



# Le RAP

RÉSEAU D'AVERTISSEMENTS PHYTOSANITAIRES

Leader en gestion intégrée  
des ennemis des cultures

## FICHE TECHNIQUE | GRANDES CULTURES

### Maladies, mycotoxines et fongicides appliqués au champ dans le maïs grain et le maïs ensilage : que savons-nous?

Le portrait de la situation concernant les différentes maladies du maïs et les moisissures peut être très variable d'une année à l'autre et d'une ferme à l'autre. Lorsque les conditions météorologiques sont propices à leur développement et que la régie de culture favorise leur présence, des champignons peuvent se développer dans le maïs et affecter le rendement et la qualité de la récolte. Même s'il peut être difficile de prévenir les pourritures et les moisissures des tiges et des épis (étant donné que ces maladies sont très étroitement liées aux conditions météorologiques), certaines bonnes pratiques peuvent avoir un impact et devraient être adoptées : choix d'un hybride résistant, bonne rotation des cultures, maintien d'un sol en santé et une bonne gestion des résidus. Ainsi, pour les fermes aux prises avec une telle problématique, la situation doit être analysée au cas par cas, selon les facteurs de risque de chaque entreprise.

Quant aux mycotoxines, elles peuvent être produites par les moisissures des tiges et des épis, et non par les maladies foliaires. Leur production dépend non seulement des conditions au champ, mais également des conditions à la récolte, à la reprise et à l'entreposage. Cependant, la présence de moisissures sur les grains ou dans les fourrages ne veut pas dire automatiquement qu'il y a des mycotoxines. Il faut donc faire une analyse en laboratoire de lots de grains ou d'ensilage pour en confirmer la présence et la teneur, avec la bonne technique d'échantillonnage. Pour limiter la contamination par les mycotoxines, il est important de manipuler le grain ou l'ensilage correctement à la récolte, de les entreposer dans de bonnes conditions et d'effectuer les analyses nécessaires.

Quant à la décision d'utiliser des fongicides, elle doit être prise sur la base des facteurs de risque propres à l'entreprise (historique, sensibilité de l'hybride, régie, pression des maladies, rentabilité, etc.). Toutefois, il faut savoir que les résultats des quelques études disponibles sur le sujet ne permettent pas d'avoir de réponses claires quant à l'impact de l'utilisation des fongicides sur la valeur nutritionnelle et le rendement du maïs ensilage. Une utilisation unique de fongicides foliaires ne permettrait pas d'améliorer suffisamment la conversion de la matière sèche en lait pour que cette pratique soit recommandée aux producteurs. De plus, l'utilisation à deux ou même trois reprises de fongicides ne s'avérerait pas économiquement rentable étant donné que les coûts d'application seraient plus élevés que les gains potentiels, et ce, même pour les meilleurs rendements en maïs ensilage observés au Québec. Pour le maïs grain, les études disponibles et réalisées au Québec montrent que l'application de fongicides a peu de chance d'être rentable.

Par ailleurs, le fait d'appliquer un fongicide foliaire n'éliminera pas le risque de voir se développer des mycotoxines à la suite de la récolte. La simple utilisation d'un fongicide ne saurait être la seule solution à une problématique aussi complexe.

Si on ajoute toutes ces réserves aux coûts et aux nombreuses considérations techniques et environnementales entourant l'application du fongicide, notamment les défis techniques que représente un arrosage adéquat du maïs au moment de la floraison, il devient clair que l'utilisation systématique des fongicides dans le maïs n'est pas une bonne stratégie. Cela est d'autant plus vrai dans le cas où la pression des maladies fongiques est faible! Cette fiche vise à informer sur les principales maladies du maïs et sur les méthodes préventives et de lutte pour y faire face.

## Principales maladies dans le maïs au Québec

### Les maladies racinaires

Des problèmes à la levée observés dans le maïs peuvent être provoqués par des maladies racinaires causées par différents champignons (*Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Fusarium graminearum*, *Rhizoctonia solani*, *Penicillium oxalicum*, *Pythium* et *Trichoderma* spp.). Les facteurs qui ralentissent la germination et le développement des plantules comme un semis trop profond ou dans un sol froid et humide favorisent le développement de ces maladies. En plus de semer le maïs dans les meilleures conditions, les autres moyens de lutte sont : l'utilisation de semences de première qualité, l'utilisation d'un traitement de semences fongicide et l'adoption de pratiques pour améliorer la structure et le drainage des sols.

### Les maladies foliaires

Selon une récente enquête réalisée par le Centre de recherche sur les grains (CÉROM), les principales maladies foliaires observées au Québec dans les champs de maïs sont : la rouille commune (*Puccinia sorghi*), le dessèchement (*Setosphaeria turcica*), la kabatiellose (*Aureobasidium zeae*) (figures 1 à 3) et l'anthraxose (*Colletotrichum graminicola*), laquelle peut s'attaquer tant aux feuilles qu'à la tige (figure 4). Moins fréquemment, on observe aussi la maladie des taches grises (*Cercospora zeae-maydis*) (figure 5), la tache septentrionale (*Bipolaris zeicola*) et la tache helminthosporienne (*Bipolaris maydis*).



Figure 1 : Rouille commune



Figure 2 : Dessèchement  
Photos : LEDP (MAPAQ)



Figure 3 : Kabatiellose



Figure 4 : Anthracnose



Figure 5 : Taches grises (cercosporose)

Photos : Iowa State University

Lorsque la pression de ces maladies est élevée et qu'elles sont répandues dans un champ, celles-ci pourraient affecter le rendement et la qualité du grain, particulièrement dans le cas d'hybrides de maïs sensibles. Dans le cas du maïs ensilage, la qualité de l'ensilage pourrait être affectée, non pas en raison de la production de mycotoxines (les maladies foliaires n'en produisent pas), mais parce que l'ensilage risque d'être moins nutritif pour la vache laitière (plus riche en lignine et plus faible en amidon).

## Les maladies des tiges et des épis

Outre les maladies foliaires, d'autres champignons peuvent être présents dans le maïs tels que les moisissures d'épis et de tiges. Les dommages attribuables aux pourritures de la tige sont principalement causés par trois champignons, soit *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Gibberella/Fusarium*, et occasionnellement *Diplodia* et *Pythium*. Ces champignons pathogènes vont affecter le transport des éléments minéraux dans la plante, ce qui a pour effet, dans le cas d'une forte infestation, de nuire au remplissage des grains et de rendre les tiges plus sujettes à la verse. Lorsqu'on coupe une tige sur la longueur, on constate que seuls les faisceaux vasculaires demeurent intacts et que le tissu de la moelle est désintégré et décoloré.

La **fusariose de la tige** causée par *Fusarium graminearum* (*Gibberella zea*) est la plus destructrice des pourritures de la tige au Canada. L'infection se produit par les racines ou des blessures dans la tige, souvent peu de temps après la pollinisation. Les plantes infectées flétrissent et les feuilles passent d'un vert clair à un gris vert terne, comme si elles avaient souffert d'un gel ou de la sécheresse. Il se produit alors une coloration jaune à orangé aux entre-nœuds inférieurs et une coloration rose à rougeâtre à l'intérieur de la tige (figure 6). Le genre *Fusarium* est un des principaux producteurs de mycotoxines. *Fusarium graminearum* peut aussi affecter les céréales comme le blé, l'orge, l'avoine et le seigle.

