

Prévention de la fusariose des épis de maïs et de l'accumulation de mycotoxines dues aux *Fusarium* spp.

Elzbieta Czembor, Plant Breeding and Acclimatization Institute, Radzikow, Pologne; Jozef Adamczyk, Plant Breeding Smolice Ltd., Kobylin, Pologne; Katalin Posta, Plant Protection Institute, Szent István University, Gödöllő, Hongrie; Elisabeth Oldenburg, Julius Kühn Institute, Braunschweig, Allemagne; Stephanie Schürch, Agroscope ACW Changins-Wädenswil, Suisse



© Elzbieta Czembor, IHAR, Poland

Prévention de la fusariose des épis de maïs et de l'accumulation de mycotoxines dues aux *Fusarium* spp.

Fusariose des épis de maïs en Europe

Plus de 95% des cultures de maïs, cultivées en Europe chaque année, sont traitées avec des fongicides, pourtant les maladies continuent à se développer affectant la qualité du maïs et générant des pertes de rendement. Les *Fusarium* spp. sont les agents pathogènes responsables de la fusariose des épis, l'une des maladies générant le plus de dommages dans la plupart des régions européennes. L'Espagne mise à part, ce champignon représente un problème croissant pour l'agriculture européenne.

Biologie et répartition du *Fusarium*

Les principaux champignons pathogènes du maïs peuvent être regroupés en quatre catégories : les helminthosporioses, la fusariose de la tige et la fusariose des épis et des grains. La fusariose des épis et des grains affecte la qualité et la valeur nutritionnelle des grains, et génère des pertes de rendement. Les deux agents pathogènes les plus répandus sont le *Gibberella* et le *Fusarium*. Les moisissures rouges sont causées par *Fusarium graminearum* et *F.culmorum*, alors que les moisissures roses sont causées par *F. verticillioides*, *F. proliferatum* et *F.subglutinans*.

Plus d'une quinzaine d'espèces de *Fusarium* peuvent contaminer les épis, et chacune d'entre elles produit différentes mycotoxines. Dans le cas des moisissures rouges, la maladie se développe sur la pointe de l'épi après la floraison des épis femelles et se propage vers la base de la plante. En général, l'enveloppe du maïs colle à l'épi. Dans le cas des moisissures roses, la maladie se propage de manière plus uniforme, sans forcément commencer par la pointe.



Ci-dessus: Malgré les traitements fongicides, les épis de maïs demeurent très sensibles aux maladies. © Elzbieta Czembor, IHAR, Pologne. Ci-dessous: En plus de causer des dégâts au niveau de la tige et des épis, la larve de la pyrale favorise les contaminations dues aux *Fusarium* spp. © Gabriela Brändle, Agroscope ART, Suisse.



Impact de la pyrale du maïs sur la fusariose des épis

Dans la plupart des cas, on observe une forte corrélation entre la sévérité de la maladie due au *fusarium* (fusariose des épis) et les dommages causés par la larve de la pyrale (*Ostrinia nubilalis* Hbn.). En endommageant les tiges et les épis, la larve de la pyrale favorise la contamination par les *fusarium* spp. au travers de deux mécanismes. Premièrement, en contaminant les parties endommagées des grains et de la tige par le transport des spores de *fusarium* présents à la surface de la plante. Des spores viables peuvent être observés à l'extérieur et à l'intérieur de la larve, et dans les excréments de la larve de la pyrale. Deuxièmement, en forant les grains et les tiges pour se nourrir, les larves créent des portes d'entrée pour la maladie. Même si les larves ne contaminent pas directement la plante, il y a une forte probabilité pour que les spores présentes sur les parties endommagées germent et infectent la plante. Cependant, il est important de noter que les pathologistes des plantes ne sont pas tous d'accord sur l'impact des larves de la pyrale en tant que facteur favorisant du développement de la fusariose des épis.

Ci-dessous: La moisissure rouge se développe sur la pointe de l'épi après la floraison des épis femelles. © Elzbieta Czembor, IHAR, Pologne. A droite: Dégâts causés par la larve de la pyrale favorisant l'apparition de la fusariose (moisissure rose). © Stephanie Schürch, Agroscope ACW Changins-Wädenswil, Suisse.



