

Rapport final réalisé dans le cadre du programme Prime-Vert,  
sous-volet 11.1 – Appui à la Stratégie phytosanitaire québécoise en  
agriculture

**TITRE DU PROJET : ÉVALUATIONS DE FONGICIDES DANS LES  
CULTURES DE CÉRÉALE À PAILLE EN STATIONS EXPÉRIMENTALES**

**NUMÉRO DU PROJET : CERO-1-LUT-11-1531  
(CERO-1-SPP-09-110)**

Réalisé par :  
Madame Sylvie Rioux

DATE : 26 mars 2013

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport  
émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère  
de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

# Évaluation de fongicides dans les cultures de céréale à paille en stations expérimentales

Sylvie Rioux<sup>1</sup>, Denis Pageau<sup>2</sup>, Anne Vanasse<sup>3</sup>, Yves Dion<sup>1</sup> et Barbara Blackwell<sup>4</sup>

Durée : 04/2009 – 03/2012

## FAITS SAILLANTS (Résumé du projet)

L'objectif du projet CERO-1-LUT-11-1531 était de compléter les travaux du projet CERO-1-SPP-09-110 avec une troisième année de résultats. Dans le présent rapport, nous présentons les résultats provenant des trois années de l'étude qui visait à comparer l'effet de l'application de fongicides en végétation sur l'incidence des maladies foliaires et de la fusariose chez le blé, l'orge et l'avoine.

Les résultats indiquent que l'utilisation d'un fongicide de synthèse permet de réduire l'intensité des taches foliaires des céréales, alors que le bioagent CLO1 n'a pas eu d'impact sur ces maladies. Les fongicides à usage spécifique contre les maladies du feuillage (Quilt, Stratego, Pivot et Headline) n'ont pas réduit le contenu des grains en désoxynivalénol (DON) quelle que soit l'espèce de céréale. On a même observé une hausse du contenu en DON avec le Headline chez l'orge et l'avoine et avec le Quilt chez l'orge. Même si ces fongicides ont permis d'augmenter les rendements, avec un tel risque d'augmentation de la teneur en toxine on ne voit pas vraiment l'avantage à les utiliser, particulièrement dans le cas de l'orge qui est plus sensible à la fusariose. Pour ce qui est des autres fongicides destinés à lutter contre la fusariose, le Proline et le Prosaro ont permis de réduire la contamination des grains en DON de 46 % chez le blé, 34 % chez l'orge et 25 % chez l'avoine. Le Folicur a réduit le contenu en DON seulement chez le blé et de façon moins efficace (30 %) que le Proline et le Prosaro. Quant au CLO1, il n'a pas eu d'impact sur la teneur en toxine. L'utilisation des fongicides homologués contre la fusariose semble justifiée et rentable les années de fusariose puisqu'ils améliorent à la fois le rendement et la qualité du grain. Par contre, ils ne réussissent pas toujours à abaisser la teneur en DON sous le seuil de 2 ppm, seuil au-delà duquel la commercialisation devient plus difficile. Il apparaît évident que la lutte contre la fusariose ne peut reposer uniquement sur l'usage de fongicides. Elle doit plutôt reposer sur des rotations adéquates (espèces non hôtes l'année précédant la céréale) et des cultivars plus résistants, complétés entre autres par l'application de fongicides en cas de risque d'infection (Réseau d'avertissements phytosanitaires à consulter).

## OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE OU DÉMARCHE

L'étude a été réalisée durant trois saisons, 2009, 2010 et 2011, et à trois différentes stations : Saint-Mathieu-de-Beloeil (CÉROM), Saint-Augustin-de-Desmaures (Université Laval) et Normandin (Agriculture et Agroalimentaire Canada). Le dispositif expérimental était un dispositif en quatre blocs complets aléatoires comprenant deux facteurs, le fongicide et l'espèce de céréale (un cultivar par espèce). Le facteur fongicide incluait un traitement témoin sans fongicide et huit traitements fongicides : QUILT (750 mL/ha), STRATEGO 250 EC (500 mL/ha), PIVOT 418 EC (300 mL/ha) et HEADLINE EC (400 mL/ha), appliqués au stade sortie de la feuille étendard; et FOLICUR 250 EW (500 mL/ha), PROLINE 480 SC (420 mL/ha), PROSARO 250 EC (800 mL/ha) et le bioagent *Clonostachys rosea* (CLO1, 620 g/ha), appliqués au stade 50 % floraison pour le blé et inflorescence 100 % sortie pour l'orge et l'avoine. Le bioagent (non homologué) ne faisait pas partie de l'étude la première saison (2009). Le facteur espèce comprenait le blé Orléans (catégorie 3 de sensibilité à la fusariose; 1 = peu sensible, 9 = extrêmement sensible), l'orge Païdia (catégorie 5) et l'avoine Robust (catégorie 3) qui est la plus sensible des avoines recommandées et la seule de cette catégorie. Afin d'augmenter la pression de fusariose, les essais ont été implantés soit sur un précédent cultural de maïs ou de céréale. Plusieurs variables ont été mesurées dont l'intensité des symptômes des taches foliaires, le contenu des grains en DON (désoxynivalénol ou vomitoxine), le rendement en grain, le poids spécifique (poids à l'hectolitre) et le poids de 1000 grains.

<sup>1</sup>Centre de recherche sur les grains (CÉROM); <sup>2</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), Normandin; <sup>3</sup>Département de phytologie, Université Laval; <sup>4</sup>AAC, Ottawa.

## RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE OU POUR LA DISCIPLINE

Les taches foliaires se sont manifestées à tous les ans et à toutes les stations, alors que la fusariose s'est manifestée dans tous les essais en 2009, mais seulement à Saint-Mathieu en 2010 et à Normandin en 2011 (résultats par essai non présentés). Les résultats combinés des neuf années-stations ont été analysés pour chacune des espèces avec la fonction d'analyse PROC MIXED du prologiciel SAS.

### *Taches foliaires*

L'intensité des symptômes des taches foliaires a été notée à une reprise durant la saison selon une échelle de 0 à 9 (0 = aucun symptôme; 9 = taches couvrant la surface foliaire de la feuille étendard à 50 % et plus). Que ce soit pour le blé (tableau 1), l'orge (tableau 2) ou l'avoine (tableau 3), tous les fongicides de synthèse ont permis de réduire significativement l'intensité des taches foliaires en comparaison avec le traitement témoin sans fongicide. Le bioagent CLO1 n'a pas eu d'impact sur les taches foliaires puisque l'intensité des symptômes n'était pas différente de celle du traitement témoin.

### *Fusariose et paramètres du rendement*

Chez le blé (tableau 1), le Proline et le Prosaro ont contribué à réduire le contenu en DON d'environ 46 %, alors que pour le Folicur cette réduction a été d'environ 30 %. Les autres fongicides n'ont pas eu d'effet sur cette variable. Ces résultats sont en accord avec les prémisses de l'homologation des produits puisque seuls le Proline, le Prosaro et le Folicur sont homologués chez le blé pour lutter contre la fusariose de l'épi alors que les autres fongicides homologués le sont pour lutter contre les maladies foliaires seulement. La répression de la fusariose par le Proline, le Prosaro et le Folicur se répercute également sur le poids spécifique et le rendement en grains. En effet, les poids spécifiques et les rendements les plus élevés ont été obtenus pour les traitements Prosaro, Proline et Folicur, bien que certains autres fongicides n'étaient pas différents du Folicur (Pivot et Headline pour le poids spécifique; Headline pour le rendement) ou du Proline (Headline pour le rendement). Tous les produits testés ont amélioré le poids spécifique et le poids de 1000 grains. Ils ont également permis, à l'exception du bioagent CLO1, d'augmenter significativement le rendement en grains.