Une autre espèce, *Fusarium verticillioides*, peut également être présente dans le maïs et causer la pourriture fusarienne de la tige et la fusariose de l'épi et du grain. Les symptômes, qui apparaissent généralement tard en saison, se présentent sous forme de lésions de brun clair à noir près des nœuds (figure 7). À l'intérieur de la tige, le tissu pourri peut être de couleur rose à saumon, contrairement au rose à rouge de la fusariose de la tige. La pourriture fusarienne de la tige est souvent diagnostiquée en l'absence de symptômes d'autres maladies des tiges. Des conditions de stress (comme une sécheresse) au moment du remplissage des grains peuvent également faire en sorte d'affaiblir les tiges de maïs et de rendre les plants plus vulnérables à cet agent pathogène.



Figure 6 : Symptômes de la fusariose de la tige causée par *Fusarium graminearum*  
Photo : MAAARO



Figure 7 : Symptôme de la pourriture fusarienne de la tige causée par *Fusarium verticillioides*  
Photo : [www.dekalb.ca/ma%C3%AFs/202-pourritures-de-la-tige-cannibalisation-et-verse](http://www.dekalb.ca/ma%C3%AFs/202-pourritures-de-la-tige-cannibalisation-et-verse)

Dans le cas des moisissures susceptibles d'être observées sur les épis de maïs, la **fusariose de l'épi** causée par *Gibberella zeae* (phase sexuée de *Fusarium graminearum*) est la plus courante. La maladie est reconnaissable par la moisissure rose à rougeâtre qui descend dans l'épi, commençant en général par son extrémité (figure 8). Les conditions favorables à la maladie sont des **températures de 20 à 25 °C et humides** lors de l'infection, soit de **2 à 10 jours suivant l'apparition des soies**. La progression de la maladie est par la suite favorisée par des conditions humides. Les soies sont la principale porte d'entrée de la maladie, mais les blessures d'insectes, d'oiseaux ou causées par la grêle constituent une autre voie d'infection. Les grains sont sensibles jusqu'à ce qu'ils atteignent le stade de maturité.

Dans le cas de la fusariose de l'épi et du grain (*Fusarium verticillioides*), elle est caractérisée par la présence de moisissure de couleur rose blanchâtre sur des grains épars ou des groupes de grains (figure 9). L'infection peut aussi prendre la forme de stries blanches disposées en motif étoilé sur le dessus du grain ou le long de sa base. **Le temps chaud (> 25 °C) et sec dans les 5 premiers jours suivant l'apparition des soies, associé à des conditions chaudes et humides pendant les 2 à 3 semaines qui suivent**, favorise le développement de la maladie. L'infection se produit par les soies ou par les blessures provoquées par les oiseaux et les insectes. Comme pour la fusariose de l'épi, même si l'infection se produit lors de l'apparition des soies, le champignon peut continuer à se propager sur les grains infectés au-delà du stade R6 et jusqu'à ce que le grain ait moins de 18 % d'humidité.



Figure 8 : Symptômes de la fusariose de l'épi causée par *Gibberella zeae*

Photo :

<https://andersonscanada.com/2015/09/03/gibberella-ear-rot-in-corn/>



Figure 9 : Symptômes de la fusariose de l'épi et du grain causée par *Fusarium verticillioides*

Photo : MAAARO

Pour plus de détails sur les moisissures de l'épi du maïs grain, référez-vous à la fiche technique [Les moisissures de l'épi du maïs grain](#).

## Les mycotoxines

Les mycotoxines sont des composés organiques complexes et toxiques produits par diverses moisissures dans certaines conditions environnementales. Les principaux genres de champignons producteurs de mycotoxines, selon les recherches effectuées en Amérique du Nord, sont *Aspergillus*, *Fusarium* et *Penicillium*. Les mycotoxines sont souvent associées avec les pourritures de la tige et de l'épi du maïs.

Il existe plus d'une centaine de mycotoxines connues à ce jour. Dans les climats tempérés comme celui du Québec, les mycotoxines les plus fréquentes dans les récoltes contaminées sont : les trichothécènes (désoxynivalénol [DON], nivalénol, toxines T-2 et HT-2), la zéaralénone (ZEN), les fumonisines (surtout FB<sub>1</sub>) et les ochratoxines (surtout l'ochratoxine A) et l'ergot. Les mycotoxines sont surtout présentes dans les céréales et le maïs, mais leur présence est parfois signalée sur d'autres cultures, comme la luzerne et les oléagineux. Le tableau suivant présente les principales toxines produites par la fusariose de l'épi et la fusariose de l'épi et du grain. Quant aux mycotoxines produites par les autres moisissures de l'épi du maïs, référez-vous à la fiche technique [Les moisissures de l'épi du maïs grain](#).

## Principales toxines produites par la fusariose de l'épi

Toxine	Nom complet	Produite par	Espèces touchées
DON	Désoxynivalénol (vomitoxine)	<i>Fusarium graminearum</i> ( <i>Gibberella zeae</i> )	céréales et maïs
ZEN	Zéaralénone		
T-2, HT-2	T-2, HT-2	<i>F. sporotrichioides</i>	céréales et maïs

## Principale toxine produite par la fusariose de l'épi et du grain

Toxine	Nom complet	Produite par	Espèce touchée
FB <sub>1</sub>	Fumonisine B <sub>1</sub>	<i>Fusarium verticillioides</i>	maïs

**Les résidus de maïs et céréales présents à la surface du sol constituent la plus grande source d'inoculum**, suivi par le sol et, dans une moindre mesure, les semences (notamment dans le cas de *F. verticillioides*). Les spores sont disséminées par les éclaboussures de pluie et/ou sont transportées par l'air, parfois sur plusieurs kilomètres. Les moisissures peuvent proliférer et produire des mycotoxines avant ou après la récolte et pendant l'entreposage, le transport, la transformation ou l'alimentation.

Les mycotoxines peuvent causer des problèmes importants lorsqu'elles sont présentes dans les aliments des animaux d'élevage, notamment les bovins, les porcs et la volaille. Le plus souvent, on impute aux mycotoxines une diminution de l'efficacité du système immunitaire, une sensibilité accrue aux maladies et aux infections, ainsi que des problèmes de reproduction et une baisse générale des performances zootechniques. De plus, certaines mycotoxines, lorsqu'elles sont réunies, produisent un effet synergique, ce qui exacerbe les effets toxiques associés. Pour les vaches laitières, la directive réglementaire de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) indique un niveau maximal de 1 ppm de DON dans la ration totale, 10 ppm de ZEN (1,5 ppm de ZEN si d'autres toxines sont présentes), 0,025 ppm de HT-2 et 30 ppm de FB<sub>1</sub>. Pour connaître les seuils de tolérance recommandés pour plusieurs mycotoxines au Canada pour les différentes espèces animales, consultez la page de l'ACIA : [Mycotoxines dans les aliments du bétail](#).

