



LES MOISSURES DE L'ÉPI DU MAÏS GRAIN

Chaque année, des cas de contamination des épis de maïs par des moisissures sont recensés au Québec. Les moisissures réduisent la qualité des grains en raison des mycotoxines qu'elles produisent. La présence de mycotoxines dans le grain représente un risque important pour la santé des humains et des animaux d'élevage qui en consomment. Chez les animaux, elles peuvent causer des effets néfastes sur le système immunitaire, la reproduction et la performance générale. Les moisissures sont causées par différentes espèces de champignons, mais seulement certaines d'entre elles produisent des mycotoxines.

Causes

Les champignons responsables des moisissures de l'épi du maïs se conservent dans le sol et sur les débris végétaux sous forme de propagules infectieuses qui contiennent l'inoculum (spores, microconidies et macroconidies). Les résidus de maïs laissés à la surface du sol constituent la plus grande source d'inoculum. Le sol est également une source d'inoculum qui peut contaminer les résidus de cultures non infectés qui y tombent ainsi que les mauvaises herbes. Généralement, les semences sont une source mineure d'inoculum comparativement aux résidus de cultures.

Des conditions météorologiques humides sont généralement favorables à la production et à la libération des spores ainsi qu'à l'infection des épis. Les spores sont disséminées par les éclaboussures de pluie et/ou transportées par l'air, parfois sur plusieurs kilomètres. Les champignons peuvent contaminer les grains en pénétrant dans l'épi par des blessures causées par les insectes, les oiseaux, la grêle ou le gel.

Les moisissures les plus fréquentes au Québec (fusariose de l'épi, fusariose de l'épi et du grain, pourriture sèche de l'épi et charbon commun) infectent aussi les épis en pénétrant par les soies. Les soies sont très vulnérables à l'infection dans les premiers jours suivant leur émergence. Les insectes qui s'alimentent sur les soies et les grains sont aussi des vecteurs de spores. Pour certaines espèces de *Fusarium* comme *Fusarium verticillioides*, l'infection peut se faire de façon systémique par la semence ou les racines, mais cette voie d'infection est peu fréquente.

Dépistage et identification au champ

Pour déterminer si des épis sont contaminés dans un champ, il faut récolter à la main des épis à différents endroits au hasard dans le champ (minimum de 30 épis) vers la mi-septembre (quelques semaines avant la récolte). Les spathes (feuilles qui recouvrent l'épi) doivent ensuite être retirées afin d'observer la présence de moisissures à la surface des grains. Le tableau 1 et les figures 1 à 11 en annexe présentent les caractéristiques des principales moisissures de l'épi du maïs. Si des moisissures sont observées, il est recommandé de faire analyser les grains à la suite de la récolte pour détecter la présence et les niveaux de mycotoxines.

Détection des mycotoxines

L'observation visuelle de moisissures ne signifie pas nécessairement que des mycotoxines seront détectées. L'inverse est aussi vrai, puisque des mycotoxines peuvent être détectées en l'absence de signes visibles de moisissures. Il est donc très important de faire analyser les lots de grains suspects. Un échantillon représentatif est préparé en prenant 5 à 10 prélèvements d'un lot de grain à l'aide d'une sonde.

À la suite du mélange homogène de ces prélèvements, un échantillon peut être prélevé dans un sac de papier. L'échantillon doit être envoyé rapidement à un laboratoire d'analyse des grains. La concentration des mycotoxines est mesurée en partie par million (ppm) (1 ppm = 1 gramme de toxine par tonne de grain).

Normes sur les mycotoxines

Des normes sur les mycotoxines sont recommandées par l'Agence canadienne d'inspection des aliments pour les différents usages des grains. L'industrie fixe également des normes sur le contenu en mycotoxines des grains qu'elle achète. Pour l'alimentation humaine, la concentration maximale en DON permise est de 2 ppm dans le grain livré à l'usine. Dans les rations animales, la concentration maximale recommandée est de 1 ppm de DON pour les porcs, les jeunes veaux et animaux laitiers en lactation et de 5 ppm pour les bovins de boucherie et la volaille. La norme d'indemnisation fixée par La Financière agricole du Québec est de 2 ppm pour le maïs.

