

Évaluation de modèles prévisionnels de la fusariose de l'épi chez le blé dans les conditions de culture du Québec

MARIE-EVE GIROUX¹, ANNE VANASSE¹, GAÉTAN BOURGEOIS², YVES DION³, SYLVIE RIOUX⁴, DENIS PAGEAU⁵, SALAH ZOGHLAMI⁶, CLAUDE PARENT⁷, ÉLISABETH VACHON⁸.

1 Département de phytologie, Université Laval, Québec, QC, G1V 0A6

2 Agriculture et Agroalimentaire Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, QC, J3B 3E6

3 Centre de recherche sur les grains inc. (CÉROM), Saint-Mathieu-de-Beloeil, QC, J3G 0E2

4 Centre de recherche sur les grains inc. (CÉROM), Complexe Scientifique, Québec, QC, G1P 3W8.

5 Agriculture et Agroalimentaire Canada, Normandin, QC, Canada, G8M 4K3.

6 Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec, Longueuil, QC, J4H 4G4

7 MAPAQ, 200 chemin Ste-Foy, 10^{ème} étage, Québec, QC, G1R 4X6

8 Moulins de Soulanges, 485 rue St-Philippe, Saint-Polycarpe, QC, J0P 1X0

Correspondance : anne.vanasse@fsaa.ulaval.ca

Mots clés: modélisation, phytopathologie, fusariose de l'épi, blé.

Introduction

La fusariose de l'épi du blé est une maladie fongique qui affecte les céréales à paille et le maïs et qui cause des pertes économiques importantes certaines années. La floraison est la période critique où le blé est le plus sensible à l'infection (Bailey et coll. 2004). La réduction du rendement associée au faible poids des grains contaminés et la perte de qualité engendrée par le désoxynivalénol (DON), une toxine produite par des agents pathogènes de la fusariose, sont des problèmes pour les producteurs et les transformateurs (Bailey et coll. 2004). Pour gérer les risques associés à cette maladie, plusieurs pays ont développé des modèles prévisionnels soit empiriques, soit épidémiologiques. Les modèles empiriques peuvent prédire le risque d'infection ou la teneur en DON des grains en reliant les conditions météorologiques propices à la fusariose au stade phénologique du blé, tandis que les modèles épidémiologiques font les prévisions de risques en simulant la courbe de développement de l'agent pathogène en fonction du climat pendant la période critique du blé (Prandini et coll. 2009).

L'objectif principal de ce projet est de mettre en place un maximum de facteurs (climat, cultivar, date de semis, fongicide) permettant de faire varier les risques d'infection de la fusariose de l'épi et les impacts de l'infection sur la production de blé de printemps et d'automne, afin de mettre à l'essai et comparer les performances de plusieurs modèles prévisionnels et leurs variantes qui ont été développés et éprouvés hors des conditions du Québec.

Méthodologie

La mise à l'essai et la vérification de la compétence des modèles ont été réalisées à quatre stations expérimentales ainsi qu'à une soixantaine de champs commerciaux répartis dans les trois zones climatiques représentatives de la production des céréales au Québec. Les sites d'essai sont situés à L'Acadie et Saint-Mathieu-de-Beloeil (zone 1), à Saint-Augustin-de-Desmaures (zone 2) et à Normandin (zone 3). À chacun des sites expérimentaux, un essai de blé de printemps a été répété deux années et un essai de blé d'automne a été implanté pendant un an. Pour l'essai de blé de printemps, les facteurs considérés dans le plan en tiroirs sont la date de semis, le cultivar et l'utilisation d'un fongicide pour la répression de la fusariose. Pour l'essai de blé d'automne, un plan en bloc complet aléatoire a pour seul facteur l'application de fongicide. Ces facteurs permettent de maximiser la variabilité des niveaux d'infection dans des conditions environnementales diversifiées. Cette variabilité permet de tester les modèles prévisionnels dans une étendue de conditions et, ainsi, vérifier leur efficacité dans des scénarios épidémiques et non épidémiques. Les modèles empiriques canadiens (Hooker et coll. 2002), américains (Molineros 2007, De Wolf et coll. 2003) et argentins (Moschini et coll. 2001) ainsi que le modèle épidémiologique italien (Rossi et coll. 2003) ont été intégrés dans le logiciel CIPRA (Centre Informatique de Prévisions des Ravageurs en Agriculture). De plus, le modèle DONCast® (Schaafsma et Hooker 2007) sera évalué avec la collaboration de Weather Innovation Incorporated. Les prédictions des risques d'infection de fusariose de l'épi ou de la teneur en DON des grains seront générées par chaque modèle à partir des données météorologiques horaires enregistrées à des stations automatisées situées sur chaque site expérimental. Finalement, la performance des modèles prévisionnels sera évaluée avec la méthode d'analyse ROC « Receive Operating Characteristic curve ».