Il est difficile d'avoir un portrait de la situation quant au contenu en mycotoxines des aliments produits et consommés par le bétail puisqu'il n'existe pas de base de données spécifique à ce sujet pour le Québec. De même, il n'est pas possible de tirer des conclusions par rapport à la toxicité d'un aliment en se basant sur la couleur des moisissures, **la présence de moisissures sur des grains ou des fourrages ne voulant pas dire automatiquement qu'il y a aussi des mycotoxines**. La production de mycotoxines est influencée par des paramètres environnementaux, notamment l'humidité et la température, ainsi que le stade du maïs et les conditions d'entreposage. Ainsi, **le contenu en mycotoxines peut être très variable d'une ferme à l'autre, d'un lot de grains ou d'ensilage à l'autre et d'une année à l'autre**. C'est d'ailleurs ce qu'a révélé une enquête effectuée par le professeur-chercheur Younès Chorfi de la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal sur 30 fermes laitières de la région de Saint-Hyacinthe, en 2015 (données non publiées). La teneur moyenne en DON de la ration totale mélangée (RTM) variait de 0,54 à 2,42 ppm selon la ferme. La concentration en ZEN variait également, avec une teneur moyenne de 0,13 ppm ( $\pm$  0,09 ppm). **Par conséquent, seule une analyse en laboratoire de lots de grains ou d'ensilage peut confirmer la présence et la teneur en mycotoxines**. Le maïs suspecté de contenir des mycotoxines devra donc être analysé avant d'être servi aux animaux. Pour plus de détails concernant l'échantillonnage et l'analyse des aliments, consultez la section [Stratégie d'intervention](#).

## Impact sur le rendement et rentabilité des applications de fongicides pour la culture du maïs grain

Des études rapportent des effets physiologiques positifs de certains fongicides sur les plants de maïs, comme un effet de verdissement ou une réduction de la verse. Les essais québécois effectués dans le maïs grain n'ont toutefois pas permis de montrer de telles tendances. En effet, des travaux menés par les chercheurs Sylvie Rioux et Gilles Tremblay du CÉROM (2012) ont montré que l'application de fongicides a eu **peu d'impact sur la verse, la teneur en eau, le poids spécifique des grains ou encore, l'intensité des symptômes à la surface des feuilles**.

Quant au rendement, les effets des fongicides foliaires peuvent être très variables chez le maïs grain. D'une manière générale, les gains seraient plus grands les années de forte pression de maladies et pour les hybrides sensibles aux maladies foliaires. Dans une étude réalisée au Québec, un effet significatif des fongicides foliaires sur le rendement en maïs grain a été rapporté dans un cas sur trois (deux des six essais), avec des gains de 558 et de 591 kg/ha (Tremblay et Rioux, 2012).

Rappelons toutefois que même si plusieurs études rapportent des gains de rendement significatifs à la suite de l'application de fongicides foliaires, **cela ne signifie pas nécessairement que les traitements sont économiquement rentables**. Dans le cas du maïs grain, l'analyse économique effectuée par Luc Belzile (IRDA, 2016) a démontré que les traitements fongicides **devraient procurer le double du gain de rendement réellement obtenu afin de les rentabiliser**. Les données agronomiques sous-jacentes à cette analyse économique provenaient de travaux de Sylvie Rioux et Gilles Tremblay sur un ensemble de 45 essais agronomiques menés au CÉROM, entre 2007 et 2014. En plus de considérer les rendements, ces données permettaient de tenir compte de la qualité des grains, ce qui peut avoir une incidence sur le prix de vente.

## Impact sur la qualité, le rendement et la rentabilité des applications de fongicides dans la culture du maïs ensilage

### Impact des fongicides foliaires sur la qualité de l'ensilage de maïs

Il y a peu d'études qui ont été menées sur l'effet de l'application de fongicides foliaires sur le maïs ensilage, afin de vérifier si cela permettrait d'obtenir un ensilage de meilleure qualité et, ce faisant, d'augmenter la production laitière.

Selon les résultats d'une récente étude menée au Québec, de 2018 à 2020, sur 12 fermes laitières de la Montérégie, l'application d'un fongicide n'a pas permis de diminuer l'incidence des toxines et n'a eu aucun effet sur le rendement. L'analyse alimentaire du maïs ensilage traité et non traité ne laisse voir aucune différence quant à la valeur alimentaire. De plus, les différentes pratiques culturales de chaque entreprise n'ont pas permis d'observer une tendance à favoriser ou à défavoriser l'incidence des maladies. Cependant, l'utilisation de papiers hydrosensibles a mis en lumière une faible couverture des parties ciblées du maïs ensilage avec un pulvérisateur automoteur. Le rapport complet du projet est disponible sur Agri-Réseau ([cliquez ici](#)).

Les quelques autres études récentes consultées portant sur l'impact des fongicides sur la qualité de l'ensilage de maïs proviennent majoritairement des États-Unis, notamment du Wisconsin et de l'Illinois. Dans le cadre d'une étude menée en 2018 et en 2019 au Wisconsin, qui a évalué l'impact de 11 traitements fongicides différents sur l'incidence de maladies de deux hybrides de maïs « brown midrib » (BMR) et la qualité de l'ensilage, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements pour ce qui est du rendement ou des paramètres de qualité de l'ensilage (digestibilité, humidité et teneur en amidon). Seuls les indices de sévérité des maladies foliaires ont été systématiquement réduits par l'utilisation d'un traitement fongicide.

Selon une autre étude réalisée en 2015, en Illinois, l'application consécutive de fongicides foliaires aux stades 5 feuilles du maïs (V5) et à la sortie des soies (R1) a eu un impact, en présence de maladies foliaires, sur la qualité de l'ensilage grâce à une meilleure digestibilité des feuilles (baisse de la teneur en fibres ADF et NDF). Cependant, les chercheurs ont aussi observé une augmentation de la teneur en lignine des tiges. Dans le cadre d'une autre étude, l'application de fongicides a permis d'obtenir 2 fois moins de feuilles jaunies par rapport au témoin, mais cela n'a pas eu d'impact sur le contenu en matière sèche et le rendement du maïs ensilage. Ainsi, sur la base des résultats des études consultées, il est difficile de tirer des conclusions claires quant à l'impact des fongicides foliaires sur la qualité de l'ensilage de maïs. Cela est d'autant plus vrai que les auteurs n'ont pas vérifié la rentabilité économique de ces applications.

En ce qui concerne l'impact des fongicides foliaires sur les performances des vaches laitières, une autre étude de l'Illinois a démontré que les taux de conversion de la matière sèche tendent à être meilleurs pour des vaches laitières nourries avec du maïs ensilage traité aux fongicides. Cette amélioration de la conversion de la matière sèche en lait serait possiblement due à une plus grande digestibilité de l'ensilage de maïs traité aux fongicides, mais les résultats obtenus dans le cadre d'une autre étude ne permettent pas d'appuyer clairement cela. Les auteurs n'ont pas non plus vérifié si cette amélioration du taux de conversion avec l'augmentation du nombre d'applications de fongicides foliaires était économiquement rentable.

