



Centre de référence en agriculture  
et agroalimentaire du Québec

**CRAAQ**

Comité céréales

Comité maïs et oléoprotéagineuses

# Journée d'information scientifique Grandes cultures

*« Ensemble pour la diffusion de la recherche agronomique »*

Jeudi 19 février 2009

Drummondville

Une initiative du  
Comité céréales  
et du  
Comité maïs et oléoprotéagineuses

## Comité organisateur

**Jean Cantin**, M.Sc., agronome, conseiller, MAPAQ, Direction régionale de la Montérégie-Est, Saint-Hyacinthe

**Yves Dion**, M.Sc., agronome, chercheur, CÉROM, Saint-Mathieu-de-Beloeil

**Julie Durand**, M.Sc., agronome, directrice de recherche, Semican inc., Princeville

**Sylvie Rioux**, Ph.D., agronome, chercheuse, CÉROM, Québec

**Gilles Tremblay**, M.Sc., agronome, professionnel de recherche, CÉROM, Saint-Mathieu-de-Beloeil

### COORDINATION

**Denise Bachand**, M.Sc., agronome, chargée de projets, CRAAQ, Québec

# Journée d'information scientifique Grandes cultures

---

## Résumés des conférences

Jeudi 19 février 2009

Drummondville



Centre de référence en agriculture  
et agroalimentaire du Québec

**CRAAQ**

Comité céréales

Comité maïs et oléoprotéagineuses

# Quand le canola et le lin deviennent des mauvaises herbes dans la production d'orge.

DENIS PAGEAU, JULIE LAJEUNESSE

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ferme de recherches, 1468 Saint-Cyrille, Normandin, Québec, G8M 4K3  
denis.pageau@agr.gc.ca

Mots-clés : lin, canola, orge interférence, mauvaise herbe

Lors des opérations associées aux récoltes de canola (*Brassica napus*) et de lin (*Linum usitatissimum*), une portion des graines tombe au sol et le canola et le lin deviennent alors des mauvaises herbes dans les cultures subséquentes.

Les pertes de graines de canola au moment de la récolte peuvent varier de 73 à 226 kg ha<sup>-1</sup>. En moyenne, les pertes de graines sont cependant de 107 kg ha<sup>-1</sup> soit environ 5,9 % de la récolte totale ce qui représente près de 3000 graines viables m<sup>-2</sup>, mais elles pourraient atteindre jusqu'à 10 000 graines m<sup>-2</sup> (Lutman 1993; Gulden et al. 2003). D'après Price et al. (1996), les pertes de graines peuvent varier de 46 kg ha<sup>-1</sup> à 130 kg ha<sup>-1</sup> selon la méthode de récolte utilisée. Ainsi, les pertes sont moins élevées si le canola est mis en andain au moment où les graines dans la silique deviennent de couleur brune. Cependant, lorsque la culture est battue directement sans être mise en andain, les pertes en graines sont généralement plus élevées.

Des pertes de graines au sol surviennent également lors du mûrissement de la plante car une portion des siliques peut éclater avant la récolte. Hobson et Bruce (2002) estiment les pertes de graines associées à l'éclatement des siliques à 11 kg ha<sup>-1</sup> soit 0,5 % de la récolte mais les pertes associées à l'éclatement des siliques peuvent être nulles lorsque la mise en andain est effectuée au bon stade.

Puisqu'il y a des pertes de graines avant et au moment de la récolte, le canola spontané est donc devenu une mauvaise herbe dans plusieurs régions où cette crucifère est cultivée. Dans les prairies canadiennes où la culture du canola est très répandue, la présence de canola spontané est fréquente. Au Manitoba, lors d'un échantillonnage effectué en 1997, le canola spontané était présent dans 10,6 % des champs (Van Acker et al. 2000). En 2001, la présence du canola spontané était notée dans 16,6 % des champs (Leeson et al. 2002) tandis qu'en Alberta et en Saskatchewan, le canola spontané était présent dans 13,1 % et 6,7 % des champs (Leeson et al. 2001; Leeson et al. 2003).

Des échantillonnages effectués en 2000 dans les régions du Saguenay-Lac-Saint-Jean et des villes de Québec-LaPocatière ont indiqué la présence de canola spontané dans 90 % des champs échantillonnés. Dans les champs où le canola avait été cultivé l'année précédente, il y avait en moyenne 4,9 plants m<sup>-2</sup>. La présence de canola spontané a même été observée dans les champs où la production de canola avait été réalisée cinq ans auparavant. De plus, la présence de canola spontané a été observée dans les champs où il y avait eu une absence de travail du sol après la récolte de la crucifère. Ainsi, certains plants de canola qui avaient été fauchés à l'automne avaient réussi à survivre à l'hiver et à se développer le printemps suivant (Simard et al. 2002).

Il existe peu de donnée concernant les pertes de graines de lin au moment de la récolte. Néanmoins, la verse dans les champs de lin oléagineux peut être importante et cette verse peut nuire aux opérations reliées à la récolte. Contrairement au canola, la survie des graines de lin semble limitée. La présence de lin spontané semble être observée seulement l'année suivant la récolte. Cependant, en rotation avec les céréales, la présence de lin oléagineux est souvent observée puisque de nombreux herbicides qui sont recommandés pour les céréales ne permettent pas une lutte efficace du lin oléagineux. La présence de lin spontané peut également réduire les rendements des céréales. D'après Wall et Smith (1999), le lin spontanée peut réduire de 27 % le rendement en grains du blé.

Une première expérience a été réalisée pendant quatre années (2004 à 2007) à la Ferme de Recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Normandin. Du canola a été semé à 6 doses de semis (0, 1.5, 3.0, 4.5, 6.0 et 7.5 kg ha<sup>-1</sup>) perpendiculairement à de l'orge cv. Chapais. A l'exception de l'année 2006, la présence du canola a

réduit de façon significative le rendement en grains de l'orge. Ainsi, lorsque le canola était semé à une dose de 7.5 kg ha<sup>-1</sup>, le rendement en grains de l'orge était réduit de 13 % en 2004, de 11 % en 2005 et de 14 % en 2007. Le canola a également réduit le poids spécifique de la récolte en 2004 et en 2007. Le poids de 1000 grains de l'orge semble avoir été peu affecté par la présence de la crucifère.

Un autre essai a débuté à la Ferme de recherches d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Normandin en 2006 et s'est poursuivi en 2007 afin de déterminer l'impact de la présence du lin spontané sur la productivité de l'orge. Le lin a donc été semé à 6 doses de semis (0, 10, 20, 30, 40 et 50 kg ha<sup>-1</sup>) perpendiculairement à l'orge cv. Chapais. En 2006, le rendement en grains de l'orge a été peu affecté par le lin ensemencé à des taux de semis de 10 à 40 kg ha<sup>-1</sup>. Cependant, à un taux de semis de 50 kg ha<sup>-1</sup>, le rendement en grains a été réduit de 7 % en 2006 et de 17 % en 2007 comparativement au témoin.

Les cultures spontanées peuvent donc être aussi dommageables que d'autres mauvaises herbes. Une lutte efficace des cultures spontanées de lin ou de canola permettrait d'accroître les rendements et la qualité de la récolte de l'orge.

### Références :

Gulden, R.H., Shirliffe, S.J. et Thomas, A.G. 2003. Harvest losses of canola (*Brassica napus*) cause large seedbank inputs. *Weed Sci.* 51: 83-86.

Hobson, R.N. et Bruce, D.M. 2002. Seed loss when cutting a standing crop of oilseed rape with two types of combine harvester header. *Biosystems Engineering* 81: 281-286.

Leeson, J.Y., Thomas, A.G. et Hall, L.M. 2001. Alberta weed survey of cereal, oilseed and pulse crop 2001. *Weed survey series. Publication 02-1.* 263 pages.

Leeson, J.Y., Thomas, A.G., Andrews, R., Brown, K.R. et Van Acker, R.C. 2002. Manitoba weed survey of cereal, oilseed and pulse crop 2002. *Weed survey series. Publication 02-2.* 191 pages.

Leeson, J.Y., Thomas, A.G. et Brenzil, C.A. 2003. Saskatchewan weed survey of cereal, oilseed and pulse crop in 2003. *Weed survey series. Publication 03-1.* 342 pages.

Lutman, P.J. 1993. The occurrence and persistence of volunteer oilseed rape (*Brassica napus*). *Asp. Appl. Biol.* 35: 29-36.

Price, J.S., Hobson, R.N., Neale, M.A. et Bruce, D.M. 1996. Seed losses in commercial harvesting of oilseed rape. *J. Agric. Eng. Res.* 65:183-191.

Simard, M.-J., Légère, A., Pageau, D., Lajeunesse, J. et Warwick, S. 2002. The frequency and persistence of volunteer canola (*Brassica napus*) in Québec cropping systems. *Weed Technol.* 16: 433-439.

Van Acker, R.C., Thomas, A.G., Leeson, J.Y., Knezevic, S.Z. et Frick, B.L. 2000. Comparison of weed communities in Manitoba ecoregions and crops. *Can. J. Plant Sci.* 80: 963-972.

Wall, D.A et Smith, M.A. 1999. Control of volunteer flax in wheat. *Can. J. Plant Sci.* 79: 463-468.

# Effet du glyphosate et du travail du sol sur l'incidence de la fusariose de l'épi chez le blé et l'orge

MARIE-EVE BÉRUBÉ<sup>1</sup>, ANNE VANASSE<sup>1</sup>, SYLVIE RIOUX<sup>2</sup>, GAÉTAN BOURGEOIS<sup>3</sup>, NICOLE BOURGET<sup>2</sup>, GILLES TREMBLAY<sup>4</sup>, YVES DION<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Département de phytologie, Université Laval, 2425 rue de l'Agriculture, Québec, QC, Canada, G1V 0A6;

<sup>2</sup> Centre de recherche sur les grains, 2700 rue Einstein, Québec, QC, Canada, G1P 3W8;

<sup>3</sup> AAC, Centre de recherche et de développement en horticulture, 430 boul. Gouin, Saint-Jean-sur-Richelieu, QC, Canada, J3B 3E6;

<sup>4</sup> Centre de recherche sur les grains, 740 chemin Trudeau, Saint-Mathieu-de-Beloeil, QC, Canada, J3G 0E2.  
marie-eve.berube.2@ulaval.ca

**Mots clés :** glyphosate, *Fusarium graminearum*, *Fusarium avenaceum*, désoxynivalénol

## Introduction

La fusariose de l'épi est une maladie grave pour les cultures de blé et d'orge, particulièrement sous les conditions humides de l'est du Canada. Le principal agent pathogène responsable de cette maladie est le *Fusarium graminearum*. Ce champignon produit du désoxynivalénol (DON), une mycotoxine qui peut provoquer des problèmes de santé pour les animaux d'élevage et les humains. D'après deux enquêtes récentes menées en Saskatchewan, l'utilisation de glyphosate dans les 18 mois précédant l'implantation d'une culture de blé ou d'orge en travail réduit du sol a augmenté le pourcentage d'épillets fusariés et de grains fusariés (Fernandez et al. 2005; 2007). Les objectifs de ce projet sont : 1) de déterminer l'effet du glyphosate, utilisé sur un précédent cultural de soya, sur l'incidence de la fusariose de l'épi du blé et de l'orge en travail conventionnel, en travail réduit du sol et en semis direct sous les conditions de culture du Québec, et 2) de caractériser la production de spores des *Fusarium* provenant des résidus de culture de soya selon qu'ils ont reçu ou non du glyphosate.

## Méthodologie

Six essais différents (deux espèces × trois travaux de sol) ont été mis en place à deux stations expérimentales, l'une dans la région de Québec (Saint-Augustin-de-Desmaures) et l'autre dans la région de Montréal (Saint-Mathieu-de-Beloeil), en 2007 et 2008. Un dispositif expérimental de type plan en tiroirs a été utilisé pour chaque essai. En parcelles principales, du glyphosate ou un autre herbicide a été appliqué sur du soya RoundUp Ready™. L'année suivante, trois cultivars de blé (AC Barrie, Orléans et SS Fundy) et d'orge (Océanik, Raquel et Perseis) ayant des niveaux de sensibilité à la fusariose différents ont été semés dans les parcelles principales, constituant les sous-parcelles. Pour évaluer la production quotidienne de spores produites dans chaque parcelle principale, trois boîtes de Pétri contenant un milieu sélectif pour les *Fusarium* sp. étaient installées dans le couvert végétal pour une période de 24 h, entre la mi-juin jusqu'à deux semaines après la fin floraison. Deux boîtes étaient orientées vers le bas afin de capter les spores provenant des résidus et une vers le haut pour capter celles de l'air. Quant à l'évaluation de l'incidence de la fusariose, les variables mesurées étaient les suivantes : pourcentage d'épillets fusariés, pourcentage de grains fusariés et contenu des grains en DON. Dans le cadre de cette communication, nous présentons seulement le contenu en DON et la production quotidienne de spores provenant des résidus de deux espèces de *Fusarium*, le *F. graminearum* produisant le DON et le *F. avenaceum* ne produisant pas cette toxine.

## Résultats

En 2007, peu importe l'essai ou la station expérimentale, il n'y a eu aucune interaction herbicide × cultivar, de même qu'aucun effet significatif de l'herbicide sur le contenu en DON. En d'autres mots, aucune différence significative du contenu en DON du blé ou de l'orge n'a été observée selon que le glyphosate ou un autre herbicide ait été utilisé sur la culture de soya en 2006 (tableau 1 : essais en travail réduit). Cependant, mis à part l'essai blé semis direct de Saint-Augustin, le cultivar a eu un impact significatif sur le contenu en DON. Chez l'orge, Océanik était le cultivar le moins affecté, alors que Perseis était celui le plus affecté. Chez le blé, AC Barrie était le cultivar le moins affecté et SS Fundy, le plus affecté. Ces résultats concordent avec les niveaux de résistance connus pour ces cultivars. En

général, le contenu en DON était plus élevé à Saint-Mathieu qu'à Saint-Augustin. Ceci peut être expliqué en partie par la date de semis tardive à Saint-Mathieu, mais aussi par la caractérisation de la production d'inoculum des deux principales espèces de *Fusarium*.

