

Denis Pageau, M. Sc., *Ferme de recherche de Normandin, AAC*

Pierre Filion, t.a., *MAPAQ Montérégie Ouest*

Collaborateurs : Jean Lafond, M. Sc., Julie Lajeunesse, M. Sc., et Marc Savard, Ph. D., AAC
Sylvie Rioux, agr., Ph. D., et Gilles Tremblay, agr., M. Sc., CÉROM

La fusariose de l'épi des céréales et du maïs est une maladie causée par différentes espèces de *Fusarium*. Ces champignons qui infectent les épis aux champs peuvent causer des pertes de rendement, mais le principal problème demeure la production de toxines. Au Québec, l'espèce de *Fusarium* la plus fréquemment dommageable, autant chez les céréales que chez le maïs est le *Fusarium graminearum* connu aussi sous le nom de *Gibberella zeae*. Cette espèce, dont il est question dans cet exposé, produit plusieurs toxines, dont la zéaralénone et le désoxynivalénol (DON), aussi connu sous le nom de vomitoxine.

L'infection par les *Fusarium* est favorisée par des conditions de pluie et d'humidité qui surviennent pendant la période épiaison-floraison chez les céréales et la sortie des soies chez le maïs (Bailey *et al.*, 2004). Le climat est, sans contredit, le facteur le plus déterminant dans la manifestation de la maladie, mais il est quand même possible de diminuer son influence par certaines pratiques culturales. Avant de présenter ces pratiques culturales, nous allons d'abord présenter quelques notions de base.

Les normes sur les mycotoxines

Il existe des normes sur les mycotoxines recommandées par Agriculture et Agroalimentaire Canada pour les différents usages des grains. Il y a aussi les normes acceptées par l'industrie. Pour l'alimentation humaine, la concentration maximale de DON permise est de 2 ppm dans le grain livré à l'usine. Dans les rations animales, la concentration maximale généralement acceptée par l'industrie est de 1 ppm de DON pour la volaille et les porcs, 2 ppm pour les veaux et vaches laitières et 5 ppm pour les bovins de boucherie.

La Financière agricole du Québec a aussi ses propres normes d'indemnisation aux producteurs de grains qui varient selon les espèces de céréales. Elle est de 2 ppm de DON pour le blé, l'orge et le maïs et de 6,7 ppm pour l'avoine étant donné que cette dernière production est présente en moins grande proportion dans les rations animales.

D'où provient l'inoculum des *Fusarium*?

Les *Fusarium* survivent sur les débris végétaux et peuvent fructifier, c'est-à-dire produire des spores (particules microscopiques), sur les débris laissés à la surface du sol. Le *F. graminearum* qui nous intéresse produit deux types de spores, les macroconidies et les ascospores. Les macroconidies sont généralement transportées jusqu'aux épis ou les soies par les éclaboussures de pluie. Les ascospores, quant à elles, en plus d'être

transportées par la pluie le sont également par les déplacements d'air ou le vent. Les insectes peuvent aussi transporter des spores jusqu'aux épis.

Bien que les études d'aérobiologie aient montré que les ascospores pouvaient voyager sur de grandes distances, ce n'est que plus récemment qu'on a pu démontrer que des spores viables pouvaient provenir de l'extérieur du champ et avaient le potentiel d'y causer l'infection (Schmale *et al.* 2005). La contribution relative des sources d'inoculum intra et extra champ n'est toutefois pas connue. On peut spéculer qu'elle varie d'une région à l'autre par les quantités de résidus de céréales et de maïs laissés à la surface du sol, et d'une année à l'autre, une année pluvieuse étant moins propice au relâchement d'ascospores et plus propice au transport vertical des macroconidies du sol jusqu'aux épis.

