

---

***JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE***  
***GRANDES CULTURES***

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

---

Jeudi 21 février 2008

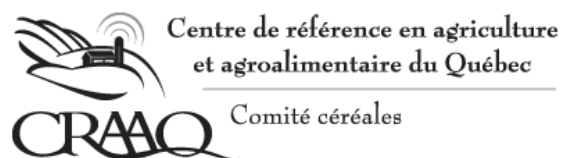
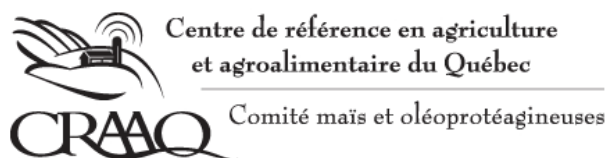
Hôtel et Suites Le Dauphin de Drummondville

Une initiative du

**Comité maïs et oléoprotéagineuses**

et du

**Comité céréales**



# 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 21 février 2008

**Drummondville**

# Nouvelles méthodes et nouveaux développements pour l'obtention de cultivars de blé et de céréales

André Comeau<sup>1</sup>, François Langevin<sup>1</sup>, Yves Dion<sup>2</sup>

(1) Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2560 Hochelaga, QC G1V 2J3; [comeau@agr.gc.ca](mailto:comeau@agr.gc.ca), [langvinf@agr.gc.ca](mailto:langvinf@agr.gc.ca)

(2) CÉROM, 740, chemin Trudeau, St-Mathieu-de-Beloeil, QC, J3G 4S5; [yves.dion@cerom.qc.ca](mailto:yves.dion@cerom.qc.ca)

Le leadership du Comité et Atelier Céréales, de la Fédération des Producteurs de Cultures Commerciales du Québec, et celui du Syndicat des Producteurs de Semences Pedigree aura joué, à partir des années 90, un rôle croissant pour coordonner, et encourager la recherche en céréales. Axée surtout vers le contrôle de la fusariose, la recherche nous a dirigé vers des méthodes culturales utiles, mais c'est fondamentalement sur la génétique que repose l'avenir de l'industrie. Le réseau d'essais québécois a augmenté graduellement son nombre de sites d'essais pour la fusariose, passant d'un seul site dans les années 80 à trois sites après 2002. Le dosage des toxines par le CRECO (Ottawa) a largement facilité les progrès des améliorateurs québécois. Le Dr Dubuc nous avait légué des ressources génétiques d'une grande valeur; à titre d'exemple citons le cultivar Duo. Néanmoins, les défis chez le blé étaient nombreux et très complexes. Vers la fin des années 90, il est apparu évident que les méthodes de sélection disponibles ne créaient pas encore suffisamment de lignées combinant la résistance à *Fusarium* avec le potentiel agronomique et la qualité.

Certains avaient rêvé que les OGM ou la génétique moderne avec les marqueurs moléculaires auraient un impact majeur. Or ces méthodes sont surtout efficaces pour les problèmes simples. Au niveau agronomique, les blés résistants à *Fusarium* contiennent un très grand nombre de défauts et ne sont pas du tout adaptés à nos sols et à notre climat. Par exemple, collé sur le gène majeur de résistance du chromosome 3Bs de Sumaï-3, il existe un autre gène qui cause l'égrenage (Zhang et al. 2007). D'ailleurs ce gène sur 3Bs ne fournit pas plus du tiers de la résistance de Sumaï-3 (McCartney 2007). De plus, le Sumaï-3 produit 30 à 50% moins de rendement que nos blés commerciaux, n'a pas la moindre qualité panifiable, et présente une sensibilité à toutes les autres maladies existantes au Québec. Enfin, Mesterhazy et al. (2007) prouvent qu'en plus des gènes majeurs, il existe une foule de gènes mineurs dont l'effet cumulé est très significatif.

**La nouvelle méthode.** On présentera donc ici des progrès majeurs et récents, touchant le processus de création et de sélection de lignées après croisement. Souvent on a utilisé en génétique l'approche du coup de dés. Au hasard, on trouve parfois une bonne lignée, comme l'aiguille proverbiale dans le tas de foin. Depuis 2003, la FPCCQ, le CEROM et Agriculture et Agroalimentaire Canada (Ste-Foy et Ottawa) se sont associés (PPFI, programme de partage des frais pour l'investissement) pour adapter une méthode mise au point par EMBRAPA au Brésil. Nous appelons cette méthode l'approche systémique, laquelle laisse moins de place au hasard (Tableau 1). Le but était de développer pour les améliorateurs du matériel parental résistant à toutes les maladies du blé au Québec, sans conserver de défauts agronomiques majeurs. Cette méthode s'attaque assez aisément aux caractères génétiques complexes, incluant ceux causés par les linkages (gènes utiles et délétères collés trop près l'un de l'autre) et par les interactions problématiques. L'approche systémique permet donc de sélectionner les mécanismes de résistance qui sont efficaces sans toutefois être incompatible avec les autres caractères agronomiques.

Tableau 1. L'approche systémique comparée à l'approche conventionnelle, pour le blé

Approche :	conventionnelle	systémique
Germoplasme parental	5-25 parents	des centaines de parents
Croisements complexes	Peu	Plus de 85%
Usage de stress	Aucun, ou un seul	Tout stress logiquement utilisable et maîtrisé
Génération où on applique le(s) stress	F <sub>2</sub> rarement; surtout F <sub>3</sub> -F <sub>5</sub>	À chaque génération et même à la F <sub>1</sub>
Stress jugés importants	Fusariose #1	Fusariose, BYDV, blanc (mildiou), rouille des feuilles et de la tige, septoriose, taches foliaires, pourritures des racines, anoxie, sécheresse, carences en P et en oligo-éléments, ergot, sols acides, etc.
Sévérité de sélection	garder 5-25% par génération	garder 0,2 à 2% du germoplasme par génération

**Résultats et discussions.** L'approche systémique a livré rapidement du matériel à haute valeur agronomique avec une résistance à toutes les maladies importantes du blé pour le Québec. La résistance à *Fusarium* de ce matériel a été

prouvée excellente, année après année, et ne diffère pas de celle du témoin le plus résistant. D'ici 2009, nous prévoyons avoir incorporé ce degré de résistance dans de bons blé panifiables. Cela devrait s'accompagner de résistance à de multiples stress biotiques et abiotiques. Nous concluons que cette méthode nouvelle et efficace peut faire beaucoup plus que régler la fusariose dans une seule espèce (le blé), et doit être essayée chez d'autres espèces céréalières et agricoles.

Nous ne pouvons expliquer ici que les grandes lignes de la méthode et de nos succès. Ainsi en 2003, avec les stress combinés de fusariose et de virus, on a détruit presque tous nos plants F<sub>1</sub>, soit plus de 8800 sur 9000. Parmi les 200 restants, une seule plante présentait la résistance à la fusariose combinée aux autres caractères agronomiques recherchés. En 2004, la population de plantes dérivées de cette plante F<sub>1</sub> était la plus impeccable du champ expérimental inoculé de maladies (incluant *Fusarium*). L'usage du virus BYD s'est montré très utile pour éliminer les plantes qui ont besoin de trop d'énergie pour résister aux différentes maladies et aux stress physiques ou chimiques car ce virus ralentit le mouvement du sucre dans la plante. Or, le sucre c'est le véhicule de l'énergie. Ce virus constitue un crible pour aider à trouver l'efficacité énergétique globale.

Dès 2007 diverses lignées issues de la meilleure plante F<sub>1</sub> de 2003, entraient dans divers essais au Canada afin de certifier leur valeur comme matériel parental. Ces lignées résistent donc simultanément à la fusariose, aux rouilles, au blanc, aux taches foliaires, à plusieurs problèmes des racines. Leur grain offre en général un poids spécifique supérieur à 81, et ce, même après inoculation de maladies. Le rendement en grains varie entre celui de AC Barrie et celui de Hoffman. Les plantes n'ont aucun défaut agronomique évident. Pour la qualité, on sait qu'on n'est pas rendus à l'objectif visé mais que nous approchons déjà de la cible. Par ailleurs, nos blés sont déjà entre les mains de plusieurs améliorateurs.

Par surcroît, nos blés de source systémique ont offert une résistance à *Fusarium* supérieure à celle des parents individuels (Tableau 2). En fait cette résistance se compare à celle obtenue par Sumai-3, tant au niveau des symptômes qu'au niveau toxines. On aurait donc éliminé presque tous les défauts, en gardant toutes les qualités.

Pour fonctionner, l'approche systémique nécessite un besoin important d'expertise en pathologie et un travail ininterrompu au champ et au laboratoire. Autant les marqueurs moléculaires se sont montrés très puissants pour sélectionner des caractères génétiquement simples, autant l'approche systémique a su démontrer sa supériorité afin d'atteindre rapidement des objectifs complexes. Aucune autre approche n'est capable d'explorer aussi facilement une vaste biodiversité (ex. 9000 croisements/an et plus). Aucune autre approche n'a montré un pouvoir sélectif aussi sévère permettant d'arriver aussi rapidement au génotype qui résiste à tout. De plus, à ce jour, aucun autre projet ou programme Nord-Américain n'a réussi à placer les deux types de résistance à *Fusarium* (Type I et II) dans une lignée à potentiel agronomique.

Notre premier objectif est atteint. Nos futurs objectifs viseront maintenant le développement de lignées de blé qui nécessitent moins d'engrais et d'herbicide, tout en conservant la résistance globale aux maladies déjà maîtrisée grâce à notre approche.

Tableau 2. Propriétés des parents et des sélections du croisement QG22.24R1/Alsen//SS Blomidon/Alsen

Lignées	Résistances observées*
Parent: QG22.24R1	T BYDV, S blanc, S rouilles, MR fusariose (type I)
Parent: Alsen	S BYDV, S blanc, R rouilles, MR fusariose (type II)
Parent: SS Blomidon	S BYDV, R blanc, MR rouilles, M fusariose
Dérivés sélectionnés (voie systémique)	T BYDV, R blanc, R rouilles, R fusariose (type I+II)

\* T: tolérant; R: résistant; MR: moyennement résistant; M: modérément susceptible;

### Références

- McCartney, C. A., D. J. Somers, G. Fedak, R. M. DePauw, J. Thomas, S. L. Fox, D. G. Humphreys, O. Lukow, M. E. Savard, B. D. McCallum, J. Gilbert, W. Cao. 2007. The evaluation of FHB resistance QTLs introgressed into elite Canadian spring wheat germplasm. *Mol Breeding*. DOI 10.1007/s11032-007-9084-z (sous presse).
- Mesterhazy A., Buerstrmayr H, Toth B., Lehoczki-Krsjac Sz., Szabo-Hevér A, Lemmens M. 2007. An improved strategy for breeding FHB resistant wheat must include type I resistance. 5th Canadian Workshop on Fusarium Head Blight. pp. 51-67.
- Zhang G., M. Mergoum et R.W. Stack. 2007. Grain shattering and FHB-resistance QTLs linkage in wheat. p. 128, Proc. Nat. FHB Forum, Research Triangle Park, N.C., USA, 4 déc 2007.