Accumulation de mycotoxines dans l'alimentation et conséquences sur la santé humaine et animale

En plus de générer des pertes de rendement, les *Fusarium* spp. constituent également une source de contamination par les mycotoxines. Les principales mycotoxines produites par *F. graminearum* sont : le déoxynivalénol (DON), le nivalénol (NIV) et le zéaralénone (ZEA), alors que *F. verticillioides* produit principalement : les fumonisines (FUM) B1 et B2 et le moniliformine (MON). Les mycotoxines résistent aux températures élevées et aux produits chimiques. Elles peuvent s'accumuler dans les grains et contaminer les produits céréaliers et l'alimentation animale, provoquant un nombre élevé de maladies.

Les seuils autorisés pour l'alimentation animale varient entre 2000 et 8000 µg kg⁻¹ pour DON et FUM, et entre 250-500 µg kg⁻¹ pour ZEA en fonction du type d'aliment et de l'espèce animale concernée. A une concentration de 2000 µg kg⁻¹ d'aliment, DON diminue la prise alimentaire et le poids des cochons. Les toxines T-2 et TH-2 sont plus toxiques que DON et provoquent une diminution de la prise alimentaire, des vomissements et des irritations cutanées, elles sont neurotoxiques et tératogènes, elles perturbent le système immunitaire et causent des hémorragies. Les effets indésirables observés sur les animaux d'élevage sont généralement provoqués par des cocktails de toxines plutôt qu'une seule toxine. La zéaralénone présente une activité œstrogénique pouvant induire une infertilité ou des avortements spontanés chez les animaux d'élevage, et plus particulièrement les cochons. La fumonisine B1 provoque des cancers chez le rat, la leucoencéphalomalacie équine et apparaît comme un facteur pathogène dans l'œdème pulmonaire porcin.

Les seuils de mycotoxines autorisés dans le maïs destiné à la consommation humaine figurent dans le Tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1: Seuils autorisés pour les mycotoxines de *Fusarium* dans les aliments destinés à la consommation humaine (règlement (CE) n° 1126/2007)

Produit	Déoxynivalénol (DON) [µg/kg]	Zéaralénone (ZEA) [µg/kg]	Fumonisines (FUM B ₁ + FUM B ₂) [µg/kg]
Maïs non transformé à l'exception de celui destiné à la transformation humide	1 750	350	4 000
Maïs destiné à la consommation humaine	780	100	1 000
Produits céréaliers pour petit-déjeuner et en-cas à base de maïs	500	100	800

Aliments et petits pots à base de céréales destinés aux nourrissons et aux jeunes enfants	200	20	200
Fractions de mouture de maïs dont la taille des particules est > 500 microns auxquelles s'applique le code NC 1103 13 ou 1103 20 40 et autres produits de mouture de maïs dont la taille des particules est > 500 microns non destinés à la consommation humaine directe	750	200	1 400
Fractions de mouture de maïs dont la taille des particules est ≤ 500 microns auxquelles s'applique le code NC 1102 20 et autres produits de mouture de maïs dont la taille des particules est ≤ 500 microns non destinés à la consommation humaine directe	1 250	300	2 000
Huile de maïs raffinée		400	

Prévention et contrôle de la fusariose des épis

Comme il n'existe aucun traitement chimique efficace, la gestion et la prévention passe par la mise en œuvre de pratiques culturales adaptées.

La rotation des cultures : En cas de fusariose des épis, la principale source d'inoculum provient des résidus des cultures précédentes déjà infectées par la maladie. A titre d'exemple, il existe un risque élevé de fusariose lorsque le maïs est cultivé en monoculture ou en rotation avec le blé. Les chaumes de maïs sont souvent colonisés par les mêmes espèces de *Fusarium* spp. que celles infectant le blé. Ces espèces ont la capacité de survivre et de se multiplier sur les chaumes de maïs pendant plusieurs années.

Gestion des résidus de culture : Trois méthodes sont recommandées comprenant l'enlèvement mécanique des résidus et l'utilisation de méthodes adaptées pour le traitement biologique de ces résidus. La décomposition des résidus de culture par les micro-organismes est un processus naturel qui peut être favorisé par l'apport d'éléments nutritifs stimulants et des micro-organismes sélectionnés. Il est possible d'enfouir les paillis de résidus dans le sol avec un cultivateur afin d'en accélérer la décomposition. L'enlèvement mécanique des résidus avant le labour est recommandé afin de minimiser les risques de contamination par la fusariose.