Réduire les risques aux champs – Céréales à paille

Choix du cultivar

Choisir un cultivar plus résistant à la fusariose est la première action que les producteurs québécois peuvent faire pour réduire l'incidence de la fusariose en consultant la cote de sensibilité des cultivars de blé et d'orge recommandés par le Réseau grandes cultures du Québec (RGCQ) dans la brochure Résultats 2008 et Recommandations 2009 des RGCQ. Cette brochure est disponible sur le site du CÉROM et d'Agri-Réseau (www.cerom.qc.ca – Résultats et communications – Vulgarisation; www.agrireseau.qc.ca – Grandes cultures et Plantes fourragères – (Réseau Grandes cultures du Québec). Les cotes de sensibilité à la fusariose sont établies à partir d'essais effectués sous inoculation artificielle réalisés aux champs chaque année à trois stations expérimentales. Depuis 2008, la cote de sensibilité est établie selon une nouvelle échelle qui est comparable pour le blé, l'orge et l'avoine. Une échelle de 1 à 9 est utilisée, 1 étant la catégorie la moins sensible et 9 la catégorie la plus sensible.

Rotation et travail du sol

La rotation des cultures est aussi un moyen connu depuis longtemps pour diminuer l'impact des agents pathogènes sur les cultures. Plusieurs expérimentations ont d'ailleurs montré une diminution de l'incidence de la fusariose de l'épi lorsque le blé ou l'orge était ensemencé(e) sur un précédent cultural (on entend par précédent cultural la culture qui était en place l'année précédente) d'une espèce non-hôte, comme le soya, le pois, la betterave, le lin, la luzerne et le trèfle comparativement à un semis sur un précédent de blé ou d'orge. Toutes les études comparant le maïs à des cultures non-hôtes comme précédent cultural ont rapporté une incidence plus élevée de la fusariose de l'épi lorsque la céréale est établie sur un précédent maïs.

On peut penser aussi, étant donné que les *Fusarium* fructifient sur les résidus de culture laissés à la surface du sol, que les travaux de sol auront un impact sur l'infection. Ainsi, comparativement au labour, les pratiques de travail réduit ou minimal du sol (no-till), qui laissent une plus grande quantité de résidus à la surface du sol, augmenteraient l'incidence de la fusariose. La plupart des travaux réalisés avec différents précédents culturaux indiquent une interaction entre le précédent cultural et le mode de travail de sol. Par exemple, une étude réalisée à Normandin sur l'orge a montré que lorsque le précédent cultural était une espèce non-hôte, soit le pois ou le canola, il n'y avait pas de différence dans le contenu en DON entre le chisel et le labour, alors que pour une précédente orge, le contenu en DON était plus élevé sous un mode de travail réduit (chisel) du sol.

Dans le cas d'une étude sur le blé effectuée à Saint-Hyacinthe en 2003, le labour a contribué à réduire significativement le contenu en DON de la récolte quel que soit le précédent cultural qui était du maïs (rotation : soya/maïs/blé) ou du soya (rotation : maïs/soya/blé). Le travail réduit du sol sur un précédent soya a donné un contenu en DON similaire à celui du labour sur un précédent maïs. Le précédent maïs en travail réduit a été la pire combinaison.

Suite aux résultats de recherche obtenus à ce jour sur la rotation et le travail du sol, on peut faire les deux suggestions suivantes :

- 1) Éviter de semer la céréale sur des résidus de maïs surtout, mais aussi de céréales ou d'autres graminées laissées à la surface du sol. Il semble y avoir une plus grande production de spores sur ces types de résidus que sur les résidus d'espèces non-hôtes.
- 2) Lorsque la rotation est impossible avec une espèce non-hôte, enfouir les résidus de culture par le labour afin de réduire l'inoculum.

Date de semis

Il est fortement conseillé de semer hâtivement, afin que la céréale ait plus de chance d'épier avant que l'inoculum du *Fusarium* ne soit prêt.