En ce qui a trait aux mycotoxines, l'étude du Wisconsin a montré un impact significatif de l'utilisation de fongicides foliaires sur la teneur en DON pour seulement 2 des 13 traitements comparés, seulement en 2019 et pour un seul hybride. Dans le cadre de l'étude de l'Illinois, trois mycotoxines étaient présentes au-delà des limites minimales détectables parmi les traitements à l'étude (le 15-acétyl déoxynivalénol, le désoxyscirpénol et la ZEN; 3 mycotoxines connues pour être produites par les espèces de champignons appartenant au genre *Fusarium*). Selon les quelques résultats présentés, il n'y a que pour le désoxyscirpénol et la ZEN que les concentrations étaient inférieures suivant trois et une applications de fongicide, respectivement, par rapport au témoin, mais l'étude n'indique pas si cette différence était significative. De plus, les teneurs en mycotoxines mesurées étaient toutes en deçà des limites prescrites pour les vaches laitières. Même si les auteurs soulignent que l'une des raisons possibles pour lesquelles les vaches nourries avec de l'ensilage de maïs traité avec un fongicide ont pu avoir une meilleure conversion alimentaire était la différence de quantité de mycotoxines présentes dans les ensilages de maïs, il apparaît difficile de tirer une telle conclusion sur la base des résultats présentés. D'ailleurs, les auteurs ne parviennent pas à cerner les causes réelles de cette amélioration de la conversion de la matière sèche en lait.

Selon les résultats d'une autre étude menée dans le sud-ouest de l'Ontario, de 2013 à 2015 (mais n'ayant pas fait l'objet d'une publication scientifique), l'application du fongicide PROLINE a permis de réduire la teneur moyenne en DON des 3 années de l'étude de 66 % (0,3 vs 0,7 ppm pour le témoin). Toutefois, il n'y a qu'en 2015 que la teneur en DON du témoin excédait la limite de 1 ppm (0,5 vs 1,4 ppm pour le témoin).

Ainsi, il appert que l'utilisation de fongicides seuls pour gérer les problèmes de mycotoxines n'est pas une stratégie viable en raison des nombreux facteurs qui entrent en interaction et qui ont un impact sur la présence et le développement des maladies, dont les hybrides et les paramètres environnementaux (météo, etc.).

Pour plus d'information sur les fongicides foliaires et la qualité du maïs ensilage, consulter le [billet de blogue](#) de Gilles Tremblay disponible sur Agri-Réseau.

## **Impact des fongicides foliaires sur le rendement du maïs ensilage et la rentabilité des traitements**

Peu de données sont disponibles quant à l'impact des fongicides sur le rendement du maïs ensilage et il est hasardeux de transposer les résultats obtenus dans le maïs grain, notamment parce que les hybrides sont différents. En revanche, il semble que le maïs fourrager ne réagisse pas autant que le maïs grain aux applications de fongicides foliaires. En effet, dans les quelques études consultées, il n'y avait bien souvent aucune différence significative observée. Seule une faible augmentation du rendement en matière sèche (6 %) a été obtenue dans le cadre d'une des études menées en Illinois, mais les auteurs ne précisent pas si l'application des fongicides s'est avérée rentable. Dans le cadre de l'étude ontarienne citée plus haut, de faibles augmentations de rendement ont été observées, variant de 1 à 5 % selon les années. Toutefois, ces gains de rendement n'étaient pas suffisants pour couvrir les coûts d'application du fongicide.

Dans le cas du maïs ensilage, il est plus difficile d'évaluer la rentabilité des applications, puisque l'ensilage est consommé à la ferme dans la majorité des cas. Toutefois, à partir des résultats de l'étude de l'Illinois (qui a démontré une meilleure conversion alimentaire suivant 2 applications de fongicides à V5 et R1), l'économie en fourrage que cela pourrait représenter peut être extrapolée pour le Québec. Ainsi, sur la base de la consommation volontaire de matière sèche par rapport à la quantité de lait produit par vache, l'application de fongicides permettrait d'économiser, au mieux, l'équivalent de 8,50 \$/vache/année, alors que le coût des fongicides foliaires (deux applications) représente entre 9 \$ et 16,50 \$/vache/an, selon les rendements considérés (pour une ration avec 35 % de maïs ensilage). Le détail du calcul se trouve à l'[Annexe 1](#).

Ainsi, les coûts d'application des fongicides seraient plus élevés que les gains potentiels associés aux fongicides, et ce, même pour les meilleurs rendements en maïs ensilage observés au Québec. Par conséquent, sur la base de l'information disponible en ce moment, **l'affirmation voulant que les vaches qui reçoivent de l'ensilage de maïs traité avec un fongicide foliaire aient une meilleure conversion de la matière sèche pour produire du lait ne s'avérerait pas vérifiée**. De même, sur la base des connaissances actuelles, **il y a lieu de se questionner quant à l'utilisation systématique des fongicides sur la seule base d'une amélioration possible de la qualité ou du rendement de l'ensilage de maïs**. Cela est d'autant plus vrai dans le cas où la pression des maladies fongiques est faible. Ainsi, la décision d'appliquer un fongicide doit être prise sur la base des facteurs de risque propres à l'entreprise (historique, sensibilité du cultivar, régie, pression des maladies, rentabilité, etc.).

## Stratégies d'intervention

### Choisir des semences de qualité et des hybrides résistants

Assurez-vous de choisir des hybrides adaptés à la région et d'utiliser des semences de qualité. L'utilisation d'un hybride trop tardif pour la zone ou une date de semis trop tardive peut allonger la période de maturation à l'automne et donc, accroître le risque de voir se développer des mycotoxines.

Quant à la résistance génétique aux maladies fongiques, elle varie grandement d'un hybride à l'autre. Même si aucun d'eux n'a une résistance complète, certains sont beaucoup moins sensibles que d'autres et le choix d'hybrides performants et résistants doit être priorisé. Les hybrides offrant de la résistance, même s'ils peuvent tout de même développer des symptômes, permettent de limiter les pertes de rendement. Dans le cas de la rouille commune par exemple, le choix d'un hybride résistant, dans les régions aux prises avec cette maladie, s'avère d'autant plus important que l'inoculum ne provient pas des résidus de culture du champ, mais arrive plutôt par les vents (donc plus difficile à prédire). Les données sur les degrés de résistance des hybrides à différentes maladies fongiques sont généralement disponibles auprès des compagnies semencières.

### Rotation des cultures

Les champignons responsables des maladies foliaires (à l'exception de la rouille commune) ainsi que des moisissures des tiges ou de l'épi du maïs se conservent dans le sol et sur les résidus de culture. Ainsi, la rotation avec des cultures autres que le maïs et les céréales pendant 2 à 3 années demeure l'une des meilleures pratiques pour briser le cycle des maladies. D'ailleurs, plusieurs études démontrent que la rotation des cultures aurait, dans l'ensemble, un effet très positif sur la gravité des maladies et le rendement en grains. Dans le cas d'un travail réduit du sol, la durée de la rotation devrait être augmentée.