En effet, la production d'inoculum a été très différente entre les deux stations en 2007. À Saint-Augustin, *F. graminearum* est apparu tard en saison, après la période critique d'infection du blé et de l'orge, qui correspond à l'épiaison-floraison, alors que *F. avenaceum* était davantage présent. À Saint-Mathieu, des spores de *F. graminearum* ont été captées régulièrement pendant toute la période de collecte incluant la période critique. En contrepartie, *F. avenaceum* était quasiment absent de toute cette période. Étant donné que le DON n'est pas produit par *F. avenaceum*, mais l'est par *F. graminearum*, et que ce dernier était très peu présent à Saint-Augustin pendant la période critique d'infection, ceci peut expliquer qu'en 2007 le contenu en DON était beaucoup plus faible à Saint-Augustin qu'à Saint-Mathieu. Le semis hâtif du début mai à Saint-Augustin semble avoir permis aux céréales, cette année-là, d'éviter l'infection par les *Fusarium*. Quant au traitement herbicide, mis à part quelques jours, il n'a pas semblé avoir d'effet significatif sur la production d'inoculum des deux espèces de *Fusarium* étudiées.

Pour ce qui est des résultats de 2008, au moment d'écrire ces lignes, seul le contenu en DON des essais blé travail réduit et orge travail réduit de la station de Saint-Mathieu était disponible (tableau 1). Pour ces deux essais, tout comme en 2007, le glyphosate n'a pas eu d'impact significatif sur l'incidence de la fusariose, et l'effet cultivar était lui aussi significatif, concordant toujours avec les niveaux de sensibilité connus. Les niveaux de DON sont assez élevés, considérant les limites demandées par les meuniers. Cependant, ces teneurs semblent plus faibles qu'en 2007, et ce, malgré une saison plus propice au développement de la maladie. Encore une fois, le semis tardif de 2007 pourrait permettre d'expliquer en partie cette tendance.

Tableau 1. Contenus en DON, Saint-Mathieu-de-Beloeil, années 2007 et 2008

Essai	Année	Glyphosate	Non glyphosate
<b>Blé travail réduit</b>	<b>2007</b>	7,98 a	8,72 a
	<b>2008 (préliminaire)</b>	5,60 a	5,47 a
<b>Orge travail réduit</b>	<b>2007</b>	5,13 a	7,49 a
	<b>2008 (préliminaire)</b>	3,82 a	3,98 a

## Conclusions

En considérant les résultats de 2007 et les résultats préliminaires de 2008, nous croyons que l'utilisation de glyphosate sur un précédent de soya n'occasionne pas d'augmentation du contenu en DON, ni de la production d'inoculum de *F. graminearum* et de *F. avenaceum*, peu importe le travail du sol. Des facteurs mieux connus, tels que les conditions climatiques et le choix du cultivar, semblent avoir davantage d'impact sur le développement de cette maladie. Les résultats ont aussi montré l'importance d'un semis hâtif comme moyen d'éviter l'infection des céréales par les *Fusarium*. Ces résultats préliminaires permettront d'apporter plus d'information sur la contribution du glyphosate et du travail du sol sur l'incidence de la fusariose de l'épi ainsi que sur la production d'inoculum.

## Références

- Fernandez, M.R., Selles, F., Gehl, D., DePauw, R.M., and Zentner, R.P. 2005. Crop production factors associated with fusarium head blight in spring wheat in eastern Saskatchewan. *Crop Science* 45, 1908-1916.
- Fernandez, M.R., Zentner, R.P., DePauw, R.M., Gehl, D., and Stevenson, F.C. 2007. Impacts of crop production factors on fusarium head blight in barley in eastern Saskatchewan. *Crop Science* 47, 1574-1584.

# Prédiction bioclimatique des stades phénologiques du blé de printemps pour mieux cibler les interventions contre la fusariose de l'épi

GAÉTAN BOURGEOIS<sup>1</sup>, DANIELLE CHOQUETTE<sup>1</sup>, MARIE-PIER LEPAGE<sup>1</sup>, HUBERT DÉSILETS<sup>1</sup>, MARIE-ÈVE BÉRUBÉ<sup>4</sup>, YVES DION<sup>2</sup>, SYLVIE RIOUX<sup>3</sup>, GILLES TREMBLAY<sup>2</sup> ET ANNE VANASSE<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et développement en horticulture, 430 Boul. Gouin, Saint-Jean-sur-Richelieu, QC J3B 3E6

<sup>2</sup> CÉROM, 740, chemin Trudeau, Saint-Mathieu-de-Beloeil, QC J3G OE2

<sup>3</sup> CÉROM, 2700, rue Einstein, Québec, QC G1P 3W8

<sup>4</sup> Université Laval, FSAA, Département de phytologie, Québec, QC G1K 7P4

courriel G. Bourgeois : Gaetan.Bourgeois@agr.gc.ca

**Mots clés : Phénologie, *Triticum aestivum*, Variabilité climatique, Température, Photopériode**

## Introduction

La détermination des fonctions bioclimatiques affectant le développement du blé de printemps (*Triticum aestivum* L.) est très importante pour les modèles de prédiction de la phénologie de cette culture. Un modèle existant dans le logiciel CIPRA (Plouffe et al. 2004), utilisant l'approche des cumuls thermiques, ne fonctionnait pas correctement avec des semis plus tardifs. Cette étude vise (i) la création et (ii) la calibration d'un modèle phénologique pour le blé de printemps, nécessitant des données climatiques simples à obtenir et (iii) la vérification de la précision et de la validité du modèle. Ce projet de modélisation du blé de printemps fait partie d'une étude de plus grande envergure qui vise à créer un modèle de prédiction de la fusariose de l'épi chez le blé et l'orge au Québec.

L'échelle phénologique universelle BBCH (Meir et al. 2001), développée à partir de l'échelle proposée pour les céréales par Zadoks et al (1974), a été utilisée pour décrire les différents stades de développement. La phase émergence comprend les stades BBCH 0 à 9, soit du semis à l'émergence du sol. Puis, la phase foliaire correspond au développement des feuilles, soit des stades BBCH 10 à 15. Le tallage, soit les stades BBCH 20 à 29, n'a pas été introduit dans le modèle car le développement des talles a peu d'effet sur les stades phénologiques subséquents. La phase transition correspond à l'élongation de la tige principale et des stades BBCH 31 à 35. La phase reproductive couvre les stades BBCH 41 à 93, c'est-à-dire du gonflement de l'épi jusqu'à la sénescence. Le modèle bioclimatique proposée est basée sur un taux maximum de développement, qui est modulé par des fonctions de réponse à la température et/ou la photopériode, pour chacune des phases phénologiques indiquées précédemment.

## Méthodologie

L'expérience s'est déroulée au cours des années 2005 et 2006 à la ferme expérimentale d'AAC située à L'Acadie, Québec. Afin de suivre la phénologie du blé de printemps, le cultivar Barrie a été semé à 5 cm de profondeur sur 20 rangs de 1m de long, espacés de 15 cm. Neuf semis ont été effectués de manière différentielle en 2005 (11 mai, 25 mai, 6 juin, 23 juin, 8 juillet) et 2006 (9 mai, 30 mai, 22 juin et 11 juillet).

Dès le début de la levée, soit lorsque 50% et plus des plants étaient émergés, une section de 1m de rang a été choisie aléatoirement. Le nombre de plants de chaque stade a été relevé de la levée au stade trois feuilles, soit les stades phénologiques BBCH 9 à 13. Dès que 50% et plus des plants ont atteint le stade trois feuilles, 10 plants ont été sélectionnés au hasard dans la parcelle. Le suivi s'est poursuivi deux fois par semaine sur ces 10 plants jusqu'à la fin de la floraison (BBCH=69). De plus, le stade moyen observé pour l'ensemble de la parcelle a aussi été noté deux fois par semaine. Au moment où 50% et plus des plants avaient dépassé la floraison, un échantillon représentatif des épis a été prélevé dans la parcelle afin de déterminer le stade de développement des grains au laboratoire (Meier, 2001).

## Résultats

Suite à l'analyse des résultats (Tableau 1), on constate que les taux de développement de la phase émergence varient beaucoup, comparativement aux autres phases. En effet, un coefficient de variation de 20.2% est relativement élevé.

Ceci démontre que la fonction de réponse à la température ne peut expliquer à elle seule le développement du semis à l'émergence. L'humidité du sol pourrait avoir un rôle important à jouer durant cette phase. En ce qui concerne la phase foliaire, la température et la photopériode réussissent bien à expliquer le développement. En effet, avec un coefficient de 8.1%, on retrouve beaucoup moins de variabilité que dans la phase émergence. L'élaboration de la phase transition est la plus importante amélioration apportée au modèle. Cette phase, qui ne contenait au préalable qu'une fonction de réponse à la température, ne répondait pas aux attentes souhaitées. Suite à l'introduction d'une fonction de réponse à la photopériode, les résultats sont devenus plus satisfaisants avec un coefficient de variation de 9.4%. Nos choix des températures cardinales de la phase reproductive à partir de la littérature semblent justifiés, ce qui est démontré par la faible valeur du coefficient de variation, soit de 4.1%. En conséquence, la température à elle seule réussit à expliquer adéquatement les processus biologiques de la phase reproductive.

Tableau 1 : Taux maximum de développement obtenus pour les quatre phases de développement phénologique du blé de printemps, pour chaque date de semis.

Date de semis	Phase émergence	Phase foliaire	Phase transition	Phase reproductive
	Stades BBCH 0-10	Stades BBCH 10-15	Stades BBCH 31-35	Stades BBCH 41-93
2005-05-11	0.20	0.62	0.42	4.0
2005-05-25	0.25	0.50	0.44	4.3
2005-06-06	0.12	0.52	0.35	4.2
2005-06-23	0.16	0.57	0.42	4.3
2005-07-08	0.20	0.50	0.44	4.2
2006-05-09	0.19	0.57	0.35	4.0
2006-05-30	0.16	0.52	0.43	3.8
2006-06-22	0.22	0.50	0.43	4.0
2006-07-11	0.21	0.50	0.46	4.2
Moyenne	0.19	0.53	0.42	4.1
Coefficient de variation (%)	20.2	8.1	9.4	4.1

## Conclusions

Le modèle phénologique créé ne nécessite que peu de données à collecter sur le terrain, soit les températures minimales et maximales (ou moyennes) horaires et la photopériode pour réaliser des prédictions de développement du blé de printemps, en autant que la date de semis soit connue. Malgré le nombre peu élevé de paramètres nécessaires au fonctionnement du modèle calibré, celui-ci est en mesure de fournir des prédictions précises. Le modèle pourra donc remplir son rôle dans le cadre du projet de prédiction de la fusariose de l'épi. L'application du modèle phénologique sur une plus grande diversité d'environnements et de cultivars et l'intégration de fonctions de vernalisation, de stress hydrique et de stress nutritif pourraient, sans aucun doute, participer à son amélioration et à sa précision.

## Références

- Meier, U., Bleiholder, H., Weber, E., Feller, C., Hess, M., van den Boom, T., Lancashire, P.D., Buhr, L., Hack, H., Klose, R., and Stauss, R. 2001. Stades phénologiques des mono- et dicotylédones cultivées; BBCH monographie (2e édition). Centre Fédéral de Recherches Biologiques pour l'Agriculture et les Forêts.
- Plouffe, D., Bourgeois, G., Brodeur, C., Beaudry, N., et Chouinard, G. 2004. CIPRA : Centre informatique de prévisions des ravageurs en agriculture. Version 10. Guide d'utilisation. Agriculture et Agroalimentaire Canada. 23 pp.
- Zadoks, J.C., T.T. Chang and C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*. 14: 415-421.

# La tipule des prairies: un nouveau ravageur des grandes cultures au Québec.

LOUIS SIMARD

Centre de recherche et de développement en horticulture, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 430 boul. Gouin, Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec, Canada, J3B 3E6

[simardl@agr.gc.ca](mailto:simardl@agr.gc.ca)

Mots clés: canola, orge, *Tipula paludosa*, Tipulidae

La tipule des prairies, *Tipula paludosa* Meigen, appartient à la famille des Tipulidae (Diptera) dont 208 espèces sont répertoriées au Canada (Oosterbroek 2007). Les espèces de Tipulidae colonisent une grande variété d'habitats allant de milieux strictement aquatiques à des milieux terrestres arides. Originaire d'Europe de l'Ouest, la tipule des prairies a été observée pour la première fois en Amérique du Nord, à Terre-Neuve, Canada en 1880 (Alexander 1962). L'espèce a ensuite été signalée dans différentes régions à travers le Canada et les États-Unis: Nouvelle-Écosse, 1955; Colombie-Britannique, 1965; l'État de Washington, 1966; Oregon, 1984; Ontario, 1996; Californie, 1999; Québec, 2002; New York, 2004; et au Michigan, 2006 (Taschereau et al. 2009). Au Québec, la première mention officielle a été faite après l'observation de populations importantes sur des terrains de golf de la grande région de la ville de Québec.

Les larves de la tipule des prairies, communément appelée 'leatherjackets', se nourrissent des feuilles, des couronnes et des racines de plusieurs plantes à valeur économique. Jusqu'à présent, les dommages causés par la tipule des prairies en Amérique du Nord ont été le plus souvent associés aux graminées à gazon (Charbonneau 2002, Simard et al. 2006, Taschereau et al. 2009). La tipule des prairies est également reconnue comme un ravageur potentiel de d'autres cultures telles que la menthe poivrée, la production de semences à gazon, les plants en pépinières, mais aucun dommage important n'a été rapporté à ce jour (Gelhaus et Rao 2003, Rao et al. 2006, Thomson et al. 2008). En Europe, la tipule des prairies est considérée comme un ravageur des pâturages et des céréales de printemps. En outre, d'autres cultures telles que les framboises, les fraises, le maïs sucré, le trèfle, etc. sont attaquées par les larves de la tipule des prairies (Blackshaw et Coll 1999).

Au printemps 2008, la tipule des prairies a causé pour la première fois en Amérique du Nord des dommages importants à plusieurs cultures agricoles. Principalement situés dans la région de Chaudière-Appalaches, des dommages représentant plus de 1096 hectares ont été répertoriés sur 92 fermes. L'orge a été la culture la plus fréquemment affectée avec 36 fermes infestées. Les autres cultures (nombre de fermes entre parenthèses) ont été le canola et l'avoine (15), le soja et le maïs (13), les prairies (12), le blé (10), les céréales mélangées (3), le sarrasin (2), et le lin et la laitue (1).

Afin de quantifier l'infestation, trois champs ont alors été sélectionnés: canola semis direct sur une prairie, canola avec un travail de sol conventionnel à l'automne et orge semis direct sur une prairie. Dans chacun des champs, huit parcelles expérimentales (2 m<sup>2</sup>) ont été établies et les données suivantes ont été enregistrées: la densité des larves de la tipule des prairies et le rendement des cultures. À la fin juin, l'abondance des larves de la tipule des prairies a été déterminée en creusant le sol de la moitié des parcelles jusqu'à une profondeur de 7 cm. Des densités moyennes de 25, 56, et 115 larves/m<sup>2</sup> ont été dénombrées dans les parcelles infestées pour le canola-semis direct, le canola-travail

de sol et l'orge, respectivement. À la fin août, les cultures ont été récoltées et les poids secs des racines, des tiges et des feuilles, ainsi que des grains ont été déterminés. Des pertes de rendements de 90, 53, et 90% ont été calculées pour le canola-semis direct, le canola-travail de sol et l'orge, respectivement.

