

# Fertilisation azotée en terre noire dans le Sud-Ouest du Québec (2002-2006)

Léon E. Parent<sup>1</sup> et Annie Pellerin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec; <sup>2</sup>MAPAQ, Ste-Martine, Québec

## INTRODUCTION

Dans certains sols organiques, on retrouve souvent de grandes quantités d'azote (1,3 à 3,8 %), en grande partie sous forme organique, dont la minéralisation en nitrate a conduit à une réponse faible à nulle de la carotte, de l'oignon et du céleri aux ajouts d'engrais azotés tel que rapportés dans des recherches antérieures. Cependant, dans ces études, il n'y avait aucun test de sol permettant de diagnostiquer l'état azoté du sol.

En général, le rapport C/N des sols organiques cultivés varie entre 15 et 20. Au Québec, les sols organiques fortement minéralisateurs libèrent plus de 1 kg NO<sub>3</sub>-N/ha/jour. En Finlande, la disponibilité de l'azote dans les sols organiques limite la croissance des plantes si le sol contient moins de 1,7 % de N, ce qui correspond à un rapport C/N de 29-30 ; le rendement augmente de façon linéaire jusqu'à 2,0-3,0 % de N, soit des rapports C/N situés entre 25 et 17. Le large spectre de contenu en azote et l'épaisseur variable de la couche arable des sols organiques pourrait expliquer la grande variation dans les réponses des cultures maraîchères aux engrais azotés. Les deux tests de sol les plus couramment utilisés en sol organique sont le contenu en N total et le rapport C/N.

Notre objectif est de relier le test de N total en sols organiques à la réponse de six cultures maraîchères aux ajouts d'engrais azotés dans les conditions du Sud-Ouest du Québec.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### *Sites expérimentaux*

Nous avons mené 95 essais de fertilisation azotée sur six cultures maraîchères dans les sols organiques du Sud-Ouest du Québec entre 2002 et 2009. Les conditions climatiques ont été normales en 2004 et 2005 et très humides en 2002, 2003 et 2006. La plupart des essais furent conduits entre 2004 et 2006. Les essais étaient répartis comme suit: 16 pour la carotte (doses : 0, 25, 50, 75-100 kg N/ha), 18 pour le céleri (doses : 0, 50-70, 140-150, 210 kg N/ha ; fractionnement), 11 pour le chou chinois (doses : 0, 25, 50, 100, 150 kg N/ha), 25 pour la laitue (doses : 0, 10-40, 56-60, 80-100, 120-150 kg N/ha ; fractionnement), 13 pour l'oignon

(doses : 0, 50-60, 100-120, 150-180 kg N/ha ; fractionnement) et 12 pour la pomme de terre (doses : 20-25, 40-50, 80-100, 150 kg N/ha).

### *Analyses de sol et de plante*

Les sols ont été échantillonnés au printemps avant la fertilisation en mélangeant trois sous-échantillons par bloc. Les sols ont été séchés à l'air et broyés à < 2 mm. On a déterminé le N total par combustion (CNS-Leco 2000). Le N total a varié dans les intervalles de 1,4-3,0 % pour la carotte, 1,8-2,5 % pour le céleri, 1,9-3,8 % pour le chou chinois, 1,5-2,6 % pour la laitue, 1,5-2,5 % pour l'oignon et 1,3-2,2 % pour la pomme de terre.