### Santé du sol et fertilisation

Un sol en santé limite le stress imposé à la culture, et conséquemment, le risque de développement de maladies. Le déséquilibre entre deux éléments nutritifs majeurs, soit l'azote (N) et le potassium (K), serait associé à un risque accru de développement des pourritures de la tige chez le maïs. La surfertilisation en N dans les sols ayant une faible teneur en K pourrait entraîner une fragilisation de la tige et ainsi augmenter le risque de développement de ces maladies.

Les infestations peuvent aussi être limitées par :

- un travail du sol qui permet d'enfouir les résidus;
- un drainage adéquat des champs.



# Dépistage des maladies du maïs

## Maladies foliaires

### Dépistage

Le dépistage sert à vérifier s'il y a présence de maladies foliaires et à en faire l'identification. Ceci permet de bien documenter la situation à l'égard du champ et du choix de l'hybride semé afin d'établir la stratégie à adopter pour limiter les risques la saison suivante. Il est important de documenter, année après année, les maladies qui se manifestent dans les champs. En cas de doute quant à l'identification des différentes maladies du maïs, un échantillon peut être envoyé au Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection (LEDP) du MAPAQ ([demande d'analyse en ligne](#)).

Lors du dépistage, il faut examiner au moins 100 feuilles bien réparties dans le champ, en ayant une attention particulière aux symptômes présents sur la feuille de l'épi. Si, lors du dépistage, vous observez que certains symptômes sont présents, faites une estimation visuelle de la fréquence (pourcentage de plantes présentant des lésions) et de l'intensité (pourcentage de surface foliaire atteinte) de la maladie. Ce dépistage au champ devrait être réalisé autour de la sortie des croix (stade VT), soit à partir de **2 à 3 semaines avant le stade R1 (sortie des soies) et jusqu'à 2 semaines après la pollinisation**.

L'évolution de la situation devrait être suivie chaque semaine pour les champs à risque. Un ou deux suivis devraient être faits à l'automne, en septembre et avant la récolte. Ce dépistage permet de vérifier la progression de la maladie au cours de la saison.

### Seuil d'intervention

Les seuils d'intervention actuels peuvent être différents selon les maladies présentes et aucun n'a été validé pour le Québec.

De même, il peut être difficile d'établir un seuil d'intervention lors du dépistage au stade VT, soit au moment où l'application de fongicides est recommandée, étant donné l'absence ou le peu de symptômes. À preuve, selon les résultats d'une récente enquête effectuée de 2017 à 2019 dans plus de 300 champs de maïs au Québec, on a constaté que les maladies sont peu présentes (rouille) ou absentes (dessèchement) à la sortie des croix (stade VT). Dans le cas du dessèchement par exemple, les symptômes de la maladie commencent par affecter les plus vieilles feuilles et n'apparaissent qu'après la floraison.

À titre informatif, voici les recommandations des Universités de l'Iowa et du Wisconsin pour le dessèchement, une des principales maladies foliaires retrouvées au Québec :

- L'application d'un fongicide pour lutter contre les maladies foliaires devrait être considérée (stade VT) si les 4 conditions suivantes sont réunies :
  1. L'hybride de maïs est sensible ou moyennement sensible à la maladie;
  2. Les prévisions météo annoncent un temps frais et pluvieux;
  3. 50 % des plants d'un champ présentent des lésions dues à la maladie sur la feuille de l'épi ou sur les trois feuilles en dessous (figure 10) avant la sortie des croix (stade VT);
  4. Les symptômes doivent être présents sur au moins 5 à 10 % de leur surface foliaire.



Figure 10 : Identification des feuilles de maïs à dépister pour les maladies foliaires  
*Photo : Purdue Extension*

La figure 11 présente une image générée par ordinateur de ce à quoi correspond une feuille de maïs avec 5 % de sa surface atteinte de dessèchement.

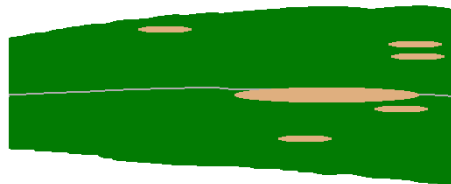


Figure 11 : Image générée par ordinateur correspondant à 5 % d'une feuille de maïs affectée  
*Source : Wisconsin Field Crops Pathology*

## Maladies de tiges

### Dépistage

En plus des maladies foliaires, un dépistage des pourritures des tiges devrait également être fait à partir **du stade R5 jusqu'au stade R6 du maïs**. En plus de servir à documenter la situation, ce dépistage servira à ajuster, au besoin, la stratégie au moment de la récolte. Les champs avec beaucoup de résidus de maïs ou ceux où l'on a observé des maladies foliaires ou des dommages aux feuilles devraient faire l'objet d'une attention particulière, parce que la réduction de la photosynthèse peut prédisposer les plants de maïs à la verse. Ce dépistage peut se faire selon deux méthodes, soit le test de la poussée ou le test de la pincée.

Test de la poussée :

- Choisir au hasard 20 plants à 5 endroits bien répartis dans le champ, pour un total de 100 plants;
- Pousser la partie supérieure du plant, de manière à l'écarter de 15 à 20 cm (6 à 8 po) de l'axe vertical pour voir si le plant verse ou non;
- Noter le nombre de tiges pourries.

Test de la pincée :

- Choisir au hasard 20 plants à 5 endroits bien répartis dans le champ, pour un total de 100 plants;
- Enlever les feuilles inférieures et pincer la tige entre les 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> entre-nœuds. Si elle peut facilement être écrasée, la pourriture de la tige se développera probablement. Les symptômes peuvent aussi être observés en coupant la tige en deux sur la longueur;
- Noter le nombre de tiges pourries.

### Seuil d'alerte

Si un champ de maïs comporte de **10 à 15 % de tiges pourries ou de plants versés**, il est **préférable de devancer et de faire rapidement la récolte afin de freiner la progression de la maladie et la production éventuelle de mycotoxines**. Pour plus d'information, consulter la section [Récolte et entreposage](#).

## Maladies des épis

### Dépistage

Les soies sont très vulnérables à l'infection lors des premiers jours suivant leur sortie (R1). Ainsi, bien que les champignons infectent la plante au moment de la floraison ou après, les symptômes d'infection s'observent généralement plus tardivement. Le dépistage des maladies des épis ne servira donc pas à appuyer la décision d'appliquer un fongicide foliaire, mais plutôt à adapter, au besoin, la stratégie à l'automne, notamment en ce qui concerne la récolte et l'entreposage. Ce dépistage devrait être effectué **du stade R5 à R6**, lorsque les symptômes d'infection sont plus évidents, sur un minimum de 100 épis, bien répartis dans tout le champ. L'épi entier devrait être examiné parce que les champignons n'infectent pas seulement le bout de l'épi.