## **Le réseau d'essais et de développement de cultivars de grains biologiques: Présentation et résultats 2007**

YVES DION<sup>1</sup>, PIERRE TURCOTTE<sup>1</sup>, SYLVIE RIOUX<sup>2</sup>, ANDRÉ COMEAU<sup>3</sup>, HARVEY D. VOLDENG<sup>4</sup>, JUDITH FRÉGEAU<sup>4</sup>, MARC SAVARD<sup>4</sup>, PIERRE J. HUCL<sup>5</sup>

Collaborateurs : Loïc Dewavrin, Simon Halde, Pierre Labonté, Pierre Verly

<sup>1</sup> CÉROM, 740, chemin Trudeau, Saint-Mathieu-de-Beloil, QC J3G 0E2 ; [yves.dion@cerom.qc.ca](mailto:yves.dion@cerom.qc.ca)

<sup>2</sup> CÉROM, Sainte-Foy, QC G1P 3W8

<sup>3</sup> Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Agriculture et agroalimentaire Canada, Sainte-Foy, QC G1V 2J3

<sup>4</sup> Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, ON K1A 0C6

<sup>5</sup> Crop Development Centre (CDC), University of Saskatchewan, Saskatoon, SK S7N 5A8

**Mots clés : culture biologique, essais, blé, soya, lin**

### **Le mandat du réseau d'essais**

Le réseau d'essais et de développement de cultivars de grains biologiques est issu du besoin affirmé des producteurs de grains biologiques du Québec de disposer d'une information objective quant à la valeur agronomique comparative des cultivars, de leur adaptation et de leurs qualités industrielles. Ce réseau d'essai a été mis sur pied en collaboration avec le Syndicat des producteurs de grains biologiques du Québec (SPGBQ) et il est subventionné pour une période de trois ans (2007-2009) par le programme de soutien au développement de l'agriculture biologique du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). Les membres du SPGBQ sont concernés par le développement de matériel génétique mieux adapté à leurs conditions particulières de culture et désiraient s'associer à des efforts en ce sens. Le réseau a été l'objet d'une demande de subvention dont le CÉROM est le requérant et le SPGBQ est le partenaire. Le réseau d'essais est géré et opéré par le CÉROM. Des collaborateurs scientifiques d'Agriculture et agroalimentaire Canada et de l'Université de la Saskatchewan sont associés à ce réseau et des producteurs agricoles certifiés biologiques ont mis à contribution les sites d'essais externes au site du CÉROM.

Le choix des espèces évaluées par le réseau a été déterminé par le Syndicat des producteurs de grains biologiques du Québec et le CÉROM. Ces choix tenaient compte des besoins les plus critiques et de l'importance accordée aux marchés. Les cultures évaluées sont les céréales à paille, le soya et le lin. En ce qui concerne les céréales, la majeure partie des ressources est affectée au blé de printemps mais le réseau consacre aussi une certaine part à l'épeautre et aux céréales d'automne.

### **La structure et les objectifs du réseau d'essais**

Le réseau d'essais compte donc trois groupes de cultures (céréales, soya et lin) évaluées chacune à quatre sites. En 2007, les essais ont été menés à Bromont, Saint-Germain, Saint-Mathias et Saint-Mathieu-de-Beloil pour les céréales et le lin ; les sites étaient Bromont, Les Cèdres, Saint-Mathias et Saint-Mathieu-de-Beloil pour le soya. Les sites de Bromont, Les Cèdres, Saint-Germain, Saint-Mathias ont été offerts par Pierre Verly, Loïc Dewavrin, Pierre Labonté et Simon Halde, respectivement. Le site de Saint-Mathieu-de-Beloil est celui du CÉROM. Ce site n'est pas un site certifié biologique et il débutait tout juste la transition en 2007. Il est pratique de disposer d'un site à proximité et il a été jugé utile d'examiner le comportement des cultivars sous les conditions de transition.

Pour les céréales et le soya, des espèces établies et pour lesquels il existe des programmes d'améliorations génétiques importants au Québec, menés par différentes organisations, le réseau a été structuré de façon à répondre à deux besoins identifiés par le SPGBQ et le CÉROM : d'abord disposer d'une information utile et adaptée en ce qui concerne les principaux cultivars commercialement disponibles ou ceux qui sont susceptibles d'apparaître sur le marché et ensuite, de contribuer au développement de matériel génétique et de cultivars spécifiquement mieux

adaptés aux conditions de la culture biologique. C'est ainsi que pour ces deux groupes de culture, on a établi un essai « avancé » qui évalue les cultivars recommandés ou des cultivars et lignées mis à l'essai en vue de l'enregistrement et de la recommandation pour le Québec. On a aussi soumis à l'évaluation du matériel génétique en vue de sélectionner des lignées adaptées qui pourraient être introduites dans l'essai avancé. Ce matériel peut constituer le germoplasme et servir de parent pour soutenir des activités en amélioration génétique qui sont orientés vers la production biologique. Un tel programme d'amélioration génétique peut se donner des objectifs qui sont différents des objectifs d'un programme d'amélioration génétique destiné à servir les besoins de l'agriculture conventionnelle.

Les réseaux sont basés sur des essais expérimentaux avec répétitions et disposition aléatoire pour permettre une comparaison statistique du comportement des cultivars et lignées. Le choix des dispositifs (blocs complets, lattice ou autres) est laissé aux coordonnateurs et choisi aussi en fonction du niveau de l'essai. Pour les essais avancés, nous avons décidé d'utiliser deux répétitions par site afin de maximiser le nombre de sites et le potentiel d'information à partir des ressources financières disponibles.

### Les mesures et les observations, les résultats attendus

L'évaluation prend en compte l'adaptation générale, la performance agronomique, les maladies et la qualité du produit. Les principales maladies sont notées à tous les sites, la fusariose de l'épi des céréales est faite aussi en conditions contrôlées avec inoculation artificielle, détermination du contenu des grains en vomitoxine (DON). La qualité du blé est mesurée par les analyses du grain (protéine, dureté et indice de chute) en proche infrarouge (ARPIR) pour les essais préliminaires, les analyses de la farine des blés sont prévues pour l'essai avancé.

La qualité du soya est évaluée sur le grain entier en proche infrarouge (contenu en protéine et en huile). Le profil lipidique du lin sera déterminé sur le regroupement des échantillons d'un ou des sites jugés adéquats.

Le tableau 1 présente le format des essais implantés en 2007.

**Tableau 1. Parcelles d'essais 2007 du réseau biologique (CÉROM/SPGBQ – MAPAQ)**

Essai	Nombre de sites	Nombre d'inscriptions	Nombre reps	Nombre parcelles site	Nombre parcelles total
<b>Céréales</b>					<b>584</b>
Blé - Avancé	4	25	2	50	200
Blé - Préliminaire	4	33	2	66	264
Épeautre	1	8	3	24	24
Blé automne	4	8	3	24	96
<b>Soya</b>					<b>788</b>
Avancé					
Bromont	1	40	2	80	80
St-Mathias	1	56	2	112	112
Les Cèdres	1	56	2	112	112
Beloeil	1	56	2	112	112
Préliminaire					
Bromont	1	30	2	60	60
St-Mathias	1	42	2	84	84
Les Cèdres	1	42	2	84	84
Beloeil - Gr. 1	1	30	2	60	60
Beloeil - Gr. 2	1	42	2	84	84
<b>Lin</b>					<b>96</b>
Avancé	4	12	2	24	96

Nous présenterons les résultats disponibles des différents essais lors de la journée d'information.

# Influence de l'environnement et des herbicides sur la quantité de grains vêtus et la teneur en huile de l'avoine nue

NATHALIE LANOIE<sup>1</sup>, ANNE VANASSE<sup>1</sup>

Collaborateurs : Jean Collin, Judith Frégeau-Reid, Julie Durand, Jean Goulet, Denis Pageau, Julie Lajeunesse, Églantine Imbeault, Christelle Danjou, Martin Tremblay

<sup>1</sup>Faculté des Science de l'agriculture et de l'alimentation, Québec G1K 7P4. Université Laval  
[lanoie.nathalie@tellaiaie.net](mailto:lanoie.nathalie@tellaiaie.net)

**Mots clés :** avoine nue, grains vêtus, huile, herbicide, environnement

**Introduction :** Grâce à son grain non vêtu et sa valeur nutritive supérieure, l'avoine nue (*Avena sativa* L. var. *nuda*) peut générer plusieurs marchés niches, tant pour l'alimentation animale (chevaux, porcs) qu'humaine ou pour son utilisation dans la fabrication de différents produits industriels (cosmétiques et pharmaceutiques). Cependant, les lots d'avoine nue actuellement produits et récoltés au Québec contiennent en moyenne 10% mais parfois jusqu'à 40% de grains vêtus. Cette situation entraîne une réduction de la qualité nutritionnelle des lots et des pertes économiques pour tous les intervenants qui tentent d'exploiter ce nouveau créneau. Actuellement, l'avoine nue produite au Québec est destinée principalement à l'exportation vers les états du Nord-Est américain pour l'alimentation des chevaux de course. Les acheteurs et nutritionnistes pour ce marché recherchent des lots d'avoine nue contenant un faible pourcentage de grains vêtus (< 5%), une haute teneur en huile (autour de 9%) et un bon profil d'acides gras. Lorsque l'avoine nue ne rencontre pas les critères, elle est dirigée vers une meunerie locale pour l'alimentation des porcs.

Certains auteurs ont démontré que les facteurs génétiques et environnementaux ont un effet sur la qualité de la production de l'avoine nue, tant sur l'expression du caractère grain nu que sur la teneur en huile et en acides gras des grains. Lawes et Boland (1974) rapportent qu'une température chaude durant la croissance favorise l'expression du caractère grain nu mais que probablement d'autres facteurs comme l'intensité de la lumière, la photopériode, le niveau d'éléments nutritifs et d'humidité du sol pourraient être impliqués. Selon Kirkkari et al. (2004), la capacité de remplissage du grain apparaît comme étant le facteur dominant qui détermine le pourcentage de grains nus puisque les petits grains retiennent plus fortement les glumelles lors du battage et conduisent à une plus forte proportion de grains vêtus. Marshall et Sorrells (1992) précisent que certains herbicides, tels que le 2,4 D, peuvent causer un développement anormal des panicules et interférer avec l'expression du caractère grain nu. Pour la qualité nutritionnelle de l'avoine, les études réalisées à ce jour laissent place à plusieurs questionnements. Selon les travaux de Saastamoinen et al. (1989), la teneur en huile et la proportion des acides gras seraient dépendantes de la température et des facteurs environnementaux alors que Warchalewski et al. (2003) affirment que la teneur en huile dépend davantage de la génétique que des facteurs agroenvironnementaux.

Aucune étude n'avait été réalisée au Québec pour préciser l'effet de l'environnement (région climatique) et des conditions de régie (herbicides, types de sol) sur la qualité de l'avoine nue, particulièrement pour les lignées à haute teneur en huile. Ce projet de recherche permettra de préciser les meilleures conditions de production pour obtenir un bon rendement et les qualités recherchées par les acheteurs et nutritionnistes.

**Objectifs :** Ce projet de recherche a deux objectifs principaux. Le premier est d'évaluer l'effet de l'environnement et des conditions de culture (herbicides, types de sol) sur le pourcentage de grains vêtus, le rendement en grains, la teneur en huile et les profils d'acides gras de lignées d'avoine nue présentant différents teneurs en huile. Le deuxième objectif permettra de préciser l'effet de différents herbicides et de leur stade d'application sur le pourcentage de grains vêtus, le rendement en grains et la grosseur des grains de l'avoine nue.