Plusieurs facteurs peuvent expliquer l'abondance des larves de la tipule des prairies et, par conséquent, l'intensité des dommages aux cultures. L'humidité du sol, les températures favorables à l'automne, la présence continue de la neige au sol et la régie des cultures ont un impact potentiel sur les populations de la tipule des prairies. À l'automne 2007 et au printemps 2008, des conditions climatiques exceptionnelles semblent expliquer l'augmentation importante des populations de la tipule des prairies dans le sud-est du Québec. Blackshaw et Coll (1999) rapportent que les populations de la tipule des prairies fluctuent d'une année à l'autre avec un pic normalement observé à tous les 5 ans. Par conséquent, l'observation d'un événement similaire à court terme n'est pas assuré mais la tipule des prairies a définitivement démontré l'an dernier son potentiel à endommager les cultures et devra désormais être considérée par les producteurs lors de la prise de décision quant à la gestion de leurs cultures.

## Références

- Alexander, C. P. 1962. Taxonomic studies of crane flies of Newfoundland. American Philosophical Society, Year Book 1962: 267-271.
- Blackshaw, R. P., and Coll, C. 1999. Economically important leatherjackets of grassland and cereals: biology, impact and control. Integrated Pest Management Reviews, 4:143-160.
- Charbonneau, P. 2002. Leatherjackets in Ontario - What Gives? [online]. Available at [http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/turf\\_leather\\_may2198.htm](http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/turf_leather_may2198.htm) [accessed 14 January 2009].
- Rao, S., Liston, A., Crampton, L., and Takeyasu, J. 2006. Identification of larvae of exotic *Tipula paludosa* (Diptera: Tipulidae) and *T. oleracea* in North America using mitochondrial *cytB* sequences. Annals of the Entomological Society of America, 99:33-40.
- Rao, S., and Gelhaus, J. 2003. Peppermint, a new host record for crane flies (Diptera: Tipulidae). Pan-Pacific Entomologist, 79:45-46.
- Simard, L., Brodeur, J., Gelhaus, J., Taschereau, E., and Dionne, J. 2006. Emergence of a new turfgrass insect pest on golf courses in Québec, the European crane fly (Diptera: Tipulidae). Phytoprotection, 87:43-45.
- Taschereau, E., Simard, L., Brodeur, J., Gelhaus, J., Bélair, G., and Dionne, J. Seasonal ecology of the European crane fly (*Tipula paludosa*) and species diversity of the family Tipulidae on golf courses in Québec, Canada. International Turfgrass Society Research Journal (accepted January 2009).
- Thomson, A., Dennis, J., Trotter, D., Shaykewich, D., and Banfield, R. 2008. Diseases and Insects in British Columbia Forest Seedling Nurseries. European marsh crane fly (leatherjackets) [online]. Available from [http://www.pfc.forestry.ca/diseases/nursery/pests/european\\_e.html](http://www.pfc.forestry.ca/diseases/nursery/pests/european_e.html) [accessed 14 January 2009]



## Le nématode du soya : un survol

**Guy Bélair**

Centre de R&D en horticulture, Saint-Jean-sur-Richelieu, J3B 3E6

[belairg@agr.gc.ca](mailto:belairg@agr.gc.ca)

Depuis qu'il a été identifié pour la première fois en 1988, le NKS a été signalé dans neuf comtés de l'Ontario : Essex, Kent, Lambton, Elgin, Perth, Haldimand-Norfolk, Middlesex, Huron et Oxford. Malheureusement, le NKS continue de se propager dans des comtés non infestés. Bien que ce ravageur puisse être maîtrisé efficacement, il faut d'abord y être sensibilisé et savoir le reconnaître. En effet, tous les agriculteurs devraient faire le dépistage de ce nématode. En Ontario, les pertes dues au NKS varient de 5 à 100 %. Malheureusement, quand les symptômes de la présence du NKS se manifestent sur les plants, les agriculteurs ont déjà subi des pertes de rendement de l'ordre de 25 à 30 %. Une fois les champs infestés, il est impossible d'éradiquer le NKS.]

### Aspect

Ces organismes microscopiques en forme d'anguillules endommagent le système racinaire du soya, ce qui empêche le plant d'absorber l'eau et les éléments nutritifs. Ils font jaunir les feuilles et rabougrir les plants, en particulier si le sol est de texture légère et la pluviosité faible. Les endroits endommagés forment des plages circulaires, allant de quelques mètres à plus de 50 mètres de diamètre. On confond souvent les dégâts occasionnés par le NKS à ceux causés par une carence nutritionnelle, une inondation, des herbicides, le compactage ou la pourriture des racines. Le jaunissement du pourtour des feuilles peut ressembler aux symptômes d'une carence en potassium; toutefois, l'ajout de potassium ne réduit pas les dommages dus au NKS et n'élimine pas les symptômes. Un peuplement mal établi peut être le résultat d'une infestation par le NKS; ce phénomène est souvent confondu avec des maladies touchant les plantules. Il ne faut jamais tenter d'arracher un plant pour voir le NKS, car on risque de perdre trop de racines et, de toute manière, les nématodes glissent des racines au moment de l'arrachage. On recommande plutôt d'utiliser une pelle pour dégager le plant avec la terre qui entoure les racines.

Le système racinaire des plants infestés peut être foncé en raison d'une pourriture secondaire des racines et porter moins de nodosités. Des kystes dont la couleur va du blanc au brun jaunâtre et qui font moins de 1 mm de diamètre (tête d'épingle) sont aussi visibles sur les racines. Les symptômes des dommages occasionnés par le NKS (y compris la mort des plants) sont plus manifestes dans des conditions de croissance stressantes, surtout quand il fait chaud et sec. Si les conditions de croissance sont bonnes, il se peut que les symptômes visuels passent inaperçus, contrairement à ce qui se produit les années où les conditions sont particulièrement stressantes. En fait, dans ce type de conditions, une faible population de NKS peut causer des dommages visuels beaucoup plus importants, entraînant par le fait même de plus grandes pertes. Le soya a moins tendance à compenser pour les dommages causés par l'alimentation du NKS lors de conditions stressantes que lors de conditions de croissance favorables.

Les symptômes découlant de l'infestation par le NKS ne sont pas toujours manifestes, et on a observé des pertes de rendement de 25 à 30 % dans des champs sensibles sans qu'il y ait de symptômes visuels (au-dessus du sol). Parmi les endroits des champs où les symptômes visuels se manifestent le plus souvent, on doit mentionner les points d'entrée de la machinerie, les aires d'entreposage du matériel et des véhicules, le faite des collines, et le long des rangs d'arbres et d'arbustes où la terre emportée par le vent a tendance à s'accumuler.

### Cycle biologique

Le cycle biologique du NKS se compose de trois stades principaux : l'œuf, le stade juvénile et le stade adulte. Lors du premier stade, les œufs éclosent, libérant de jeunes anguillules dans le sol. C'est le seul stade où le NKS peut infecter les racines du soya, car celui-ci produit alors une substance qui attire les larves à ses racines. Une fois qu'ils ont pénétré les racines, les jeunes nématodes migrent vers les tissus conducteurs d'eau et d'éléments nutritifs (système vasculaire) et établissent un site d'alimentation (syncytium). Les syncytiums se forment lorsque les jeunes

nématodes femelles injectent des sécrétions dans les cellules des racines, les modifiant et les transformant en cellules d'alimentation spécialisées. C'est à ce stade que les femelles commencent à gonfler et finissent par percer la surface des racines. Les femelles adultes qui continuent de s'accrocher à la racine pour se nourrir pondent leurs œufs en masse dans une gangue gélatineuse. À la fin du cycle, les femelles retiennent des œufs dans leur abdomen. Leur corps, enchâssé dans les racines, forme des « kystes ». Au début, les kystes sont blancs; ils deviennent ensuite jaunes, puis bruns, à mesure que les femelles viennent à maturité. Les kystes peuvent contenir entre 100 et 300 œufs. Le nombre de kystes par plant varie de quelques-uns à des centaines. Dans un champ infesté, les kystes sont répartis dans toute la rhizosphère.

Hôtes favorisant une forte reproduction du NKS	Cultures ne servant pas d'hôte ou ne servant que peu à la reproduction du NKS
Soya	Maïs
Haricots secs	Blé
Haricots rognons	Avoine
Haricots mungo	Trèfle
Haricots adzuki	Luzerne
Haricots verts	Lotier corniculé

Population de NKS (nbre d'œufs/100 g de sol)	Risque	Perte de rendement possible	Rotation
<b>0-500</b> (sols grossiers et sableux)	Faible	0%-20%	4 ans
<b>0-1,000</b> (sols fins limoneux ou argileux)	Faible	0% -20%	4 ans
<b>1,000</b> (sols grossiers et sableux)	Élevé	20%-50%	6 ans
<b>2,000</b> (sols fins limoneux ou argileux)	Élevé	20%-50%	6 ans
<b>10,000</b> (tous les types de sols)	Les cultivars résistants risquent d'être endommagés	50%-100%	Non-hôte

Source: Welacky, Anderson et Tenuta. Agriculture et Agroalimentaire Canada et MAAO, 2000

### Stratégies de lutte

Les pratiques suivantes réduisent le risque d'infestation par le NKS, responsable de pertes financières importantes :

1. Utiliser des semences certifiées ou propres, de bonne qualité et exemptes de ravageurs terricoles.
2. Enlever à grande eau toute terre collée aux machines agricoles avant de passer d'un champ ou d'un terrain infesté à l'autre.
3. Adopter des pratiques de conservation adéquates pour empêcher le transfert de terre entre les champs.
4. Être rigoureux dans la lutte contre les mauvaises herbes.

Le NKS attaque une large gamme de plantes, surtout adventices, dans au moins 23 familles (par ex. Boraginacées, Capparidacées, Caryophyllacées, Chenopodiacées, Brassicacées, Labiées, Legumineuses, Scrophulariacées, Solanacées). Parmi les mauvaises herbes, mentionnons la céraïste vulgaire *Cerastium fontanum* (Caryophyllacées), le lamier amplexicaule *Lamium amplexicaule* (Lamiacées) et la stellaire moyenne *Stellaria media* (Caryophyllacées).

Si on a diagnostiqué le NKS dans un champ, pratiquer une rotation incluant des cultivars résistants au NKS et des cultures non-hôtes de ce ravageur, telles que le maïs, le blé, la luzerne et le trèfle, ou des cultures de légumes, comme la tomate. Cela permet de réduire les populations de NKS et d'améliorer le rendement des champs infestés. Il est déconseillé de remplacer dans la rotation le soya par des haricots comestibles (blancs, colorés) ou par des pois, étant donné que ces cultures sont également hôtes du NKS.

Il est important de surveiller les populations de NKS dans le sol en prélevant des échantillons tous les deux ou trois ans. Demander à la fois un compte des œufs et un compte de tous les kystes. L'utilisation continue de cultivars résistants au NKS pousse la population de nématodes à s'adapter et à se déplacer, rendant ainsi ces cultivars inefficaces.

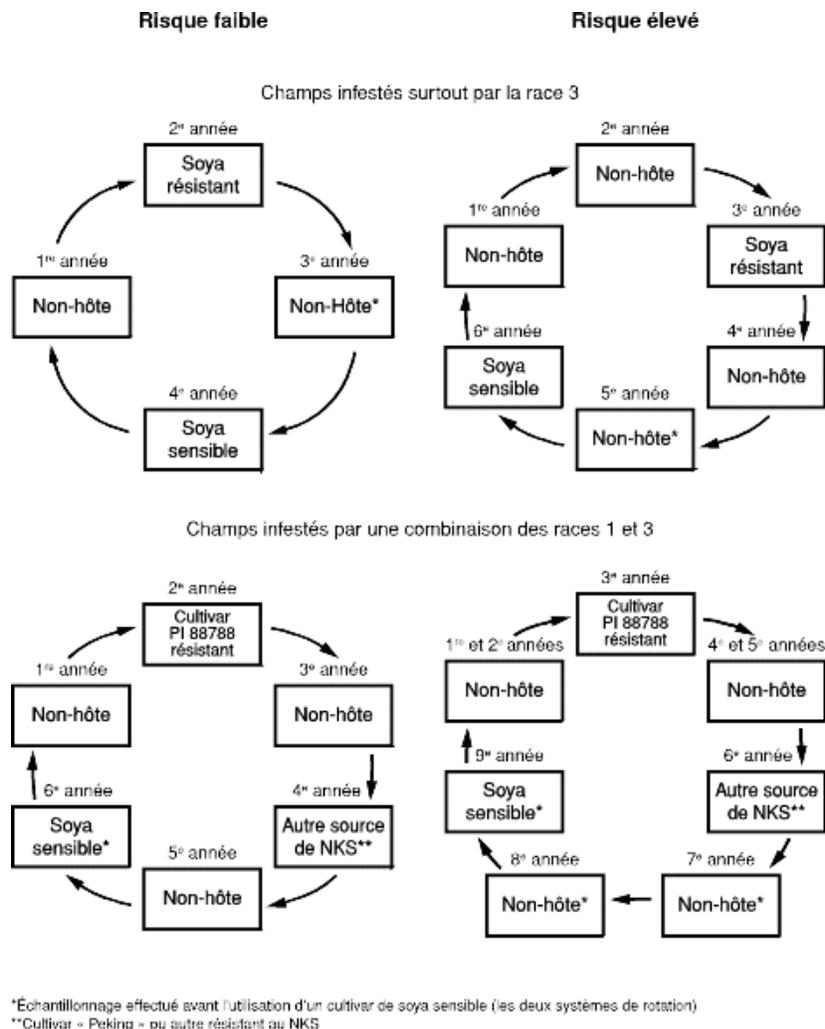


Figure 1. Rotation des cultures visant à maîtriser le NKS dans les champs infestés par la race 3 ou des races 1 et 3

# Étude à la ferme de l'influence de la fertilisation et de la biologie des sols sur la nutrition P et le rendement du maïs grain en pratiques culturales réduites.

CHRISTINE P. LANDRY<sup>1</sup>, CHANTAL HAMEL<sup>2</sup>, ANNE VANASSE<sup>3</sup> ET GUY R. MEHUYS<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), 2700, rue Einstein, Québec (Québec), G1P 3W8;

<sup>2</sup> Agriculture et agroalimentaire Canada, Environmental Health/Water and Nutrients, Box 1030, rue Airport, Swift Current, Saskatchewan, Canada, S9H 3X2.