### Seuil d'alerte

Comme pour le cas des maladies des tiges, le dépistage avant la récolte a pour objectif de documenter la situation pour chacun des champs et des hybrides dépistés et de devancer la récolte, au besoin. Cela devrait être le cas **si des moisissures d'épis affectent 10 % ou plus des plants**.

### Réduire les blessures dues aux insectes

Les larves de certains insectes, notamment le ver-gris occidental des haricots (VGOH) ou la pyrale du maïs, peuvent causer des blessures aux épis par lesquelles les spores des champignons peuvent pénétrer. Ainsi, dans les champs à risque ayant déjà subi des pertes économiques, un des moyens pour faire face à ces ravageurs est de choisir des hybrides de maïs Bt qui offrent une protection appropriée. Concernant le VGOH, seuls les hybrides qui produisent la toxine Vip3A offrent une protection efficace contre ce ravageur. Vous pouvez consulter la [liste des technologies Bt disponibles au Canada](#) sur le site Web d'Agri-Réseau. Si les conditions environnementales sont favorables, des moisissures peuvent tout de même se développer en présence d'un hybride Bt.

Un autre moyen consiste à appliquer un insecticide en cas d'atteinte du seuil économique d'intervention basé sur un dépistage des masses d'œufs réalisé pendant que le maïs est à un stade attractif à la ponte, soit juste avant l'apparition des croix (VT) et jusqu'à 3 semaines après.

Le contrôle du VGOH ne devrait pas être considéré comme le seul facteur de risque de voir se développer des moisissures dans le maïs. Il est également important de noter qu'une application de fongicides au stade des soies du maïs ne protégera pas les épis contre des infections causées par des insectes qui endommageraient les épis plus tard en saison.

Pour plus de détails sur le VGOH, consultez la fiche technique [Le ver-gris occidental du haricot dans le maïs \(grain et ensilage\)](#).

## Lutte chimique

La décision d'appliquer un fongicide contre les maladies foliaires devrait se baser davantage sur l'historique de dommages attribuables à la maladie ainsi que sur le niveau de sensibilité de l'hybride ensemencé plutôt que sur un dépistage au champ réalisé au stade VT, considérant que très peu de symptômes peuvent être observés à ce moment et qu'il peut être difficile de prédire comment la situation évoluera.

Les données suivantes devraient aussi être notées et prises en considération dans la décision d'effectuer un traitement :

- La sensibilité de l'hybride;
- Le précédent cultural et la quantité de résidus de culture (particulièrement s'il s'agit de maïs);
- Le type de travail du sol (travail réduit ou semis direct);
- Les conditions climatiques actuelles et prévisionnelles (en général, les conditions fraîches et humides sont plus favorables aux maladies fongiques);
- La rentabilité économique (voir la section [Impact sur le rendement et rentabilité des applications de fongicides pour la culture du maïs grain](#));
- Une date de semis trop tardive par rapport à l'hybride;
- Les dommages par les insectes, les oiseaux ou la grêle;
- Le risque de développement de la résistance aux fongicides par des applications répétées;
- Les risques pour la santé humaine et pour l'environnement : la plupart des fongicides ont des effets négatifs sur la santé et sur l'environnement.

Ce ne sont pas tous les fongicides homologués qui peuvent lutter contre toutes les différentes maladies du maïs. La [liste des fongicides homologués contre les différentes maladies foliaires du maïs](#), de même que celle des fongicides homologués contre les [maladies des tiges](#) et des [épis](#) sont disponibles sur le site Web de SAgE pesticides. Vous pourrez également y consulter les indices de risques pour la santé (IRS) et pour l'environnement (IRE) de chacun des produits, certains fongicides ayant des niveaux de risque supérieurs à d'autres.

Actuellement, un nombre restreint de produits sont homologués pour la répression (donc pour assurer un certain contrôle) des pourritures de l'épi causées par *Fusarium* et *Gibberella* dans le maïs. Un seul produit est homologué pour lutter à la fois contre la fusariose de l'épi et les agents pathogènes de la pourriture de la tige (*Fusarium* spp., *Gibberella* spp. et *Colletotrichum* spp.) qui peuvent causer la verse, soit le fongicide foliaire [PROLINE 480 SC](#). La fenêtre d'application de ce produit est restreinte et se situe entre le stade de formation des soies (BBCH 63) et celui du brunissement des soies (BBCH 67), soit une période de 10 jours environ. Pour plus d'information, consultez les étiquettes des produits sur le site Web de [SAgE pesticides](#). De même, si un traitement doit être effectué contre les maladies de tige et d'épis, le choix du produit devra tenir compte du fongicide appliqué contre les maladies foliaires, le cas échéant, afin de respecter le délai entre les traitements et le nombre maximal d'applications, qui peut se limiter à un par saison dans le cas de certains produits. De plus, le fait d'appliquer un fongicide foliaire n'éliminera pas totalement le risque de voir se développer des mycotoxines, notamment à la suite de la récolte.

L'efficacité des traitements fongicides foliaires varie énormément selon les conditions climatiques, le mode d'application et le stade de la culture. Concernant l'application, afin de s'assurer d'obtenir un bon recouvrement du feuillage ou des soies par le fongicide, on doit porter une attention particulière à différents aspects. Tout d'abord, la fenêtre optimale d'application ne sera pas la même selon que l'on vise à protéger les plants des maladies foliaires ou des maladies de tiges ou d'épis. Pour certains hybrides dont le feuillage est dense, il pourrait être plus difficile d'atteindre l'épi avec le produit et d'obtenir une excellente couverture, à moins d'utiliser des buses à jets dirigés. L'utilisation de papiers hydrosensibles est une méthode simple et peu coûteuse pour vérifier l'efficacité et l'uniformité de l'application.

De plus, l'application doit se faire lorsque le feuillage est sec, avec des buses appropriées, au volume d'eau et à la pression indiqués sur l'étiquette du produit (les pressions recommandées pour l'application des fongicides diffèrent souvent de celles pour les herbicides). Il faut également éviter de faire l'application lorsque la température est élevée et lorsque l'humidité relative de l'air est faible (moins de 50 %) en raison du risque plus élevé d'évaporation de certains produits. Cela est d'autant plus important que les fongicides appliqués par temps chaud peuvent, dans certains cas, causer de la phytotoxicité, en raison notamment des additifs inclus dans les fongicides.

Dans le cas d'une pulvérisation aérienne par hélicoptère, voici les deux paramètres les plus importants à respecter afin de s'assurer de l'efficacité de l'application :

- La rampe ne doit pas excéder 70 % de la largeur du rotor pour éviter l'expulsion de gouttelettes vers la région à turbulence maximale;
- La hauteur à laquelle est effectuée l'application doit être inférieure à la moitié de la largeur du rotor. Par exemple, pour un rotor de 5,6 m de diamètre (18 pi), la hauteur d'application doit être inférieure à 2,8 m (9 pi). L'hélicoptère devrait se tenir le plus près possible de la culture.