**Méthodologie :** Pour répondre à nos objectifs, deux expériences ont été mises en place. La première a permis d'évaluer pendant deux années, huit lignées présentant une variabilité génétique pour le caractère grain vêtu et la teneur en huile, dans quatre environnements (Normandin, Princeville, St-Augustin et St-Hyacinthe) qui ont des conditions pédoclimatiques représentatives de quatre régions du Québec. Dans chacun de ces environnements, les lignées ont été évaluées en tenant compte de l'effet des trois principaux herbicides utilisés chez l'avoine (Bromoxynil/MCPA (Buctril M), Dicamba/MCPA (Dyvel), Thifensulfuron-méthyl/Tribenuron-méthyl (Refine



Extra), que nous avons comparé à un témoin désherbé à la main. Les herbicides ont tous été appliqués au même stade (12-13 de Zadoks). La deuxième expérience portait sur les mêmes herbicides que ceux utilisés dans l'expérience 1 mais cette fois-ci appliqués à deux stades de croissance de l'avoine (12-13 et 22-23 de Zadoks). Cette expérience a été réalisée sur deux types de sol différents à deux sites (Princeville et St-Augustin) durant deux années et portait sur trois lignées qui se distinguent par leur production de grains vêtus (faible à élevée).

**Résultats préliminaires :** Les premières analyses montrent que la quantité de grains vêtus produite varie en fonction des années, des sites, des herbicides et des lignées. En 2006, c'est au site de Princeville que nous avons obtenu le plus de grains vêtus tandis qu'en 2007, c'est à celui de St-Hyacinthe. L'application de Dicamba/MCPA augmente significativement la quantité de grains vêtus et son application au stade 22-23 de Zadoks amplifie ce phénomène. Toutefois, les lignées qui produisent peu de grains vêtus sont moins affectées par l'application de Dicamba/MCPA. Pour la teneur en huile, toutes les lignées, excepté une, ont leur teneur la plus élevée au site de Normandin (site le plus nordique). En 2006, toutes les lignées obtiennent leur rendement le plus élevé au site de Normandin et l'application de Dicamba/MCPA diminue le rendement comparativement aux trois autres traitements de désherbage. En 2007, le site de St-Augustin nous donne les rendements les plus élevés. Aucun traitement de désherbage n'a d'effet significatif sur le rendement.

**Conclusion :** Les résultats de ce projet permettront de déterminer si les lignées réagissent toutes de la même manière à l'application des herbicides ou si l'environnement a un effet plus important sur la quantité de grains vêtus, la teneur en huile et les profils d'acides gras. Avec ces résultats, nous pourrions promouvoir les conditions optimales de croissance de l'avoine nue pour obtenir la qualité recherchée.

#### **Références:**

- Kikkari, A-M., Peltonen-Sainio, P. and Lehtinen, P. 2004. Dehulling capacity and storability of naked oat. *Agricultural and Food Science* 13, 198-211.
- Lawes, D.A. and Boland, P. 1974. Effect of temperature on the expression of the naked grain character in oats. *Euphytica* 23, 101-104.
- Marshall, H.G. and Sorrells, M.E. 1992. Cultural practices for oat. In: Marshall H.G. and Sorrells M.E. (Eds.) *Oat Science and Technology*, Agronomy no.33.
- Saastamoinen, M., Kumpulainen J. and Nummela S. 1989. Genetic and environmental variation in oil content and fatty acid composition of oats. *Cereal Chemistry* 66 (4), 296-300.
- Warchalewski, J.R., Dolinska, R., Zabielski, J. and Klochiewicz-Kaminska, E. 2003. Chemical composition and biological activity of oat seeds new lines in relation to agro-environmental factors in 1997-1999. *Technologia Alimentaria* 2(1), 5-20.

# Comment le précédent cultural, la fertilisation azotée et l'application de glyphosate affectent le contenu en déoxynivalénol (DON) chez l'orge.

DENIS PAGEAU<sup>1</sup>, JEAN LAFOND<sup>1</sup>, JULIE LAJEUNESSE<sup>1</sup> et MARC E. SAVARD<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ferme de recherches, 1468 Saint-Cyrille, Normandin, Québec, G8M 4K3

<sup>2</sup> Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de Recherche de l'Est sur les Céréales et Oléagineux, 960 Av.

Carling, Ottawa, Ontario, K1A 0C6

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

Mots-clés : précédent cultural, fertilisation, glyphosate, déoxynivalénol, orge, céréale

De nombreuses maladies affectent les céréales au Québec. Cependant, la fusariose associée à la présence du champignon *Fusarium graminearum* est probablement une des maladies les plus redoutées. En plus de réduire les rendements en grains, le champignon produit une toxine (déoxynivalénol ou DON) qui peut affecter la santé du bétail. Certaines pratiques culturales peuvent avoir une influence sur le développement de la fusariose chez les céréales. Ainsi, une rotation d'au moins un an avec des cultures non hôtes, un travail du sol qui enfouit profondément les résidus ou l'utilisation d'un cultivar moins sensible permettraient de réduire les dommages associés à la fusariose (Bailey et coll. 2004). Une enquête effectuée en Saskatchewan de 1999 à 2002, a permis d'établir l'impact de certaines pratiques culturales sur le développement de la fusariose chez le blé. D'après cette enquête, une application de glyphosate effectuée dans les 18 mois qui ont précédé un travail réduit du sol, était associée à une incidence plus élevée de la fusariose chez le blé (Fernandez et coll. 2005).

Une première expérience a été réalisée pendant quatre années (2001 à 2005) à la Ferme de Recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Normandin. Quatre précédents culturaux (orge, pois sec, soya et trèfle rouge) et quatre fertilisations azotées (0, 40, 80 et 120 kg ha<sup>-1</sup>) ont été étudiées. À chaque année, les précédents culturaux étaient ensemencés sur un nouveau champ. Pour chaque espèce, les recommandations en fertilisants ont été déterminées à partir des analyses de sol et selon les grilles de référence en fertilisation du CRAAQ. Une fertilisation azotée de 70 kg N ha<sup>-1</sup> a été appliquée au semis pour l'orge tandis que les légumineuses ont reçu 20 kg N ha<sup>-1</sup>. À l'automne, le sol a été travaillé à l'aide d'un chisel pour incorporer en surface les résidus de cultures. L'année suivante, les parcelles de légumineuses et d'orge ont été subdivisées en sous-parcelles qui ont reçu quatre doses d'azote (0, 40, 80 et 120 kg N ha<sup>-1</sup>). Ces sous-parcelles ont été ensemencées avec l'orge cv. Labelle.

Un autre essai a débuté en 2006, toujours à la Ferme de recherches d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Normandin, afin de déterminer l'impact d'une application printanière de glyphosate sur le contenu en DON chez l'orge, le blé et l'avoine. Cet essai a été ensemencé sur un champ précédemment cultivé en orge et qui n'avait pas reçu d'application de glyphosate l'automne précédent. Le travail du sol à l'automne avait été effectué avec le chisel. Chaque espèce de céréale a été ensemencée selon le taux de semis recommandé. Une fertilisation de 60 kg N ha<sup>-1</sup> ainsi que 30 kg ha<sup>-1</sup> de phosphore et de potassium ont été appliqués. Quatre doses de glyphosate (0, 2,5, 5,0 et 10 L ha<sup>-1</sup>) ont été appliquées le printemps avant le semis des céréales et légèrement incorporées au sol. Par la suite, l'orge cv. Alma, le blé cv. Fundy et l'avoine cv. Triple Crown ont été semés.

Pour ces deux expériences, un échantillon de 100 g de grains a été broyé avec un tamis de 1mm. La détermination du contenu en DON a été effectuée par le Centre de Recherche de l'Est sur les Céréales et Oléagineux d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Ottawa.

L'effet du précédent cultural sur le contenu en DON du grain a été significatif pendant trois années sur quatre. Ainsi, en 2002, 2003 et 2005, les contenus en toxine dans le grain étaient significativement plus élevés lorsque le précédent cultural était l'orge comparativement à un précédent cultural de pois sec, de soya ou de trèfle rouge.

En 2003, les contenus en DON étaient particulièrement élevés. Ainsi, lorsque l'orge était cultivée sur un précédent d'orge, le contenu moyen en toxine était de 22,5 ppm. Les contenus en DON les moins élevés étaient obtenus lorsque la céréale avait été ensemencée sur un précédent de pois sec avec un contenu moyen de 10,3 ppm.

Les contenus en DON de l'orge cultivée sur un précédent de soya ou de trèfle rouge étaient respectivement de 15,2 et 13,4 ppm.

En 2004, le précédent cultural n'a eu aucun effet significatif sur le contenu en toxine. De même, pendant les quatre années de l'essai, la fertilisation azotée n'a pas eu d'effet significatif sur le contenu en DON de l'orge.

Pour le second essai, les applications de glyphosate effectuées au printemps 2006 n'ont pas influencé le contenu en DON chez les céréales. De plus, une variation de la dose de glyphosate (0 à 10 l ha<sup>-1</sup>), n'a pas eu d'effet sur le contenu en DON. Dans cet essai, l'orge s'est cependant montrée plus sensible à la fusariose comparativement au blé ou à l'avoine. Cet essai a été répété en 2007 et sera semé à nouveau en 2008. De plus, un autre essai avec des applications de glyphosate effectuées à l'automne a débuté à l'automne 2006. Les premiers résultats de cet essai devraient être disponibles bientôt.

D'après ces essais, un semis d'orge effectué pendant deux années consécutives augmente le contenu en DON de la récolte. Ainsi, une rotation avec une légumineuse réduit le contenu en DON tandis que la fertilisation azotée n'a pas affecté le contenu en toxine de l'orge. De plus, des résultats préliminaires indiquent que l'application de glyphosate au printemps a peu d'effet sur le contenu en DON dans les cultures de blé, d'orge et d'avoine.

#### **Références :**

Bailey, K.L., L. Couture, B.D. Gossen, R.K. Gugel et R.A.A. Morrall. 2004. Maladies des grandes cultures au Canada. Société canadienne de phytopathologie, University Extension Press, Saskatoon. 318 p.

Fernandez, M.R., F. Selles, D. Gehl, R.M. DePauw et R.P. Zentner. 2005. Crop production factors associated with fusarium head blight in spring wheat in Eastern Saskatchewan. *Crop Sci.* 45: 1908-1916.

# Influence du mode et du temps de récolte sur le développement de la vomitoxine (DON) chez l'orge

SYLVIE RIOUX<sup>1</sup>, SERGE FORTIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CÉROM, Québec, QC;

<sup>2</sup> CÉROM, Saint-Mathieu-de-Beloeil, QC;  
sylvie.rioux@cerom.qc.ca

**Mots clés:** orge, fusariose, DON, récolte, andainage

## Introduction

Pour réduire l'incidence de la fusariose de l'épi, maladie des céréales causée par *Fusarium* spp., les phytopathologistes sont unanimes à dire qu'il est important de récolter la céréale sans tarder à maturité (stade 92 à l'échelle de Zadoks (Zadoks et al. 1974)). À ce stade, les mécanismes de défense de la plante sont inactifs, puisque les tissus sont sénescents, et une pluie peut apporter suffisamment d'humidité pour que les *Fusarium* présents dans le grain puissent poursuivre leur développement et leur production de toxines. Il est même recommandé pour s'assurer que la récolte ne soit pas retardée par le mauvais temps, de récolter un peu avant maturité et de sécher les grains à basse température pour abaisser rapidement la teneur en eau à moins de 14 %; ceci afin de stopper l'activité des *Fusarium*. Chez l'orge, comme le coût de séchage peut être plus élevé que chez le blé en raison d'un plus grand nombre de grains verts issus des talles secondaires et comme la plupart des producteurs ne possède pas de séchoir, l'andainage peut être envisagé comme une alternative à la récolte précoce nécessitant le séchage des grains, en autant que le risque d'augmentation du contenu des grains en toxines due au mauvais temps ne soit pas plus élevé.

