

Mycotoxines en milieu de travail

Cette fiche fait le point des connaissances sur les effets sur la santé des mycotoxines et les mesures de prévention possibles pour limiter l'exposition des travailleurs susceptibles d'être exposés.

Qu'est-ce qu'une mycotoxine ?

Les mycotoxines sont des substances secrétées par certaines moisissures qui contaminent les matériaux riches en cellulose et les végétaux. Celles qui sont les plus préoccupantes en santé humaine sont produites par les moisissures de genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium*.

Toutes les moisissures ne sécrètent pas des mycotoxines et, à l'intérieur d'une même espèce, seulement certaines souches sont capables de sécréter des mycotoxines ; par ailleurs, une espèce de moisissures peut sécréter différentes mycotoxines et une mycotoxine peut être sécrétée par des espèces de moisissures différentes.

Des conditions particulières (une certaine température, une humidité élevée...) sont nécessaires à la sécrétion des mycotoxines par les moisissures.

Pourquoi s'intéresser aux mycotoxines en milieu de travail ?

Le risque pour la santé, représenté par la présence de mycotoxines en milieu de travail, reste mal connu. De ce fait, les mesures de prévention en milieu professionnel sont peu développées, contrairement aux dispositions prises en santé publique vis-à-vis du risque pour la santé par voie alimentaire.

La présence de mycotoxines dans les environnements de travail a été établie dans plusieurs études. Les risques liés à une exposition à certaines mycotoxines par voies respiratoire et cutanée ont été documentés par des études chez l'animal, avec des effets cutanés, hépatiques, respiratoires...

De plus certaines mycotoxines sont classées cancérogènes par le Centre international de recherche sur le cancer (Circ).

Malgré l'absence de lien clairement établi, pour l'instant, entre les expositions en milieu professionnel et des effets sur la santé, il paraît nécessaire de mettre en place des mesures de prévention pour réduire l'exposition des travailleurs.

Quelles sont les mycotoxines qui posent le plus de problèmes ?

Environ 1000 mycotoxines sont connues. Seule une trentaine d'entre elles ont fait l'objet de recherches visant à mettre en évidence leurs propriétés toxiques. Certaines ont été plus particulièrement identifiées comme étant préoccupantes du point de vue alimentaire (modification du caractère organoleptique des aliments) et sanitaire, tant en santé animale qu'en santé humaine :

- les aflatoxines, en particulier l'aflatoxine B1 ;
- l'ochratoxine A ou OTA ;
- les trichothécènes (le déoxynivalénol ou les toxines T-2 et HT-2...);
- les fumonisines ;
- la zéaralénone ;
- la patuline.

D'autres mycotoxines ont fait l'objet d'études récentes : citrinine, pénitrem, stérigmatocystine, altenaria, enniatines...

Où trouve-t-on les mycotoxines ?

Denrées alimentaires

Les mycotoxines sont des contaminants naturels des denrées alimentaires brutes ou transformées. Le développement des moisissures sur les denrées alimentaires et la production de leurs toxines peuvent avoir lieu pendant la croissance des matières premières (par exemple, sur les céréales au champ), pendant leur transport (café vert en grains par exemple) et/ou pendant leur stockage. Par ailleurs, certaines mycotoxines peuvent être retrouvées dans la viande et le lait des animaux nourris avec des aliments contaminés.

La co-contamination des produits agricoles par plusieurs mycotoxines est fréquente. Elle peut être à l'origine d'interactions entre elles avec de possibles effets additifs et synergiques parfois mis en évidence en toxicologie.

Les aflatoxines

Les aflatoxines sont sécrétées par certaines moisissures du genre *Aspergillus*, principalement dans les pays chauds et humides. Elles peuvent contaminer non seulement les arachides, pistaches, amandes, mais aussi les graines de coton, de tournesol, ainsi que certaines céréales (maïs, blé, sorgho...), les épices (paprika, chili, poivre...), les fruits secs, les graines oléagineuses, le tabac...

L'ochratoxine A

L'ochratoxine A est sécrétée par des moisissures des genres *Aspergillus* et *Penicillium*. Les *Penicillium* sont particulièrement présents dans nos régions européennes à climat tempéré et humide. Ils peuvent donc infester des cultures céréalières telles que l'orge, le blé, l'avoine ou le seigle, ainsi que les légumineuses, sur pied ou lors du stockage des grains.

De plus, cette mycotoxine peut contaminer notamment le café, le cacao, les cacahuètes, les épices et les fruits secs. Sa présence a été notée dans la bière, le jus de raisin et le vin.

Les trichothécènes

Les trichothécènes sont sécrétés par certaines espèces de *Fusarium*, en premier lieu dans les champs sur les épis de céréales (blé, orge, maïs, avoine) dans certaines conditions atmosphériques propices à la croissance de ces *Fusarium* (printemps ou été froid et humide).