Chez l'orge (tableau 2), les deux produits homologués pour lutter contre la fusariose, soit le Proline et le Prosaro ont permis de réduire le contenu des grains en DON, une réduction de l'ordre de 34 %. Pour leur part, le Folicur, le bioagent CLO1, le Pivot et le Stratego, n'ont pas eu d'effets significatifs sur cette variable. Il est important de mentionner que le Headline et le Quilt, deux fongicides contenant une

Tableau 1. Effet de l'application de fongicides en végétation chez le **blé** (cv. Orléans) sur différents paramètres pathologiques et agronomiques selon des essais réalisés à trois stations (Saint-Mathieu-de-Beloeil, Saint-Augustin et Normandin), pendant trois saisons (2009-2011)

Traitement	Rendement (kg/ha)	DON <sup>1</sup> (ppm)	PMG (g)	Poids spécifique (kg/hL)	Taches foliaires (0-9)
Témoin	2885 e	3,7 ab	32,3 e	74,9 e	6,3 a
Quilt	3196 cd	4,3 a	35,0 ab	75,9 cd	4,6 cd
Stratego	3113 d	3,5 b	34,1 cd	75,7 cd	5,0 b
Pivot	3098 d	3,8 ab	34,6 bcd	76,1 bc	4,8 bc
Headline	3267 bc	3,8 ab	35,2 ab	76,1 bc	4,4 d
Folicur	3367 ab	2,6 c	35,1 ab	76,2 ab	4,7 c
Proline	3403 ab	2,1 d	34,9 abc	76,4 a	5,0 b
Prosaro	3415 a	1,9 d	35,7 a	76,5 a	4,6 cd
CLO1 <sup>2</sup>	3043 de	3,6 ab	33,7 d	75,1 d	6,3 a

Rendement = rendement en grains; DON = contenu des grains en toxine désoxynivalénol; PMG = poids de 1000 grains.

<sup>1</sup> Moyennes détransformées du logarithme. <sup>2</sup> Non testé en 2009.

Pour une même colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

Tableau 2. Effet de l'application de fongicides en végétation chez l'**orge** (cv. **Païdia**) sur différents paramètres pathologiques et agronomiques selon des essais réalisés à trois stations (Saint-Mathieu-de-Beloeil, Saint-Augustin et Normandin), pendant trois saisons (2009-2011)

Traitement	Rendement (kg/ha)	DON <sup>1</sup> (ppm)	PMG (g)	Poids spécifique (kg/hL)	Taches foliaires (0-9)
Témoin	3632 d	6,2 c	34,5 cde	60,9 c	5,1 a
Quilt	3779 bcd	7,5 a	34,7 de	61,7 b	3,1 c
Stratego	3874 abc	6,8 bc	34,9 bcde	61,5 b	3,7 b
Pivot	3841 abc	7,0 abc	34,7 e	61,5 b	3,2 c
Headline	3839 abc	7,4 ab	35,5 abcd	61,7 b	3,0 cd
Folicur	3932 ab	6,1 bc	35,4 ab	61,9 b	3,1 c
Proline	3954 ab	3,7 d	35,5 a	62,6 a	2,8 de
Prosaro	3986 a	4,4 d	35,6 abc	62,6 a	2,7 e
CL01 <sup>2</sup>	3692 cd	6,6 abc	34,6 de	61,4 bc	5,0 a

Rendement = rendement en grains; DON = contenu des grains en toxine désoxynivalénol; PMG = poids de 1000 grains.

<sup>1</sup> Moyennes détransformées du logarithme. <sup>2</sup> Non testé en 2009.

Pour une même colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

Tableau 3. Effet de l'application de fongicides en végétation chez l'**avoine** (cv. **Robust**) sur différents paramètres pathologiques et agronomiques selon des essais réalisés à trois stations (Saint-Mathieu-de-Beloeil, Saint-Augustin et Normandin), pendant trois saisons (2009-2011)

Traitement	Rendement (kg/ha)	DON (ppm)	PMG (g)	Poids spécifique (kg/hL)	Taches foliaires (0-9)
Témoin	3376 d	4,2 bc	30,6 d	53,3 cd	4,8 a
Quilt	3628 abc	4,3 ab	31,2 abc	53,9 ab	3,6 cd
Stratego	3678 abc	4,3 ab	30,8 cd	53,7 abc	4,0 b
Pivot	3569 bc	4,3 bc	30,9 cd	53,5 bcd	3,9 bc
Headline	3701 ab	5,0 a	31,3 abc	53,9 ab	3,2 e
Folicur	3686 ab	3,5 cde	31,4 ab	53,5 bcd	3,6 d
Proline	3745 a	3,0 e	31,5 ab	54,2 a	3,6 cd
Prosaro	3701 ab	3,2 de	31,7 a	54,0 ab	3,7 cd
CL01 <sup>1</sup>	3518 cd	4,0 bcd	30,9 bcd	53,1 d	4,6 a

Rendement = rendement en grains; DON = contenu des grains en toxine désoxynivalénol; PMG = poids de 1000 grains.