On reconnaît chez le blé et le maïs que les plantes ont la capacité de décomposer la vomitoxine (désoxynivalénol ou DON) pendant la phase de maturation. Une étude ontarienne, entres autres, menée sur le blé d'automne, a montré une baisse très importante du contenu en DON lorsque le grain passait de 50 à 23 % de teneur en eau, puis se stabilisait par la suite (Scott et al. 1984). Chez l'orge, une étude réalisée en Norvège rapporte que la majorité des parcelles montrait une légère baisse ou aucun changement du contenu des grains en DON pendant la période de maturation, soit pendant les 15 jours suivant le stade pâteux mou (Langseth et Stabbetorp 1996). Plus près de nous, en Ontario, Xue et al. (2007) n'ont pas observé de différence du contenu en DON entre les différentes dates de récolte qui se sont échelonnées de la pré- à la post-maturité. Il faut toutefois mentionner que les conditions sèches des années de l'étude n'ont pas été très favorables à la fusariose.

Le présent projet visait à étudier chez l'orge l'effet de deux modes de récolte précoce, mais ne dépassant pas 22 % de teneur en eau, et de la récolte au stade recommandé (14 % de teneur en eau, stade 92 de Zadoks) sur le contenu des grains en DON (désoxynivalénol ou vomitoxine). Le projet visait aussi à suivre l'évolution du contenu en DON pendant la maturation du grain, lorsque la teneur en eau passe de 22 à 14 %.

## Méthodologie

Trois modes de récolte ont été appliqués sur différentes parcelles d'orge établies sur un précédent cultural de maïs à Saint-Hyacinthe en 2003 et en 2004 : A22, andainage à 22 % d'humidité du grain, puis battage à 14 %, soit 7 à 11 jours plus tard; D22, récolte directe à la moissonneuse-batteuse à 22 % de contenu en eau, suivi d'un séchage à basse température (25°C) pour atteindre une teneur en eau de 14 %; et D14, récolte directe à 14 % de contenu en eau. La hauteur de coupe de l'andainage était de 20 cm. Deux cultivars d'orge à six rangs ont été utilisés, ACCA et AC Legend. Le dispositif expérimental utilisé était un dispositif en six blocs complets aléatoires. La parcelle était constituée de 12 rangs de 6 m ayant un espacement de 18 cm entre les rangs. Les parcelles étaient espacées de 1,5 m. Des épis ont été prélevés à deux reprises pour les traitements A22 et D14 depuis l'andainage jusqu'au battage, afin de vérifier le contenu en DON aux stades 22, 18 et 14 % d'humidité du grain. Les épis humides ont été séchés à 14 % de teneur en eau avant d'être battus. Le contenu en DON des échantillons de grains a été déterminé à l'aide de trousseaux commerciaux ELISA (Neogen® Corp.) au laboratoire du CÉROM à Québec.

## Résultats

Mentionnons d'abord que la quantité de pluie tombée entre l'andainage et le battage des andains a été en 2003 de 1,1 mm et en 2004 de 31,8 mm. Les résultats du mode de récolte sont présentés au tableau ci-dessous. Le contenu en DON était plus élevé en 2003 qu'en 2004; en 2003, les valeurs de contenu en DON des traitements variaient de 1,9 à 2,4 ppm alors qu'en 2004 la fenêtre de variation était de 0,6 à 1,2 ppm. Quelle que soit l'année, aucune différence

significative n'a été observée entre les modes de récolte (tableau). À partir des prélèvements d'épis (résultats non présentés), nous n'avons pas observé non plus de variation significative du contenu en DON au cours de la période de maturation. Seul l'effet cultivar en 2004 a été significatif; AC Legend avait un contenu en DON plus élevé que celui d'ACCA. Ce dernier résultat est en accord avec les évaluations réalisées depuis quelques années par le Comité céréales du RGCQ (Réseau grandes cultures du Québec).

#### **Influence du mode de récolte sur le contenu des grains en DON (ppm) chez deux cultivars d'orge**

Mode de récolte	Date (août) du battage	Cultivar		Moyenne mode de récolte
		ACCA	AC Legend	
<b>2003</b>				
D22	12	1,9	2,1	2,0
A22	19	2,4	2,0	2,2
D14	19	2,2	1,9	2,1
<i>Moyenne cultivar</i>		2,2	2,0	
<b>2004</b>				
D22	6	0,57	0,84	0,71
A22	17	0,88	0,97	0,92
D14	23	0,65	0,86	0,76
<i>Moyenne cultivar</i>		0,70	0,89	

-A22 : andainage à 22 % d'humidité du grain et battage à 14 %, sans séchage; D22 : récolte directe à 22 % d'humidité du grain et séchage à basse température jusqu'à 14 %; D14 : récolte directe à 14 % d'humidité du grain, sans séchage.

-Aucun effet significatif des traitements (cultivar, mode de récolte) et de leur interaction ( $P = 0,05$ ).

#### **Conclusions**

Pendant ces deux années à Saint-Hyacinthe la récolte hâtive, que ce soit la récolte directe à 22 % d'humidité du grain ou, en 2004, l'andainage au même stade puis battage à 14 % d'humidité du grain, n'a pas eu d'incidence sur le contenu en DON lorsque comparée à la récolte au stade recommandé (14 % de teneur en eau). Quant au contenu en DON durant la période de maturation, i.e. entre 22 et 14 % de teneur en eau du grain, il n'a pas varié de façon significative. Ces derniers résultats concordent avec ceux des études citées précédemment.

Les résultats obtenus sur deux ans indiquent qu'il n'y a pas d'avantage à récolter l'orge hâtivement, à tout le moins dans la région de Montréal, lorsque la récolte peut se faire au bon moment. Cependant une récolte hâtive préventive peut être pratiquée pour s'assurer de ne pas augmenter le contenu en DON advenant des conditions très humides qui retarderaient la récolte au-delà du stade recommandé. Les résultats montrent qu'une telle récolte hâtive à partir du stade 22 % d'humidité du grain aurait un contenu en DON équivalent à celui d'une récolte à pleine maturité (14 % d'humidité du grain). L'étude montre également que certaines années dans la région de Montréal, l'andainage de l'orge ne constitue pas une récolte hâtive. Il semble aussi que l'andainage peut être pratiqué sans trop risquer d'augmenter le contenu en DON de la récolte. Il faut toutefois rester prudent puisque l'année où il est tombé beaucoup de pluie (31,8 mm) entre l'andainage et le battage, le contenu en DON était relativement faible (< 1 ppm).

Cette étude mériterait d'être reprise sur des semis plus tardifs ou dans les régions des zones intermédiaire et périphérique, lorsque la maturation du grain arrive plus tard, en un temps de l'année généralement plus humide, et qui s'échelonne sur une plus longue période.

#### **Références**

- Langseth, W, Stabbetorp, H. 1996. The effect of lodging and time of harvest on deoxynivalenol contamination in barley and oats. *J. Phytopathology* 144 : 241-245.
- Scott, P.M., Nelson, K., Kanhere, S.R., Karpinski, K.F., Hayward, S, Neish, G.A, and Teich, A.H. 1984. Decline in deoxynivalenol (vomitoxin) concentrations in 1983 Ontario winter wheat before harvest. *Appl. Environ. Microbiol.* 48 : 884-886.
- Xue, A.G., Manceur, A., Rowsell, J., Ho, K.M., Choo, T.M., and Chen, Y. 2007. Effect of harvesting time on grain contamination with *Fusarium* spp. and deoxynivalenol in barley in northern and eastern Ontario. *Proceeding 5<sup>th</sup> Canadian Workshop on Fusarium Head Blight, Winnipeg, November 27-30. (Résumé).*
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Res.* 14 : 415-421.

# Évaluation de différentes méthodes de dépistage de la cécidomyie orangée du blé (*Sitodiplosis mosellana*) et résultats des observations de l'été 2007 dans cinq régions du Québec

BRIGITTE DUVAL<sup>1</sup>, FRANÇOIS MELOCHE<sup>2</sup>, FRANÇOIS LANGEVIN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 460, boul. Louis-Fréchette, RC, Nicolet (Québec) J3T 1Y2

<sup>2</sup> Agriculture et agroalimentaire Canada, Centre de recherche de l'Est sur les céréales et oléagineux, 960, avenue Carling, immeuble K.W. Neatby, Ottawa (Ontario) K1A 0C6

<sup>3</sup> Agriculture et agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560, boul. Hochelaga, Québec (Québec) G1V 2J3  
Brigitte.duval@mapaq.gouv.qc.ca

## Introduction

La cécidomyie orangée du blé (COB; *Sitodiplosis mosellana*) a été rapportée pour la première fois au Canada en 1819. À cette époque, l'insecte avait grandement affecté la production de blé au Québec, le blé étant sa principale plante hôte. Aujourd'hui, la COB cause d'importantes pertes de rendement et de qualité dans le blé produit dans l'Ouest canadien. Au Québec, on estime que la COB entraîne en moyenne des pertes de rendement d'au moins 6 %, en plus d'affecter la qualité du blé panifiable (Mongrain et al. 1997).

Les adultes émergent du sol vers la fin de juin sur une période de quelques semaines. Après l'accouplement, la ponte des œufs dans les épillets et l'éclosion, les larves se nourrissent à la surface des grains pendant deux à trois semaines. Lors de jours pluvieux, les larves matures se laissent tomber au sol et cela peut s'étaler jusqu'à la récolte. Une fois au sol, les larves s'enfouissent jusqu'à une profondeur d'environ 5 cm et forment un cocon pour passer l'hiver.

L'objectif de ce projet consistait à évaluer l'importance de l'insecte dans cinq régions productrices de blé. Également, le projet avait pour but d'évaluer différentes méthodes de dépistage afin de déterminer une façon de faire qui soit simple, pratique, reproductible et rigoureuse.

## Méthodologie

Les méthodes de dépistage suivantes ont été retenues :

1. *Plateaux au sol (20 sites)*. Huit plateaux contenant du glycol sont installés au champ à la mi-juillet, répartis en quatre stations de deux plateaux. Les larves de COB sont comptées le plus tard possible, juste avant la récolte, ce qui permet de calculer le nombre de larves/m<sup>2</sup>.
2. *Échantillonnage de grains à la récolte (32 sites)*. Lors de la récolte, un échantillon représentatif de grains battus est prélevé. Mille grains sont examinés pour déterminer la proportion de grains endommagés par la COB.
3. *Décorticage d'épis (6 sites)*. Dix épis sont cueillis au hasard dans le champ, 20 à 25 jours après la floraison. Les épis sont décortiqués et les larves sont comptées.
4. *Pièges à phéromone (4 sites)*. Dans un champ, trois pièges à phéromone (Phero Tech Inc.) sont installés selon les recommandations du fabricant, cinq jours avant l'épiaison.
5. *Épis suspendus (6 sites)*. Quarante épis sont cueillis au hasard dans le champ, 20 à 25 jours après la floraison. Ces épis sont suspendus, tête en bas, au-dessus d'un plateau contenant du glycol. Les épis sont vaporisés avec de l'eau régulièrement jusqu'à ce que les larves soient tombées dans le plateau.