<sup>3</sup> Département de phytologie, Pavillon Paul-Comtois, Université Laval, Québec, Québec, Canada, G1K 7P4.

<sup>4</sup> Department of Natural Resource Sciences, McGill University, 21 111 Lakeshore Road, Ste. Anne de Bellevue, Québec, Canada, H9X 3V9.

Courriel: [christine.landry@irda.qc.ca](mailto:christine.landry@irda.qc.ca)

**Mots clés :** Billons, dynamique du P du sol, maïs grain, mycorrhizes arbusculaires, nutrition phosphatée.

En réponse aux besoins des productions animales et à l'émergence des biocarburants, le maïs grain (*Zea mays* L.), première culture annuelle en superficies au Québec, est en expansion. Cette culture requiert beaucoup de nutriments et entraîne traditionnellement un travail intensif du sol. Afin de contrer la compaction et l'érosion des sols induits sous travail intensif, plusieurs producteurs ont adopté des pratiques de conservation, telle la culture sur billons, tout en conservant la fertilisation en phosphore (P) développée en travail intensif. Cependant, une fertilisation moindre en P est attendue en culture sur billons puisque son adoption modifie la dynamique du P du sol. Les mycorrhizes arbusculaires, reconnues pour hausser la nutrition en P des plants, y sont minimalement perturbées comparativement aux populations des sols travaillés intensivement. Une étude de deux ans a donc été menée directement à la ferme, en Montérégie (Québec, Canada) afin d'examiner l'impact de la fertilisation P et des populations indigènes de mycorrhizes arbusculaires sur le développement, la nutrition et le rendement du maïs grain en sols de richesses contrastées en P. L'effet des mycorrhizes arbusculaires indigènes et de la fertilisation a aussi été évalué sur les paramètres végétales et les différentes formes de P du sol de la rhizosphère. Puisque les populations indigènes de mycorrhizes arbusculaires étaient visées, aucune inoculation mycorrhizienne n'a été effectuée au champ. L'effet des mycorrhizes arbusculaires (MA) a donc été étudié au moyen de parcelles traitées (MA<sub>i</sub>; inhibées) et non-traitées (MA<sub>NI</sub>; non-inhibées) au fongicide. La forme de P la plus biodisponible a été suivie *in situ* durant 80 jours après les semis (JAS) à l'aide de membranes d'échange anionique (P<sub>MEA</sub>). Les résultats ont révélés que la grille québécoise de fertilisation en P a sous-estimé la capacité des sols à fournir le P. L'apport de P inorganique (P<sub>i</sub>) n'a pas influencé le développement, la nutrition et le rendement des plants, et a peu influencé les contenus en P<sub>MEA</sub> mieux expliqués par le climat. Le maïs en contact avec des MA<sub>NI</sub> a eu une croissance et un rendement aussi élevés, avec ou sans P<sub>i</sub> apporté, tandis que les plants des parcelles MA<sub>i</sub> ont nécessité un apport de P<sub>i</sub> pour un rendement optimal (Landry et al. 2008). La moins grande dépendance à l'apport de P<sub>i</sub> du maïs bénéficiant des MA<sub>NI</sub> était due à un prélèvement plus efficace du P<sub>i</sub> en solution du sol à 22 JAS, en surface et dans la rhizosphère. Le P<sub>i</sub> en solution du sol dans la rhizosphère a d'abord été réapprovisionné par le P<sub>i</sub> échangeable disponible aux plantes, suivi d'une mobilisation accrue du P organique labile par les mycorrhizes arbusculaires au moyen de mécanismes non élucidés. Une meilleure connaissance des mécanismes par lesquels les mycorrhizes arbusculaires influencent la dynamique du P du sol contribuera à optimiser la fertilisation phosphatée sous pratiques culturales réduites.

**Références :** Landry, C.P., Hamel, C. and Vanasse, A. 2007. Influence of arbuscular mycorrhizae on soil P dynamics, corn P-nutrition and growth, in a ridge-tilled commercial field. *Can. J. Soil Sci.* 88:283-294.

# Nitrates résiduels dans la culture du maïs grain : est-ce possible de les minimiser?

NOURA ZIADI<sup>1</sup>, ANNIE CLAESSENS<sup>1</sup>, GILLES BÉLANGER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560 Boul. Hochelaga, Québec, QC, G1V 2J3.

Courriel: [noura.ziadi@agr.gc.ca](mailto:noura.ziadi@agr.gc.ca)

**Mots clés :** diagnostic; indice de nutrition azotée; indice de chlorophylle

## Introduction

L'utilisation efficace de l'azote (N) par le maïs grain (*Zea Mays* L.) est essentielle pour augmenter la rentabilité des exploitations agricoles et réduire les risques de pollution environnementale. Le développement d'outils efficaces de diagnostic pour la gestion de l'azote est alors essentiel dans une perspective d'agriculture durable. L'indice de nutrition azotée (INA) calculé à partir d'une concentration critique en N de la plante entière, la concentration en N dans la dernière feuille ligulée ( $N_F$ ) et l'indice relatif du lecteur de chlorophylle (ICR) font partie des nouveaux outils développés récemment au Québec pour la gestion de l'azote dans la culture du maïs grain (Ziadi et al., 2008a, 2008b, 2009). L'objectif de cette étude était d'examiner la relation entre les nitrates ( $N-NO_3$ ) résiduels et des outils de diagnostic basés sur la plante (INA,  $N_F$ , ICR) afin de déterminer si l'utilisation de ces outils de diagnostic permettraient de maintenir la teneur en nitrates dans les sols à des niveaux raisonnables ( $< 40 \text{ mg } N-NO_3 \text{ kg}^{-1}$ ) à la fin de la saison de croissance.

## Méthodologie

L'étude a été réalisée au Québec à cinq site-années de 2004 à 2006. La texture des sols était un loam sableux à deux site-années (St-Louis en 2004 et 2005), un sable loameux à un site-année (St-Basile-de-Porneuf 2004) et un sable à deux site-années (Ste-Catherine-de-la-Jacques-Cartier en 2005 et 2006). Les traitements consistaient en six doses de N (20 à 250 kg N ha<sup>-1</sup>) soit 20 kg N ha<sup>-1</sup> au semis et le reste appliqué aux stades de développement V8 à V10. L'indice de nutrition azotée, ICR et  $N_F$  ont été mesurés cinq à huit fois à chacun des sites; les données utilisées ici ne représentent que la première date d'échantillonnage à laquelle la biomasse aérienne  $\geq 1 \text{ Mg}$  de matière sèche (MS) ha<sup>-1</sup> et la deuxième application de N a été réalisée, ce qui correspond au stade végétatif. La teneur du sol en nitrates (0-0,9 m) a été déterminée au stade laitieux (fin août) ainsi qu'à la récolte (octobre). L'INA est calculé en divisant la concentration actuelle en N de la plante entière par la concentration critique en N ( $N_c = 34,0 W^{0,37}$ ; W est la biomasse aérienne totale du maïs exprimée en Mg MS par ha; Plénet et Lemaire, 2000; Ziadi et al., 2008a). Une valeur de INA de 1,0 indique que N ne limite pas la croissance de la plante alors qu'une valeur de INA  $< 1,0$  indique une carence et INA  $> 1,0$  un excès d'azote. L'ICR est calculé en divisant la mesure du lecteur de chlorophylle d'un traitement par la mesure obtenue dans une parcelle saturée (250 kg N ha<sup>-1</sup> appliqué entièrement au semis; un ICR de 0,99 est optimal pour maximiser le rendement (Ziadi et al., 2008b). La  $N_F$  est mesurée sur des disques foliaires prélevés sur la dernière feuille ligulée à mi-chemin entre la tige et le bout de la feuille et à mi-chemin entre la nervure médiane et le rebord de la feuille; une concentration de 37,0 mg N g<sup>-1</sup> MS au stade végétatif est optimale pour la croissance de la plante (Ziadi et al., 2009).

## Résultats

La teneur des sols en  $N-NO_3$  variait avec la fertilisation, la texture du sol et les conditions climatiques de 2,9 à 185,9 mg kg<sup>-1</sup> au stade laitieux et de 0 à 46,3 mg kg<sup>-1</sup> à la récolte. La réduction de la teneur en  $N-NO_3$  dans les sols entre le stade laitieux et la récolte peut être attribuée en grande partie au lessivage. Ceci est particulièrement vrai en 2005 où des quantités importantes de pluies ( $> 350 \text{ mm}$ ) sont tombées entre le stade laitieux et la récolte. Nous avons donc étudié la relation entre les nitrates dans le sol et les outils de diagnostic N au stade laitieux. À ce stade, au moins 75% des besoins totaux en N chez le maïs sont atteints (Shanahan et al., 2008).

Les risques d'avoir des teneurs en N-NO<sub>3</sub> élevées dans les sols au stade laitex étaient importants lorsque la croissance de la plante était optimale, soit à un INA = 1,0, un N<sub>F</sub> = 37,0 mg N g<sup>-1</sup> MS ou un ICR de 0,99 (Fig. 1). Chez le maïs, le rendement en grains maximum est atteint à un IRC de 0,95 (Varvel et al., 1997) ou à un INA de 0,90 (Ziadi et al., 2008a) ce qui correspond à un N<sub>F</sub> de 33,4 mg N g<sup>-1</sup> MS (Ziadi et al., 2009). Par conséquent, afin de maintenir les teneurs de N-NO<sub>3</sub> à des niveaux raisonnables (< 40 g N-NO<sub>3</sub> kg<sup>-1</sup>; Geypens et al., 2005) tout en maintenant un rendement en grain optimum chez le maïs, les producteurs ne devraient appliquer un engrais azoté que lorsque l'INA est < 0,90, N<sub>F</sub> < 33,4 mg N g<sup>-1</sup> MS, ou que l'ICR est < 0,95 au stade végétatif (Fig.1).

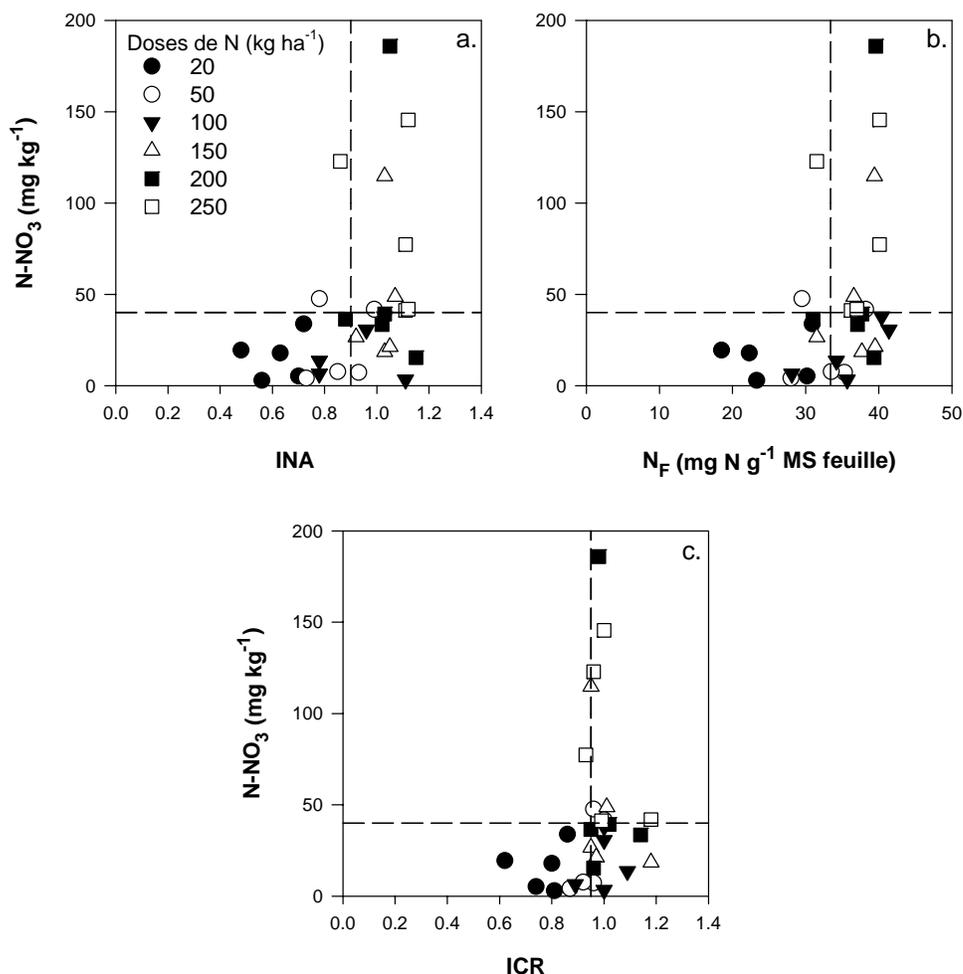


Fig.1. La teneur en nitrates résiduels (0 – 0,90 m) au stade laitex en fonction de l'indice de nutrition azotée (INA) (a), de la concentration en N de la dernière feuille ligulée (N<sub>F</sub>) (b) et de l'indice relatif du lecteur de chlorophylle (ICR) (c) chez le maïs fertilisé avec différents doses d'azote à cinq site-années. La ligne pointillée verticale représente la valeur critique au-delà de laquelle les risques d'accumulation en nitrates dans le sol augmentent.

## Conclusions

L'indice de nutrition azotée, la concentration en N dans la dernière feuille ligulée et l'indice relatif du lecteur de chlorophylle semblent donc être intéressants pour s'assurer de minimiser les risques d'obtenir des niveaux élevés de nitrates dans le sol en fin de saison de croissance dans la culture du maïs grain.

## Références

- Geypens, M., Mertens, J., Ver Elst, P. et Bries, J. 2005. Evaluation of fall residual nitrogen influenced by soil chemical characteristics and crop history in Flanders (Belgium). *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 36:363–372.
- Plénet, D. et Lemaire, G. 2000. Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. Determination of critical N concentration. *Plant Soil* 216:65–82.
- Shanahan, J.F., Kitchen, N.R., Raun, W.R. et Schepers, J.S. 2008. Responsive in-season nitrogen management for cereals. *Comp. Elect. Agric.* 61:51–61.
- Varvel, G.E., Schepers, J.S. et Francis, D.D. 1997. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:1233–1239.
- Ziadi, N., Brassard, M., Bélanger, G., Cambouris, A.N., Tremblay, N., Nolin, M.C., Claessens, A. et Parent, L.-E. 2008a. Critical nitrogen curve and nitrogen nutrition index for corn in eastern Canada. *Agron. J.* 100:271–276.
- Ziadi, N., Brassard, M., Bélanger, G., Claessens, A., Tremblay, N., Cambouris, A.N., Nolin, M.C. et Parent, L.-E. 2008b . Chlorophyll measurements and nitrogen nutrition index for the evaluation of corn N status. *Agron. J.* 100:1-10.
- Ziadi, N., Bélanger, G., Gastal, F., Claessens, A., Lemaire, G. et Tremblay, N. 2009. Leaf N concentration as an indicator of corn N status. *Agron. J.* (soumis).