Résultats et conclusion

En 2011, les symptômes de la fusariose de l'épi ont été présents à tous les sites expérimentaux sauf au site de Saint-Mathieu-de-Beloeil. Ainsi, l'application du fongicide à base de prothioconazole et de tébuconazole a diminué la teneur en DON des grains de blé de printemps aux trois sites, à l'exception de ce dernier. Au site de Saint-Augustin-de-Desmaures, où les teneurs en DON étaient les plus élevées, l'application de fongicide a réduit les teneurs moyennes de façon importante pour les deux premières dates de semis, les faisant passer de 2,5 à 1,1 ppm. L'application de fongicide a également favorisé une augmentation des rendements en grains à tous les sites, cet effet étant plus marqué pour le cultivar plus sensible à la fusariose Torca (augmentation de 18,3 à 36,4 %) que pour le cultivar AC Barrie (augmentation de 4,3 à 15,2 %).

L'année 2012 a été peu propice au développement de la fusariose de l'épi chez le blé de printemps et ce, aux quatre sites expérimentaux. La teneur en DON la plus élevée a été observée à Normandin pour les traitements sans fongicide (0,9 ppm). L'application de fongicide a réduit la teneur en DON à 0,5 ppm. À Saint-Augustin-de-Desmaures, le fongicide a été plus efficace pour réduire la teneur en DON à la date de semis hâtive qu'aux dates de semis intermédiaire et tardive. Malgré la présence peu marquée de la maladie, le fongicide a favorisé une augmentation de rendement et une diminution de la teneur en DON à trois sites sur quatre. Au site de Saint-Mathieu-de-Beloeil, aucun effet n'a été observé pour ces deux variables. Pour les autres sites, l'augmentation de rendement a varié de 12,7 à 23,3 %. Aux sites de Normandin et Saint-Augustin-de-Desmaures, une interaction entre la date de semis et le cultivar a été observée. En effet, le cultivar Torca avait toujours un rendement plus élevé que le cultivar AC Barrie, mais la différence entre les deux s'atténuait plus la date de semis était tardive.

En ce qui concerne le blé d'automne, la pression de la fusariose de l'épi était très faible. Les teneurs en DON mesurées ont varié de 0,03 à 0,74 ppm. L'effet du site expérimental a été très significatif autant pour le rendement en grains que pour la teneur en DON. Les rendements ont varié de 3,6 à 7,0 t/ha. Le fongicide n'a pas eu d'effet sur les rendements mais a légèrement diminué la teneur en DON.

À la suite des tests de modélisation préliminaires effectués sur cinq modèles prévisionnels ou leur variante avec les données des sites expérimentaux, les résultats montrent que le modèle de Hooker et coll. (2002) ainsi que celui de Rossi et coll. (2003) se distinguent en fournissant des estimés qui se rapprochent le plus des observations de fusariose dans les quatre sites expérimentaux lors des deux années. En ce qui concerne les modèles sélectionnés de la publication de DeWolf et coll. (2003), ils semblent généralement surestimer le risque d'épidémie de fusariose tant en 2011 qu'en 2012. Les résultats des autres modèles et des analyses de la méthode ROC seront disponibles plus tard en 2013.