Moyens de prévention

La présence de résidus de culture au sol étant souvent la source d'inoculum principale pour les moisissures de l'épi, le travail du sol et la rotation des cultures sont de bons moyens de lutte. **En semis direct ou en travail réduit, les rotations sont encore plus importantes.**

Également, l'utilisation d'hybrides adaptés à la région et à la date du semis ainsi que les bonnes pratiques qui limitent la compaction sont à privilégier. Les conditions météorologiques demeurent toutefois déterminantes pour le développement des moisissures de l'épi. La maladie peut donc se manifester malgré les bonnes pratiques culturales lors de saisons aux conditions extrêmes pendant les périodes critiques.

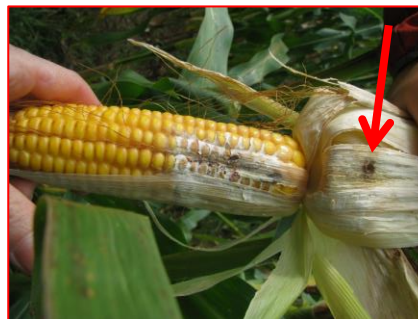
Choisir des hybrides résistants

La résistance génétique aux maladies causant des moisissures de l'épi varie d'un hybride à l'autre, mais aucun hybride n'a une résistance complète. Cette résistance n'est pas évaluée pour le maïs par le Réseau grandes cultures du Québec. Toutefois, les compagnies semencières indiquent généralement le niveau de résistance de leurs hybrides. Ce critère est donc à considérer lors du choix d'un hybride.

Réduire les blessures dues aux insectes

L'abondance des moisissures de l'épi et des mycotoxines est plus faible lorsque des hybrides de maïs exprimant la technologie *Bt* sont utilisés en comparaison avec les hybrides conventionnels.

En effet, l'utilisation de ces hybrides permet une bonne répression de certains insectes, comme la pyrale du maïs, capables de causer des blessures aux épis par lesquelles les spores des champignons pénètrent (figure suivante).



Blessure causée par la pyrale du maïs (trou à travers des spathes, flèche rouge) qui a servi de voie d'infection à *Fusarium oxysporum*
Photo : Brigitte Duval, MAPAQ

Période de maturation à l'automne

Les moisissures qui infectent les épis de maïs poursuivent leur croissance tant qu'il y a suffisamment d'humidité dans le grain et autour du grain. Les pratiques culturales qui occasionnent un retard de maturité peuvent donc augmenter l'incidence des moisissures lors de saisons humides :

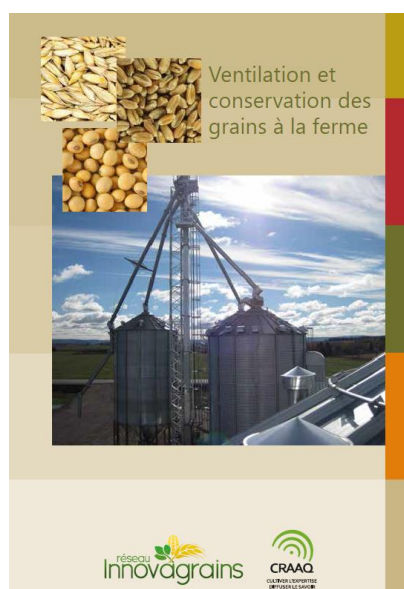
- La compaction du sol, la monoculture ou un mauvais drainage dans les sols sensibles à la compaction peuvent ralentir la croissance du maïs et par conséquent allonger la période de maturation du grain à l'automne.
- L'utilisation d'un hybride trop tardif pour la zone ou pour la date du semis peut allonger la période de maturation du grain à l'automne et donc augmenter la quantité de mycotoxines produites. Les zones de moins de 2700 UTM sont plus à risque, la marge de manœuvre étant plus restreinte.

Récolte et entreposage des grains

Il est recommandé d'inspecter les épis dans les champs dès la mi-septembre (stade grain pâteux) pour déterminer s'il y a présence ou non de moisissures. Si des moisissures sont observées, il est préférable de devancer la récolte pour éviter le développement supplémentaire des moisissures et la production de mycotoxines et de récolter à part les endroits dans le champ (ex. : bordure plus affectée par les oiseaux) où il y a une forte abondance de moisissures. La moissonneuse-batteuse doit être ajustée pour éliminer les grains moisissés et légers, et pour diminuer les grains cassés qui pourraient favoriser les moisissures lors de l'entreposage.