### *Traitement des données*

Nous avons consigné dans des métafichiers toute l'information disponible sur les essais. Nous avons effectué les méta-analyses par rapport au contenu du sol en N total qui apparaissait comme le facteur influençant le plus la réponse des cultures aux engrais azotés. Les résultats des méta-analyses ont été modélisés selon des modèles agronomiques reconnus. Une augmentation de rendement avec la dose d'engrais dans une classe de fertilité suivie d'une baisse soudaine puis d'une autre augmentation indique une réponse incohérente qui doit être interprétée par rapport aux patrons de réponses obtenus dans d'autres classes de fertilité ou chez des cultures comparables. Si la réponse est robuste (par ex., le rendement augmente avec la dose de façon systématique en suivant une courbe typique), le modèle de réponse, qui dépend du nombre de doses utilisées, doit être sélectionné de façon éthique, car les doses 'optimales' peuvent varier du simple au double selon le modèle (on évite le modèle quadratique à moins d'un ajustement presque parfait des points à la courbe). En l'absence de modèle clair de réponse, une hausse ou une baisse de rendement sont interprétées selon leur signification au plan statistique pour éviter l'arbitraire et les paralogismes. Le jugement expert vient compléter l'analyse. Le nombre de sites et de doses impose une limite à la capacité des chercheurs à appuyer leur analyse. Un nombre inférieur à 5 sites par classe est faible. Pour appliquer des modèles non linéaires, il faut 5 à 7 doses croissantes. Des classes de fertilité avaient souvent moins de 5 sites pour une culture donnée (Tableaux 1 à 6). D'autres essais de fertilisation devront donc être menés pour combler cette lacune. Il y avait généralement 4 à 5 doses modélisables.

Par ailleurs, la pomme de terre et l'oignon ont comme particularité commune qu'un excès d'azote peut affecter leur qualité durant l'entreposage. La laitue, le chou chinois et le céleri sont sensibles aux excès d'azote (formation de la pomme, brûlure de la pointe,

maladies, etc.). La carotte, la laitue, le chou chinois et le céleri peuvent aussi contenir des concentrations très élevées de nitrate ; même s'il n'y a pas de directive de santé publique au Canada pour le moment (il en existe en Europe). Enfin, l'apparence, la texture et la couleur des légumes feuilles et tiges peuvent être influencées par la fertilisation azotée. Il faut donc interpréter avec prudence les résultats des essais de fertilisation qui relient essentiellement le rendement commercialisable lors de la récolte aux doses d'engrais appliquées.

## RÉSULTATS

### *Effet du fractionnement et de la densité de semis*

Les rendements médians obtenus au cours des essais de fertilisation étaient de 53 t/ha de céleri, 41 t/ha de chou chinois, 32 t/ha de laitue semée, 37 t/ha de laitue transplantée, 53 t/ha d'oignon, 49 t/ha de carotte et 41 t/ha de pomme de terre. Le coefficient de variation des essais a varié de 4 à 33 %.

On n'a trouvé aucun effet significatif du fractionnement ou de la densité de semis sur le rendement commercialisable. Cependant, vu le nombre limité d'essais et le caractère aléatoire des événements climatiques, la prudence veut que les doses élevées soient fractionnées pour éviter les pertes excessives de nitrate. Comme la dose a été le seul facteur significatif dans la fertilisation, la dose croissante d'azote a été utilisée pour mesurer l'effet de la fertilisation sur le rendement commercialisable des six cultures maraîchères.

### *Réponse des cultures maraîchères aux ajouts d'engrais azotés*

Les modèles de réponse variaient selon la classe de fertilité basée sur le contenu du sol en N total (< 1,7 % ; 1,7-2,0 % ; > 2,0 %) (Tableaux 1 à 6). Par rapport aux autres cultures, la réponse de la pomme de terre et de la carotte était moins forte. Toutefois, les réponses à l'engrais étaient presque toujours significatives par rapport au témoin sans azote ajouté. Il n'y avait pas de différence significative entre les doses elles-mêmes chez la pomme de terre et la carotte, sauf pour la dose de 50 kg N/ha pour la pomme de terre dans la classe 1,7-2,0 %. Chez les légumes feuilles et tiges, les doses croissances d'azote ont produit des augmentations de rendements commercialisables.