# Nitrates résiduels du sol après la récolte du canola

JEAN LAFOND, DENIS PAGEAU

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ferme de recherches  
1468, rue Saint-Cyrille, Normandin, Qc, G8M 4K3.

[Jean.Lafond@agr.gc.ca](mailto:Jean.Lafond@agr.gc.ca)

**Mots clés :** nitrates résiduels, canola, engrais azoté, dose optimale économique

Le canola de printemps (*Brassica napus L.*) a des besoins élevés en azote pour atteindre le maximum de rendement, de qualité et de profit. Des essais menés aux États-Unis et dans l'ouest canadien ont indiqué des augmentations significatives des rendements en grains avec une dose d'azote aussi élevée que 200 kg ha<sup>-1</sup> (Nuttall et al. 1992; Jackson 2000). Des résultats d'essais réalisés au Québec ont indiqué que le recouvrement de l'azote provenant des engrais minéraux a atteint des valeurs de 52 à 70 % dans la région de Québec pour le canola cultivé sur un loam limoneux (Giroux et al. 2000). D'autre part, le recouvrement de l'azote n'a été que de 35 à 49 % pour le canola cultivé sur une argile limoneuse dans la région du Lac-Saint-Jean (Lafond 2004). Ainsi, l'optimisation de la fertilisation azotée est souhaitable afin d'accroître la productivité de la culture et minimiser les risques environnementaux.

Les quantités de nitrates résiduels mesurées dans le profil de sol en fin de saison de croissance sont fortement influencées par les quantités de nitrates provenant des engrais minéraux azotés appliqués au semis (Bélanger et al. 2003; Nevens et Reheul 2005; Hong et al. 2007). Des augmentations de la quantité de nitrates du sol à la récolte ont été mesurées à la suite d'application d'engrais azoté au printemps dans la culture de canola (Giroux et al. 2000). Les nitrates qui sont demeurés dans le sol après la récolte sont susceptibles d'être lessivés et de contaminer les eaux souterraines (Campbell et al. 1983; Jokela et Randall 1989; Roth et Fox 1990; Tran et Giroux 1998). Par conséquent, la quantité de nitrates dans la zone exploitée par les racines devrait être réduite le plus possible à la fin de la saison de croissance. Afin de réduire les risques d'accumulation de la quantité de nitrates dans le profil de sol après la récolte, l'utilisation de la dose optimale économique d'azote a été suggérée comme outil de gestion de la fertilisation azotée (Bélanger et al. 2003; Nevens et Reheul 2005).

Les objectifs de cette recherche ont donc été de déterminer l'effet de la fertilisation azotée sur le rendement en grains du canola, de quantifier l'effet de la fertilisation azotée sur la quantité de nitrates résiduels du sol à la récolte et d'établir la relation entre la quantité de nitrates résiduels et la dose optimale économique d'azote. Des parcelles de canola ont été ensemencées sur deux sites pendant deux ans. Les traitements ont consisté en cinq doses d'azote (0, 40, 80, 120 et 160 kg N ha<sup>-1</sup>) appliquées avant le semis.

La fertilisation azotée a augmenté significativement les rendements en grains du canola aux deux sites et pour les deux années. Ces accroissements de rendements en grains de canola avec l'application d'engrais azoté ont été également rapportés dans des études antérieures réalisées au Québec (Giroux et al. 2000; Lafond 2004).

Les doses optimales économiques d'azote dérivées des équations de régression ont été comparables d'un site et d'une année à l'autre à l'exception du site d'Hébertville en 2000. En effet, la dose optimale économique a été de 71 kg N ha<sup>-1</sup> à ce site comparativement à 88 kg N ha<sup>-1</sup> aux autres sites et années. Les doses optimales économiques d'azote sont similaires à celles rapportées par Giroux et al. (2000) dans leur étude réalisée au Québec qui étaient de 77 à 119 kg N ha<sup>-1</sup>. Toutefois, les conditions économiques et le potentiel de rendement pourraient influencer la dose optimale économique d'azote comme l'ont démontré Giroux et al. (2000) en établissant différents rapports CP (prix de vente du grain / coût de l'engrais).

Les prélèvements d'azote par la culture ont augmenté significativement et de façon quadratique avec l'accroissement de la fertilisation azotée. Les prélèvements d'azote pour les traitements sans apport d'engrais azoté ont varié de 95 à 141 kg ha<sup>-1</sup> selon les sites et les années. Ces valeurs ont confirmé la contribution importante en azote de ces sols. Des études antérieures ont également démontré le fort potentiel de minéralisation des sols sous différents précédents culturaux lorsque les conditions climatiques étaient favorables (N'Dayegamiye et al. 1998; Lafond 2004; Lafond et Pageau 2007). Le recouvrement de l'azote a été en moyenne de 32 %.

Les quantités de nitrates résiduels dans la couche de sol 0-40 cm ont significativement augmenté avec l'accroissement des doses d'azote appliquées. Ces nitrates non utilisés par la culture peuvent être potentiellement lessivés au cours de l'automne et du printemps suivant (Roth et Fox 1990; Bélanger et al. 2003). Les quantités de nitrates résiduels estimées par les équations de régression en utilisant la dose optimale économique d'azote ont varié de 11 à 38 kg ha<sup>-1</sup> selon les sites et les années. Comparativement aux quantités de nitrates mesurées dans les parcelles non fertilisées, les accroissements de nitrates dans le sol ont été faibles (de 0 à 13 kg ha<sup>-1</sup>), indiquant qu'à la dose optimale économique d'azote, les impacts de la fertilisation ont été relativement limités. Également, ces résultats ont démontré que la variabilité associée aux sites (historique cultural et propriétés chimiques et physiques) mais aussi aux conditions de croissance qui prévalaient lors de l'expérimentation a eu un impact direct sur les quantités de nitrates résiduels. En effet, pour une même dose optimale économique d'azote (88 kg N ha<sup>-1</sup>) pour le site de Normandin, les quantités de nitrates résiduels estimées ont varié du simple au triple pour les années 1999 et 2000. Des différences élevées entre la dose appliquée et la dose optimale économique d'azote ont indiqué des risques accrus de lessivage par une accumulation excessive de la quantité de nitrates dans le sol.

Ainsi, les possibilités d'accumulation excessive de nitrates dans la zone exploitée par les racines de canola à la récolte ont été réduites quand le canola a été fertilisé en utilisant la dose optimale économique d'azote, en considérant la réponse de la culture à chacun des sites et des années.

## Références

- Bélanger, G., Ziadi, N., Walsh, J. R., Richards, J. E. et Milburn, P. H. 2003.** Residual soil nitrate after potato harvest. *J. Environ. Qual.* **32**: 607-612.
- Campbell, C. A., Read, D. W. L., Biederbeck, V. O. et Winkleman, G. E. 1983.** The first 12 years of a long-term crop rotation study in southwestern Saskatchewan- Nitrate-N distribution in soil and N uptake by the plant. *Can. J. Soil Sci.* **63**: 563-578.
- Giroux, M., Morin, R. et Lemieux, M. 2000.** Effet des doses d'engrais N, P et K sur les rendements, les prélèvements en éléments nutritifs et la teneur en huile du canola. *Agrosol* **11**: 4-14.
- Hong, N., Scharf, P. C., Davis, J. G., Kitchen, N. R. et Sudduth, K. A. 2007.** Economically optimal nitrogen rate reduces soil residual nitrate. *J. Environ. Qual.* **36**: 354-362.
- Jackson, G. D. 2000.** Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. *Agron. J.* **92**: 644-649.
- Jokela, W. E. et Randall, G. W. 1989.** Corn yield and residual soil nitrate as affected by time and rate of nitrogen application. *Agron. J.* **81**:720-726.
- Lafond, J. 2004.** Fractionnement de la fertilisation azotée minérale et organique: Effet sur la productivité du canola de printemps et sur les nitrates du sol. *Can. J. Soil Sci.* **84**: 491-501.
- Lafond, J. et Pageau, D. 2007.** Effets nutritionnels et non nutritionnels associés à la présence de légumineuses sur les rendements en grains d'orge et les nitrates du sol. *Can. J. Soil Sci.* **87**: 445-454.
- Nevens, F. et Reheul, D. 2005.** Agronomical and environmental evaluation of a long-term experiment with cattle slurry and supplemental inorganic N applications in silage maize. *Europ. J. Agron.* **22** : 349-361.
- N'Dayegamiye, A., Bossanyi, J. et Maltais, J. 1998.** Étude de la disponibilité de l'azote minéralisable de la matière organique la culture d'orge en conditions climatiques du Saguenay/Lac-Saint-Jean. *Agrosol* **10**: 74-78.
- Nuttall, W. F., Moulin, A. P. et Townley-Smith, L. J. 1992.** Yield response of canola to nitrogen, phosphorus, and temperature. *Agron. J.* **84**: 765-768.
- Roth, G. W. et Fox, R. H. 1990.** Soil nitrate accumulation following nitrogen-fertilized corn in Pennsylvania. *J. Environ Qual.* **19**: 243-248.
- Tran, T. S. et Giroux, M. 1998.** Fate of <sup>15</sup>N-labelled fertilizer applied to corn grown on different soil types. *Can. J. Soil Sci.* **78**: 597-605.

# Influence des cycles de gel et dégel sur la transformation et la distribution du phosphore soluble à l'eau sous divers systèmes culturaux au Québec

AIMÉ J. MESSIGA<sup>1,3</sup>, NOURA ZIADI<sup>1</sup>, CHRISTIAN MOREL<sup>2</sup>, LÉON E. PARENT<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2560 Boulevard Hochelaga, Québec, G1V 2J3;

<sup>2</sup>Institut National de la Recherche Agronomique, UMR TCEM, BP 81, 33883 Villenave d'Ornon cedex, Bordeaux, France

<sup>3</sup>Département des sols et génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, G1K 7P4

Courriel: [aimejean.messiga@agr.gc.ca](mailto:aimejean.messiga@agr.gc.ca)

**Mots clés:** Réchauffement global, Cycle de gel et dégel, P soluble à l'eau, Gestion du P, Systèmes culturaux

## Introduction

Le réchauffement global pourrait résulter en de basses températures du sol et une augmentation des cycles hivernaux de gel et de dégel dans les zones tempérées et de hautes latitudes (IPCC 2007; Groffman et al. 2001). Les conséquences de cette perturbation sont l'altération du cycle biogéochimique des éléments minéraux, des propriétés physiques du sol et la destruction des structures cellulaires de la biomasse végétale présente sur le sol (Henry 2007; Bechmann et al. 2005). Dans les systèmes de grande culture sous semis direct (SD) où les résidus de récolte sont laissés à la surface du sol, ces mécanismes peuvent être accentués et entraîner une libération accrue d'éléments solubles à l'instar du phosphore (P) dans la couche superficielle du sol. Notre objectif était d'évaluer les effets de cycles récurrents de gel et de dégel sur la teneur en phosphore soluble à l'eau ( $P_W$ ) et le P Mehlich-3 ( $P_{M3}$ ) dans la couche superficielle des sols sous SD.

## Méthodologie

Nous avons considéré pour cette étude un essai de longue durée établi en 1992 dans une rotation maïs - soya et qui comprend des parcelles sous SD et labour conventionnel (LC). Des échantillons de sol collectés en automne 2007 et au printemps 2008 dans les deux types de parcelles ont été comparés pour leur teneur en  $P_W$  et  $P_{M3}$ . Nous avons ensuite soumis des carottes de sol de 5 cm d'épaisseur récoltées en automne 2007 et enrichies ou non de 2 g de résidus de soya aux cycles de gel et de dégel (CGD) suivants : (1) 1 cycle de 5 jours de gel à  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  et 5 jours de dégel à  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; (2) 3 cycles de 5 jours de gel à  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  et 5 jours de dégel à  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; (3) 6 cycles de 5 jours de gel à  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  et 5 jours de dégel à  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; (4) 55 jours de gel à  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  et 5 jours de dégel à  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Cont. 1); (5) 60 jours d'incubation à  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Cont. 2) (Bechmann et al. 2005). Au terme des CGD, le  $P_W$  et le  $P_{M3}$  ont été déterminés dans des tranches de sol de 1 cm d'épaisseur.

## Résultats

Les teneurs en  $P_W$  et  $P_{M3}$  étaient plus élevées dans les sols collectés au printemps 2008 par rapport à ceux de l'automne 2007. Le  $P_W$  dans les carottes de sol a varié de  $30\text{ mg kg}^{-1}$  dans le LC à  $50\text{ mg kg}^{-1}$  dans le SD pendant le premier et le troisième CGD. A la fin du sixième cycle, le  $P_W$  a doublé et atteint  $100\text{ mg P kg}^{-1}$  sol dans les trois premiers cm des carottes enrichies en résidus et issues du SD (Fig. 1).

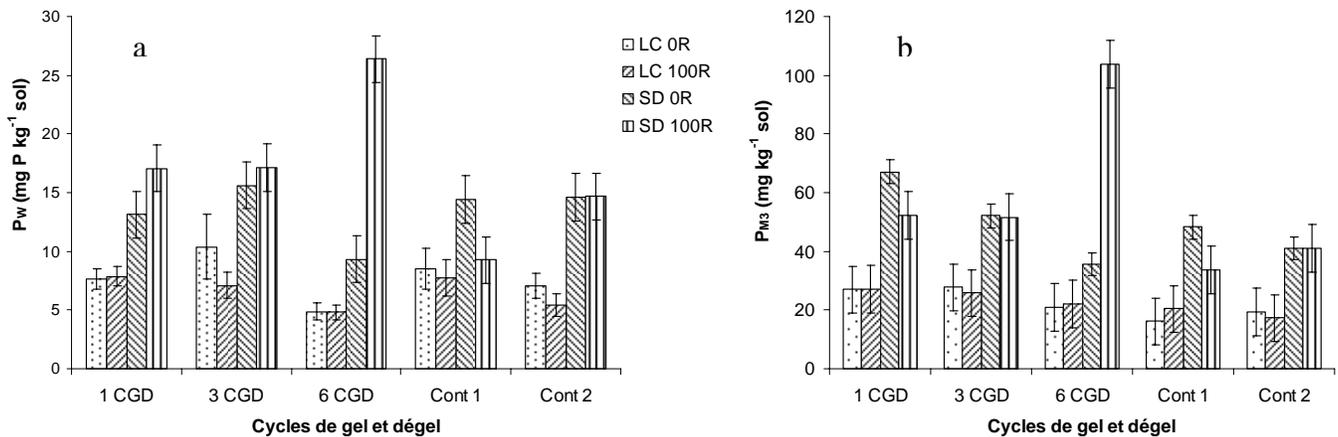


Fig. 1. Effet des cycles de gel et de dégel sur le P soluble à l'eau ( $P_w$ , a) et le P Mehlich-3 ( $P_{M3}$ , b) dans la couche 0-5 cm de sol sous semis direct et labour conventionnel dans une rotation maïs – soya de longue durée.