Sachant que les risques de dérive sont plus élevés avec ce type d'application, n'hésitez pas à questionner l'entreprise offrant les arrosages à forfait avant d'avoir recours à ses services et à exiger que les conditions gagnantes soient réunies pour assurer l'efficacité du traitement phytosanitaire. Pour plus d'information à propos des applications aériennes de pesticides, consulter les documents suivants : [Application aérienne de pesticides](#) et [Application aérienne de pesticides — ce qu'il faut savoir](#).

En terminant, la décision d'utiliser un fongicide contre les maladies foliaires devrait reposer, en premier lieu, sur la présence de la maladie et non sur le principe qu'il faut protéger la surface foliaire afin de maximiser et protéger la photosynthèse et ainsi éviter une cannibalisation des tiges.

## Récolte et entreposage

Bien que les espèces du genre *Fusarium* soient généralement considérées comme des champignons de champs, ils peuvent aussi se développer et produire des mycotoxines dans certaines conditions qui prévalent parfois pendant l'entreposage. Ainsi, la récolte au moment opportun et l'entreposage dans de bonnes conditions peuvent aider à réduire la production de mycotoxines dans les grains et les tiges contaminés.

Concernant la récolte, plus longtemps le maïs est laissé au champ après la maturité, plus élevés sont ces risques. Par conséquent, les pratiques culturales qui engendrent un retard de maturité ou de la compaction, comme la monoculture, peuvent augmenter l'incidence des moisissures lors d'automne humides, tout comme un mauvais égouttement des sols. De même, **si un champ de maïs comporte de 10 à 15 % de tiges pourries ou de plants versés, il est préférable de devancer et de faire rapidement la récolte afin de freiner la progression de la maladie et la production éventuelle de mycotoxines.** Les éventuels frais supplémentaires de séchage seront compensés par la plus grande facilité de récolte et la moins grande perte au champ. Il en est de même si des moisissures d'épis affectent 10 % ou plus des plants. Si des dommages par les oiseaux sont évidents (souvent en bordure de champs), récolter séparément les rangs endommagés et, idéalement, conserver et manipuler le grain de ces rangées à part.

Le séchage des grains doit être réalisé immédiatement après la récolte afin que l'humidité des grains ne dépasse pas 14 %, car **le développement des moisissures et des mycotoxines cesse lorsque l'humidité des grains est inférieure à 15 %.** Il faut également s'assurer de vérifier souvent la température du grain entreposé, de même que la présence de zones humides dans le silo, d'insectes ou de moisissures. Les lots de grains contenant des moisissures devraient être vendus le plus rapidement possible afin d'éviter un entreposage sur une longue période. Consulter le guide « [Ventilation et conservation des grains à la ferme](#) » pour obtenir plus d'information sur l'entreposage du maïs grain.

Pour ce qui est du maïs ensilage, une fois mis en silo, les champignons ne devraient pas se développer et produire de toxines, mais pour cela, les conditions doivent être complètement anaérobies (absence d'oxygène). Dans le cas contraire, le contenu en mycotoxines va continuer de croître tant que de l'oxygène sera présent et que le pH sera suffisamment élevé. Ainsi, un tassage insuffisant de l'ensilage, une couverture qui n'est pas étanche ou un faible taux de désilage favorisent la production de mycotoxines dans l'ensilage. Il faut également viser à ce que la taille du silo convienne à la taille du troupeau afin que le rythme de consommation quotidienne d'ensilage soit plus rapide que la détérioration qui survient inévitablement lors du désilage. L'emploi d'un inoculant, qui permet d'abaisser rapidement le pH de l'ensilage, contribue aussi à diminuer le risque de formation de toxines une fois l'ensilage récolté. Renseignez-vous auprès de votre agronome pour connaître les conditions de récolte et d'entreposage adaptées au contexte de l'entreprise.

## Détection des mycotoxines

L'observation visuelle de moisissures ne signifie pas nécessairement que des mycotoxines seront détectées, la présence de moisissures et le taux de mycotoxines n'étant pas toujours corrélés. De même, étant donné que la croissance des champignons de pourriture de l'épi ne s'arrête que lorsque le maïs grain est séché ou qu'après que le maïs ensilage ait fermenté, un échantillonnage au champ avant la récolte n'est pas une méthode fiable pour prédire le contenu en mycotoxine d'un lot. Il est donc très important de faire analyser l'ensilage ou les lots de grains suspects afin d'en connaître la concentration des mycotoxines. Or, sachant que jusqu'à 90 % des erreurs sont attribuables au prélèvement de l'échantillon, cette étape ne doit pas être prise à la légère. D'autant plus que les mycotoxines ne sont généralement pas distribuées uniformément dans un lot de grains ou dans l'ensilage. Ainsi, dans le cas du maïs ensilage, il faut éviter de prélever l'échantillon sur la surface où l'ensilage est repris pour l'alimentation des animaux. Il est préférable de recueillir les échantillons d'ensilage après avoir mélangé la quantité normale dans un chariot mélangeur. Dans le cas du maïs grain, l'échantillon peut être prélevé avec une sonde ou en déchargeant le voyage. Dans tous les cas, il faut garder l'échantillon au frais et l'expédier le plus rapidement possible dans un laboratoire d'analyse agréé de votre région.

Pour plus d'information sur la technique d'échantillonnage et la sélection de la bonne méthode d'analyse des mycotoxines, consulter le [billet de blogue](#) de Maxime Leduc et Younès Chorfi disponible sur Le Bulletin des agriculteurs.

## En résumé

- Maladies racinaires : des problèmes à la levée observés dans le maïs peuvent être provoqués par différents champignons. En plus de semer le maïs dans les meilleures conditions, les autres moyens de lutte sont : l'utilisation de semences de première qualité, l'utilisation d'un traitement de semences fongicide et l'adoption de pratiques pour améliorer la structure et le drainage des sols.
- Maladies foliaires : les principales maladies foliaires observées au Québec dans les champs de maïs sont : la [rouille commune](#) (*Puccinia sorghi*), le [dessèchement](#) (*Setosphaeria turcica*) et la [kabatiellose](#) (*Aureobasidium zeae*). Une enquête effectuée de 2017 à 2019 dans plus de 300 champs de maïs au Québec a révélé que les maladies sont peu présentes (rouille) ou absentes (dessèchement) à la sortie des croix (stade VT), soit au moment où une application fongicide pourrait être réalisée.
- Maladies des tiges : certains champignons peuvent infecter la tige du maïs. La maladie de tige la plus dommageable est la [fusariose de la tige](#).
- Maladie des épis : Dans le cas des moisissures susceptibles d'être observées sur les épis de maïs, la [fusariose de l'épi](#) est la maladie la plus courante et elle peut entraîner le développement de mycotoxines dangereuses pour la santé humaine et animale. L'infection des épis se produit généralement lors de l'apparition des soies, mais peut également se faire à la suite des blessures provoquées par des oiseaux ou des insectes. Ce ne sont pas toutes les moisissures qui ont le potentiel de produire ces toxines. Même dans le cas des maladies pouvant entraîner le développement de mycotoxines, il n'est pas possible de déterminer, sur base d'une observation des moisissures, la présence ou la teneur en mycotoxines : des tests en laboratoire sont nécessaires. De bonnes pratiques d'entreposage sont nécessaires pour empêcher leur développement.
- Maladies des tiges et maladies des épis : Un dépistage devrait être fait à partir du stade R5 jusqu'au stade R6 du maïs. En plus de servir à documenter la situation (champ et hybride), ce dépistage servira à ajuster, au besoin, la stratégie au moment de la récolte : si 10 à 15 % des tiges sont pourries ou versées (maladies de tige) ou si des moisissures d'épis affectent 10 % ou plus des plants (maladies des épis), il est préférable de récolter rapidement afin de freiner la progression de la maladie et la production éventuelle de mycotoxines.
- Impact sur le rendement et rentabilité des applications de fongicides pour la culture : Au Québec, tant pour le maïs grain que le maïs fourrager, une application de fongicide a peu de chance d'être rentable. Un traitement fongicide pourrait être justifié seulement dans une situation réunissant plusieurs facteurs de risque (pression de maladie, historique du champ, cultivar sensible, etc.).
- Les stratégies les plus durables pour prévenir et lutter contre les maladies pouvant s'attaquer aux feuilles, aux tiges et aux épis du maïs sont l'utilisation d'un hybride adapté à la région et offrant de la résistance aux maladies, la rotation des cultures et le maintien d'un sol en santé, avec une fertilisation adéquate.