Les fumonisines

Les fumonisines sont produites par certaines espèces de *Fusarium*, au champ, sur le maïs et le sorgho, surtout lors de températures estivales élevées et dans des conditions d'humidité importante.

La zéaralénone

La zéaralénone est une mycotoxine produite par de nombreuses espèces de *Fusarium* qui se développent sur les céréales au champ (maïs, orge, blé, riz, avoine...) lorsque les conditions climatiques sont mauvaises (intempéries), dans les régions tempérées, et également au cours du stockage (maïs) et du maltage (orge).

La patuline

La patuline est produite par certaines moisissures des genres *Aspergillus* et *Penicillium*. C'est un contaminant naturel des fruits, notamment de la pomme.

Matériaux de construction

Des mycotoxines peuvent également être retrouvées sur des matériaux de construction (plâtre, papiers peints...) dans des conditions d'humidité très élevée, notamment après un dégât des eaux. Leur présence a été mise en évidence dans des locaux non industriels (habitations, bureaux...) humides et contaminés par des moisissures.

Différentes espèces d'*Aspergillus* et de *Penicillium* ont été retrouvées, ainsi que *Stachybotrys chartarum*. Il s'agit d'une moisissure formant des colonies noir-verdâtre, notamment sur des matériaux riches en cellulose et très humides. Elle sécrète différentes mycotoxines, en particulier des trichothécènes (satratoxine, verrucarine...).

Comment peut-on être exposé à des mycotoxines ?

Par voie alimentaire

La consommation d'aliments contaminés est la principale source d'exposition aux mycotoxines. Les effets toxiques des mycotoxines ont été décrits suite aux observations chez l'animal et l'homme, après consommation d'aliments contaminés. Les mycotoxines peuvent être présentes alors que les moisissures ont déjà disparu.

Les mycotoxines sont des composés résistants à la chaleur. Elles ne peuvent pas être complètement éliminées des denrées alimentaires par la cuisson ni par d'autres traitements, sans détruire l'aliment lui-même.

L'Union européenne s'est dotée d'une réglementation qui détermine les concentrations maximales autorisées pour les principales mycotoxines dans les denrées alimentaires destinées à l'alimentation humaine et/ou animale.

Par voie respiratoire et/ou cutanée

Une exposition peut se produire lors de l'inhalation de particules de moisissures (spores, micro-fragments de moisissures...) contenant des mycotoxines ou l'inhalation de poussières de substrat contaminé (poussières de céréales, poussières d'arachides...).

Quelques études expérimentales sur les animaux ont montré que certaines mycotoxines inhalées ou appliquées sur la peau peuvent avoir des effets toxiques localement (poumons, peau...) ou à distance (foie, rein...).

Quels sont les principaux effets des mycotoxines pour la santé humaine ?

Les effets toxiques des différentes mycotoxines sont principalement connus suite aux observations faites chez l'homme et les animaux exposés par voie alimentaire.

Certaines sont toxiques pour le foie, d'autres pour le rein, plusieurs sont toxiques pour le système nerveux et le système immunitaire... Certaines mycotoxines sont reconnues ou suspectées cancérogènes et figurent dans la classification des agents cancérogènes établie par le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) (voir tableau 1).

Les aflatoxines, en mélanges naturels, sont connues pour provoquer un cancer du foie. Elles sont classées par le Circ dans le groupe 1 des cancérogènes avérés pour l'homme. L'aflatoxine B1 est considérée comme l'un des plus puissants cancérogènes d'origine naturelle. Elle peut avoir un effet immunotoxique chez l'animal. Elles ont par ailleurs des effets génotoxiques.

L'ochratoxine A (OTA) est suspectée d'être responsable de maladies rénales chroniques évoluant vers l'insuffisance rénale et pourrait jouer un rôle dans le développement de cancers des voies urinaires et du rein (groupe 2B du Circ «agents peut-être cancérogènes»). Elle aurait également des effets génotoxiques, neurotoxiques et sur le développement à des doses élevées. L'OTA est hépatotoxique et immunotoxique chez l'animal.

La fumonisine B1 peut avoir un effet toxique sur le rein, le foie et le système immunitaire chez l'animal. Elle est classée dans le groupe 2B du Circ pour le foie et le rein.

Les trichothécènes sont toxiques pour le système immunitaire et les cellules sanguines. Sur la peau, ils peuvent provoquer des lésions inflammatoires. Le déoxynivalénol, le nivalénol et la toxine T-2 sont classés dans le groupe 3 du Circ «agents inclassables quant à leur cancérogénicité».