## Conclusions

L'augmentation du nombre de CGD a fait augmenter le  $P_w$  et le  $P_{M3}$  dans la couche superficielle des sols sous SD comme suite à la libération du phosphore par les résidus de soya.

## Références

- IPCC. 2007. Climate change 2007: the physical science basis. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Bechmann, M., Kleinman, P. J. A., Sharpley, A. N. et Saporito, L. L. 2005. Freeze-thaw effects on phosphorus loss in runoff from manured and catch crop soils. *J. Environ. Qual.* 34: 2301–2309
- Groffman P. M., Driscoll C. T., Fahey T. J., Hardy J. P., Fitzhugh, R. D. et Tierney, G. L. 2001. Colder soils in a warmer world: a snow manipulation study in a northern hardwood forest ecosystem. *Biogeochemistry* 56: 135–150.
- Henry H. A. L. 2007. Soil freeze-thaw cycle experiments: trends, methodological weaknesses and suggested improvements. *Soil Biol. Biochem.* 39: 977–986.

# Recyclage des cendres de bois. Impacts sur les sols et le rendement des grandes cultures

MARC HÉBERT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs. Direction des Politiques en milieu terrestre. Service agricole. Édifice Marie-Guyart, 9<sup>e</sup> étage, 675, boul. René Lévesque Est, bte 71. Québec (Québec).  
Téléphone : (418) 521-3950 poste 4826 ; courriel : [marc.hebert@mddep.gouv.qc.ca](mailto:marc.hebert@mddep.gouv.qc.ca)

**Mots clés** : cendres, chaulage, réglementation, rendements

L'utilisation de la cendre de bois pour le chaulage et la fertilisation des sols, autrefois pratique courante, a été délaissée au début du 20<sup>e</sup> siècle suite à l'arrivée de produits alternatifs (chaux agricole, muriate de potassium). Avec l'augmentation de la valorisation énergétique des résidus provenant de l'industrie du bois, la ressource redevient largement disponible au Québec. On évalue la quantité annuelle générée au Québec à plus de 300 000 tm (bh). Près de la moitié a été recyclée comme matière fertilisante en 2007, dont 80 000 tonnes pour un usage agricole sur 250 fermes.

La littérature établit clairement que les cendres permettent de corriger l'acidité du sol, comme la chaux agricole, mais elles fournissent en plus des éléments nutritifs aux plantes. C'est pourquoi elles permettent d'obtenir des rendements généralement supérieurs à l'usage de la chaux agricole naturelle (tableau 1).

Au niveau de la qualité des grains comme le maïs, le soya et le pois sec, Ziadi et al. (2007) ne constatent pas de différence significative entre les traitements répétés avec cendres ou chaux agricole sur la teneur en éléments majeurs des grains (N, P, K, Ca et Mg). Ces auteurs observent d'ailleurs peu ou pas d'impacts sur la disponibilité en éléments majeurs ou en oligo-éléments/métaux lourds du sol. Les herbages peuvent toutefois emmagasiner des quantités excessives de potassium qui peuvent être préjudiciables à la santé des bovins (cas de doses élevées de cendres sur des sols déjà riches en K et pauvres en Mg).

En fonction de l'IVA, de la teneur en éléments fertilisants (P-K) ou des gains de rendement anticipés, la valeur des cendres varierait entre 20 et 65 \$/tm (bh), selon la méthode de calcul utilisée, pour des cendres de richesse moyenne. La valeur économique pour une cendre donnée sera proportionnelle à sa richesse et au coût d'approvisionnement en chaux agricole, qui varie grandement d'une région à l'autre. L'usage des cendres permet d'éviter des émissions de gaz à effet de serre en agriculture; cela pourrait éventuellement donner droit à des crédits carbone.

La qualité des cendres est variable d'une usine à l'autre, selon le type de bois brûlé, le mode de combustion et l'ajout d'eau. De plus, leur alcalinité, leur contenu en potassium et leur texture fine et pulvérulente commandent des précautions particulières aux plans agronomique, environnemental et technique. C'est pourquoi une réglementation gouvernementale et des normes commerciales (BNQ) encadrent l'utilisation des cendres. Ce produit requière également l'emploi de bonnes pratiques agronomiques (actuellement en révision par le CRAAQ). L'ensemble de ces mesures permet une utilisation sécuritaire, économique et socialement acceptable de la cendre en agriculture, conformément aux principes du développement durable.

La cendre serait particulièrement appropriée dans les systèmes agrobiologiques où la fourniture de l'azote dépend ultimement de la productivité des herbages de légumineuses (luzerne et trèfle). La cendre de bois est aussi un des engrais les moins dispendieux pouvant être utilisés en agriculture biologique comme source de potassium, de soufre et de phosphore. L'impact de la cendre sur le contenu en Mn des tissus végétaux pourrait aussi favoriser la résistance naturelle des plantes aux maladies. Cependant, certaines cendres ne sont pas admises dans les cahiers des charges.

La présentation résume une revue de littérature publiée dans Agrosolutions (Hébert et Breton, 2008).

**Tableau 1 Gains de rendement obtenus au champ avec l'utilisation de la cendre comparativement à la chaux agricole, à des doses agronomiques, pour différentes cultures.**

Culture	Gain de rendement par rapport à la pierre à chaux (%) <sup>1</sup>	Lieu	Source
Blé <sup>1</sup>	+9%	État de Washington	Krejsl (1995)
Maïs	+9%	Mauricie	Ziadi et al. (2007)
Soya	+14%	Mauricie	Ziadi et al. (2007)
Haricot sec	+15%	Mauricie	Ziadi et al. (2007)
Pois vert	+63%	État de Washington	Krejsl (1995)
Prairies de légumineuses (trèfle) <sup>1</sup>	+12 à 35%	Bas-St-Laurent	Robitaille (1996)
Luzernière	+45 à 61%	New Hampshire	Estes et al., 1995
Prairie	+28%	Alberta (centre)	Lickaz, 2002

<sup>1</sup> Des augmentations de rendement par rapport à des traitements témoins sans chaux agricole sont également détaillées dans Hébert et Breton (2008). De récents essais de démonstration à la ferme réalisés en 2008 dans le Bas Saint-Laurent indiquent des augmentations de rendement de 38%, pour l'avoine, et de 8 à 59 %, pour les prairies, comparativement aux témoins sans chaux (Drainville, 2008).

## Références

Drainville, L. 2008. Projets pilotes 2007 et 2008 visant la valorisation agricole et forestière de cendres en tant que matières résiduelles fertilisantes. Réalisé par Terre-Eau inc. (Saint-Joseph de Lepage) pour Uniboard Canada (Sayabec). 53 p.

Estes, G.o, J.R. Mitchell and M. Crispi. 1995. Production, characterization & agricultural value of wood ash. In : Residuals management and land stewardship. University of New-Hampshire. Research Report no. 132.

Hébert, M. et B. Breton. 2008. Recyclage agricole des cendres de bois au Québec – État de la situation, impacts et bonnes pratiques agro-environnementales. Agrosolutions 19 (2) : 18-33.

[http://www.irda.qc.ca/documents/publications/1/50\\_fr.pdf](http://www.irda.qc.ca/documents/publications/1/50_fr.pdf)

Krejsl, J. 1995. The effect of wood ash on wheat and green pea yields. In: Symposium on land application of wood-fired and combination boiler ashes. 1995 NCASI meetings. Asheville, North Carolina. August 2-3. pp. 22-23

Lickaz, J. 2002. Wood ash –An alternative liming material for agricultural soils. Agri-Facts, Practical information for Alberta's agriculture industry. AGDEX 534-2, Alberta Agriculture, Food and Rural Development. 6 p.

Robitaille, R. 1996. La cendre tient ses promesses. Bio-bulle. Déc/jan 1996. p. 11.

Ziadi N., B. Gagnon, M. Chantigny et D. Angers. 2007. Effet à long terme de l'application répétée de biosolides papetiers et de résidus calciques en grande culture. Centre de Recherche et de Développement sur les Sols et les Grandes Cultures, Sainte-Foy, Québec. Compostage Mauricie inc. 50 p.

# La gestion du semis du millet perlé sucré, une plante prometteuse pour la production d'éthanol

AUDREY BOUCHARD<sup>1</sup>, ANNE VANASSE<sup>1</sup>, PHILIPPE SEGUIN<sup>2</sup>, GILLES BÉLANGER<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Département de phytologie, Université Laval, 2425 rue de l'agriculture, Québec (QC), G1V 0A6;

<sup>2</sup>Plant Science Department, Université McGill, Campus Macdonald, 2111 Lakeshore Road, Ste-Anne-de-Bellevue (QC), H9X 3V9;

<sup>3</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560 Boulevard Hochelaga, Québec (QC), G1V 2J3

Courriel: audrey.bouchard.5@ulaval.ca

**Mots clés :** *Pennisetum glaucum*, biocarburant, sucre, espacement entre les rangs, dose de semis

## Introduction

La production d'éthanol à partir de biomasse végétale est en nette progression en Amérique du Nord. En considérant l'importance du nombre de véhicules ainsi que les cibles fixées par le gouvernement canadien (5% d'éthanol dans l'essence en 2010), la demande en éthanol sera en croissance pendant plusieurs années. Par conséquent, le défi à court et moyen termes pour la production d'éthanol est de cibler des espèces très productives, faciles à transformer, s'intégrant bien dans les systèmes de production et générant des coproduits intéressants à valoriser. Parmi les cultures potentielles pour la filière énergétique, le millet perlé sucré (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) présente beaucoup d'intérêt puisqu'il s'agit d'une culture fourragère annuelle produisant un rendement élevé en biomasse et en sucre facilement fermentescible. Le millet perlé sucré est un hybride de millet perlé fourrager adapté aux conditions climatiques de l'est du Canada et dont les tiges contiennent une sève plus sucrée. La particularité de cette espèce réside dans l'obtention d'une culture à double vocation, soit l'extraction d'une sève sucrée pour la fermentation en éthanol et l'obtention d'un sous-produit (fourrage pressé) pouvant servir à l'alimentation des bovins ou à l'enfouissement afin de maintenir le bilan humique des sols pauvres en matière organique. Le millet perlé est également reconnu pour sa tolérance aux sols sableux acides et peu fertiles (Andrews et Kumar, 1992) et demeure l'espèce la plus efficace à réduire les populations du nématode des lésions lorsque cultivée en rotation avec une culture sensible comme la pomme de terre (Bélaïr et coll., 2005). Puisque le millet perlé sucré est une culture peu connue, des efforts doivent être mis de l'avant pour connaître les pratiques culturales les plus appropriées, dont l'espacement entre les rangs et la dose de semis.

Présentement il n'existe aucune littérature scientifique sur le millet perlé sucré, mais certains auteurs ont démontré que les facteurs de régie ont un effet sur le rendement et la teneur en sucre du millet perlé et du sorgho. Michaud et al. (2000; 2001; 2002) ont mené plusieurs essais au Québec sur le millet perlé fourrager. Ceux-ci rapportent que le rendement augmente avec l'augmentation de la dose de semis et avec un espacement plus étroit. Selon Broadhead et al. (1980), un espacement plus étroit produit un rendement en sucre plus élevé.

L'objectif général du projet est de déterminer l'effet de l'espacement entre les rangs et de la dose de semis sur le rendement en biomasse, la teneur en sucre et la qualité fourragère du millet perlé sucré. Cependant, seulement les résultats du rendement et de la teneur en sucre (% Brix) sont présentés.

## Méthodologie

Le projet a été réalisé pendant deux années (2007-2008) à deux sites, soit à St-Augustin-de-Desmaures (station agronomique de l'Université Laval), 2300 à 2500 UTM, et à Ste-Anne-de-Bellevue (ferme expérimentale de l'Université McGill), 2900 à 3100 UTM. La culture du millet perlé sucré a été implantée avec un semoir à céréales «Winter Steiger» à une profondeur d'environ 2,5 cm. L'ensemencement s'est effectué lorsque les risques de gel au sol étaient réduits, c'est-à-dire le 11 juin (2007) et 13 juin (2008) à St-Augustin, et le 8 juin (2007) et 12 juin (2008) à Ste-Anne-de-Bellevue. Le dispositif expérimental est un plan en tiroirs avec l'espacement entre les rangs (18 et 36 cm) en parcelle principale et la dose de semis (5, 10, 15, 20 kg ha<sup>-1</sup>) en sous-parcelle. Chacun des traitements a été répété quatre fois. Les doses d'azote

appliquées de 110 kg N ha<sup>-1</sup> (2007) et 100 kg N ha<sup>-1</sup> (2008) ont été fractionnées pour obtenir 50% au semis et 50% au tallage. Afin de réduire les populations de mauvaises herbes, un faux semis (mi-mai) ou une application d'un herbicide non sélectif, le glyphosate, ont été réalisés avant le semis de la culture. Les graminées annuelles ont été réprimées manuellement. Le bentazone (Basagran Forte) a été appliqué (1,08 kg m.a./ha) afin de détruire les mauvaises herbes à feuilles larges au stade trois feuilles de la culture. Par la suite, lorsque nécessaire, les mauvaises herbes ont été détruites par un désherbage manuel. Une seule récolte a été effectuée manuellement en fin de saison, soit le 15 septembre (2007) et 19 septembre (2008) à St-Augustin, et le 5 septembre (2007) et 4 septembre (2008) à Ste-Anne-de-Bellevue. Deux rangs sur cinq mètres (2007) et deux rangs sur 3 mètres (2008) dans chaque parcelle ont été récoltés, et utilisés afin de déterminer le rendement en matière sèche (m.s.) de biomasse. Les autres variables mesurées à la récolte étaient la teneur en sucre des tiges avec le réfractomètre sur trois (2007) et quatre (2008) tiges par parcelle à deux nœuds par tige et le coefficient de tallage sur cinq (2007) et quatre (2008) plants par parcelle.