En conclusion, l'identification du modèle le mieux adapté à nos conditions pourrait constituer la première étape vers l'élaboration et l'implantation d'un modèle prévisionnel québécois. Ce projet a été possible grâce au soutien financier du Programme de réduction des risques liés aux pesticides du Centre pour la Lutte Antiparasitaire d'Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Références

- Bailey, K. L., L. Couture, et coll. 2004. *Maladie des grandes cultures au Canada*. Saskatoon, La Société Canadienne de Phytopathologie. 318 p.
- De Wolf, E. D., L. V. Madden et P. E. Lipps. 2003. Risk Assessment Models for Wheat Fusarium Head Blight Epidemics Based on Within-Season Weather Data. *Phytopathology* 93(4): 428-435.
- Hooker, D. C., A. W. Schaafsma et L. Tamburic-Ilincic. 2002. Using Weather Variables Pre- and Post-heading to Predict Deoxynivalenol Content in Winter Wheat. *Plant disease* 86(6): 611-619.
- Molineros, J. 2007. *Understanding de challenges of fusarium*. Doctor of Philosophy, The Pennsylvania State University.
- Moschini, R. C., R. Pioli, M. Carmona et O. Sacchi. 2001. Empirical Predictions Of Wheat Head Blight In The Northern Argentinean Pampas Region. *Crop Sci.* 41(5): 1541-1545.
- Prandini, A., S. Sigolo, et coll. 2009. Review of predictive models for Fusarium head blight and related mycotoxin contamination in wheat. *Food and Chemical Toxicology* 47(5): 927-931.
- Rossi, V., S. Giosuè, E. Patteri, F. Spanna et A. Del Vecchio. 2003. A model estimating the risk of Fusarium head blight on wheat. *EPPO Bulletin* 33(3): 421-425.
- Schaafsma, A. W. et D. C. Hooker. 2007. Climatic models to predict occurrence of Fusarium toxins in wheat and maize. *International Journal of Food Microbiology* 119(1-2): 116-125.

Évaluation de modèles prévisionnels de la fusariose de l'épi chez le blé dans les conditions de culture du Québec

Marie-Eve Giroux, agr.
Université Laval

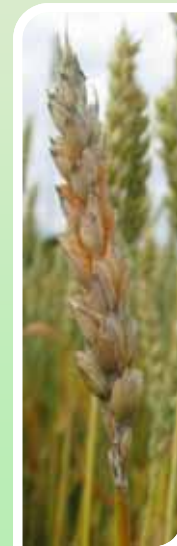


Problématique

Fusariose attaque **céréales à paille** et maïs
(Bailey et coll. 2004)



Pertes liées à stérilité des fleurs et mycotoxines = ↓ rendement, ↓ qualité et ↓ \$


2,7 milliards \$ entre 1998-2002 en Amérique centrale et Amérique du Nord
(Leplat et coll. 2013)



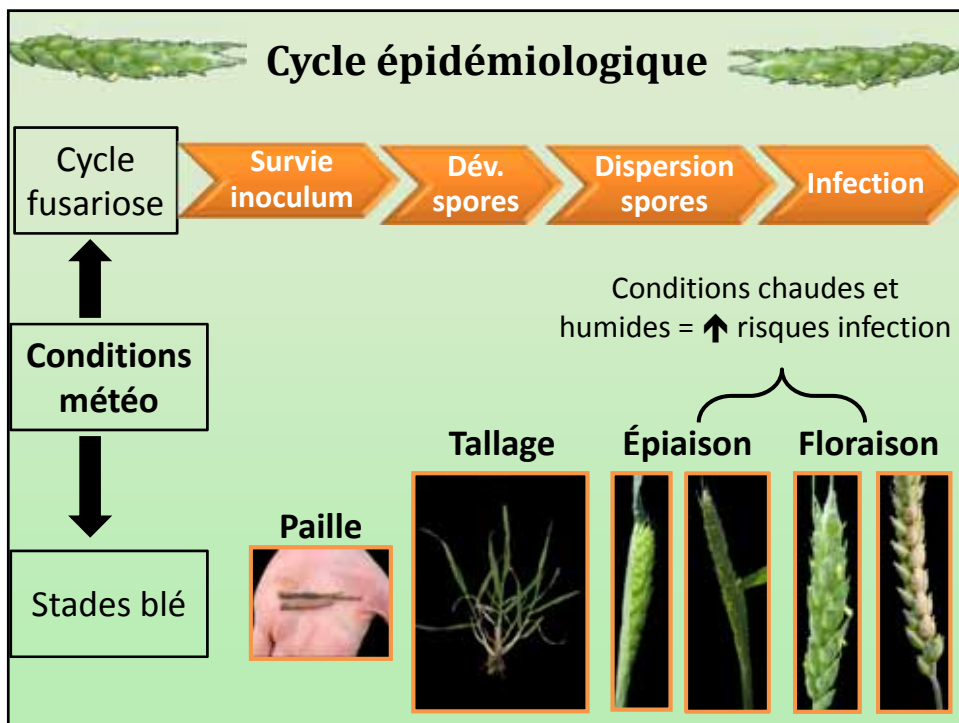
Signes et symptômes

- ∞ Blanchissement et dessèchement prématuré des épillets
- ∞ Mycélium superficiel orange à rosé
- ∞ Grains légers et ratatinés blanchâtres à roses



