

Le RAP

RÉSEAU D'AVERTISSEMENTS PHYTOSANITAIRES

Leader en gestion intégrée
des ennemis des cultures

FICHE TECHNIQUE | GRANDES CULTURES

LES MOISSURES DE L'ÉPI DU MAÏS GRAIN

Chaque année, des cas de contamination des épis de maïs grain par des moisissures sont recensés au Québec. Les moisissures ainsi que les mycotoxines qu'elles peuvent produire ont le potentiel d'affecter la qualité des grains. La présence de mycotoxines dans le grain représente un risque important pour la santé des animaux d'élevage qui en consomment. Ces toxines 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

Le développement de moisissures sur les épis de maïs se produit lorsque certains facteurs sont réunis, selon la séquence suivante : 1) présence de l'agent infectieux (inoculum), 2) production et libération des spores, 3) infection de la plante et 4) développement de la maladie sur la plante.

Les conditions météorologiques ont une influence allant de la production des spores jusqu'au développement des moisissures.

Inoculum

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 constituent l'inoculum (spores, microconidies et macroconidies). La plus grande source d'inoculum provient des résidus végétaux (cultures précédentes et mauvaises herbes) présents à la surface du sol. Généralement, les semences sont une source mineure d'inoculum comparativement aux résidus de cultures.

Production et libération des spores

Des conditions météorologiques pluvieuses sont favorables à la production et à la libération des spores. Les spores sont disséminées par les éclaboussures de pluie et/ou transportées par le vent, parfois sur plusieurs kilomètres. Les spores peuvent être aussi transportées par les insectes et les oiseaux.

Infection

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 généralement les épis en pénétrant par les soies. Les soies sont très vulnérables à l'infection dans les jours suivant leur émergence. Les conditions météorologiques qui favorisent cette infection varient selon les différentes moisissures. Les champignons peuvent également contaminer les grains en pénétrant dans l'épi par des blessures causées par les insectes, les oiseaux, la grêle ou le gel (voir le [tableau 1](#)).

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.

Développement de la maladie et des moisissures

À la suite de l'infection, la colonisation du champignon dans l'épi et le développement de moisissures dépendent des conditions météorologiques. Les conditions météo idéales sont variables d'une maladie à l'autre (voir le [tableau 1](#)).

Dépistage et identification au champ

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.

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 ainsi que leur potentiel de production de mycotoxines. Si des moisissures sont observées, il est recommandé de faire analyser les grains pour détecter la présence et les niveaux de mycotoxines.

Le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (MAAARO) recommande de récolter le plus tôt possible un champ dont 10 % des épis sont atteints de fusariose (voir la section [Récolte et entreposage des grains](#) ci-dessous).

Analyse 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 de 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 édictées par l'Agence canadienne d'inspection des aliments \(ACIA\) pour les différents usages des grains](#). L'industrie fixe également des normes sur le contenu en mycotoxines des grains qu'elle achète. Dans les rations animales, la concentration maximale permise est de 1 ppm de désoxynivalénol (DON) pour les porcs, les veaux et les 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 (FADQ) est de 2 ppm pour le maïs.

Stratégies d'intervention

Prévention et bonnes pratiques

Même si les conditions météorologiques demeurent déterminantes pour le développement des moisissures de l'épi et qu'elles peuvent se manifester lors de saisons aux conditions favorables au développement de la maladie pendant les périodes critiques d'infection malgré de bonnes pratiques, plusieurs moyens peuvent être mis en œuvre pour diminuer les risques :

Pratiques culturales

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, les bonnes pratiques qui limitent la compaction sont à privilégier.

Choisir des hybrides résistants

L'utilisation d'hybrides adaptés à la région et à la date du semis est recommandée (voir section [Période de maturation à l'automne](#) ci-dessous)

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'incidence 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 et du ver-gris occidental des haricots (VGOH), capables de causer des blessures aux épis par lesquelles les spores des champignons pénètrent (figure ci-contre).



Blessure causée par la pyrale du maïs (trou à travers les 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 qui n'est pas adapté par rapport à 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.
- Un excès d'azote peut également allonger la maturation du grain à l'automne.

Lutte chimique

Il existe des [fongicides homologués](#) pour lutter contre la fusariose de l'épi (*Fusarium* sp.) chez le maïs. 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'**avant** le 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 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 [SAgE Pesticides](#) pour avoir en tout temps une liste à jour des produits homologués.

Récolte et entreposage des grains

Si des moisissures sont observées lors du dépistage (voir section [Dépistage et identification au champ](#)), il est recommandé de devancer la récolte pour éviter le développement supplémentaire des moisissures et la production de mycotoxines, et de récolter séparément les endroits dans le champ (ex. : bordure plus affectée par les oiseaux) où il y a une forte abondance de moisissures. La moissonneuse-batteuse peut 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 désavantage de cette stratégie est que l'inoculum est laissé au champ et pourra servir de source d'infection dans les années qui suivent. Il est donc préférable dans certains cas de récolter normalement le champ affecté et de cribler le grain après la récolte pour éliminer les grains malades et les résidus de récoltes contaminés. Le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (MAAARO) recommande de récolter le plus tôt possible un champ dont 10 % des épis sont atteints de fusariose.