Le dépistage a été effectué dans cinq régions du Québec (Centre-du-Québec, Montérégie-Est, Montérégie-Ouest, Montréal-Laval-Lanaudière, Saguenay-Lac-Saint-Jean). Les cinq méthodes ont été utilisées au Centre-du-Québec. Dans les quatre autres régions, ce sont surtout les méthodes 1 et 2 qui ont été utilisées.

## Résultats et discussion

Les résultats suivants ont été obtenus pour les différentes méthodes de dépistage :

1. *Plateaux au sol*. Les populations de larves variaient de 0 à 5 759 larves/m<sup>2</sup>. Cette méthode s'est avérée peu pratique car de fortes pluies ont dilué le glycol contenu dans les plateaux. De plus, si les plateaux ne sont pas vérifiés régulièrement, ils peuvent devenir très sales. Également, dans certains cas des larves sont demeurées dans les épis de blé jusqu'à la récolte. La méthode des plateaux peut donc sous-estimer la population de larves.
2. *Échantillonnage de grains à la récolte*. Le nombre de grains endommagés par la COB variait de 0 à 27 sur 1 000, avec une moyenne de 7,4 (Tableau 1). Cette méthode s'est avérée pratique car elle a permis de constater les dommages sur les grains récoltés. Cependant, il est parfois difficile d'obtenir un échantillon de grains représentatif du champ dépisté, ce qui peut limiter l'utilisation de cette méthode. Également, cette méthode requiert un œil averti pour que les résultats soient fiables et uniformes.
3. *Décortilage d'épis*. Le nombre moyen de larves par épi variait de 2,2 à 9,5. Cette méthode s'est avérée très pratique car il était possible de congeler les épis et les examiner ultérieurement. De plus, cette méthode était la plus précise car au moment de la récolte des épis, toutes les larves étaient dans les épis.
4. *Pièges à phéromone*. Dans trois des quatre sites où cette méthode a été utilisée, des adultes de COB ont été capturés. Pour ces trois sites, la moyenne d'adultes par piège variait de 3,7 à 6,3. L'identification a été confirmée par des spécialistes (car les adultes de cécidomyie sont difficiles à identifier).
5. *Épis suspendus*. Les données provenant de cette méthode sont peu fiables, car les épis se sont trop desséchés, malgré une vaporisation régulière d'eau. Pour que cette méthode fonctionne bien, il faudrait que les épis soient constamment dans un environnement humide.

Tableau 1. Proportion de grains endommagés par la cécidomyie orangée du blé, par région.

Région	Nombre moyen de grains endommagés par la COB / 1000	Relatif à la moyenne du Québec	Nombre de sites dépistés
Montréal-Ouest	1,5	20 %	2
Montréal-Laval-Lanaudière	8,0	108 %	3
Saguenay-Lac-Saint-Jean	9,3	125 %	4
Montréal-Est	6,9	88 %	8
Centre-du-Québec	7,8	106 %	15
Moyenne du Québec	7,4		

## Conclusions

La COB était présente en 2007 dans presque tous les champs dépistés, mais la variation était grande d'un champ à l'autre. Il serait pertinent de continuer le dépistage pour établir le portrait de la situation au Québec en 2008, en utilisant une méthodologie plus uniforme.

Le décortilage des épis s'est avéré une méthode simple et rigoureuse pour faire le dépistage au champ, alors que l'examen des grains récoltés s'est révélé utile pour constater les dommages sur les grains récoltés. Bien que ces méthodes ne permettent pas de prédire à l'avance les populations de COB dans un champ, elles permettent d'évaluer l'importance de l'insecte de façon efficace.

## Références

Mongrain, D., Couture, L., Dubuc, J.-P., and Comeau, A. 1997. Occurrence of the orange wheat blossom midge [Diptera : Cecidomyiidae] in Quebec and its incidence on wheat grain microflora. *Phytoprotection* 78, 17-22.

## Remerciements

Nous tenons à remercier sincèrement les personnes qui ont contribué à ce projet :

- MAPAQ : G. Aucoin, L. Bergeron, R. Clermont, P. Filion, M. Gaudreau, N. Harvey, R. Mongeau, A. Rondeau, D. Ruel, R. Turmel, M. Beaumier, M. Roy, Laboratoire de diagnostic en phytoprotection
- Clubs-conseils en agroenvironnement : Agri Avenir, Agri Conseils Maska, Agrinove, Agro Acton, Consersol Vert Cher, Coopérative agricole des Beaux Champs, Dura Club, La Vallière, Nova Terre, Plein Champs, Groupe conseil Montérégie-Sud
- Producteurs agricoles, Agriconseils Montérégie-Est, Lee Galsworthy, André Comeau, Robert Lamb, Semican, Yves Dion

# Impacts des périodes d'épandage sur la production de blé.

JEAN CANTIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> MAPAQ, Dir. rég. de Saint-Hyacinthe, 1355, rue Gauvin, bureau 3300, Saint-Hyacinthe, QC J2S 8W7.  
Courriel: jean.cantin@mapaq.gouv.qc.ca

**Mots clés:** fumier, engrais organique, fertilisation, blé biologique.

## Introduction

Dans le contexte actuel de la globalisation des marchés où toutes les productions tendent à rencontrer une compétitivité sans cesse accrue, il est opportun de développer des niches de marchés où, à valeur égale, le consommateur choisira votre produit au détriment de son compétiteur. Les valeurs telles que "produit local", "produit sans intrant", "produit biologique", "produit respectueux de l'environnement", sont des exemples de créneaux qui se démarquent et qui véhiculent des valeurs chères aux consommateurs préoccupés par leur "mieux vivre". Ce contexte jumelé à la crise énergétique appréhendée, et conséquemment à l'inflation des prix des intrants, nous porte à croire qu'une agriculture moins énergivore et produite localement sera un des atouts à considérer sérieusement.

Les cultures exigeantes en fertilisants telles le maïs et le blé, devront trouver leur sources d'approvisionnement en azote à partir des engrais organiques (EO) tels que les fumiers de ferme, et les engrais verts associés à de bonnes rotations de cultures. Les producteurs biologiques appliquent déjà ces méthodes tout en suivant un cahier de charges qui leur permettent de maintenir leur certification. L'une des exigences de ce cahier impose une durée de 90 jours entre la période d'épandage des EO et la récolte du blé panifiable. La saison de croissance du blé étant de courte durée, le calcul est vite fait pour constater que sur des terres argileuses, ces producteurs sont souvent contraints d'épandre leurs EO en automne. Et plus souvent qu'autrement, c'est en automne tardif, après la récolte tardive du soya, que ces producteurs se voient dans l'obligation d'appliquer leurs EO. Le "hic" dans tout ça, c'est que depuis quelques années, le REA (Règlement sur les exploitations agricoles) leur interdit d'appliquer, de manière récurrente, leur EO après la date du premier octobre, c.à.d. qu'il peuvent le faire exceptionnellement pour une année, mais ne peuvent pas le planifier ainsi sur plusieurs années consécutives. Cette réalité les met dans une situation légalement vulnérable.

Le présent projet a pour but d'évaluer l'efficacité des EO appliqués selon différentes dates d'épandage. D'une durée de trois ans, ce projet est financé par le MAPAQ via son Programme de soutien et de développement de l'agriculture biologique (PSDAB). Les résultats présentés dans cet article portent sur une première année d'expériences de recherches à la ferme où différents blés panifiables ont été produits avec différents engrais de fermes appliqués selon différentes dates d'épandage.

## Méthodologie

Quatre fermes biologiques, ou en transition vers la culture biologique, se sont investies à vérifier les impacts des périodes d'épandage de différents EO sur la production du blé. Trois des fermes disposaient de fumier de poulets à griller (FPG) dont une avait aussi un fumier pailleux de vaches laitières (FBL), et une quatrième avait du lisier de porcs (LP). Un protocole de recherche simple, disposé en blocs complets aléatoires fut installé sur chacune des fermes de manière à permettre les travaux de champ et celui de chacune des parcelles avec les équipements aratoires appartenant aux agriculteurs. Les périodes d'épandage visées étaient : automne hâtif (AH), automne tardif (AT), printemps (Pr), et post-émergence (Po). Chaque dose d'épandage fut calibré sur place lors des applications et un échantillon d'EO a été prélevé pour une analyse complète de son contenu en éléments fertilisants. L'incorporation au sol des EO fut faite dans les 24 heures suivant chaque épandage, et un suivi agronomique a été assuré par un agronome jusqu'à la récolte. Les Moulins de Soulange ont pris en charge la partie de la panification du blé pour tenter de déterminer s'il peut y avoir une variation quelconque sur le produit final.

## Résultats

En 2007, les évaluations de **rendements** en blé n'ont pas permis de discriminer d'une manière très claire des différences entre les périodes d'épandage. Bien que les champs 1, 2, et 3 (Fig. 2), aient obtenu de meilleurs rendements avec-EO comparativement à ceux sans-EO, seul le champ-2 a pu démarquer significativement ses rendements en blé en faveur d'une application d'AT comparativement à une même dose de FPG appliqué au Pr. Les



quelques autres tendances ou différences de rendements reliées aux dates d'épandage que l'on observe dans les résultats, sont apparemment occasionnées par des facteurs autres que les dates d'épandage. Les niveaux de **protéines** ne se sont pas différenciés d'aucune façon selon les différentes dates d'épandage.

Les lectures de la **chlorophylle** prises sur les dernières feuilles émergentes du blé, à chaque semaine, jusqu'à la récolte, sont les mesures les plus sensibles et significatives qui ont permis de discriminer l'efficacité de l'azote appliqué selon les différentes dates d'épandage. Pour le champ-3 (Fig. 1), les lectures de chlorophylle ont départagé significativement l'application d'AT de celle de Po. L'efficacité de l'application d'azote en AT a été supérieure à l'application en Po en début de saison. Les résultats s'inversent dès les premières lectures de chlorophylle suivant l'application en Po pour donner avantage au traitement Po jusqu'en fin de saison. La lecture de la chlorophylle est un indicateur fiable pour évaluer la disponibilité de l'azote et l'efficacité de la culture à prélever cet azote du sol. D'autres lectures de la chlorophylle sont à compiler au moment d'écrire ce texte, et tout semble croire que nous pourrions en tirer des conclusions intéressantes.

D'autres observations très pertinentes laissent entrevoir un effet marqué de la qualité du sol sur la performance des EO à produire du blé. Le sol du champ-4, qui n'indiquait aucun signe de **compaction** (Fig. 2), a permis de constater beaucoup de verse du blé dans les parcelles saturées en azote comparativement au champ-1, où aucune verse ne fut constatée malgré les très fortes doses d'azote organique appliquées également sur les parcelles saturées. Le profil de sol du champ-1 montre des signes de compaction sévère sur une profondeur se situant entre 4 et 10 pouces de profondeur lors de son évaluation en juillet. Les rendements respectifs pour les parcelles saturées en azote des champs 1 et 4 sont de 3,0 et 4,5 t/ha.