<sup>1</sup> Non testé en 2009.

Pour une même colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

strobilurine, ont eu pour effet d'augmenter la teneur en toxine. Un tel effet a déjà été observé dans d'autres études réalisées en Amérique du Nord et en Europe (voir section « Autres travaux... »). Tout comme chez le blé, la réduction de la fusariose semble avoir eu des effets sur le poids spécifique. En effet, ce dernier est significativement plus élevé pour les traitements Proline et Prosaro comparativement aux autres traitements. Les autres fongicides de synthèse ont également induit un meilleur poids spécifique que le témoin. Quant au rendement, la plupart des fongicides ont permis d'obtenir des rendements supérieurs à ceux du traitement témoin; le bioagent CLO1 et le Quilt n'étaient pas différents du témoin.

Chez l'avoine (tableau 3), le Proline et le Prosaro, bien que non homologués pour cette espèce, ont réduit de façon significative le contenu des grains en toxine. La réduction de la teneur en DON, d'environ 25 %, est toutefois moindre que celle obtenue chez l'orge et le blé avec ces deux fongicides. L'utilisation du Headline, tout comme chez l'orge, a contribué à augmenter la teneur en DON des grains, alors qu'avec les autres fongicides le contenu en DON n'était pas différent de celui du témoin. Contrairement au blé et à l'orge, l'effet des fongicides sur le poids spécifique ne semble pas être lié à leur effet sur la fusariose. En effet, en plus du Proline et du Prosaro, le Headline (qui a augmenté la teneur en DON) et le Quilt ont également contribué à améliorer le poids spécifique. Les autres fongicides, quant à eux, n'ont pas eu d'effets sur le poids spécifique. Les fongicides de synthèse ont permis d'augmenter le rendement de façon à peu près équivalente; le rendement obtenu avec le Pivot a cependant été plus faible qu'avec le Proline.

#### *Considérations économiques*

Chez les trois espèces de céréales à l'essai, les fongicides homologués pour contrer spécifiquement les maladies du feuillage, soit le Quilt, le Stratego, le Pivot et le Headline n'ont pas permis de réduire le contenu des grains en DON. **Il y a même eu augmentation du contenu en DON dans le cas du Headline (orge et avoine) et du Quilt (orge).** En général, ces fongicides ont contribué à augmenter le rendement (sauf dans le cas du Quilt chez l'orge). Le bénéfice de ces augmentations de rendement est cependant neutralisé par l'absence de réduction du contenu en DON. Il n'y a donc **pas d'avantage économique** à utiliser ces fongicides chez les céréales pour réduire la fusariose, à tout le moins quand l'application se fait au stade de l'émergence de la feuille étendard.

Quant aux fongicides destinés à lutter contre la fusariose, le Proline et le Prosaro ont été en général plus efficaces que le Folicur à réduire le contenu en DON, alors que le bioagent CLO1 n'a pas eu cet effet. La plus grande réduction du contenu en DON par le Proline ou le Prosaro l'a été chez le blé, suivi de l'orge, puis de l'avoine. Chez le blé, la teneur en DON a même pu être réduite sous le seuil ou au seuil de 2 ppm, qui constitue la norme admise de commercialisation. Les gains de rendement obtenus lors des essais suite à l'application de Proline ou de Prosaro ont été plus élevés chez le blé Orléans que chez l'orge Païdia et l'avoine Robust (Annexe A). Selon la valeur de la récolte et du coût d'application des produits, il peut être économiquement avantageux d'appliquer ces produits chez le blé et chez l'orge (Annexe A). L'équation économique doit cependant prendre en compte le contenu des grains en toxine puisqu'il influe sur la valeur de la récolte; plus une récolte est contaminée, plus sa valeur sera dépréciée sur le marché. Pour l'avoine, on ne peut pas vraiment discuter de rentabilité à partir des résultats obtenus puisque le cultivar Robust n'est pas typique de la majorité des cultivars présents sur le marché qui sont beaucoup moins sensibles (RGCQ, données non publiées). De plus, le Proline et le Prosaro ne sont pas homologués pour cette espèce. Le CARAMBA, récemment homologué pour usage chez les céréales dont l'avoine, n'a pu être inclus dans les essais.