Veiller à la bonne alimentation des cultures : Un taux de nitrogène trop élevé et un taux de potassium trop faible peuvent prédisposer le maïs à une contamination par le *Fusarium*.

Choix des variétés : Une méthode de prévention efficace contre la fusariose des épis, consiste à sélectionner des maïs hybrides résistants. Deux facteurs de résistance à la fusariose ont été identifiés. Une résistance des soies qui empêche le champignon de se propager par le canal des soies jusqu'aux grains. Une résistance des grains qui empêche la

prolifération de la maladie d'un grain à un autre. La résistance aux *Fusarium* spp. est une caractéristique héritée, mais jusqu'à présent aucun génotype de maïs totalement résistant n'a été identifié. Plusieurs études ont été menées afin d'établir le lien entre les caractéristiques de résistance de ces hybrides et le taux de contamination par les mycotoxines. Les hybrides de maïs à épis verticaux moins bien enveloppés sont plus sensibles aux moisissures roses, alors que les hybrides à épis bien enveloppés sont plus sensibles aux moisissures rouges.

Période de semis : Les cultures précoces ne subissent généralement pas trop de dommages.

Sowing time: Early plantings usually escape serious injury.

Structure des cultures : Des cultures trop denses favorisent le développement de la maladie, en particulier à cause d'un taux d'humidité plus élevé. Des conditions météorologiques chaudes et humides favorisent également le développement des contaminations dues aux *Fusarium* spp.

Récolte et stockage : Les récoltes tardives constituent un facteur de risque majeur. Il est donc primordial de cultiver des variétés de maïs précoces adaptées aux conditions climatiques locales. Après la récolte, la maladie peut continuer à se propager si les épis sont stockés dans un endroit humide et non-aéré. Ceci implique que les grains récoltés soient séchés de manière à ramener leur taux d'humidité à moins de 15%, si l'on veut éviter le développement de la fusariose pendant le stockage. Veiller à de bonnes conditions de stockage, telles qu'une température et un taux d'humidité adéquats, une bonne aération, le contrôle des insectes et des cellules de stockage propres, réduit considérablement le risque de contamination des grains.

Tableau 2: Classement des méthodes de lutte et impact sur la prévention des contaminations dues au *Fusarium*

Méthode de lutte	Impact sur les contaminations dues au <i>Fusarium</i>
Contrôle préventif	
Rotation des cultures	Élevé
Gestion des résidus de culture	Élevé
Récolte et stockage	Élevé
Bonne alimentation des cultures	Moyen
Choix des variétés	Moyen

Qualité des semences	Faible
Période de semis	Faible
Structure des cultures	Faible
Contrôle direct	
Contrôle des insectes	Élevé
Contrôle des adventices	Faible
Contrôle chimique de la maladie	Faible

Contrôle direct

Contrôle chimique de la maladie : Dans les cas de contaminations systémiques des plants par les *Fusarium* spp., l'application d'un fongicide en début de saison peut limiter la contamination des épis. Lorsque la fusariose des épis se développe en fin de saison, l'utilisation de fongicides n'est pas recommandée car ceux-ci ne sont pas efficaces. Si les cultures sont déjà contaminées par le *Fusarium*, la récolte doit être effectuée le plus tôt possible.

Élimination des adventices : L'élimination des adventices n'a que très peu d'impact en termes de prévention du risque de fusariose des épis. Cependant, les adventices peuvent créer des conditions favorisant le développement des *Fusarium* spp., par exemple en augmentant le taux d'humidité des cultures.

Contrôle des insectes : Le contrôle des insectes limite les contaminations dues aux *Fusarium* spp. Les insectes et acariens, par exemple, peuvent transmettre des virus aux plantes générant du stress immunitaire, ou ouvrir des portes d'entrée aux agents pathogènes tels que les *Fusarium* spp. en forant des galeries dans la tige pour se nourrir. Ainsi, les larves de la pyrale contaminent les parties endommagées des grains et de la tige avec des spores de *Fusarium* présents à la surface de la plante. Les cultivars de maïs exprimant le gène *Bt* présentent une haute résistance à la larve de la pyrale. Il a également été observé que ces maïs hybrides étaient moins sensibles aux contaminations dues aux *Fusarium* spp. et présentaient des taux moins élevés de mycotoxines.