Le séchage des grains doit être réalisé immédiatement après la récolte afin que l'humidité des grains ne dépasse pas 14 %, car les moisissures continuent de produire des mycotoxines lorsque l'humidité des grains est plus élevée. La croissance des champignons s'arrête lorsque les grains sont séchés ou ensilés, mais la teneur en mycotoxines ne change pas. Il est donc très important de tester la présence de mycotoxines dans le grain avant de le servir aux animaux d'élevage. Les poussières et les criblures de grains contaminés par des moisissures peuvent contenir un taux élevé de mycotoxines. Il est donc fortement recommandé de porter un masque pour éviter d'inhalier et d'ingérer la poussière et de manipuler ces lots de grains dans un endroit bien aéré.

Consultez le guide « [Ventilation et conservation des grains à la ferme](#) » pour obtenir plus d'information sur l'entreposage des grains.



Lutte chimique

Il n'y a que deux produits homologués pour lutter contre la fusariose de l'épi (*Fusarium* sp.) chez le maïs, soit les fongicides foliaires **CARAMBA** et **PROLINE 480 SC**. La fenêtre d'application de ces produits pour une répression optimale de la fusariose se situe entre le stade de formation des soies (BBCH 63) jusqu'au stade de brunissement des soies (BBCH 67). L'application de fongicide doit être envisagée en fonction des conditions météorologiques prévues durant l'apparition des soies, de l'hybride de maïs et de l'historique des épidémies de *Fusarium* dans le champ. Au moment d'écrire ces lignes, aucun produit n'est homologué pour lutter contre les autres maladies causant des moisissures de l'épi du maïs, mais vous pouvez consulter **SAG Pesticides** pour avoir en tout temps une liste à jour des produits homologués.

Références

- Agence canadienne d'inspection des aliments. 2012. Section 1 : Mycotoxines dans les aliments du bétail. RG-8 Directives réglementaires : Contaminants dans les aliments du bétail. Disponible en [ligne](#).
- Bailey, K.L., Couture, L., Gossen, B.D., Gugel, R.K., Morrall, R.A.A. 2004. Maladies des grandes cultures au Canada. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. 318 pp. Ce guide peut être commandé en [clicquant ici](#).
- Duval, B., Fournier, A. 2006. Moisissures dans le maïs : gare aux toxines! Journal Forum. Disponible en [ligne](#).
- La Financière agricole du Québec. 2014. Assurance récolte – Céréales, maïs-grain et protéagineuses. Section 4,4 – Indemnité – Baisse de qualité. Disponible en [ligne](#).
- Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario. 2009. Pourritures et moisissures de l'épi. Maladies des grandes cultures : Maladies du maïs. Disponible en [ligne](#).
- Munkvold, G. 2003. Epidemiology of *Fusarium* diseases and their mycotoxins in maize ears. European Journal of Plant Pathology. 109: 705-713.
- Pageau, D., Filion, P., Lajeunesse, J., Lafond, J., Savard, M., Rioux, S., Tremblay, G. 2009. Fusariose : réduire les risques aux champs! Journée d'information sur les mycotoxines - Un enjeu de filière, une concertation nécessaire. AQINAC. Drummondville, 1^{er} décembre. Disponible en [ligne](#).
- Pataky, J., Snetselaar, K. 2006. Common smut of corn. The Plant Health Instructor. Disponible en [ligne](#).
- Purdue University. 2010. Managing Moldy Corn. Disponible en [ligne](#).
- Robertson, A. 2014. Watch for Stalk and Ear Rots in Corn. Iowa State University. Disponible en [ligne](#).
- Robertson, A. 2012. Aspergillus Ear Rot and Aflatoxin Production. Iowa State University. Disponible en [ligne](#).
- Robertson A. 2009. How Delayed Harvest Might Affect Ear Rots and Mycotoxin Contamination. Iowa State University. Disponible en [ligne](#).
- Robertson, A. 2004. Corn ear rots. Iowa State University. Disponible en [ligne](#).

Texte initial rédigé par : Katia Colton-Gagnon, Brigitte Duval et Sylvie Rioux

Avec la collaboration de : Ermin Menkovic, Jean-Marc Montpetit, Gilles Tremblay et Claude Parent

Mise à jour 2016 par : Brigitte Duval et Sylvie Rioux

Groupe de travail sur les maladies des grandes cultures

LE GROUPE D'EXPERTS EN PROTECTION DES GRANDES CULTURES

Isabelle Fréchette, agronome – Avertisseuse
Centre de recherche sur les grains inc. (CÉROM)
Tél. : 450 464-2715, poste 242 – Téléc. : 450 464-8767
Courriel : isabelle.frechette@cerom.qc.ca

Claude Parent – Coavertisseur
Direction de la phytoprotection, MAPAQ
Tél. : 418 380-2100, poste 3862 – Téléc. : 418 380-2181
Courriel : claudio.parent@mapaq.gouv.qc.ca