Photos: D.Schmale (Sutton 1982; Bailey et coll. 2004)



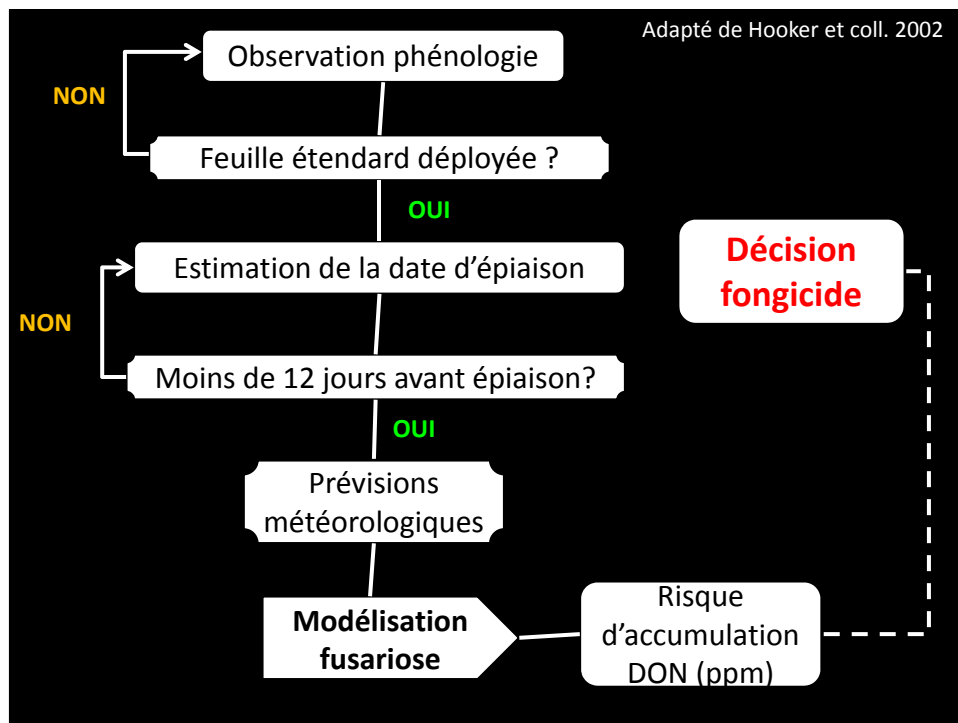
Modèles prévisionnels

Modèles empiriques (Prandini et coll. 2009)

- + Relations entre climat et fusariose de l'épi
- + Conception simple
- + Fiables dans leur région d'origine
- **Besoins d'ajustements pour fonctionner ailleurs**

À l'étude:

- ✓ Hooker et coll. (2002) 🇨🇦
- ✓ DONCast® (Schaafsma et Hooker 2007) 🇨🇦
- ✓ De Wolf et coll. I, II, III (2003) 🇺🇸
- ✓ Molineros (2007) 🇺🇸
- ✓ Moschini et coll. (2001) 🇦🇷