## Pour plus d'information

- Belzile, L. 2016. *Utilisation des fongicides foliaires en grandes cultures (volet économique)*. Rapport final. IRDA, 19 pages.
- Haerr, K.J., Lopes, N.M., Pereira, M.N., Fellows, G.M. et Cardoso, F.C. 2015. Corn silage from corn treated with foliar fungicide and performance of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 98 :8962-8972.
- IRIIS phytoprotection. *Symptômes et dommages sur les plantes causés par des maladies fongiques dans le maïs grain et fourrager*.
- Reed, H, Muller, B., Groves, C.L. et Smith, D.L. 2021. *Impact of foliar fungicides on disease and silage quality of brown midrib corn hybrids in Wisconsin*. *Plant Health Progress* 22 :503-508.
- Rioux, S. et coll. 2020. *Inventaire des maladies des parties aériennes du maïs au Québec*. Rapport final. 8 p.
- Sévigny, C. 2021. *Vérifier l'effet d'une ou de plusieurs applications de fongicides sur le rendement, la qualité et la conservation du maïs ensilage*. Rapport final. 10p.
- Tremblay, G., Maisonhaute, J-E., Rioux, S. et Faucher, Y. 2016. *Utilisation des fongicides foliaires en grandes cultures*.

*Cette fiche technique a été mise à jour par L. Bilodeau, agr. (MAPAQ), dont le texte original avait été rédigé par L. Bilodeau, agr. (MAPAQ), avec la collaboration de B. Duval, agr. (MAPAQ), S. Rioux, agr. (CÉROM), I. Fréchette, agr. (CÉROM), Y. Faucher, agr. (MAPAQ) et J. Breault, agr. (MAPAQ). Pour des renseignements complémentaires, vous pouvez contacter l'avertisseur 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.*

22 août 2022

## ANNEXE 1

### Détail du calcul de la rentabilité économique

	Contrôle	Traitements fongicides <sup>6</sup>		
		HEADLINE (V5)	HEADLINE (V5); HEADLINE AMP (R1)	HEADLINE (V5); HEADLINE AMP (R1 + R3)
C.V.M.S. <sup>1</sup> (kg/lj)*		22,95	19,54	21,33
Lait produit (kg/lj)*	34,47	34,50	34,20	34,37
M.S. consommée/kg lait produit	0,69	0,67	0,57	0,62
Gain p/r contrôle (kg M.S./j)		0,02	0,12	0,07
Économies annuelles en fourrages (kg M.S./vache/an)		7,3	43,8	25,6
Coût moyen de production du maïs ensilage (\$/t M.S.) <sup>2</sup>		195		
<b>Économies annuelles (\$/vache/an)</b>		<b>1,42</b>	<b>8,54</b>	<b>4,99</b>
Consommation moy. de fourrage (kg M.S./vache·année) <sup>3</sup>		5 436		
Consommation moy. de maïs ensilage (35 % de la ration) (kg M.S./vache·année)		1 903		
Rendement moyen en maïs ensilage - région 2 (kg M.S./ha) <sup>4</sup>		15 703		
Coût des traitements fongicides (\$/ha) <sup>5</sup>		46	92	138
<b>Coûts des traitements fongicides (\$/vache/an)</b>		<b>5,57</b>	<b>11,15</b>	<b>16,72</b>
Consommation moy. de fourrage (kg M.S./vache·année) <sup>3</sup>		5 436		
Consommation moy. de maïs ensilage (35 % de la ration) (kg M.S./vache·année)		1 903		
Rendement moyen en maïs ensilage - région 6 (kg M.S./ha) <sup>4</sup>		19 925		
Coût des traitements fongicides (\$/ha) <sup>5</sup>		46	92	138
<b>Coûts des traitements fongicides (\$/vache/an)</b>		<b>4,39</b>	<b>8,79</b>	<b>13,18</b>
Consommation moy. de fourrage (kg M.S./vache·année) <sup>3</sup>		5 436		
Consommation moy. de maïs ensilage (35 % de la ration) (kg M.S./vache·année)		1 903		
Rendement moyen en maïs ensilage - 3 principales régions productrices (kg M.S./ha) <sup>7</sup>		16 471		
Coût des traitements fongicides (\$/ha) <sup>5</sup>		46	92	138
<b>Coûts des traitements fongicides (\$/vache/an)</b>		<b>5,31</b>	<b>10,63</b>	<b>15,94</b>
Consommation moy. de fourrage (kg M.S./vache·année) <sup>3</sup>		5 436		
Consommation moy. de maïs ensilage (35 % de la ration) (kg M.S./vache·année)		1 903		
Rendement provincial moyen en maïs ensilage (kg M.S./ha) <sup>8</sup>		10 588		
Coût des traitements fongicides (\$/ha) <sup>5</sup>		46	92	138
<b>Coûts des traitements fongicides (\$/vache/an)</b>		<b>8,26</b>	<b>16,53</b>	<b>24,80</b>

1. Consommation volontaire de matière sèche.

2. Agritel, Coût de production moyen de l'ensilage de maïs de 2017 à 2019.

3. Valacta, 2017.

4. Rendements de référence 2021, FADQ.

5. CRAAQ, 2022.

6. HEADLINE : pyraclostrobine; HEADLINE AMP : pyraclostrobine + metconazole.

7. Le rendement retenu correspond au rendement moyen des trois principales régions productrices du Québec pour l'année 2019 publié par l'Institut de la statistique du Québec (ISQ).

8. Rendement provincial moyen, 2020, Profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire du Québec.

\* Données de C.V.M.S. et de lait produit provenant de l'étude de Haerr & coll. 2015.