Édition et mise en page : Bruno Gosselin et Sarah Nolin, RAP

© *Reproduction intégrale autorisée en mentionnant toujours la source du document :*
Réseau d'avertissements phytosanitaires – Bulletin d'information N° 17 – Grandes cultures – 2 septembre 2016

Tableau 1 : Caractéristiques des principales moisissures de l'épi du maïs

Organisme	Principales mycotoxines produites	Symptômes sur les épis de maïs	Conditions favorables	Voies d'infection	Autres caractéristiques
FUSARIOSE DE L'ÉPI					
<i>Gibberella zeae</i> (phase reproductive de <i>Fusarium graminearum</i>)	Désoxynivalénol (DON ou vomitoxine) Zéaralénone	<ul style="list-style-type: none"> - Moisissure rose à rougeâtre dont les ramifications partent de l'extrémité de l'épi ou d'une blessure d'insecte - Rafles de maïs spongieuses - Spathes délavées adhérant aux grains - Périthèces noirs parfois visibles sur les spathes - Figure 1 	<p>À l'infection : conditions chaudes (> 25 °C) et humides</p> <p>À l'apparition de la moisissure : conditions humides lors de la maturation</p>	<p>Soies (6 à 10 premiers jours suivant leur apparition)</p> <p>Blessures (insectes et oiseaux)</p>	<p>Possibilité de pertes de rendement importantes</p> <p>Même champignon infectant les céréales à paille</p>
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	Toxines T-2 et HT-2	<ul style="list-style-type: none"> - Moisissure blanche à rosée partant de l'extrémité de l'épi ou d'une blessure 	<p>À l'infection : Conditions fraîches (20 à 25 °C) et humides</p> <p>À l'apparition de la moisissure : conditions humides lors de la maturation</p>	<p>Soies (dans les premiers jours suivant leur apparition)</p> <p>Blessures (insectes et oiseaux)</p>	<p>Possibilité de pertes de rendement</p> <p>Ce champignon infecte aussi les céréales à paille</p>
FUSARIOSE DE L'ÉPI ET DU GRAIN					
<i>Fusarium verticillioides</i>	Fumonisine	<ul style="list-style-type: none"> - Moisissure rose blanchâtre à saumon - Grains infectés répartis au hasard sur l'épi - Stries blanches ou rayonnement à la surface des grains - Spathes pouvant devenir délavées et adhérer fermement aux grains - Périthèces noirs parfois visibles sur les spathes - Figure 2 et figure 3 	<p>À l'infection : conditions chaudes (> 25 °C) et relativement sèches</p> <p>À l'apparition de la moisissure : conditions chaudes et humides lors de la maturation</p>	<p>Soies (5 premiers jours suivant leur apparition)</p> <p>Blessures (insectes et oiseaux)</p> <p>Systémique par la semence ou les racines (voie d'infection beaucoup moins fréquente)</p>	

Organisme	Principales mycotoxines produites	Symptômes sur les épis de maïs	Conditions favorables	Voies d'infection	Autres caractéristiques
POURRITURE SÈCHE DE L'ÉPI					
<i>Diplodia maydis</i>	Aucune	<ul style="list-style-type: none"> - Les spathes infectées deviennent sèches et délavées (infectées), mais le reste du plant est vert - Moisissure blanche à brun grisâtre dense débutant à la base de l'épi avant de le couvrir entièrement - Grains paraissant collés aux spathes et aux rafles par le mycélium blanc - Épis infectés légers et échaudés - Pycnides sur les spathes et les grains et incrustées dans l'écorce de la tige tard en saison - Figure 4 et figure 5 	<p>À l'infection : températures fraîches et conditions humides</p> <p>À l'apparition de la moisissure : températures fraîches et conditions humides lors de la maturation</p>	<p>Soies (dès leur apparition jusqu'à ce qu'elles sèchent)</p> <p>Blessures (insectes et oiseaux)</p>	La présence de spathes externes mortes peut indiquer que les épis sont infectés par la pourriture sèche
CHARBON COMMUN					
<i>Ustilago zeae</i>	Aucune	<ul style="list-style-type: none"> - Épis plus petits, arrondis et dépourvus de soies - Grandes tumeurs (excroissances de tissu de la plante boursoufflées et lisses, longues de 2 à 10 cm, colonisées par du mycélium) - Au stade avancé, le mycélium se transforme en une masse de spores noire recouverte d'une membrane grisâtre - Figure 6 	<p>À l'infection : températures chaudes (26 à 34 °C)</p> <p>À l'apparition de tumeurs colonisées par le mycélium : pas de consensus entre des conditions humides ou sèches</p>	<p>Soies</p> <p>Blessures (insectes, oiseaux, écimage, grêle et particules de terre balayées par le vent)</p>	Toutes les parties aériennes de la plante peuvent être affectées
MOISSURES NOIRES					
<i>Cladosporium</i> spp. ou <i>Alternaria</i> spp.	Aucune	<ul style="list-style-type: none"> - Moisissure de couleur grise à noire, parfois vert très foncé, d'apparence poudreuse - Stries noires sur les grains - Figure 7 et figure 8 	À l'apparition de moisissures : conditions humides lors de la maturation, récolte retardée due à des conditions humides ou plantes stressées, gelées ou qui tardent à mûrir	Blessures (insectes, oiseaux, grêle et gel)	