Modèles prévisionnels

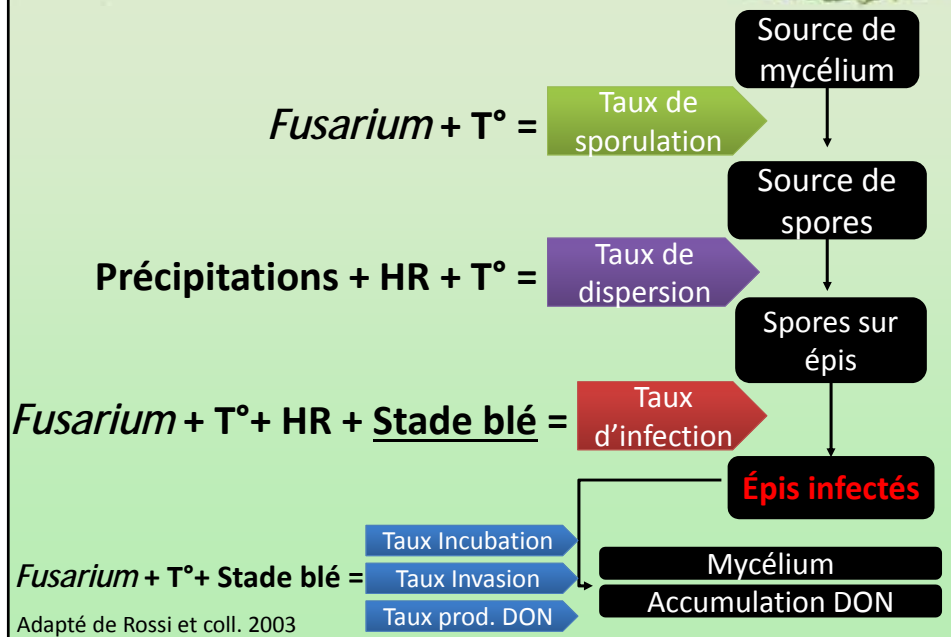
Modèles épidémiologiques

- + Courbe de réponse pathogène-environnement
- + Quasi-universels
- Complexes et longs à produire

À l'étude:

✓ Rossi et coll. (2003) 

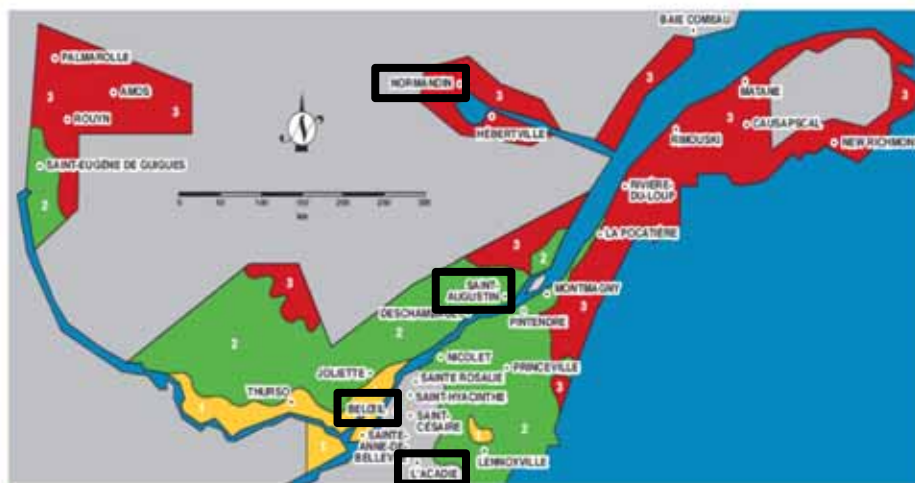
Modèle épidémiologique



Objectifs

- Introduire des **facteurs clés de contrôle** et de risque de l'infection à la fusariose de l'épi que sont le cultivar, la date de semis et l'utilisation d'un fongicide.
- **Comparer** les indices de risque d'infection et de teneur en DON mesurés avec ceux prédits par les modèles prévisionnels disponibles, soit les modèles canadiens, américains, italiens et argentins.

Méthodologie



(RGCC 2012)

Méthodologie

Blé de printemps (2011 et 2012)

Split-plot factoriel
- 4 répétitions

Blé d'automne (semis en 2011)