La zéaralénone est une substance qui ressemble aux œstrogènes, hormones sexuelles féminines. Chez l'animal, en particulier le porc, cette mycotoxine perturbe le fonctionnement hormonal mâle et femelle pouvant entraîner des effets sur la fertilité et la reproduction. Elle vient aussi altérer les défenses immunitaires (baisse de la réponse vaccinale par exemple). Chez l'homme, ces effets sont suspectés. La zéaralénone est classée dans le groupe 3 du Circ.

Tableau 1 - classification des agents cancérogènes

<p>Groupe 1</p> <p>L'agent est cancérogène pour l'homme.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aflatoxines*, Aflatoxine B1, G1 et M1
<p>Groupe 2 B</p> <p>L'agent est peut-être cancérogène pour l'homme.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fumonisine B1. ■ Fumonisines. ■ Ochratoxine A. ■ Stérigmatocystine.
<p>Groupe 3</p> <p>L'agent est inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'homme.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Déoxynivalénol, nivalénol. ■ Patuline. ■ Toxine T-2. ■ Zéaralénone.

*Mélange d'aflatoxines

La patuline a une toxicité pour le système nerveux central et le système immunitaire des animaux. Elle serait mutagène *in vitro*. Ses effets chez l'homme sont mal connus. Elle est classée dans le groupe 3 du Circ.

Chez les humains, les effets d'une exposition en milieu professionnel par voie respiratoire ou cutanée sont peu étudiés. Toutefois, il existe des études mettant en cause ce mode d'exposition à des mycotoxines dans l'apparition de certains problèmes de santé chez l'homme (développement d'un cancer du foie, de maladies rénales évoluant vers l'insuffisance rénale...). Ces effets doivent encore être précisés. Alors que des valeurs maximales ont été définies dans les aliments, les concentrations de mycotoxines dans l'air à partir desquelles des effets sur la santé peuvent être observés chez l'homme ne sont pas connues à ce jour.

Quelles sont les activités professionnelles au cours desquelles il est possible d'être exposé à des mycotoxines ?

Différentes mycotoxines ont été retrouvées dans la poussière sédimentée et/ou la poussière en suspension dans l'air lors des activités professionnelles impliquant la manipulation des substrats contaminés.

Selon les données de la littérature, les personnes peuvent potentiellement se

trouver exposées à des mycotoxines essentiellement dans les secteurs suivants :

- secteur agricole (fermes, silos, moulins à grains, élevages d'animaux, récolte et manipulation de céréales) ;
- fabrication d'aliments pour animaux (tourteaux...) ;
- transformation de denrées alimentaires (café vert, épices, céréales, fruits à coque...) ;
- compostage de déchets verts ;
- tri des déchets ;
- abattoirs ;
- interventions sur des bâtiments endommagés par l'eau ;
- laboratoires d'analyse, de recherche et de contrôle dans les industries agroalimentaires essentiellement.

Est-il possible de mesurer les concentrations des mycotoxines dans l'air ou dans les liquides biologiques (sang, urines) ?

Les concentrations en aflatoxines, ochratoxine A, fumonisine B1, déoxynivalénol, zéaralénone, T2 et/ou HT2, présentes dans les atmosphères de travail sous la forme d'un mélange, sont déterminées par la méthode Métropol M-426. Il est également possible de mesurer dans les atmosphères de travail les concentrations en aflatoxines (métropol M-45), fumonisines B1

(métropol M-46), ochratoxine A (métropol M-48) et zéaralénone (métropol M-306) séparément.

Les dosages de mycotoxines ou de leurs métabolites dans le sang et l'urine sont actuellement réalisés dans le cadre d'études expérimentales.

Quelles sont les mesures de prévention possibles en milieu de travail ?

Lutter contre la prolifération des moisissures

Le meilleur moyen pour prévenir les risques associés à l'exposition aux mycotoxines est d'agir le plus en amont possible, et donc de prévenir l'apparition des moisissures. Pour cela, il faut :

- rechercher et endiguer les sources d'humidité des locaux (dégât des eaux, mauvaise isolation...);
- réduire l'humidité des locaux au moyen d'une ventilation efficace ;
- réaliser une maintenance régulière des systèmes de ventilation mécanique ;
- retirer les matériaux moisissés (cloison, papiers peints, documents...), nettoyer puis désinfecter les surfaces contaminées à l'aide d'un produit fongicide.

En milieu agricole, la lutte raisonnée contre la prolifération des moisissures intervient à différents niveaux :

- avant la récolte : choix de variétés naturellement résistantes aux moisissures, utilisation raisonnée de fongicides, bonnes pratiques de culture (traitements des semences, période de semaison, rotation des cultures...);
- le respect des bonnes pratiques pour la récolte et le stockage des céréales et des fourrages permet ensuite de prévenir ou de limiter le développement de ces moisissures. Il convient par exemple de sécher les denrées récoltées avant l'entreposage, ou à défaut de les aérer, puis de les stocker sous atmosphère contrôlée pour réduire le développement des moisissures.