Les doses d'azote sélectionnées ont généralement augmenté par rapport aux anciennes grilles de référence (Tableaux 1 à 6). Ces résultats reflètent la variabilité des résultats des anciens essais de fertilisation menés sur un nombre limité de sites expérimentaux et d'anciens cultivars. Les efforts de recherche consentis jusqu'à présent permettent de dégager des tendances mises en évidence pas le degré de signification des différences entre les moyennes.

Pour la pomme de terre, la donnée centrale était la réponse significative de la pomme de terre à la dose de 50 kg N/ha dans la classe 1,7-2,0 % ; les autres sélections ont été faites de part et d'autre de cette dose selon la classe de fertilité malgré le peu de sites disponibles. Pour la carotte, il y avait peu de sites et les recommandations ont été confirmées par jugement d'expert basé sur des observations de terrain. Pour l'oignon, la tendance était robuste pour les sols des classes 1,7-2,0 % et > 2,0 % et la dose a été extrapolée pour la classe < 1,7 %. Pour la laitue, les résultats étaient difficiles à interpréter, ce qui a nécessité le jugement d'expert basé sur des observations de terrain. Pour le céleri et le chou chinois, les tendances ont confirmé les observations rapportées du terrain.

## CONCLUSION

Les essais de fertilisation constituent une façon efficace pour établir un jugement sur la sélection des doses d'engrais à appliquer. Malgré les efforts de recherche consentis jusqu'à présent, il faut reconnaître qu'il reste des inconnus et que seul un test de sol ne suffit pas à obtenir une recommandation précise. Il faudra sans doute développer des modèles climatiques et des tests de nitrate. De plus, plusieurs propriétés de sol influencent la réponse à l'azote, comme l'espèce végétale, le cultivar, la qualité de la matière organique, l'état hydrique et le degré de compaction. Pour mesurer l'effet de ces facteurs sur la réponse des cultures à l'azote, il faut former des regroupements de sites pour chaque facteur. La saisie de ces résultats est faite dans des métafichiers permanents selon une disposition qui permet d'effectuer des méta-analyses. Le métafichier actuel a permis d'améliorer la régie de fertilisation dans les terres noires. Il faut continuer à bâtir la connaissance pour offrir un meilleur service agronomique aux maraîchers du Québec. Ainsi, chaque année, des essais devraient être conduits en comblant les lacunes relevées dans le métafichier. Par exemple, il faudrait atteindre au moins 5 sites par groupe, subdiviser les types de laitue, entrer d'autres cultures et considérer d'autres propriétés du sol.

**Tableau 1. Réponse de la pomme de terre aux ajouts d'engrais azotés**

Classe de fertilité	Nombre de site	Engrais vs témoin Effet	Dose d'engrais (kg N/ha)			Dose sélectionnée <sup>1</sup> kg N/ha
			20-25	40-50	80-100	
N total (%)			Augmentation de rendement par rapport au témoin sans engrais azoté (%)			
< 1,7	3	Significatif	19,4a <sup>2</sup>	36,4a	48,8a	100
1,7-2,0	4-6	Significatif	1,3b	<b>17,6a</b>	19,7a	50
> 2,0	3	Non significatif	-0,2a	3,2a	2,8a	0-25

<sup>1</sup>CRAAQ (2003) : 50 kg N/ha; <sup>2</sup>Les nombres suivis de la même lettre sur une ligne ne sont pas significativement différents (P < 0,010)

**Tableau 2. Réponse de la carotte aux ajouts d'engrais azotés**

Classe de fertilité	Nombre de site	Engrais vs témoin Effet	Dose d'engrais (kg N/ha)			Dose sélectionnée <sup>1</sup> kg N/ha
			10-40	50-100	120-150	
N total (%)			Augmentation de rendement par rapport au témoin sans engrais azoté (%)			
< 1,7	3	Significatif	13,2a <sup>2</sup>	16,3a	15,8a	75
1,7-2,0	4	Significatif	5,4a	7,9a	3,6a	50
> 2,0	7-9	Significatif	2,0a	1,2a	-0,6a	0-25