Les **conditions climatiques** telles que la pluviométrie et la température qui prévalaient lors des épandages des EO en Po, semblent avoir eu des impacts majeurs sur les résultats obtenus. Le FBL a donné, contre toutes attentes, ses meilleurs résultats avec des applications en Po. Les applications de FBL en Po furent immédiatement suivies par une pluie de quelques millimètres. Suffisamment de pluie pour que l'azote minéral ( $\text{NO}_3$  et  $\text{NH}_4$ ) soit rapidement entraîné dans le sol et ainsi gagner beaucoup en efficacité. L'application du LP en Po a, quant à lui, été très décevant contrairement à toutes attentes. L'application a coïncidé avec une longue période sans pluie accompagnée de plusieurs jours où les températures ont atteint les 30°C. L'azote ammoniacale du lisier a tout simplement brûlé les feuilles du blé, réduit sa population et retardé sa croissance. Les rendements ont ainsi chuté tandis que les taux de protéines ont augmenté.

## Conclusion

Les essais de fertilisation de 2007 ont été parsemés d'exception, tout comme l'est l'agriculture en générale lorsqu'on tente de la comprendre. Ce projet est prévu se poursuivre sur deux autres années, et bien que l'on doit s'attendre à rencontrer de nouvelles exceptions, il est certain que l'expertise acquise au cours de ces années de recherches pourra concrètement conduire à de meilleures recommandations.

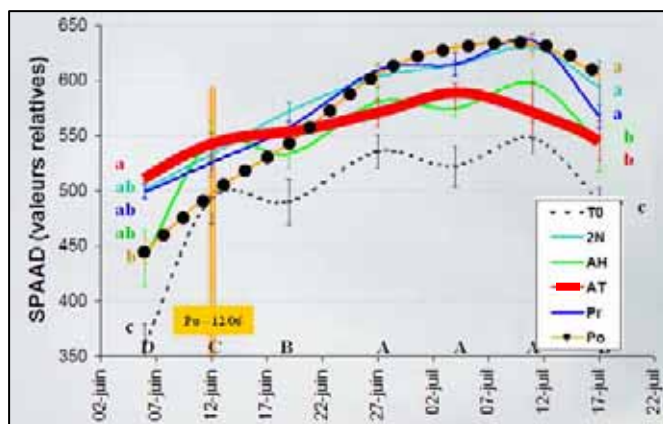


Figure – 1

Résultats des lectures de chlorophylle sur les feuilles émergentes du blé pour le champ-3 à différentes dates en 2007.



Figure – 2

Photos des profils de sol reconstitués de 0 à 24 pouces de profondeur pour les 4 champs de blé en 2007.

## Diagnostic phosphaté dans les cultures du maïs et du blé

ANNIE CLAESSENS<sup>1</sup>, NOURA ZIADI<sup>1</sup>, GILLES BÉLANGER<sup>1</sup>, NICOLAS TREMBLAY<sup>2</sup>,  
ATHYNA CAMBOURIS<sup>1</sup> et MICHEL NOLIN<sup>1</sup>

Agriculture et Agroalimentaire Canada, <sup>1</sup>Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560 Boul. Hochelaga, Québec, QC, G1V 2J3; <sup>2</sup>Centre de recherche et de développement en horticulture, 430 Boul. Gouin, Saint-Jean-sur-Richelieu, QC, J3B 3E6  
[Claessensa@agr.gc.ca](mailto:Claessensa@agr.gc.ca)

**Mots clés :** phosphore, azote, diagnostic, nutrition, carence

### Introduction

Pour une utilisation efficace du phosphore dans les grandes cultures, il est nécessaire de développer des outils de diagnostic pour quantifier le niveau de nutrition de cet élément dans la plante. Cet outil diagnostique est basé sur une concentration critique en P. Cette concentration critique, basée sur la relation entre la concentration en P et N pendant la saison de croissance, a été définie pour les graminées pérennes en France (Duru et Ducrocq 1997) et pour la fléole des prés (*Phleum pratense* L.) dans l'est du Canada (Bélangier et Richards 1999). L'objectif de notre étude est d'établir la relation entre les concentrations en P et N dans la culture du maïs grain (*Zea mays* L.) et du blé de printemps panifiable (*Triticum aestivum* L.) pendant la saison de croissance et plus particulièrement de déterminer la concentration critique en P pour diagnostiquer une carence en P dans ces deux cultures.

### Méthodologie

Les essais se sont déroulés au Québec à trois sites pendant deux saisons de croissance (2004 et 2005) pour chaque culture. Pour s'assurer de conditions non limitantes en P, des apports ont été faits selon les recommandations locales. Pour le maïs, les traitements consistaient en six doses de N (20, 50, 100, 150, 200 et 250 kg N ha<sup>-1</sup>) sauf à un site où quatre doses de N ont été appliquées (20, 73, 125 et 178 kg N ha<sup>-1</sup> en 2004 et 30, 83, 135 et 188 kg N ha<sup>-1</sup> en 2005). Pour le blé, les traitements consistaient en six doses de N (0, 40, 80, 120, 160 et 200 kg N ha<sup>-1</sup>) sauf à un site où cinq doses de N ont été appliquées en 2004 (0, 30, 70, 110 et 150 kg N ha<sup>-1</sup>) et quatre en 2005 (30, 60, 90 et 120 kg N ha<sup>-1</sup>). Pour chaque culture et à chaque site, le dispositif expérimental consistait en un bloc complet aléatoire avec quatre répétitions. Lors du semis, les parcelles de maïs ont reçu 20 kg N ha<sup>-1</sup> et les parcelles de blé ont reçu 30 kg N ha<sup>-1</sup>, à l'exception des parcelles de blé qui ne recevaient aucune fertilisation N (0 kg N ha<sup>-1</sup>). Une deuxième application N a été réalisée aux stades V8 à V10 chez le maïs et aux stades fin élévation et début montaison chez le blé pour compléter les traitements azotés. Pour chaque culture, des échantillonnages de la partie aérienne ont été effectués afin de déterminer la biomasse et les concentrations en N et P des plantes. Ces échantillonnages se sont échelonnés sur une période de huit semaines en 2004 et cinq semaines en 2005.

### Résultats

Les concentrations en P et N dans la plante ont diminué avec le temps et l'augmentation de la biomasse aérienne, ce qui est généralement dû à un effet de dilution des éléments minéraux dans la plante. Les concentrations en P et N dans la plante ont cependant augmenté avec la fertilisation azotée, ce qui suggère que les concentrations de ces deux éléments sont étroitement reliées. Une relation linéaire et dépendante du niveau de stress azoté a été établie entre la concentration en P et N dans la biomasse aérienne. En effet, sous des conditions non limitantes en N, nous avons établi les relations suivantes :

$$P = 1.00 + 0.094N \quad (R^2 = 0.76; P < 0.001; \text{Ziadi et al. 2007}) \text{ pour le maïs et}$$

$$P = 0.94 + 0.107N \quad (R^2 = 0.59, P < 0.001; \text{Ziadi et al. 2008}) \text{ pour le blé (Fig. 1).}$$

Sous des conditions très limitantes en N, par contre, les relations diffèrent de celles établies en conditions non limitantes en azote :

$$P = 1.25 + 0.104N \quad (R^2 = 0.95; P < 0.001; \text{Ziadi et al. 2007}) \text{ pour le maïs et}$$

$$P = 1.70 + 0.092N \quad (R^2 = 0.48, P < 0.001; \text{Ziadi et al. 2008}) \text{ pour le blé.}$$

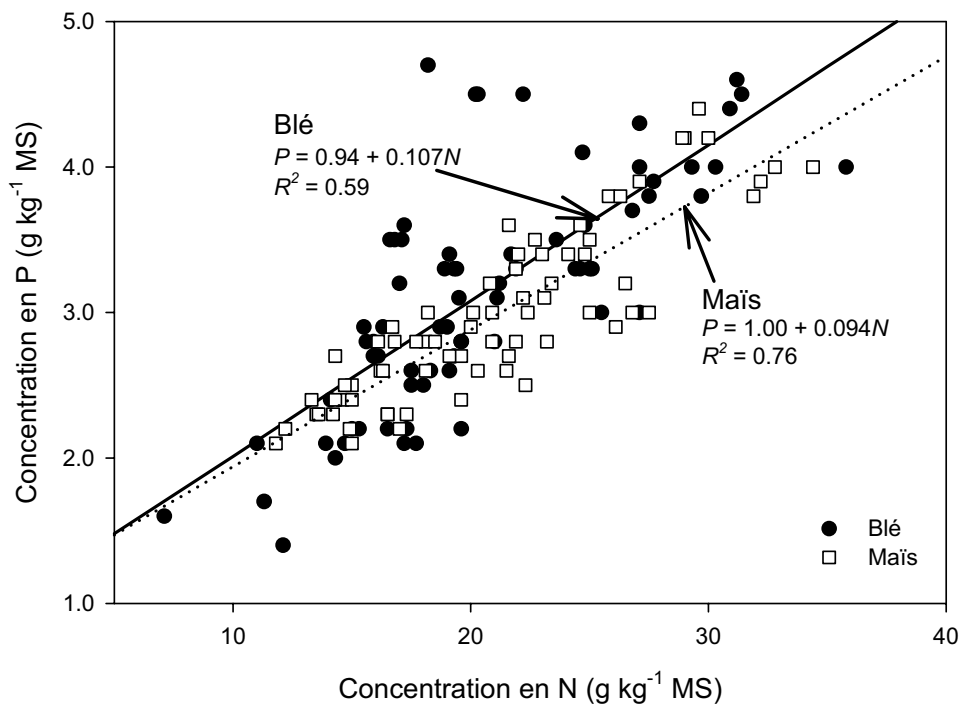


Fig. 1. Concentration en phosphore (P) en fonction de la concentration en azote (N) de plants entiers de maïs et de blé lors d'expériences réalisées à plusieurs sites années (2004 et 2005) sous des conditions non limitantes en N.

### Conclusions

Ces relations permettent donc de définir la concentration critique en P sous des conditions limitantes ou non en N. Ces concentrations critiques en P peuvent par la suite être utilisées pour quantifier le niveau de carence de cet élément pendant la saison de croissance. Un index de la nutrition phosphatée peut ainsi être calculé en divisant la concentration en P dans le plant entier de maïs ou de blé par la concentration critique en P prédite par ces équations. Cependant, puisqu'une carence en P détectée en début de saison peut difficilement être corrigée lors de la même saison de croissance, les producteurs peuvent utiliser cet outil de diagnostic pour ajuster la fertilisation phosphatée pour l'année subséquente.

### Références

- Bélanger, G. et Richards, J.E. 1999. Relationship between P and N concentrations in timothy. *Can. J. Plant Sci.* 79: 65-70.
- Duru, M. et Ducrocq, H. 1997. A nitrogen and phosphorus herbage nutrient index as a tool for assessing the effect of N and P supply on the dry matter yield of permanent pastures. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 47: 59-69.
- Ziadi, N., Bélanger, G., Cambouris, A.N., Tremblay, N., Nolin, M.C. et Claessens, A. 2007. Relationship between P and N concentrations in corn. *Agron. J.* 99:833-841.
- Ziadi, N., Bélanger, G., Cambouris, A.N., Tremblay, N., Nolin, M.C. et Claessens, A. 2008. Relationship between phosphorus and nitrogen concentrations in spring wheat. *Agron. J.* 100:80-86.