Blocs complets aléatoires
- 4 répétitions

Parcelle princ.: date de semis

- Hâtive
- Intermédiaire
- Tardive

Sous-parcelle: cultivar x fongicide

- AC Barrie ou Torka
- Avec ou sans fongicide

Avec ou sans fongicide

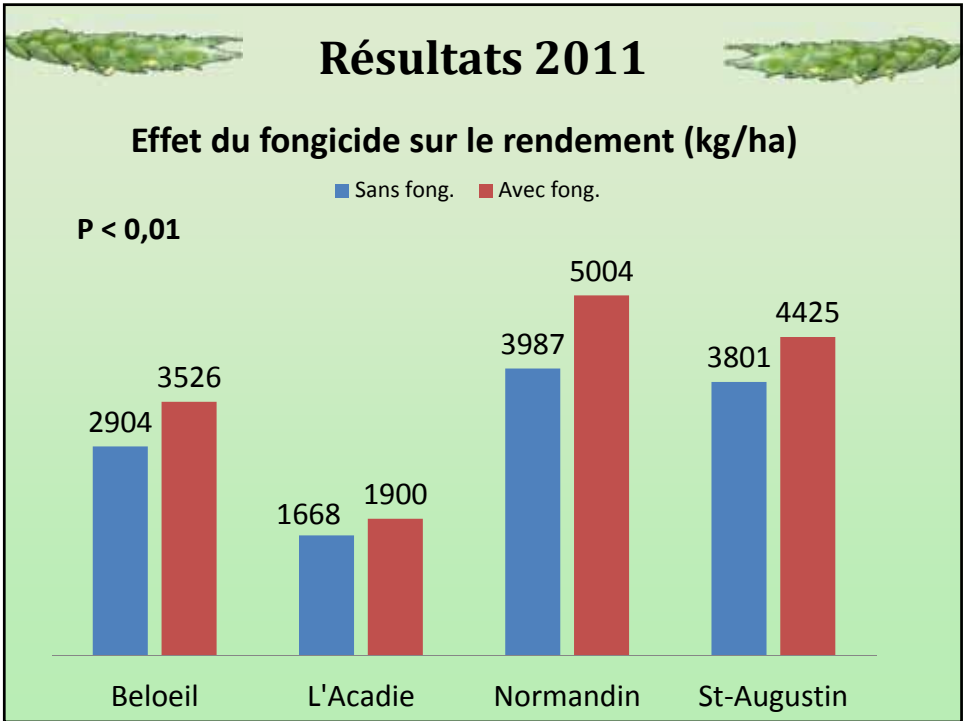
- 1 date de semis
- Warthog

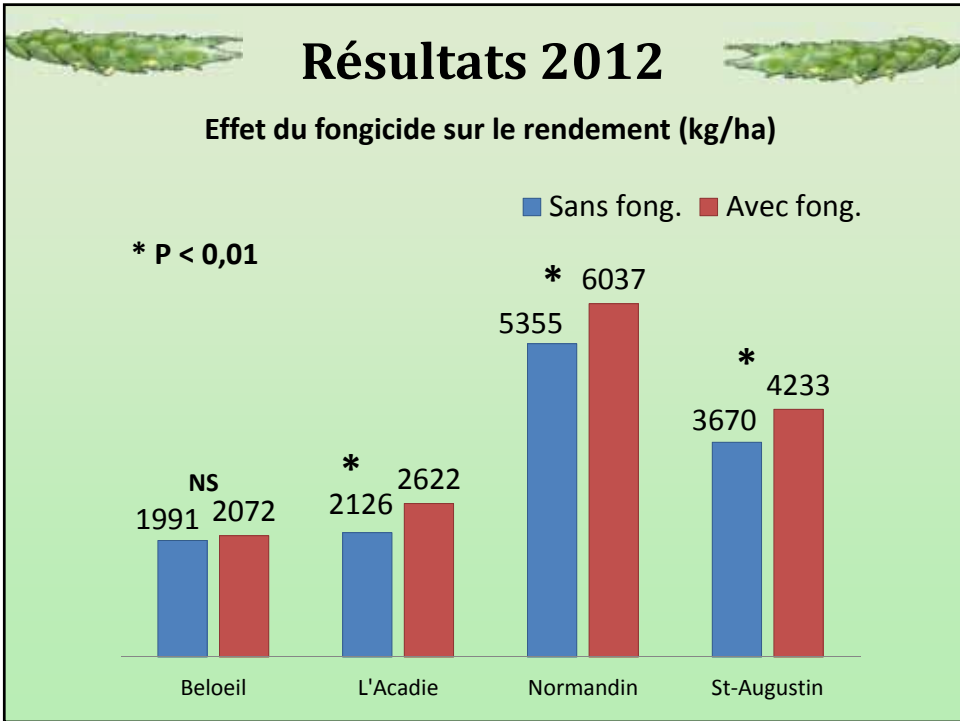
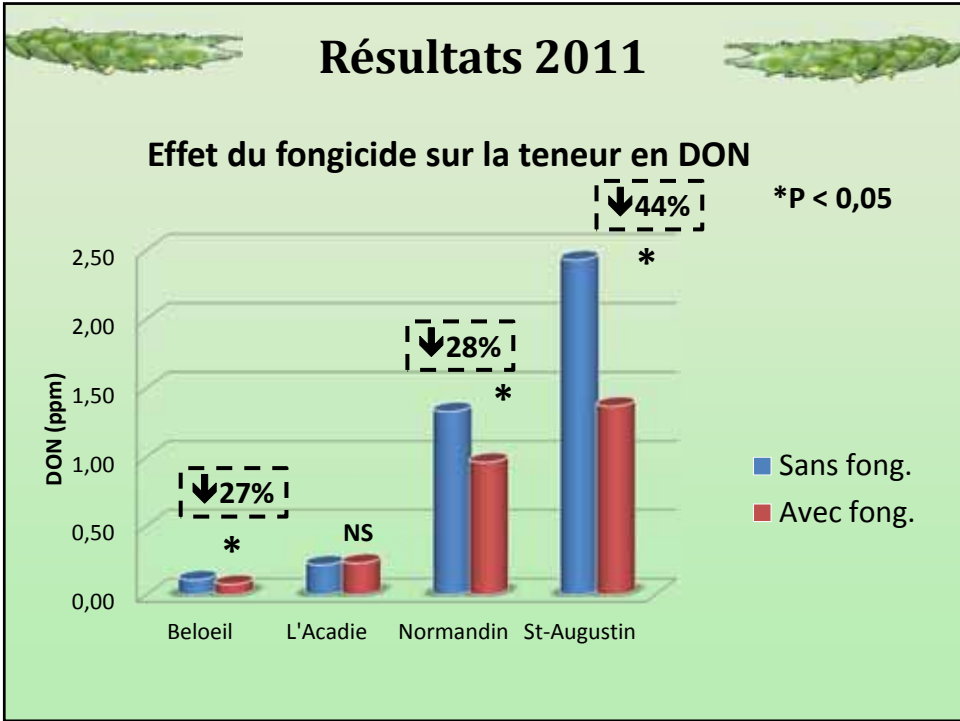
F1