<sup>1</sup>CRAAQ (2003) : 40-60 kg N/ha ; <sup>2</sup> Les nombres suivis de la même lettre sur une ligne ne sont pas significativement différents (P < ,010)

**Tableau 3. Réponse de l'oignon aux ajouts d'engrais azotés**

Classe de fertilité	Nombre de site	Engrais vs témoin Effet	Dose d'engrais (kg N/ha)			Dose sélectionnée <sup>1</sup> kg N/ha
			50-60	100-120	150-180	
			Augmentation de rendement par rapport au témoin sans engrais azoté (%)			
< 1,7	3	Non significatif	7,7a <sup>2</sup>	10,2a	13,9a	180
1,7-2,0	4	Significatif	8,9c	<b>13,2b</b>	18,0a	120
> 2,0	6	Significatif	<b>11,0a</b>	13,3a	7,6b	60

<sup>1</sup>CRAAQ (2003) : 55 kg N/ha et CPVQ (1996) : 130 kg N/ha; <sup>2</sup>Les nombres suivis de la même lettre sur une ligne ne sont pas significativement différents (P < 0,010)

**Tableau 4. Réponse de la laitue (frisée, romaine, pommée) aux ajouts d'engrais azotés**

Classe de fertilité	Nombre de site	Engrais vs témoin Effet	Dose d'engrais (kg N/ha)			Dose sélectionnée <sup>1</sup> kg N/ha
			10-40	50-100	120-150	
N total (%)			Augmentation de rendement par rapport au témoin sans engrais azoté (%)			
< 1,7	5-6	Significatif	24,1b <sup>2</sup>	55,7a	63,9a	120-150
1,7-2,0	4-5	Significatif	16,4a	13,6a	15,9a	80-120
> 2,0	11-14	Significatif	<b>9,8b</b>	7,4b	13,2a	60-80

<sup>1</sup>CRAAQ (2003) : 55 kg N/ha ; <sup>2</sup> Les nombres suivis de la même lettre une ligne ne sont pas significativement différents (P < 0,010)



**Tableau5. Réponse du céleri aux ajouts d'engrais azotés**

Classe de fertilité	Nombre de site	Engrais vs témoin Effet	Dose d'engrais (kg N/ha)			Dose sélectionnée <sup>1</sup> kg N/ha
			10-40	50-100	120-150	
N total (%)			Augmentation de rendement par rapport au témoin sans engrais azoté (%)			
< 1,7	0	-	-	-	-	-
1,7-2,0	9-10	Significatif	12,3b <sup>2</sup>	28,6a	34,3a	120
> 2,0	5-8	Significatif	12,8b	<b>21,3a</b>	19,2a	80

<sup>1</sup>CRAAQ (2003) : 110 kg N/ha ; <sup>2</sup>Les nombres suivis de la même lettre sur une ligne ne sont pas significativement différents (P < 0,010)

**Tableau 6. Réponse du chou chinois aux ajouts d'engrais azotés**

Classe de fertilité	Nombre de site	Engrais vs témoin Effet	Dose d'engrais (kg N/ha)				Dose sélectionnée <sup>1</sup> kg N/ha
			25	50	100	150	
N total (%)			Augmentation de rendement par rapport au témoin sans engrais azoté (%)				
< 1,7	0	-	-	-	-	-	-
1,7-2,0	2-4	Significatif	66,6b <sup>2</sup>	49,2b	<b>85,4a</b>	48,6b	100-150 <sup>3</sup>
> 2,0	6-7	Significatif	21,2b	22,1b	<b>46,1a</b>	18,9 (un site)	100

<sup>1</sup> CRAAQ (2003) : 55 kg N/ha ; pratique courante : 100 kg N/ha ; <sup>2</sup>Les nombres suivis de la même lettre sur une ligne ne sont pas significativement différents (P < 0,010); <sup>3</sup>selon le cultivar