# Densité et écartement des entrerangs chez le soya

GILLES TREMBLAY<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CÉROM, 740 chemin Trudeau, Saint-Mathieu-de-Beloeil (Québec), J3G 4S5  
gilles.tremblay@cerom.qc.ca

**Mots clés : Soya, densité, entrerangs, cultivars.**

## Introduction

Dans la région de la Plaine de Montréal, les ensemencements de soya sont surtout exécutés en rangs à espacements étroits de 15 à 18 cm, et le contrôle des mauvaises herbes est généralement réalisé à l'aide d'herbicides. Il existe toutefois une tendance à augmenter l'espacement entre les rangs pour permettre de réduire l'incidence de certaines maladies ou pour permettre de contrôler mécaniquement les mauvaises herbes dans des productions dites sans intrants chimiques ou même biologiques.

En Ontario, des chercheurs ont observé que les rendements les plus élevés étaient obtenus avec des espacements entre les rangs de 18 cm et des densités de peuplement de 40 à 60 plants m<sup>-2</sup>. En 2001, le Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ) recommandait une densité finale de peuplement variant de 45 à 60 plants m<sup>-2</sup>. Cette recommandation était surtout basée sur des travaux ontariens et américains car il existait très peu de recherches réalisées au Québec.

Selon les résultats d'une étude réalisée au Québec, l'augmentation de la densité de peuplement jusqu'à 80 plants m<sup>-2</sup> aurait permis d'accroître les rendements en grains du soya cultivé en rangs étroits. La densité voulue (de 30 à 80 plants m<sup>-2</sup>) était toutefois obtenue en réalisant un éclaircissage des plants en surnombre tout en préservant, dans la mesure du possible, une distribution uniforme des plants sur chaque mètre linéaire de rang. Cette façon de procéder permet de bien contrôler les densités mais représente mal la réalité du champ où l'uniformité des semis n'est jamais aussi bien contrôlée.

Plusieurs études ont montré qu'une augmentation de la densité de peuplement a entraîné une élongation du plant et une augmentation de la verse. Lorsque la densité de peuplement était faible, le nombre de gousses par plant était généralement plus élevé. La production de gousses par plant serait associée au génotype mais dépendrait aussi des conditions de croissance et plus particulièrement des conditions climatiques.

## Méthodologie

Une étude de trois ans a été entreprise en 2006 par le CÉROM en collaboration avec PIONEER afin de déterminer l'effet de l'espacement entre les rangs et de la densité de peuplement sur dix cultivars de soya adaptés à la zone croissance de 2600 à 2900 UTM. Cette expérimentation a eu lieu sur les terrains de la ferme expérimentale du CÉROM. Nous avons soumis 10 cultivars (C) de soya de différentes maturités à 3 écartements (E) entre les rangs (7, 14 et 28 pouces) et à 4 densités (D) de peuplement (85, 135, 185 et 235 000 plants a<sup>-1</sup>) pour un total de 120 combinaisons possibles. L'expérimentation était en blocs complets aléatoires répétés 3 fois.

Les variables agronomiques suivantes ont été évaluées sur chacune des parcelles : le nombre de jours pour l'obtention de la maturité physiologique, la hauteur des plants, l'indice de verse, la hauteur de la première gousse et le rendement en grains. Avant de procéder à la récolte, nous avons échantillonné 5 plants par parcelle dans 2 des 3 répétitions afin de déterminer le nombre de gousses par plant sur la tige principale et sur les tiges secondaires.

## Résultats

Les 3 facteurs à l'étude (cultivars (C), écartement (E) et densité(D)) ont eu des effets significatifs sur les rendements au cours des deux années expérimentales mais il n'existait toutefois aucune interaction significative entre ces facteurs (CxE, CxD, ExD, CxExD). La présentation des résultats se limitera donc aux effets des facteurs principaux. L'augmentation de la largeur des entrerangs de 7 à 28 pouces s'est traduite par une diminution significative des rendements en grains. Les rendements pour des entrerangs de 7, 14 et 28 pouces ont été respectivement de 4894, 4570 et 3959 kg ha<sup>-1</sup> en 2006 et de 4389, 4308 et 3398 kg ha<sup>-1</sup> en 2007.

L'augmentation de la densité de peuplement a permis d'augmenter les rendements en grains. Les rendements en grains pour les densités de 85, 135, 185 et 235 000 plants a<sup>-1</sup> ont été respectivement de 4078, 4462, 4626 et 4726 kg ha<sup>-1</sup> en 2006 et de 3655, 4033, 4168 et 4264 kg ha<sup>-1</sup> en 2007. Selon ces résultats, les rendements en grains seraient optimaux pour des densités variant de 185 à 235 000 plants a<sup>-1</sup> (450 à 600 000 plants ha<sup>-1</sup>) quelque soit le cultivar ou l'écartement entre les rangs.

La taille des plants et l'indice de verse sont significativement influencés par la densité de peuplement et le choix du cultivar mais ces variables ne sont pas affectés par l'écartement des entrerangs. La taille des plants augmentent avec la progression de la densité de même que l'indice de verse. L'augmentation de la taille des plants n'est toutefois que d'au plus 5 cm. La hauteur de la première gousse est significativement influencée par le cultivar et la densité de peuplement mais non par la largeur des entrerangs. La hauteur de la première gousse pour les densités de 85, 135, 185 et 235 000 plants a<sup>-1</sup> ont été respectivement de 9.6, 10.3, 11.5 et 12.6 cm en 2006 et de 9.7, 10.9, 11.8 et 13.5 cm en 2007.

L'écartement entre les rangs n'a pas eu d'effets significatifs sur les nombres de gousses sur la tige principale ou sur les tiges secondaires mais il existait toutefois des différences significatives entre les cultivars. L'augmentation de la densité de peuplement a des effets significatifs sur le nombre de gousses sur la tige principale et sur les tiges secondaires. Le nombre total de gousses par plant pour les densités de 85, 135, 185 et 235 000 plants a<sup>-1</sup> ont été respectivement de 65.2, 38.8, 31.8 et 25.0 en 2006 et de 55.6, 32.6, 22.3 et 18.3 en 2007. Le nombre de gousses par plant a été moindre en 2007 comparativement à 2006, ce qui pourrait expliquer en partie les rendements moindres observés en 2007 comparativement à 2006.

L'expérimentation devrait se poursuivre pour une dernière année en 2007 sur les terrains du CÉROM à Saint-Mathieu-de-Beloil.

# Produire de l'éthanol et du fourrage avec le millet perlé sucré

ANNE VANASSE<sup>1</sup>, MARC F. CLÉMENT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Département de phytologie, Université Laval, Québec (Québec), G1K 7P4,

<sup>2</sup>Direction régionale Outaouais-Laurentides, MAPAQ, Gatineau (Québec), J8L3E6

**Mots clés : éthanol, biocarburant, millet perlé, sorgho, fourrage**

## Introduction

Le développement de nouvelles cultures pour la production de biocarburants doit répondre à trois objectifs : rechercher une alternative aux sources d'énergie fossile, lutter contre les émissions de gaz à effet de serre et diversifier les débouchés agricoles. Pour la production d'éthanol, on peut regrouper les matières premières selon trois grands groupes, soit : les biomasses sacchariques (canne à sucre), les biomasses féculentes (maïs, blé) et les biomasses ligno-cellulosiques (résidus agricoles et forestiers). Parmi ces matières premières, il est reconnu que les biomasses sacchariques sont technologiquement les plus simples à transformer en éthanol. Les biomasses féculentes nécessitent une hydrolyse enzymatique alors que les biomasses ligno-cellulosiques sont technologiquement les plus difficiles à transformer, nécessitant des enzymes capables d'extraire le sucre des fibres de la paille ou du bois. Le défi à court et moyen termes pour la production d'éthanol est de cibler des espèces qui concilient une forte productivité à l'hectare, qui sont faciles à transformer, qui s'intègrent bien dans les systèmes de production et qui génèrent des co-produits intéressants à valoriser, autant pour les producteurs que pour l'environnement. Le développement de ces nouvelles cultures nécessite de prendre en compte le besoin des régions et des producteurs agricoles et doit viser à améliorer les revenus sans compromettre l'équilibre entre la production alimentaire et non alimentaire afin d'éviter une concurrence des terres pour les usages alimentaires et énergétiques.

## Le millet perlé sucré et le sorgho sucré

Parmi les cultures potentielles pour la filière énergétique, le millet perlé sucré et le sorgho sucré présentent beaucoup d'intérêt puisqu'il s'agit d'espèces fourragères annuelles produisant des biomasses à hauts rendements (moyenne de 15 t/ha de matière sèche), même en conditions limitées d'approvisionnement en eau. La sève sucrée, extraite par pressage des plantes vertes, peut présenter une teneur moyenne de 16% en sucres et être facilement transformée en éthanol. La particularité de ces espèces réside dans l'obtention de cultures à double vocation, soit la production 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.

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 al. 2005). Pour sa part, le sorgho sucré peut être cultivé sur plusieurs types de sol, de légers à lourds.

L'introduction de ces deux cultures fourragères annuelles dans les rotations se traduira par des avantages agronomiques et économiques particulièrement pour trois secteurs, soit ceux de la production bovine, de la pomme de terre et des cultures commerciales. Pour les producteurs bovins, cela permettra de diversifier les revenus à la ferme (production d'éthanol et affouragement des bovins) tout en introduisant des cultures qui pourraient valoriser avantageusement les engrais de ferme, assurant une complémentarité entre les systèmes d'élevage et les cultures énergétiques. Pour les producteurs de pommes de terre, la culture du millet perlé sucré augmente les rendements de pomme de terre cultivées en rotation, tout en offrant un nouveau produit vendable : l'éthanol. Cette culture contribue à améliorer la qualité des sols, déficitaires en matière organique, par l'enfouissement de quantités importantes de résidus. De plus, en réduisant les populations du nématode, cette culture permet de ne plus utiliser de nématicides dans la pomme de terre, réduisant ainsi les coûts de production et les impacts environnementaux. Enfin, pour le secteur des cultures commerciales, l'introduction du millet perlé sucré et du sorgho sucré permet de conjuguer des avantages économiques et environnementaux. Il s'agit de cultures à interlignes étroits (18 cm) qui protègent mieux le sol en cours de culture et assurent une bonne couverture végétale à l'automne après la récolte, à la fois par les résidus laissés au champ, que par les repousses qui suivent la récolte.