En 2007 une étude réalisée à Saint-Augustin-de-Desmaures dans la région de Québec a permis de montrer que la production de spores de *F. graminearum* a commencé à se manifester de façon plus importante à partir du 13 juillet, soit 4 jours après la fin de la période critique pour l'infection du blé et de l'orge. Les parcelles avaient été semées le 8 mai et le contenu moyen en DON des récoltes était de 0,23 ppm. Dans les mêmes essais semés à Saint-Mathieu-de-Beloeil 16 jours plus tard, soit le 24 mai, on a observé une présence abondante d'inoculum pendant la période critique et le contenu en DON était par ailleurs assez élevé, 7,3 ppm. Ces résultats indiquent qu'un semis hâtif peut permettre certaines années d'éviter l'infection par les *Fusarium*.

Cultures intercalaires

Des producteurs de grains biologiques obtiennent de bons résultats en semant du trèfle entre les rangs 5 à 6 jours après le semis de la céréale. Le trèfle empêcherait les spores de *Fusarium* produites sur les résidus d'atteindre les épis. Cette pratique mérite d'être documentée davantage.

Taux de semis, fertilisation, verse

Des essais menés à Normandin chez l'orge n'ont pas montré d'effet du taux de semis ni de la dose d'azote sur le contenu des grains en DON pendant les 2 ou 4 années d'essais. Dans un autre essai comparant deux sources de fertilisant, lisier vs minéral, le contenu en DON variait très peu selon la source de fertilisant utilisée.

Le facteur le plus important à considérer dans la fertilisation en regard de la fusariose est sans aucun doute la verse. La verse contribue à garder les épis plus humides, ce qui favorise la progression du *Fusarium* dans l'épi et par conséquent sa production de toxine. Il est donc important d'utiliser une fertilisation adéquate ainsi qu'un cultivar approprié afin de prévenir la verse.

Application d'herbicide

Une enquête réalisée en Saskatchewan (Fernandez *et al.*, 2005; 2007) a rapporté un lien, pour les champs en travail réduit seulement, entre une plus grande incidence de fusariose et l'application de glyphosate dans les 18 mois précédant la récolte du blé et de l'orge. Les études menées dans l'est du Canada, que ce soit au Québec (Pageau *et al.*, 2007; 2008; Bérubé *et al.*, 2009) ou en Ontario (Peter Johnson, OMAFRA, communication personnelle) n'ont cependant pas révélé d'effet du glyphosate, que ce dernier ait été appliqué sur un précédent cultural *RoundUp Ready* ou sur les adventices à l'automne ou au printemps précédant le semis de la céréale. Le climat plus pluvieux qui prévaut au Québec comparativement à celui de la Saskatchewan pourrait expliquer cette divergence de résultats en supposant que le glyphosate présent dans les résidus des végétaux ayant été traités au glyphosate puisse être délogé par les pluies. Sous les conditions de culture du Québec d'autres facteurs, tels que les conditions climatiques, le cultivar utilisé, la date de semis ou l'intensité de la verse, semblent avoir davantage d'impact sur le développement de la maladie et la production de toxine.

Date de récolte

À la maturité, les mécanismes de défense de la plante sont inactifs, puisque les tissus sont sénescents. Cependant, une pluie peut apporter suffisamment d'humidité pour que les *Fusarium* présents dans le grain puissent poursuivre leur développement et leur production de toxines. Chez le blé, pour s'assurer que la récolte ne soit pas retardée par le mauvais temps, il est même préférable 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, les recherches n'ont pas

rapporté de différence de contenu en DON entre les différentes dates de récolte qui se sont échelonnées de la pré- à la postmaturité. Il est toutefois recommandé de récolter sans tarder à maturité, quelle que soit la céréale.

Pour se débarrasser des grains fusariés qui sont en général plus légers que les grains sains, on peut ventiler au maximum lors de la récolte à la moissonneuse-batteuse. Cette procédure laissera cependant une source supplémentaire d'inoculum dans le champ. Une alternative consiste à récolter normalement puis à nettoyer les grains avant la mise en silo et détruire ou composter les criblures par la suite.