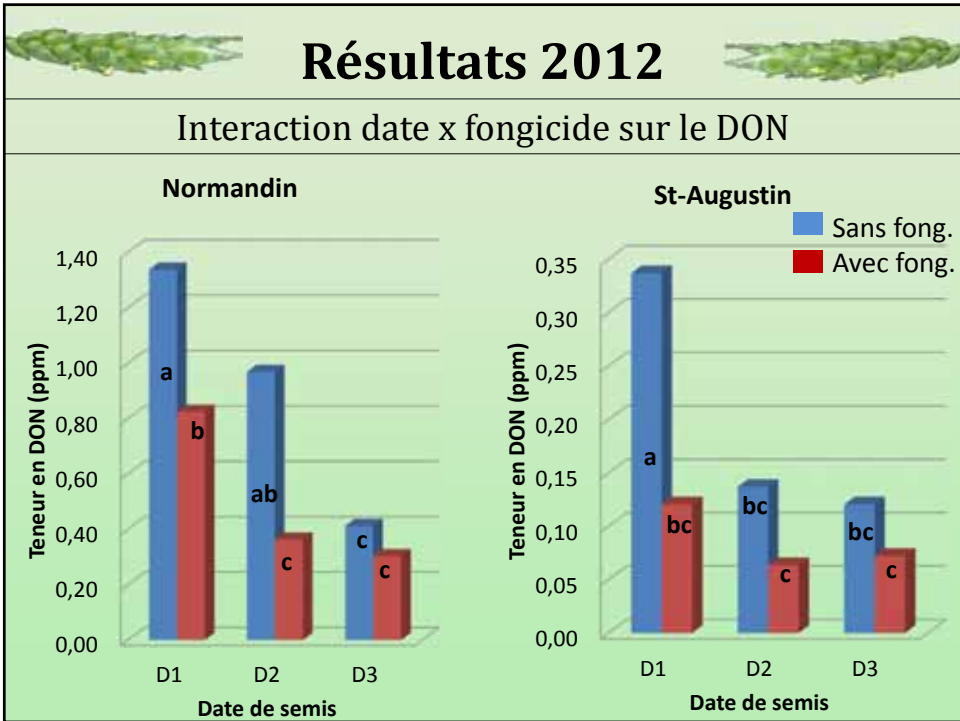
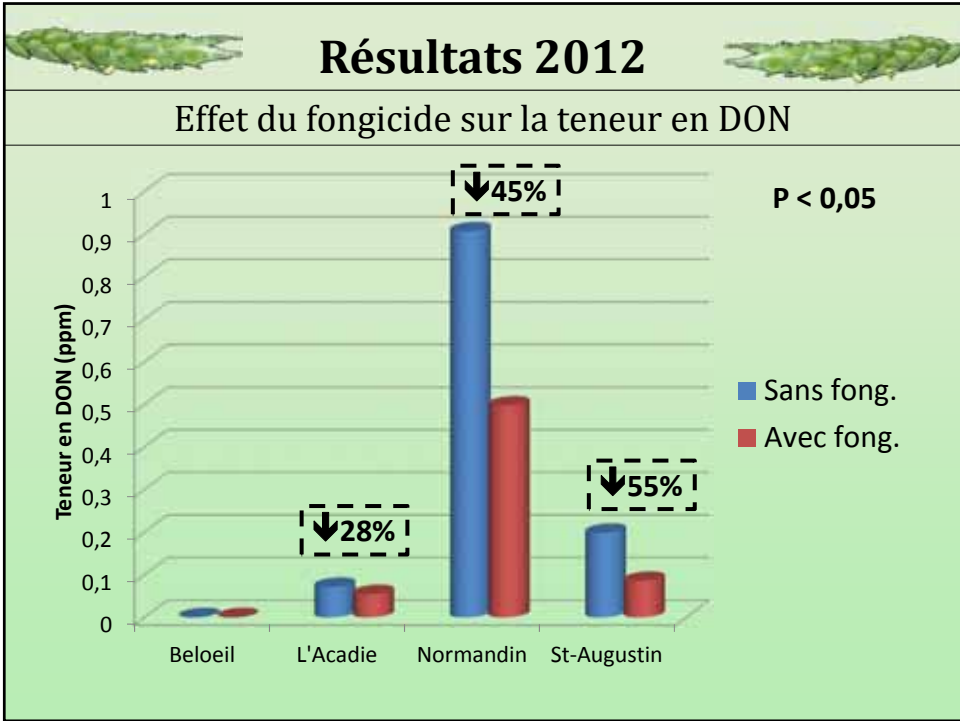
F0