Après la récolte, la température, la teneur en eau et l'activité des insectes sont les principaux facteurs qui influencent la contamination de la récolte. Ainsi, 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 (lorsque les conditions d'ensilage sont adéquates), 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'inhaler 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.

Remarques sur le charbon

Cette maladie provoque des tumeurs caractéristiques ([figure 6](#)) qui peuvent être impressionnantes, mais ce champignon ne produit pas de mycotoxines. La maladie est favorisée par un excès d'azote, d'engrais organiques ou à la suite d'un dommage (herbicide, grêle, insectes, etc.), ainsi que par des températures chaudes et sèches. Certaines sources d'information sont contradictoires quant à l'impact de cette maladie sur l'appétence des grains affectés. La contamination par le charbon peut entraîner une diminution de la valeur énergétique de l'ensilage et lors de forte présence, certaines précautions peuvent être prises pour favoriser une meilleure fermentation lors de la mise en silo. Quoiqu'il en soit, la présence de cette maladie ne devrait pas empêcher l'ensilage du champ affecté.

Pour plus d'information

- 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 [cliquant ici](#).
- Duval, B., Fournier, A. 2006. *Moisissures dans le maïs : gare aux toxines!* Journal Forum.
- La Financière agricole du Québec. 2019. Assurance récolte – [Céréales, maïs-grain et protéagineuses](#).
- Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario. 2017. [Guide agronomique des grandes cultures](#).
- Pageau, D., Fillion, P., Lajeunesse, J., Lafond, J., Savard, M., Rioux, S., Tremblay, G. 2009. [Fusariose : réduire les risques aux champs!](#)
- Pataký, J., Snetselaar, K. 2006. [Common smut of corn](#) (en anglais).
- Purdue University. 2010. [Managing Moldy Corn](#) (en anglais). Robertson, A. 2014. [Watch for Stalk and Ear Rots in Corn](#) (en anglais). Iowa State University.
- Robertson, A. 2012. [Aspergillus Ear Rot and Aflatoxin Production](#) (en anglais). Iowa State University.
- Robertson A. 2009. [How Delayed Harvest Might Affect Ear Rots and Mycotoxin Contamination](#) (en Anglais). Iowa State University.
- Tenuta, A. 2014 [Identification des moisissures de l'épi](#). MAAARO.

Cette fiche technique a été mise à jour par Isabelle Fréchette, agr. (CÉROM), Line Bilodeau, agr. (MAPAQ), Brigitte Duval, agr. (MAPAQ), Sylvie Rioux, agr. (MAPAQ) et Véronique Samson, agr. (MAPAQ), à partir du bulletin d'information N° 17 du 2 septembre 2016 publié par le réseau Grandes cultures et rédigé par Katia Colton-Gagnon, agr. (CÉROM) et coll. Pour des renseignements complémentaires, vous pouvez contacter [l'avertisseuse du réseau Grandes cultures](#) ou [le secrétariat du RAP](#). La reproduction de ce document ou de l'une de ses parties est autorisée à condition d'en mentionner la source. Toute utilisation à des fins commerciales ou publicitaires est cependant strictement interdite.

19 septembre 2019

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. - Raffles de maïs spongieuses. - Spathes délavées adhérant aux grains. - Périthèces noirs parfois visibles sur les spathes. - Figure 1. 	<p>À l'infection : températures fraîches (20 à 25 °C) et humides.</p> <p>À l'apparition de la moisissure : conditions humides lors de la maturation.</p>	<p>Soies (2 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, suivies par des conditions chaudes et humides pendant les 2 à 3 semaines suivantes, favorisent le développement de la maladie.</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, 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>	<p>La présence de feuilles sèches et délavées entourant les épis, alors que le reste de la plante est vert, peut indiquer que les épis sont infectés par la pourriture sèche.</p> <p>La moisissure apparaît à la base de l'épi puis se reprend sur le reste de l'épi.</p> <p>Les grains semblent être collés aux feuilles entourant les épis.</p>
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 noire de spores 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>	<p>Toutes les parties aériennes de la plante peuvent être affectées.</p>
MOISSISSURES 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. 	<p>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.</p>	<p>Blessures (insectes, oiseaux, grêle et gel).</p>	<p>La croissance de la moisissure s'arrête immédiatement en anaérobie (absence d'oxygène), si la récolte est entreposée ou ensilée dans de bonnes conditions.</p>

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 d'expertise et 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