture grossière.
2. Calibre 1 : rutabagas de diamètre compris entre 5 et 9 cm; calibre 2 : rutabagas de diamètre compris entre 9 et 14 cm; calibre 3 : rutabagas de diamètre supérieur à 14 cm.
3. MO_{PAE} : matière organique déterminée à l'aide de la méthode par perte au feu.
4. Les fractionnements sont présentés tels que testés lors des essais.
5. Dose agronomique optimale dans cette catégorie de sols.

PHOSPHORE		
Groupe de textures ¹	Classe de fertilité ISP ₁ (%) ²	Dose totale (kg P ₂ O ₅ /ha)
G1	≤ 3,8	150
	3,9 – 7,5	100
	> 7,6 – 15,0	50
	> 15,0	0 – 30 ³
G2 et G3	≤ 3,1	150
	3,13 – 8,9	100
	9,0 – 13,3	60
	13,4 – 17,8	30
	> 17,8	0 – 30 ³

1. G1 : sols à texture fine; G2 : sols à texture moyenne; G3 : sols à texture grossière.
2. ISP₁ : indice de saturation en phosphore du sol = $[P_{M3} \text{ (ppm)} / A_{M3} \text{ (ppm)}] \times 100$, éléments extraits à l'aide de la méthode Mehlich-3 (Mehlich, 1984) et dosés par spectroscopie d'émission au plasma (SEP ou ICP : *Inductively coupled plasma*).
3. Selon les résultats des essais de fertilisation, une dose de 0 kg P₂O₅/ha est proposée en considérant l'absence de gain par la fertilisation dans cette catégorie de sols. Toutefois, dans des situations particulières et en fonction de l'historique du champ, un apport entre 0 et 30 kg de P₂O₅/ha peut être recommandé selon le jugement de l'agronome.

GRILLES DE RÉFÉRENCE EN FERTILISATION CONCOMBRE DE TRANSFORMATION

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation



AZOTE			
Groupe de textures ¹	Période d'application	Fractionnement (kg N/ha) ²	Dose totale (kg N/ha) ³
G1, G2 et G3	Au semis	70	120
	Stade 5 à 6 feuilles	50	

Note : Dans le cas où le nitrate du sol au semis (N-NO₃) est d'une concentration supérieure à 11 ppm, la dose peut être réduite à 90 kg N/ha sans compromettre les rendements ou la qualité des récoltes. Lors de la réalisation des essais, la dose de 90 kg N/ha a été fractionnée en deux apports de 50 kg/ha et de 40 kg/ha, respectivement au semis et au stade 5-6 feuilles.

1. G1 : sols de texture fine; G2 : sols de texture moyenne; G3 : sols de texture grossière.
2. Les fractionnements sont présentés tels que testés.
3. La dose totale est établie sur la base d'un jeu de données constitué en quasi-totalité de données ayant une MO_{PAE} de moins de 5 %.

*Agriculture, Pêcheries
et Alimentation*

Québec 