### Résultats

En 2007, les rendements les plus élevés (20,5 t m.s. ha<sup>-1</sup> à Ste-Anne-De-Bellevue et 12,9 t m.s. ha<sup>-1</sup> à St-Augustin) ont été obtenus à la dose de semis la plus faible (5 kg ha<sup>-1</sup>), et ont diminué significativement avec l'augmentation de la dose de semis aux deux sites. L'espacement entre les rangs n'a eu aucun effet significatif sur le rendement. En 2008, dans la semaine suivant le semis, 109 mm de pluie sont tombés au site de St-Augustin. Malgré le fait que le peuplement du millet perlé ait été diminué de moitié par rapport à l'année précédente, les rendements ont été similaires. Les rendements les plus élevés ont été de 17,7 t m.s. ha<sup>-1</sup> à la plus faible dose de semis (Ste-Anne-De-Bellevue) et de 12,5 t m.s. ha<sup>-1</sup> à une dose de semis de 10 kg ha<sup>-1</sup> (St-Augustin). Le rendement a été plus élevé à l'espacement le plus étroit (18 cm) au site de Ste-Anne-De-Bellevue alors qu'il n'y a eu aucun effet de l'espacement au site de St-Augustin.

Le millet perlé sucré est une culture qui compense pour une plus faible densité de population par une augmentation du nombre de talles par plant. En effet, le coefficient de tallage le plus élevé a été observé à la dose de semis la plus faible aux deux sites en 2007 et 2008. À St-Augustin, par exemple, le coefficient de tallage était de 3,6 talles/plant en 2007 et de 4,9 talles/plant en 2008 à la plus faible dose de semis. De plus, le coefficient de tallage a significativement diminué avec l'augmentation de la dose de semis à St-Augustin en 2007 et 2008, ainsi qu'à Ste-Anne-De-Bellevue en 2008. L'espacement entre les rangs n'a eu aucun effet significatif sur le coefficient de tallage.

Les teneurs en sucre au site de St-Augustin ont varié de 9,2 à 11,5 % en 2007 et de 10,5 à 12,1 % en 2008, alors qu'au site de Ste-Anne-De-Bellevue, les teneurs en sucre ont varié de 9,0 à 13,7 % en 2007 et de 9,4 à 10,7 % en 2008. L'effet de la dose de semis et de l'espacement entre les rangs sur la teneur en sucre (% Brix) était toutefois variable.

### Conclusions

Les résultats obtenus démontrent l'immense potentiel de rendement de cette graminée annuelle. Une dose de semis de 5 kg ha<sup>-1</sup> et un espacement entre les rangs de 18 cm semblent maximiser le rendement en biomasse. La capacité de tallage du millet perlé sucré lui permet donc de compenser une faible densité. Les teneurs en sucre (% Brix) ont varié selon les traitements et les sites mais nous n'avons pas observé d'effets stables de la dose de semis et de l'espacement entre les rangs.

### Références

- Andrews, D.J. et K.A. Kumar. 1992. Pearl millet for food, feed and forage. *Adv. Agron.* 48: 89-139.
- Bélaïr, G., Dauphinais, N., Fournier, Y., Dangi, O.P. et M.F. Clément. 2005. Effect of forage and grain pearl millet on *Pratylenchus penetrans* and potato yield in Québec. *J. Nematol.* 37 (1):78-82
- Broadhead, D. M. et K. C. Freeman. 1980. Stalk and sugar yield of sweet sorghum as affected by spacing. *Agron. J.* 72: 523-524.
- Michaud, R., Pépin, M.C., Dangi, O. P. et Sritharan R 2000. Annual report-Sorghum, pearl millet and chickpea. Agriculture Environmental Renewal Canada Inc. (AERC Inc.). 2002. Delhi, Ontario.p.129 à 144.
- Michaud, R., Pépin, M.C., Dangi, O. P. et Sritharan R 2001. Annual report-Sorghum, pearl millet and chickpea. Agriculture Environmental Renewal Canada Inc. (AERC Inc.). 2002. Delhi, Ontario.p.99 à 106.
- Michaud, R., Pépin, M.C., Dangi, O. P. et Sritharan, R 2002. Annual report-Sorghum, pearl millet and chickpea. Agriculture Environmental Renewal Canada Inc. (AERC Inc.). 2002. Delhi, Ontario.p.156 à 161.

# Effet de la fertilisation et des dates de récolte sur la productivité du millet perlé sucré

VINCENT LEBLANC<sup>1</sup>, ANNE VANASSE<sup>1</sup>, GILLES BÉLANGER<sup>2</sup> ET PHILIPPE SÉGUIN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Département de phytologie, Université Laval, 2425 rue de l'agriculture, Québec, Qc, G1V 0A6

<sup>2</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560 Boulevard Hochelaga, Québec, Qc, G1V 2J3

<sup>3</sup>Plant Science Department, Université McGill, Campus Macdonald, 21111 Lakeshore Road, Ste-Anne-de-Bellevue, Qc, H9X 3V9

Courriel : vincent.leblanc.2@ulaval.ca

**Mots clés :** *Pennisetum glaucum*, éthanol, biocarburant, azote, potassium

## Introduction

Le millet perlé (*Pennisetum glaucum* [L.] R.Br.) est une graminée annuelle qui présente une excellente résistance à la chaleur et à la sécheresse ainsi qu'une bonne tolérance aux sols sableux acides et peu fertiles (Andrews et Kumar, 1992). Son potentiel de rendement varie de 3 à 27 t ha<sup>-1</sup> selon l'hybride, le sol et les conditions climatiques (Gray et al. 2000). Le millet perlé possède également la capacité de réduire les populations du nématode des lésions lorsque cultivé en rotation avec le tabac ou la pomme de terre (Bélaïr et al. 2005 ; Amankwa et al. 2006). Un nouvel hybride aux tiges sucrées a récemment été développé à partir du millet perlé fourrager, ce qui rend possible la production d'éthanol avec le jus extrait et l'utilisation des résidus pour l'alimentation du bétail. L'objectif du présent projet est d'évaluer l'effet de la fertilisation azotée et potassique et des dates de récolte sur le rendement, la verse et la teneur en sucre du millet perlé sucré.

## Méthodologie

Ce projet a été réalisé pendant deux années (2007-2008) à deux sites expérimentaux, soit à la station agronomique de l'Université Laval à St-Augustin-de-Desmaures (2300-2500 UTM) et à la ferme expérimentale de l'Université McGill à Ste-Anne-de-Bellevue (2900-3100 UTM). Le dispositif expérimental était un plan en tiroirs subdivisés avec deux doses de potassium (0-80 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) en parcelle principale, cinq doses d'azote (0-50-100-150-200 kg N ha<sup>-1</sup>) en sous-parcelle et quatre dates de récolte (intervalles de 15 jours entre les récoltes) en sous-sous-parcelle. Les traitements ont été répétés quatre fois à chaque site. Les doses d'azote ont été fractionnées, 50 kg N ha<sup>-1</sup> a été appliqué au semis, tandis que le reste (0-50-100-150 kg N ha<sup>-1</sup>) fût apporté au stade tallage. La dose de semis a été de 10 kg ha<sup>-1</sup> pour toutes les parcelles. L'ensemencement a été effectué au début juin avec un semoir à céréale de type «WinterStiger» à un espacement de 18 cm entre les rangs. Un faux semis a été réalisé avant l'implantation de la culture afin de détruire les mauvaises herbes annuelles. Après l'ensemencement, l'herbicide Basagran Forte fût appliqué pour la répression des annuelles à feuilles larges. Les graminées annuelles ont été enlevées manuellement. Au site de St-Augustin, les récoltes ont été effectuées à partir du 15 août en 2007 et du 20 août en 2008 alors qu'à Ste-Anne-de-Bellevue, les récoltes ont été effectuées à partir du 1<sup>er</sup> août en 2007 et du 13 août en 2008. À chaque récolte, les variables suivantes ont été mesurées : la teneur en sucre des tiges avec le réfractomètre (degré Brix – % sucrose), la verse (échelle 0 à 9) et le rendement en matière sèche (1 rang × 6 mètres pour 2007 et 2 rangs × 3 mètres pour 2008). Les rangs de bordure ont toujours été exclus lors des récoltes.

## Résultats

Les rendements en matière sèche (m.s.) du millet perlé ont généralement augmenté avec la fertilisation azotée et les dates de récolte. Par contre, il n'y a eu aucun effet de la fertilisation potassique sur le rendement. La verse était beaucoup plus importante en fin de saison, lorsque la culture avait atteint sa pleine hauteur (moyenne de 186 à 232 cm selon les sites) et que de fortes doses d'azote avaient été apportées.

Au site de St-Augustin en 2007, le rendement maximal (13,8 t m.s. ha<sup>-1</sup>) à la quatrième date de récolte a été atteint avec 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Le rendement a augmenté de la première à la quatrième date de récolte. Les teneurs en sucre

(degré Brix) ont varié de 5,4 à 12,9 % et ont augmenté significativement avec les dates de récolte plus tardives. L'effet de la fertilisation azotée sur la teneur en sucre a été très variable. En 2008, les fortes précipitations qui ont sévi immédiatement après le semis, ont occasionné une réduction d'environ la moitié du peuplement visé. Malgré cette situation, de très bons rendements ont été obtenus. Le rendement maximal (13,4 t m.s. ha<sup>-1</sup>) à la quatrième date de récolte a été atteint avec 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Durant l'année 2008, l'effet des dates de récolte a été moins distinct qu'en 2007. Le rendement a augmenté entre les deux premières dates de récolte mais il a peu évolué par la suite. Les teneurs en sucre (degré Brix) ont varié de 4,7 à 12,9 % et ont augmenté significativement avec les dates de récolte plus tardives. Comme en 2007, l'effet de la fertilisation azotée sur la teneur en sucre a été très variable.

Au site de Ste-Anne-de-Bellevue en 2007, le rendement maximal (18,2 t m.s. ha<sup>-1</sup>) à la troisième date de récolte a été atteint avec 50 kg N ha<sup>-1</sup>. Le rendement a augmenté de la première à la troisième date de récolte mais à la quatrième date, le rendement a été moindre étant donné que la culture avait versé de façon importante. Les teneurs en sucre (degré Brix) ont varié de 4,5 à 12,4 % et ont augmenté significativement avec les dates de récolte plus tardives. Il n'y a pas eu d'effet de la fertilisation azotée sur la teneur en sucre. Pour l'année 2008, le rendement maximal (22,0 t m.s. ha<sup>-1</sup>) à la troisième date de récolte a été obtenu avec 150 kg N ha<sup>-1</sup>. Le rendement a augmenté entre les deux premières dates de récolte mais peu de différences de rendement ont été observées entre les deuxième et troisième dates alors qu'à la quatrième date, le rendement a été moindre étant donné la verse de la culture. Les teneurs en sucre (degré Brix) ont varié de 5,4 à 14,3 % et ont augmenté significativement avec les dates de récolte plus tardives. L'effet de la fertilisation azotée sur la teneur en sucre a été très variable.

### **Conclusions**

Les essais réalisés démontrent d'excellents rendements de millet perlé sucré dans les régions de Québec et Montréal. La réponse à la fertilisation azotée dépendait du site et de l'année, le rendement maximal étant atteint entre 50 et 150 kg N ha<sup>-1</sup>. Par ailleurs, la fertilisation potassique n'a pas affecté le rendement et la teneur en sucre. La teneur en sucre a augmenté significativement avec les dates de récolte plus tardives. Pour obtenir un bon rendement et une teneur en sucre optimale, la récolte doit s'effectuer en septembre. Ces résultats sont prometteurs, mais davantage d'informations sur la régie du millet perlé sucré sont nécessaires avant de faire la promotion de cette culture dans l'est du Canada.

### **Références**

- Andrews, D.J. et K.A. Kumar. 1992. Pearl millet for food, feed and forage. *Adv. Agron.* 48: 89-139.
- Amankwa, G.A., White A.D., McDowell, T.W. et D.L. Van Hooren. 2006. Pearl millet as a rotation crop with flue-cured tobacco for control of root-lesion nematodes in Ontario. *Can. J. Plant Sci.* 86:1265-1271.
- Bélair, G., Dauphinais, N., Fournier, Y., Dangi, O.P. et M.F. Clément. 2005. Effect of forage and grain pearl millet on *Pratylenchus penetrans* and potato yield in Québec. *J. Nematol.* 37 (1):78-82.
- Gray, A.M., Hawkins, S., Romman, L. et W.E. McMurphy. 2000. Pearl Millet. Extension Facts. Oklahoma Cooperative Extension Service. Oklahoma State University, Stillwater, OK.

# Valeur boulangère des blés du Québec sous fertilisation azotée optimale

PIERRE GÉLINAS<sup>1</sup>, CAROLE McKINNON<sup>1</sup>

Collaborateur : Jean Goulet, Président de l'Atelier céréales du Réseau grandes cultures du Québec

<sup>1</sup> Centre de recherche et de développement sur les aliments, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 3600 boul. Casavant Ouest, Saint-Hyacinthe, Québec J2S 8E3

[gelinasp@agr.gc.ca](mailto:gelinasp@agr.gc.ca)

**Mots clés : cultivars de blé, marché, valeur boulangère, pain**

## Introduction

Les cultivars de blé du Québec sont évalués selon leur performance agronomique (rendement en grains) et leur résistance aux maladies. Il faut aussi les classer en fonction de leur capacité à retenir les gaz et à donner du pain volumineux. Les propriétés boulangères du blé ont toujours été jugées avec la farine blanche, c'est-à-dire, débarrassée du germe et de l'enveloppe de son. À cause de la popularité actuelle du pain fabriqué avec la totalité du grain, il est utile d'étudier les propriétés de la farine intégrale des cultivars de blé. Outre la provende, il y a deux marchés pour les blés du Québec :

(1) Le marché des grandes minoteries, sans identité préservée des cultivars. Ces minoteries achètent surtout du blé de l'Ouest canadien (CWRS) dont la valeur boulangère est généralement perçue comme supérieure à celle des blés du Québec. Des quantités variables de blé du Québec sont mélangées en proportions plus ou moins importantes avec du blé de l'Ouest canadien, selon la valeur boulangère des cultivars et des lots : pas de germination ni de fusariose, beaucoup de protéines et bas prix (le transport local étant un avantage).

(2) Le marché des petites minoteries, avec ou sans identité préservée des cultivars. Les petites minoteries achètent aussi du blé de l'Ouest canadien (CWRS). Depuis quelques années, ces entreprises ont montré un intérêt croissant pour s'approvisionner au Québec. Par exemple, certains cultivars de blé du Québec ont des propriétés boulangères qu'il n'est pas possible d'obtenir avec des blés de l'Ouest canadien (CWRS), par exemple, pour fabriquer des pains de tradition française.

Le but de ce travail était de préciser la valeur boulangère des principaux cultivars de blé du Québec.