#### **APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER**

Ces résultats montrent qu'il peut être profitable, pendant les années de fusariose, d'utiliser des fongicides homologués pour lutter contre cette maladie chez le blé et l'orge. Ces fongicides contribuent à réduire le contenu des grains en DON, à augmenter le poids spécifique et le rendement en grains. Cependant, il n'est pas garanti que le taux de contamination des grains en toxine soit abaissé à un niveau suffisamment bas pour ne pas affecter la valeur commerciale de la récolte, comme ce fut le cas pour l'orge dans la présente étude. L'application de fongicides en cas de risque d'infection (avertissements du Réseau d'avertissements phytosanitaires à consulter) doit plutôt accompagner les moyens de lutte de base que sont la rotation adéquate des cultures (espèces non hôtes l'année précédant la céréale) et l'utilisation de cultivars plus résistants. D'autres mesures comme un semis hâtif, une réduction de la verse et une récolte au bon moment peuvent, elles aussi, aider à réduire l'incidence de cette maladie.

Les résultats nous indiquent également que l'usage de fongicides à base de strobilurine comporte un risque d'augmenter le contenu des grains en DON, à tout le moins quand l'application se fait à l'émergence de la feuille étendard. Une application de ces produits à un stade de développement plus hâtif de la céréale n'a pas été évaluée lors de la présente étude.

## **POINTS DE CONTACT POUR INFORMATIONS**

Nom du responsable du projet : Sylvie Rioux

Téléphone : (418) 528-7896

Télécopieur : (418) 644-6855

Courriel : sylvie.rioux@cerom.qc.ca

## **AUTRES TRAVAUX OU RÉFÉRENCES SUR LE MÊME SUJET**

Des études menées aux États-Unis et en Ontario ont montré que l'efficacité des fongicides contre les maladies foliaires dépendait beaucoup des cultivars testés (Carl Bradley, ISU; Gilles Quesnel, OMAFRA; comm. pers.); les cultivars sensibles répondant mieux que les cultivars plus résistants. On retrouve aussi, surtout dans les publications de vulgarisation que ce soit en Amérique du Nord ou en Europe, une mise en garde à l'utilisation des fongicides contenant une strobilurine en application près du stade épiaison-floraison puisqu'il y a un risque d'augmenter l'incidence de la fusariose. Sur cet aspect on peut citer comme exemple les recommandations d'AVARLIS – Institut du végétal parues dans la revue *Perspectives Agricoles*, n°374, janvier 2011.

### Communications passées ou à venir issues de la présente étude :

Vanasse, A., S. Rioux, D. Pageau et B. Blackwell. 2012. Effets des fongicides sur le rendement et la teneur en désoxynivalénol (DON) du blé, de l'orge et de l'avoine. Congrès annuel de la SPPQ. Valleyfield, 5-6 juin 2012.

Pageau D., Vanasse, A, Rioux, S and Lajeunesse, J. 2011. Effect of fungicide application on cereal productivity. Affiche présentée lors de la réunion annuelle de l'ASA, CSSA and SSSA. San Antonio, TX, USA, 16-19 octobre.

Rioux, S., D. Pageau, A. Vanasse et B. Blackwell. 2011. Les fongicides en production céréalière : utiles ou inutiles ? Journée d'information agricole de la Direction régionale du Saguenay-Lac-Saint-Jean (MAPAQ), Alma, 15 mars.

Rioux, S., D. Pageau, A. Vanasse et B. Blackwell. 2011. Évaluation de fongicides dans les cultures de céréale. Journée d'information scientifique – Grandes cultures. Comité céréales et Comité maïs et plantes oléoprotéagineuses du CRAAQ, Drummondville, 19 février, 17 février.