Fongicides

Depuis 2007, deux produits sont homologués pour lutter contre la fusariose de l'épi des céréales : le Folicur^{MD} 432 F (Bayer CropScience inc.) et le Proline^{MD} 480 SC (Bayer CropScience inc.). Le Folicur homologué pour le blé seulement permet de réduire l'incidence de la fusariose de l'épi et de certaines maladies foliaires. Avant 2005, les producteurs de blé du Québec ont eu accès à ce fongicide comme mesure d'urgence. Le Proline, quant à lui, est homologué pour le blé et l'orge et permet aussi de lutter contre la fusariose de l'épi et quelques autres maladies. Son coût d'application est un peu plus élevé que celui du Folicur, mais son efficacité serait également plus grande.

Un autre fongicide est en voie d'homologation. Il s'agit du Prosaro, un mélange de Folicur et Proline. Du côté biofongicide et encore à l'étape expérimentale, une souche du champignon *Clonostachys rosea* a donné de bons résultats en serre et au champ pour réduire l'inoculum de *Fusarium* sur les résidus au sol et aussi pour réduire l'infection sur les épis (Xue *et al.*, 2009).

Pour aider le producteur de blé et d'orge dans sa décision d'appliquer ou non un fongicide, les niveaux de risques d'infection de l'épi par *Fusarium* sont publiés deux à trois fois par semaine par le Réseau d'avertissements phytosanitaires (RAP) du MAPAQ. Les niveaux de risque sont déterminés pour chacune des régions en se basant sur les conditions météorologiques observées durant les quelques jours précédents et les prévisions à court terme. Le producteur a la responsabilité du suivi de son champ au moment de l'épiaison-floraison, stades critiques pour l'infection, et devrait vérifier le niveau (faible, moyen, élevé) de risque de sa région.

Conclusions – Pratiques culturales - céréales

Voici les règles à suivre pour diminuer la gravité de la fusariose chez les céréales:

- 1) Ensemencer des cultivars plus résistants à la fusariose et à la verse.
- 2) Semer le plus tôt possible au printemps.
- 3) Éviter le semis sur des résidus de maïs surtout, mais aussi de céréales ou d'autres graminées, qui sont laissées à la surface du sol.
- 4) Si la rotation avec des espèces autres qu'une graminée est impossible, enfouir les résidus de culture par le labour.

- 5) Éviter la verse par une fertilisation adéquate.
- 6) Récolter sans tarder à maturité ou dans le cas du blé récolter un peu avant maturité et faire sécher le grain pour abaisser rapidement sa teneur en eau à moins de 14 %.
- 7) Utiliser un fongicide lorsque le niveau de risque d'infection est élevé. Pour connaître le niveau de risque de la région, consulter les avertissements du RAP (www.agrireseau.qc.ca - Réseau d'avertissements phytosanitaires - Grandes cultures - Fusariose – Avertissements).

Réduire les risques aux champs – maïs

Un des facteurs qui influencent le plus l'incidence de la fusariose est sans contredit la météo. Malheureusement, les producteurs n'ont aucun contrôle sur ce facteur. Les saisons très pluvieuses et humides qui sont plus que favorables à la maladie peuvent affecter les récoltes de régions entières. Selon l'enquête de Campbell *et al.* (2002), qui s'est déroulée de 1991 à 1998, l'année 1992 a été une de ces années difficiles où des contenus en DON ont atteint 17,5 ppm. En 1997, les maximums de contenu en DON étaient de 5,9 ppm, alors que pour les autres années ils ne dépassaient pas 3 ppm. Lors d'années aux conditions extrêmes d'humidité pendant les périodes critiques, la maladie se manifeste quelles que soient les pratiques culturales utilisées. Pour des saisons moyennes comme 1997, les bonnes pratiques telles que la rotation des cultures, le travail du sol dans des conditions limitant la compaction et l'utilisation d'hybrides adaptés à la région et au moment du semis, peuvent faire la différence.

Réduire la période de maturation à l'automne

Les agents pathogènes des maladies fusariennes responsables des toxines infectent le maïs principalement au moment de la pollinisation par les soies. Ils poursuivent leur croissance tant et aussi longtemps qu'il y a suffisamment d'humidité. Les pratiques qui occasionnent un retard de maturité peuvent aggraver la maladie lors de saisons de croissance fraîches et humides parce que les grains restent plus humides plus longtemps. Par conséquent, le contenu des grains en toxines risque d'être plus élevé s'il y a eu infection au stade de la sortie des soies.