## Méthodologie

En collaboration avec l'Atelier céréales (RGCQ), l'étude a porté sur 12 cultivars de blé panifiable recommandés par cet Atelier et cultivés en 2007 sous fertilisation azotée optimale (conventionnelle). Quatre lots de chaque cultivar provenaient des sites de (1) Princeville, (2) St-Simon, (3) Ste-Rosalie et (4) d'un composite officiel du RGCQ des sites de Beloeil, Pintendre, St-Augustin et Témiscamingue. Le tableau ci-joint propose une nouvelle façon de classer les cultivars de blé en fonction du volume du pain blanc fait avec AC Barrie (témoin). Les moyennes du témoin AC Barrie seront précisées avec des lots des récoltes de 2008 et 2009, ce qui pourrait affecter le classement général. Pour les autres cultivars, les moyennes seront probablement basées sur une seule année de récolte car leurs propriétés boulangères seraient (ou devraient être) relativement prévisibles et constantes d'une année à l'autre. Les valeurs en **gras** sont significativement plus élevées que celles du témoin AC Barrie au seuil de  $P < 0,05$ .

## Résultats

Parmi les 12 cultivars évalués, seul AC Barrie donne du pain blanc très volumineux quand ses grains contiennent environ 15,3 % de protéines (base de 13,5 % d'humidité), dans des conditions de fertilisation azotée optimale (conventionnelle). En d'autres mots, des lots d'AC Barrie contenant environ 15,3 % de protéines seraient équivalents aux blés CWRS de l'Ouest canadien. Les autres cultivars de blé du Québec donnent des volumes de pain plus ou moins élevés : 70-95 % du témoin. Peu importe le cultivar, des lots de blé risquent d'être déclassés si leur teneur en protéines et en gluten est trop basse par rapport aux valeurs de référence obtenues en fertilisation azotée

optimale ou conventionnelle. Les propriétés boulangères de certains cultivars sont plus affectées que d'autres par de telles variations mais ces observations ne sont pas bien documentées. La teneur en gluten fort semble corrélée avec celle du volume de pain blanc ( $r^2 = 0,81$ ) à condition de ne pas tenir compte des cultivars Aquino et Winfield qui ont des teneurs en gluten fort anormalement élevées par rapport aux autres; pour le pain de blé entier (intégral), cette corrélation est de 0,71. Non présentée dans le tableau, la stabilité au pétrin (farinographe) ne semble pas corrélée avec le volume du pain. Plusieurs cultivars dont Mégantic, Orléans et McKenzie se démarquent par leur capacité d'absorption d'eau significativement supérieure au témoin AC Barrie. La blancheur de la farine varie beaucoup selon les cultivars, ce qui permet de répondre aux critères respectifs des grandes minoteries (très blanches) et des petites minoteries (moins blanches).

**Valeur boulangère des cultivars de blé à pain du Québec (blés roux de printemps de l'Est canadien CERS); récolte de 2007.**

Valeur boulangère (%) (a)	Cultivar	Volume du pain (a)		Protéines du grain (b)	Gluten (b)		Absorption d'eau (a)	Blancheur de la farine (a)
		Blanc	Intégral		Total	Fort		
<b>95 et plus</b>	AC Barrie (témoin)	100a	100a	15,3	12,4	9,7	100	100
<b>90</b>	Orléans	93b	88de	13,8	10,3	9,2	<b>104</b>	100
	Mégantic	92b	90cd	14,0	10,3	9,1	<b>109</b>	100
	McKenzie	92b	87e	14,9	12,1	8,5	<b>104</b>	<b>101</b>
	Aquino (c)	91bc	92c	14,2	10,2	10,0	96	<b>104</b>
<b>85</b>	AC Brio	89cd	92c	13,7	10,2	8,8	<b>103</b>	99
	Duo	87cde	81f	13,6	9,7	8,9	97	98
	AC Voyageur	87de	79f	14,0	10,5	8,2	<b>102</b>	100
	Winfield	86de	96b	14,9	11,0	<b>10,3</b>	99	<b>104</b>
<b>80</b>	AC Napier (d)	84ef	79f	13,3	9,8	8,4	98	<b>107</b>
	Torka	81f	82f	12,2	8,4	7,8	94	97
<b>70</b>	SS Blomidon	72g	74g	13,5	9,4	7,7	92	<b>101</b>

(a) Classement par rapport au volume du pain blanc fait avec AC Barrie (témoin) : plus de 95 % du témoin; 90-94 %; 85-89 %; 80-84 %; 70-79 %. Les données de base du témoin AC Barrie sont : volume du pain cuit en moule avec la méthode AACCS 10-10B (farine blanche : 894 mL; farine intégrale : 728 mL), absorption d'eau au farinographe de la farine blanche (59,7 %) et indice de blancheur de la farine blanche (82,6 unités FCI). Pour les volumes de pain blanc ou intégral pris séparément, les valeurs avec des lettres identiques ne sont pas significativement différentes au seuil de  $P < 0,05$ .

(b) % du poids des grains sur une base de 13,5 % d'humidité. La teneur en gluten fort est obtenue en multipliant la teneur en gluten par l'indice de gluten (portion forte et résistante à la centrifugation).

(c) Gluten très fort, avec une tolérance au pétrissage beaucoup plus élevée celle des autres cultivars.

(d) Grains très friables, à ne pas mélanger avec ceux des autres cultivars.

## Conclusions

1. La nouvelle méthode de classement des cultivars de blé du Québec précise leurs propriétés boulangères. Seul AC Barrie aurait une valeur boulangère équivalente à celle des blés à pain de l'Ouest canadien (CWRS) mais cette situation pourrait changer rapidement avec l'arrivée de nouveaux cultivars plus performants pour ces marchés. Pour les autres cultivars, des marchés existent aussi pour approvisionner les petites minoteries qui ont des besoins différents de ceux des grandes minoteries.

2. Les propriétés boulangères des cultivars de blé doivent être constantes, peu importe l'année de récolte et le site. Il est urgent d'en savoir le plus possible sur les cultivars de blé du Québec, avant de les semer et non après. Pourquoi se donner la peine de récolter beaucoup de blé non germé et non fusarié si on ne connaît pas sa valeur boulangère et surtout qui va l'acheter à juste prix? Un blé facile à vendre est un blé rentable!

# TRT ETGO : une opportunité de marché pour le soya et le canola

ÉTIENNE TARDIF, agronome

555 Boul. Alphonse-Deshaies,  
Bécancour, Québec, G9H 2Y8  
[etienne.tardif@trt-etgo.com](mailto:etienne.tardif@trt-etgo.com)

Mots clés : TRT ETGO, trituration, soya, canola

## Introduction

TRT-ETGO est une usine de broyage et de raffinage de grains de soya et de canola pour produire de l'huile liquide, pure et en mélange, ainsi que des tourteaux protéiques. L'usine est située dans le parc industriel et portuaire de Bécancour au Centre-du-Québec. La construction a débuté au printemps 2008 et le projet sera terminé pour la fin 2009. TRT ETGO du Québec est l'acronyme de Twin Rivers Technologies, Entreprises de Transformation de Graines Oléagineuses.

## Les partenaires

TRT est une compagnie oléo-chimique américaine qui produit du biodiesel et des acides gras, comme par exemple les oméga-3. Elle possède deux usines au États-Unis et est la compagnie mère de TRT-ETGO.

Felda est une agence gouvernementale malaisienne (*Federal Land Development Authority*). Elle œuvre dans le domaine des huiles de palmes. Elle est impliquée dans la production, de la plantation à la mise en marché en passant par la trituration et le financement de projets. Son objectif est d'augmenter le bien-être et le niveau de vie des communautés rurales en Malaisie. La Felda a acheté TRT en octobre 2007 et est devenue l'unique investisseur du projet ETGO en décembre 2007.

## Pourquoi Bécancour?

Avant la venue de notre projet, aucune usine de trituration d'envergure n'était présente au Québec. Les deux usines les plus près sont celles de Hamilton et de Windsor en Ontario, les autres étant dans l'Ouest canadien et le Centre-Ouest Américain. Notre situation géographique permet d'obtenir un avantage de transport au niveau de l'approvisionnement en grain. Nous pourrions facilement utiliser le transport par camion avec les grands axes routier. Nous avons aussi la possibilité de recevoir 50 wagons de grains par jour directement au site de l'usine et nous profiterons de la proximité du port de Bécancour pour le transport maritime.

De plus, la proximité des transformateurs pour le marché de l'est du Canada et du nord-est des États-Unis nous permettra d'être très compétitifs au niveau du prix des produits. Bécancour se situe également à la jonction des zones de production de soya, au sud, et de canola, au nord.

## Approvisionnement en grains

Les besoins en grains de l'usine seront de 1 000 000 tonnes métriques (T) par an. Cela représente 3000 T par jour. Les prévisions actuelles sont d'utiliser 600 000T de canola et 400 000T de soya par an. Cette proportion pourra varier en fonction des besoins du marché. Les achats de grains s'effectueront tout au long de l'année, ce qui assurera une stabilité de la demande en grain et des prix pour les producteurs.

La philosophie de l'entreprise est de s'approvisionner le plus possible avec du grain québécois et de contribuer au développement des cultures oléagineuses au Québec. Au niveau du soya, la production québécoise permettra de fournir une grande proportion des besoins. Pour le canola, l'approvisionnement se distinguera par deux phases distinctes. Tout d'abord, l'importation de l'Ouest canadien sera important, tout en s'assurant de recevoir le plus possible de grain produit au Québec. Dans un second temps nous travaillerons avec l'ensemble de l'industrie agricole à développer la culture non seulement au Québec mais aussi en Ontario, dans les Maritimes et la Nouvelle Angleterre.

## **Mise en marché des grains**

Nous offrirons des contrats à terme dont les prix seront déterminés par les bourses de Chicago pour le soya et de Winnipeg pour le canola. Nous offrirons aussi des primes avantageuses pour s'assurer d'obtenir une bonne proportion des grains du Québec. Nous serons en mesure d'offrir des contrats à terme pour la récolte 2009.

Nous achèterons du grain conventionnel ou OGM, aucune distinction de prix ne s'appliquera en fonction des variétés. Nous produirons une huile générique, les transformateurs Nord américain ne font pas de distinction entre les produits OGM ou non. Il sera toutefois possible, dans le futur, de triturer des grains provenant de variétés avec des caractéristiques d'huiles spéciales pour des marchés de niches. Les semenciers devront alors développer les marchés en fonction des différentes huiles.

Afin de favoriser la croissance des cultures nous serons également en mesure d'offrir différents services au niveau des livraisons. Nous pourrions recevoir et triturer tous les grades de grains. Les déductions standards de l'industrie s'appliqueront aux grains déclassés. De plus, nous pourrions également recevoir du grain plus humide et le sécher. Il faut cependant comprendre qu'il sera toujours avantageux et plus payant pour les producteurs d'envoyer du grain sec et de bonne qualité. De même, nous ne pourrions recevoir uniquement du grain déclassé car il nous sera alors impossible de respecter les spécifications pour les huiles et les tourteaux.

## **Production de l'usine**

Nous triturerons et raffinerons annuellement environ 250 000T d'huile de canola ainsi que 85 000T d'huile de soya. Nous importerons également 200 000T d'huile de palme brute que nous raffinerons et déodoriserons. Les huiles pourront être vendues pures ou en mélanges. Le marché visé est prioritairement la transformation alimentaire comme la restauration, les frites, les chips et autres. Les ventes d'huiles se feront principalement au Québec, en Ontario, dans les Maritimes et en Nouvelle Angleterre. Il sera également possible de vendre l'huile pour des procédés industriels ou au biodiesel selon les conditions de marché.

Les sous-produits de la trituration, les tourteaux protéiques, seront vendus pour l'alimentation animale. On produira environ 350 000T de tourteau de canola et 315 000T de tourteau de soya par an. Cela comblera une bonne partie de la consommation du Québec. Nous sommes présentement importateurs nets de tourteau.

## **Conclusion**

L'usine permettra de transformer localement des quantités très importantes de grains. Elle procurera un impact positif au niveau du prix des grains et réduira les coûts des tourteaux protéiques si ce n'est qu'en réduisant les coûts de transport. Elle permettra également d'offrir un marché stable pour le canola, une culture de rotation intéressante dans des régions où les alternatives sont peu nombreuses.

La construction sera terminée novembre ou décembre, donc pour la récolte 2009. Ce projet sera donc STRUCTURANT pour l'ensemble de l'agriculture du Québec.

# ÉVALUATION DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE CHEZ DEUX COLLECTION DE SOJA À L'AIDE DES MARQUEURS MICROSATELLITES

Elmer Iquira et François Belzile

Département de phytologie, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, 1030, avenue de la Médecine, Pavillon Charles-Eugène-Marchand Université Laval, Québec (Québec), Canada G1V 0A6

[elmer.iquira.1@ulaval.ca](mailto:elmer.iquira.1@ulaval.ca)

**Mots-clés:** *Glycine max*, diversité génétique, microsatellites, germoplasme, amélioration génétique

Le soja (*Glycine max* (L.) Merr.) est originaire de la Chine. En conséquence la plus grande diversité pour cette espèce se trouve en Asie. Par contre, en Amérique du Nord, les cultivars de soja sont le produit d'un petit nombre d'accessions provenant surtout de l'Asie, et conséquemment, la diversité génétique est très restreinte.

Ce projet visait à mesurer et comparer la diversité génétique chez deux collections de soja. La première collection, dite « locale », était composée de 100 lignées utilisées et représentatives du matériel génétique exploité au sein d'un programme d'amélioration génétique privé au Québec. La seconde collection, dite « exotique », était composée de 200 lignées de plusieurs pays (mais principalement de l'Asie) et incluait quelques lignées de *G. soja*, l'ancêtre sauvage du soja cultivé. Presque tous ces génotypes appartenaient aux groupes de maturité entre 000 et II.

Au total, 39 marqueurs microsatellites (SSR) ont été utilisés pour génotyper les deux collections. Le nombre d'allèles par locus était deux fois plus grand dans la collection exotique que dans la collection locale. De plus, le nombre d'allèles « uniques » (présents dans une collection et absents de l'autre) était cinq fois plus grand (193 vs 39) dans une sous-collection de 108 lignées exotiques offrant une bonne adaptation que parmi les 100 lignées de la collection locale.

Une matrice de distance génétique, une analyse de groupement UPGMA et une analyse de coordonnées principales ont été produites à partir des données moléculaires. Toutes ces analyses ont démontré que la collection exotique était beaucoup plus diverse et que celle-ci formait un groupe clairement distinct de la collection locale. Suite à des essais agronomiques réalisés au Québec, les 18 lignées les plus adaptées ont été conservées et formaient un groupe bien distinct de la collection locale. De plus, nous avons pu constater que certaines des lignées exotiques retenues avaient le potentiel d'augmenter de manière significative la diversité génétique présente au sein de la collection locale.