Rioux, S., D. Pageau, A. Vanasse et B. Blackwell. 2011. Fongicides chez les céréales : résultats d'essais menés au Québec en 2009 et 2010. Journée INPACQ – Grandes cultures et conservation des sols. Journée d'information agricole de la Direction régionale du Centre-du-Québec (MAPAQ) et coll., Nicolet, 10 février.

Pageau, D., S. Rioux, A. Vanasse, and J. Lajeunesse. 2010. Effect of fungicide application on DON content in cereals. Proceedings of the 11<sup>th</sup> European Fusarium Seminar. Sept. 20-23, Radzikow, Poland, p. 329.

Rioux, S. et B. Duval. 2010. Évaluation de fongicides pour réduire les maladies foliaires et la fusariose chez les céréales. Journée phytoprotection, CRAAQ, Station agronomique de l'Université Laval, Saint-Augustin-de-Desmaures, 22 juillet.

## **REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS**

Ce projet a été réalisé dans le cadre du programme Prime-Vert, volet 11 - Appui à la Stratégie phytosanitaire avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Nous remercions également le Syndicat des producteurs de semences pedigree du Québec (SPSPQ) pour leur appui financier.

## Annexe A

Considérations économiques de l'usage de fongicides ayant réduit le contenu en toxine désoxynivalénol (DON) lors d'une étude réalisée à trois stations (Saint-Mathieu-de-Beloeil, Saint-Augustin-de-Desmaures et Normandin) pendant trois saisons (2009, 2010 et 2011)

Coût d'application (\$ / ha)	Prix la tonne (\$ / t)	Gain de rendement pour profit <sup>1</sup> (kg / ha)	Profit ou perte sur gain réel <sup>3</sup> (\$ / ha)				
			Blé Orléans		Orge Païdia	Avoine <sup>4</sup> Robust	
			Proline/Prosaro	Folicur	Proline/Prosaro	Proline/Prosaro	Folicur
50	150	333	28,60	22,30	0,70	2,05	-3,50
	200	250	54,80	46,40	17,60	19,40	12,00
	250	200	81,00	70,50	34,50	36,75	27,50
	300	167	107,20	94,60	51,40	54,10	43,00
	350	143	133,40	118,70	68,30	71,45	58,50
75	150	500	3,60	-2,70	-24,30	-22,95	-28,50
	200	375	29,80	21,40	-7,40	-5,60	-13,00
	250	300	56,00	45,50	9,50	11,75	2,50
	300	250	82,20	69,60	26,40	29,10	18,00
	350	214	108,40	93,70	43,30	46,45	33,50
100	150	667	-21,40	-27,70	-49,30	-47,95	-53,50
	200	500	4,80	21,40	-32,40	-30,60	-38,00
	250	400	31,00	45,50	-15,50	-13,25	-22,50
	300	333	57,20	69,60	1,40	4,10	-7,00
	350	286	83,40	93,70	18,30	21,45	8,50
<b>Gains réels<sup>2</sup> (kg / ha) :</b>			<b>524</b>	<b>482</b>	<b>338</b>	<b>347</b>	<b>310</b>

<sup>1</sup> Gain de rendement requis pour rentabiliser le coût d'application d'un fongicide (50, 75 ou 100 \$/ha) calculé en fonction de la valeur de la récolte (150 à 350 \$ par tonne métrique) qui varie selon la bourse de Chicago et la qualité des grains (inclus le contenu en DON).

<sup>2</sup> Gain de rendement du ou des fongicides obtenu lors de l'étude (moyenne des neuf années-stations) par rapport au traitement témoin sans fongicide.

<sup>3</sup> Profit ou perte (\$ / ha) calculé(e) à partir des gains de rendement réels obtenus lors de l'étude (neuf années-stations), de la valeur de la récolte (150 à 350 \$ par tonne métrique) et du coût d'application du fongicide (50, 75 ou 100 \$/ha).

<sup>4</sup> Les fongicides Proline, Prosaro et Folicur ne sont pas homologués pour l'avoine.