D1	D1	D1	D1
C1	C2	C2	C1
F0	F1	F0	F1

Fongicide utilisé: **Prosaro**







Résultats 2012

Blé d'automne

Rendement en grains

- Effet site significatif ($P = 0,014$)
- 3,6 à 7,0 t/ha
- Pas d'effet fongicide

Teneur en DON

- Pression fusariose très faible
- Effet site significatif ($P < 0,001$)
- Effet fongicide = ↓ DON 0,39 à 0,24 ppm



Performance modèles

- Observations fusariose vs prédictions des modèles
- Modèles infection vs observations épillets fusariés et grains fusariés = peu efficace
- Modèle toxine vs teneur en DON = bonne correspondance

Les modèles les plus efficaces
seront validés avec les données
~ 50 champs commerciaux



Conclusions



Blé de printemps

- L'application d'un fongicide a permis d'augmenter le rendement en grains dans la plupart des sites et des années
- 2011: ↓ teneur en DON entre 0,03 et 1,06 ppm
- 2012: ↓ teneur en DON entre 0,02 et 0,41 ppm

Blé d'automne

- Pas d'effet fongicide sur le rendement
- ↓ DON, mais teneur très faible dans les 4 sites



Conclusions



- Les modèles prévisionnels canadiens et italiens avec des indices de risque de toxine semblent plus efficaces que les modèles avec des risques d'infection
- La **teneur en DON** semble être un meilleur indicateur de la pression de fusariose que le % d'épillets fusariés et le % de grains fusariés pour la modélisation
- Première étape vers l'implantation d'un modèle québécois



Remerciements



- Anne Vanasse (directrice) et Gaétan Bourgeois (co-directeur) et leurs équipes de recherche
- Programme de réduction des risques liés aux pesticides du Centre pour la Lutte Antiparasitaire d'Agriculture et Agroalimentaire Canada.
- Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec
- CÉROM
- Bayer
- MAPAQ
- Moulins des Soulanges



Questions?