## Essais en Outaouais

Selon des essais préliminaires menés en Outaouais par le Centre de recherche et de développement technologique agricole de l'Outaouais (CREDETAO) et par le MAPAQ, les hybrides de millet perlé sucré récoltés ont produit entre 60 et 80 tonnes/ha de biomasse humide et contenaient une teneur en sucres (degré Brix) qui variait de 9,5 à 20,4%. Ces mêmes essais ont démontré qu'à partir d'un rendement humide de 60 t/ha, avec une teneur moyenne en sucres de 16%, on pouvait extraire 30 t/ha de sève (50%) et produire un rendement en éthanol de 3100 litres/ha (tableau 1). Ce rendement en éthanol est comparable à celui obtenu avec 8,5 t/ha de grains de maïs. En comparaison avec le maïs grain, les revenus générés par le millet perlé sucré tant par la production d'éthanol que par la valeur du résidu de fourrage, permettraient de dégager un revenu brut supplémentaire d'environ 645\$/ha, ce qui est non négligeable pour le secteur agricole en crise de revenus. Cette culture offre également plus de rendement en fourrage que la production de fourrages vivaces cultivés sur les sols sableux et acides de cette région.

Tableau 1. Scénarios de production d'éthanol à partir de millet perlé sucré

Biomasse (t/ha)	60	70	80
% sève récoltée	50%	50%	50%
% sucre	16%	16%	16%
Éthanol %	51%	51%	51%
Densité apparente	0,789	0,789	0,789
Litres d'éthanol /ha	3 103	3 620	4 137

## Essais agronomiques

Les pratiques culturales reliées au semis, à la fertilisation et aux dates de récolte doivent être optimisées pour améliorer l'efficacité de production de ces cultures. Pour ce faire, des essais sur le millet perlé sucré seront réalisés pendant deux années (2007 et 2008) à deux sites, soit à St-Augustin (station de l'Université Laval) et à Ste-Anne-de-Bellevue (ferme expérimentale de l'Université McGill). Le premier essai vise à préciser les espacements (18 ou 36 cm) et les doses de semis (5, 10, 15, 20 kg/ha) qui vont permettre de maximiser la biomasse produite, le rendement en sucre et la valeur nutritive du fourrage. Le deuxième essai permettra de déterminer l'effet de la fertilisation azotée (0, 50, 100, 150, 200 kg/ha) et potassique (0 et 80 kg/ha) sur ces mêmes variables. Quatre dates de récolte, espacées de 15 jours, du début d'août jusqu'à la mi-septembre, vont permettre de vérifier comment évolue la teneur en sucre du millet et la qualité du fourrage dans le temps.

Les résultats préliminaires de l'année 2007 démontrent que le meilleur rendement de millet (21 t/ha de m.s.) est atteint à un espacement de 18 cm, avec une dose de 5 kg/ha au site de St-Anne-de-Bellevue alors qu'à St-Augustin, la dose de semis de 5 kg/ha a également conduit à de très bons rendements (moyenne de 13 t/ha de m.s.) mais ce, tant à 18 cm qu'à 36 cm. Les essais de fertilisation menés aux deux stations ont permis d'obtenir un rendement optimal à une dose de 100 kg de N/ha, pour des rendements de 13 et 18 t/ha de m.s./ha obtenus respectivement au site de St-Augustin et de St-Anne-de-Bellevue. Les teneurs moyennes en sucre étaient de 12%. L'incidence de la verse a augmenté avec la fertilisation azotée et s'est intensifiée aux dates de récoltes plus tardives.

En conclusion, les essais préliminaires ont démontré l'excellent potentiel de ces cultures sucrées. En favorisant une double vocation de ces cultures, la filière proposée est peu susceptible de soulever les débats actuellement engendrés par l'utilisation de denrées de première nécessité (e.g. maïs, céréales, soya et canola) pour la production d'énergie renouvelable.

## Références

- Andrews, D.J. and Kumar, K.A. 1992. Pearl millet for food, feed and forage. *Adv. Agron.* 48: 89-139
- Bélaïr, G., Dauphinais, N., Fournier, Y., Dangi, O.P. and M.F. Clément. 2005. Effects of forage and grain pearl millet on *Pratylenchus penetrans* and potato yields in Québec. *J. Nematol.* 37 (1): 78-82.

## **Le triticales comme plate-forme de développement des biocarburants**

YVES DION<sup>1</sup>, GILLES TREMBLAY<sup>1</sup>, AMÉLIE GAUTHIER<sup>1</sup>, ANDRÉ COMEAU<sup>2</sup>, DENIS PAGEAU<sup>3</sup>, BRIAN BERES<sup>4</sup>, FRANÇOIS EUDES<sup>4</sup>

<sup>1</sup> CÉROM, 740, chemin Trudeau, Saint-Mathieu-de-Beloeil, QC J3G 0E2 ; [yves.dion@cerom.qc.ca](mailto:yves.dion@cerom.qc.ca)

<sup>2</sup> Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Agriculture et agroalimentaire Canada, Sainte-Foy, QC G1V 2J3

<sup>3</sup> Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ferme de recherches, Normandin, QC G8M 4K3

<sup>4</sup> Centre de recherche de Lethbridge, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Lethbridge, AB T1J 4B1

**Mots clés : biocarburant, bioproduit, éthanol, triticales**

### **Une vision de la bioéconomie**

La bioindustrie est un secteur en émergence qui touche plusieurs secteurs industriels. L'économie de la biotransformation prendra son fondement dans les sciences de la vie, combinées aux processus de bioingénierie, elle accroîtra la viabilité de nos sociétés et industries en utilisant des ressources végétales renouvelables produites localement et axée sur les activités biologiques, microbiologiques, agroalimentaires, forestières. La bioéconomie sera compétitive aux secteurs industriels fondés sur les énergies, produits et procédés industriels qui utilisent les produits et énergies non renouvelables telles les énergies fossiles, les minerais.

Cette compétitivité se jouera sur les plans économiques, sociaux et environnementaux. Les avantages environnementaux de la bioéconomie sont associés à l'utilisation de produits de base qui sont davantage compatibles avec les cycles du monde vivant. La bioindustrie peut profiter de l'exploitation de ressources renouvelables qui peuvent être produites dans différentes régions et situées proches des lieux de transformation, ce qui constitue un facteur de réduction des ressources (coûts de transport) et crée des possibilités d'emploi en zones rurale et urbaine dans les secteurs de l'agriculture et de l'industrie.

### **Le triticales comme plate-forme pour le développement du biocarburant et des bioproduits**

Le potentiel et les avantages du triticales (x Triticosecale Wittmack) reposent sur son potentiel de rendement et de développement, il s'agit d'une espèce récente, développée artificiellement par l'homme. Le triticales est plus vigoureux que ses espèces génitrices, le blé et le seigle, il offre une excellente performance en regard des intrants qu'il utilise, soit un meilleur ratio rendement/ressources (intrants). Le triticales a le potentiel de croître sur une large gamme de sols et dans des conditions environnementales moins favorables, il est tolérant aux conditions marginales de croissance : pauvreté et acidité des sols, sécheresse ou excès d'eau, résistance aux maladies et il est plus compétitif contre les mauvaises herbes que la plupart des blés. Ses inconvénients sont surtout l'absence de marchés bien identifiés et porteurs. Le triticales n'a pas trouvé son marché en Amérique du Nord, il n'est pas prisé pour le marché de l'alimentation humaine et à peine davantage pour l'alimentation animale.

On reconnaît généralement un avantage de 20% en rendement environ du triticales sur les blés de printemps de l'Ouest<sup>1</sup>. Ces résultats ont été obtenus par des efforts plutôt modestes. Ce n'est pas le cas au Québec, le triticales n'a pas été amélioré et la performance des cultivars pourrait être nettement plus compétitive. Le triticales d'automne peut aussi être cultivé et l'avantage de la culture est plus important. On peut aussi s'attendre à un avantage de près de 50% en rendement avec des cultivars d'automne de triticales par rapport à des cultivars de triticales de printemps.

### **L'Initiative canadienne de bioraffinage du triticales**

L'Initiative canadienne de bioraffinage du triticales (ICBT / CTBI-Canadian Triticales Biorefinery Initiative) est un groupe d'intérêt sur l'utilisation industrielle du triticales qui regroupe des chercheurs et des développeurs qui veulent s'associer au déploiement de l'utilisation du triticales pour l'industrie, soit pour la production de biocarburant et autres bioproduits (matériaux, bioproduits de synthèse, produits de fractionnement). Cette initiative s'étend aux secteurs de la l'agronomie, de l'économie, de la chimie et des biotechnologies et couvre les domaines de la biologie végétale, la génétique, la biologie moléculaire, l'ingénierie génétique, la phytopathologie, l'alimentation humaine et animale,



la chimie de fermentation, la chimie des matériaux et des polymères, les bioprocédés, les études économiques et la gestion de projet. Un vaste projet a été financé par le Programme d'innovation en matière de bioproduits agricoles (PIBA).

Le groupe de l'ICBT est pour le moment composé principalement d'organisations fédérales et de l'Alberta, il s'agit principalement d'Agriculture et agroalimentaire Canada, du Conseil national de recherche Canada (CNRC) et d'organisations albertaines (universités, gouvernement provincial, Alberta Research Council). Le Québec est fortement représenté : Institut des matériaux industriels, Boucherville, Institut de recherche en biotechnologie, Montréal, l'École polytechnique, Montréal, Agriculture Canada (Sainte-Foy) et le CÉROM. Les institutions fédérales et provinciales de l'Alberta misent fortement sur le triticales comme plate-forme de développement pour la bioindustrie.

Nous aborderons brièvement les enjeux et le potentiel de cette production pour le secteur et les problématiques particulières. Les aspects qui nous concernent spécifiquement relèvent de l'agronomie mais il faut voir l'ensemble de cette filière pour en apprécier aussi les enjeux comme secteur industriel.

Nous avons participé à des essais collaboratifs de ce réseau même si le projet n'était pas encore financé par le PIBA. Un essai préliminaire comparant le blé et le triticales a été lancé à 21 sites canadiens à l'été 2007. Au Québec, trois sites ont été semés dans les trois zones agroclimatiques du Québec : Saint-Mathieu-de-Beloeil (BE) dans la région de Montréal, Sainte-Foy (SF), région de Québec et Normandin (NO) au Lac St-Jean. Ces résultats apparaissent au tableau suivant.

### Sommaire des caractéristiques

#### Moyennes combinée des trois sites du Québec et moyenne par site pour le rendement en grains

	Rendement en grains				Biomasse					
	BE	NO	SF	Moyenne	PHL	PMG	Haut	Verse	Maturité	foliaire
AC Ultima	3881	4121	3883	3962	67.6	38.5	95	1.3	105	4185
Pronghorn	3829	4514	4596	4313	68.3	38.0	105	1.6	107	5042
Tyndal	3546	3746	3976	3756	68.8	36.8	96	1.0	106	4590
AC Andrew	4396	4098	4417	4304	75.3	32.1	78	0.8	103	4908
Bhishaj	4349	2933	3280	3521	73.6	29.6	76	1.3	102	3630
SWS 349	4617	3282	4041	3980	73.0	29.1	78	1.3	103	4173
5700PR	3710	3734	3968	3804	77.7	35.9	74	0.8	104	3905
AC Crystal	3725	3730	4271	3908	77.0	33.9	78	1.3	104	3954
Superb	4200	3571	2988	3586	77.7	34.7	81	0.7	102	4053
Hoffman	4971	5480	5253	5235	78.8	43.0	99	1.3	104	5078

#### Référence

<sup>1</sup> Campbell, Stewart J. 2006. Canadian Triticales Biorefinery Initiative. An assessment of the opportunity and recommendations of strategy to develop triticales as a feedstock for biorefining. S. J. Campbell Investments Ltd.