Organisme	Principales mycotoxines produites	Symptômes sur les épis de maïs	Conditions favorables	Voies d'infection	Autres caractéristiques
MOISSISSURES VERTES					
<i>Penicillium</i> spp.	Ochratoxine	<ul style="list-style-type: none"> - Moisissure bleu vert entre les grains au bout de l'épi - Grains affectés d'apparence blanchie - Figure 9 	À l'apparition de moisissures : mauvaises conditions d'entreposage (humidité élevée)	Grains endommagés	
<i>Trichoderma</i> spp.	Aucune	<ul style="list-style-type: none"> - Moisissure vert foncé entre et sur les grains - Peut couvrir tout l'épi - Figure 10 	À l'apparition de moisissures : pluie abondante le mois précédant la récolte	Blessures de l'épi pendant son développement (oiseaux, insectes, grêle et gel)	
POURRITURE DES GRAINS (À TITRE INFORMATIF)					
<i>Aspergillus</i> spp.	Aflatoxine	<ul style="list-style-type: none"> - Moisissure de couleur vert olive observée du bout de l'épi jusqu'à sa base si l'infection est sévère - Figure 11 	<p>À l'infection : conditions de sécheresse (absence de pluie), températures élevées (26 à 38 °C) et humidité relative élevée (85 %) pendant la pollinisation et le remplissage du grain</p> <p>À l'apparition de la moisissure : conditions sèches et températures élevées (26 à 28 °C)</p>	Blessures (insectes, oiseaux, grêle et gel)	<p>Les aflatoxines n'ont pas encore été détectées dans les grains produits au Canada</p> <p>Les conditions favorables à l'infection et au développement de la moisissure ne sont probablement pas rencontrées au Canada</p> <p>Si vous observez des symptômes ressemblant à la pourriture des grains dans un champ, vous devriez envoyer un échantillon des épis infectés au Laboratoire de diagnostic en phytoprotection du MAPAQ pour identification</p>



Figure 1 : Symptômes de la fusariose de l'épi causée par *Gibberella zeae*
Photo : Pierre Lachance, IRIIS phytoprotection



Figure 2 : Symptômes de la fusariose de l'épi et des grains causée par *Fusarium verticillioides*
Photo : Jean-Marc Montpetit, Pioneer



Figure 3 : Symptômes de la fusariose de l'épi et des grains causée par *Fusarium verticillioides*
Photo : Jean-Marc Montpetit, Pioneer



Figure 4 : Spathe externe morte signalant la présence de la pourriture sèche de l'épi causée par *Diplodia maydis*
Photo : [Iowa State University](#)



Figure 5 : Symptômes de la pourriture sèche causée par *Diplodia maydis*
Photo : [Iowa State University](#)



Figure 6 : Symptômes du charbon commun causé par *Ustilago zeae*
Photo : Pierre Lachance, IRIIS phytoprotection



Figure 7 : Symptômes de la moisissure noire causée par *Cladosporium* spp., soit des grains de maïs noircis à quelques endroits sur l'épi
Photo : Iowa State University



Figure 8 : Symptômes de la moisissure noire causée par *Cladosporium* spp. autour des grains et sur les grains de maïs
Photo : Iowa State University



Figure 9 : Symptômes de moisissures vertes causées par *Penicillium* spp.
Photo : Jean-Marc Montpetit, Pioneer



Figure 10 : Symptômes de moisissures vertes causées par *Trichoderma* spp.
Photo : Jean-Marc Montpetit, Pioneer



Figure 11 : Symptômes de la pourriture des grains causée par *Aspergillus flavus*
Photo : Iowa State University