Remerciements

ENDURE souhaite adresser ses remerciements aux institutions suivantes pour leur collaboration à L'étude de Cas sur le Maïs, 'Parasites et solutions clés pour réduire l'utilisation des pesticides dans onze régions européennes' : Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART (Suisse); Universitat de Lleida (Espagne); Biotop (France); ARVALIS - Institut du Végétal (France); University of Aarhus (Danemark); The National Centre - Danish Agricultural Advisory Service (Danemark); National Research Council CNR (Italie); Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa (Italie); International Biocontrol Manufacturers Association, IBMA; Plant Breeding and Acclimatization Institute IJAR (Pologne); Julius Kühn- Institut - Federal Research Centre for Cultivated Plants (Allemagne); Szent István University (Hongrie); Wageningen University and Research Centre (Pays-Bas); Applied Plant Research, Wageningen UR (Pays-Bas).

Prévention de la fusariose des épis de maïs et de l'accumulation de mycotoxines dues aux *Fusarium* spp.

Résumé

La fusariose des épis causée par les *Fusarium* spp. sévit dans l'ensemble des régions à travers le monde où l'on cultive le maïs. La maladie apparaît au niveau des épis à la fin du stade laiteux ou au début du stade pâteux. Si la contamination est sévère, les grains sont détruits.

Les *Fusarium* spp. produisent des mycotoxines, principalement : le déoxynivalénol, le nivalénol, le zéaralénone, les fumonisines et le moniliformine. Ces mycotoxines provoquent une immunosuppression, des avortements spontanés, des déformations fœtales, le syndrome endérogène du porc, l'œdème pulmonaire porcin, le cancer du foie chez le rat et le cancer de l'œsophage chez l'humain.

La rotation des cultures, la gestion des résidus, la sélection des variétés (exprimant le gène *Bt*) et un stockage adapté, sont les solutions les plus efficaces pour limiter la maladie et le développement des mycotoxines.

Pour plus d'informations, merci de contacter :

Elzbieta Czembor, Plant Breeding and Acclimatization Institute (IHAR), Radzkow, 05-870 Blonie, Pologne.

E-mail : e.czembor@ihar.edu.pl

Franz Bigler, Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART, Reckenholzstrasse 191, 8046 Zurich, Suisse. Tél: (+41) 443777235.

E-mail : franz.bigler@art.admin.ch

A propos d'ENDURE

ENDURE est le Réseau Européen pour l'Exploitation Durable et la Protection des Cultures. ENDURE est un Réseau d'excellence (NoE) servant deux objectifs clés: restructurer la

recherche européenne sur les produits de protection des cultures, développer de nouvelles pratiques d'utilisation, et établir ENDURE en tant qu'un leader mondial du développement et de la mise en œuvre de stratégies pour la lutte antiparasitaire durable, grâce à:

- > La création d'une communauté de recherche sur la protection durable des cultures
- > Un choix étendu de solutions à court terme proposé aux utilisateurs
- > Une approche holistique de la lutte antiparasitaire durable
- > La prise en compte et l'accompagnement des évolutions en matière de réglementation de la protection des plantes.

18 organisations dans 10 pays européens participent au programme ENDURE depuis quatre ans (2007-2010). ENDURE est financé par le 6ème Programme-cadre de la Commission Européenne, priorité 5 : qualité et sécurité alimentaire.

Site internet et Centre d'information ENDURE:

www.endure-network.eu

Cette publication est subventionnée par l'UE (Projet numéro : 031499), dans le cadre du 6ème programme-cadre, et est référencée sous le titre : ENDURE Étude de Cas sur le Maïs – Guide Numéro 3 (French). Publié en Octobre 2010.

© Photos, de bas en haut: A.S. Walker; INRA, C. Slagmulder; JKI, B. Hommel; Agroscope ART; SZIE; INRA, N. Bertrand; Vitropic; INRA, F. Carreras; JKI, B. Hommel; INRA, J. Weber; INRA, J.F. Picard; JKI, B. Hommel