La compaction du sol, la monoculture, un mauvais drainage dans les sols sensibles à la compaction peuvent ralentir la croissance du maïs et par conséquent allonger la période de maturation du grain à l'automne. Des suivis de champs ayant différents degrés de compaction en Montérégie (zone de 2900 UTM) ont montré un retard de maturité chez un hybride de 2700 UTM allant jusqu'à plus de 2 semaines pour les champs les plus compactés (argile et monoculture) par rapport au champ le moins compacté (loam limoneux). La teneur en eau du grain des champs compactés en date du 16 octobre était de 41 % comparativement à 24 % pour le loam. Le rendement de ces champs compactés était d'ailleurs faible et la récolte de mauvaise qualité (grade 5 ou échantillon).

L'utilisation d'un hybride trop tardif pour la zone ou pour le moment du semis a le même effet sur la période de maturation à l'automne, quelle que soit la zone d'UTM. Les zones de moins de 2700 UTM sont cependant plus à risque, la marge de manœuvre étant plus restreinte.

La teneur en eau du grain diminue pendant la période de maturation du grain et certains hybrides, de la même catégorie d'UTM, atteignent plus rapidement que d'autres une teneur en eau de 32 à 35 %, qui correspond à la maturité physiologique, stade à partir duquel le remplissage des grains est complété. Une étude réalisée en 2008 en Montérégie a montré une différence marquée entre deux hybrides de 2800 UTM. La teneur en eau des grains d'un de ces hybrides était de 25 % en date du 1^{er} octobre tandis que celle de l'autre hybride était de 40 % à la même date. L'information sur la date d'atteinte du 35 % d'humidité du grain des hybrides évalués par le RGCCQ sera disponible dans la prochaine parution (décembre 2009) des résultats d'essais.

Références

Bailey, Couture, Gossen, Gugel et Morrall. 2004. Maladies des grandes cultures au Canada. Éd. : La Société canadienne de Phytopathologie, 328 pp.

Bérubé, M.-È., A. Vanasse, S. Rioux, G. Bourgeois, N. Bourget, G. Tremblay et Y. Dion. 2009. Effet du glyphosate et du travail du sol sur l'incidence de la fusariose de l'épi chez le blé et l'orge. Journée d'information scientifique – Grandes cultures, CRAAQ, Drummondville, 19 février.

Campbell, H., T.M. Choo, B. Vigier, and L. Underhill. 2002. Comparison of mycotoxin profiles among cereal samples from eastern Canada. *Canadian Journal of Botany* 80 : 526-532.

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

Fernandez, M.R., Zentner, R.P., DePauw, R.M., Gehl, D., and Stevenson, F.C. 2007. Impacts of crop production factors on fusarium head blight in barley in eastern Saskatchewan. *Crop Science* 47 : 1574-1584.

Pageau, D., J. Lafond, J. Lajeunesse et Marc Savard. 2008. Comment le précédent cultural, la fertilisation azotée et l'application de glyphosate affectent le contenu en désoxynivalénol (DON) chez l'orge. Journée d'information scientifique – Grandes cultures, CRAAQ, Drummondville, 21 février.

Schmale, D.G., D.A. Shah et G.C. Bergstrom. 2005. Spatial patterns of viable spore deposition of *Gibberella zeae* in wheat fields. *Phytopathology* 95 : 472-479.

Xue, A.G., H. Voldeng, M.E. Savard, G. Fedak, and Y.H. Chen. 2009. Biological management of fusarium head blight of wheat with *Clonostachys rosea* strain ACM941. In : Ouellet, T. and Leger, D. (eds). Proceedings of the 6th Canadian Workshop on Fusarium Head Blight. Nov. 1-4. Ottawa, ON, Canada, p. 46. (Résumé) (http://www.cwfhb.org/past_programs.html)