Lutter contre l'exposition aux poussières contaminées

Le niveau des concentrations de mycotoxines dans l'air pourrait être corrélé au niveau d'empoussièrément. La réduction de l'empoussièrément reste donc essentielle dans les secteurs manipulant des produits potentiellement contaminés par les mycotoxines, tant pour limiter les effets broncho-pulmonaires non spécifiques des poussières (surcharge, irritation, inflammation...), que pour limiter les effets spécifiques des mycotoxines ou d'autres constituants.

Les mesures de prévention organisationnelle et collective doivent être mises en œuvre pour éviter l'émission et l'accumulation de poussières, notamment :

- automatiser les procédés ;
- réduire la mise en suspension des poussières en limitant les hauteurs de chute lors des transferts ;
- confiner les procédés exposants ;
- capter les poussières au plus près de leurs points d'émission ;
- procéder au nettoyage régulier des locaux et postes de travail (en proscrivant l'usage du balai ou de la soufflette) ;
- contrôler l'efficacité des systèmes de ventilation et de captage à la source.

En complément de ces mesures, s'il existe des risques résiduels, des équipements de protection individuelle doivent être fournis par l'employeur (appareil de protection respiratoire, lunettes, gants et vêtements de protection).

Des précautions similaires sont recommandées pour des interventions sur des matériaux de construction envahis par des moisissures, à compléter parfois par des mesures de restriction d'accès, voire de confinement du chantier.

Prévention en laboratoire

Certaines tâches en laboratoire peuvent entraîner une exposition à des mycotoxines : préparation des échantillons de céréales et des solutions étalons, mise en culture et identification de moisissures toxigènes, analyse de substrats contaminés en contrôle qualité dans l'agroalimentaire.

Toute activité pouvant entraîner une exposition à des mycotoxines nécessite donc le respect des bonnes pratiques de laboratoire visant à limiter les contacts mains bouche et l'inhalation des produits à risque.

Information et formation

Les travailleurs doivent être informés sur les dangers liés à leur poste de travail et formés aux bonnes pratiques, à l'utilisation des équipements de protection collective et individuelle et au respect des mesures d'hygiène individuelle (changement de tenue de travail aussi souvent que nécessaire, hygiène des mains, douche en fin de poste...).

L'information et la formation doivent concerner tous les intervenants, y compris les travailleurs intérimaires et ceux des entreprises extérieures.

Conclusion

L'obligation réglementaire d'évaluation des risques biologiques et de mise en place de mesures de prévention ne se limite pas aux seuls risques infectieux mais concerne également les risques de type immunoallergiques et toxiques liés aux agents biologiques.

L'évaluation du risque lié aux mycotoxines fait donc partie de ces obligations. Il est possible de mesurer les concentrations de plusieurs mycotoxines dans l'atmosphère de travail. Pour l'instant, il n'existe pas de valeur limite d'exposition. Il n'en demeure pas moins que des mesures de prévention sont d'ores et déjà possibles, en particulier vis-à-vis de la prolifération des moisissures et vis-à-vis de l'empoussièrément des ambiances de travail à risque.

Pour en savoir plus

> www.inrs.fr

- Les risques biologiques en milieu professionnel, INRS, ED 6034.
- G. Brochard et C. Le Bâcle – Mycotoxines en milieu de travail. I. Origine et propriétés toxiques des principales mycotoxines et II. Exposition, risques, prévention. *Documents pour le médecin du travail*, TC 128, 2009 et TC 131, 2010.
- Manipulation des substances génotoxiques utilisées au laboratoire, INRS, ED 769.
- MétroPol : base de données INRS.
- V. Caron, V. Demange et E. Bourgkard – Exposition professionnelle aux mycotoxines : effets sur la santé. *Références en santé au travail*, TP 48, 2021.
- Surfaces contaminées par des moisissures. Que faire ? INRS, ED 6299.

> **Autres documents**

- Évaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaine et animale. Rapport synthétique, Afssa, 2006 : <https://www.anses.fr/fr/system/files/RCCP-Ra-Mycotoxines.pdf>
- Liste alphabétique du IARC (en anglais seulement) : <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>.
- L'étude sans fin des mycotoxines, Inrae. <https://www.inrae.fr/actualites/letude-fin-mycotoxines>
- Rapport d'étude : moisissures dans le bâti. Anses, 2016. <https://www.anses.fr/en/system/files/AIR2014SA0016Ra.pdf>

Fiche INRS élaborée par
Eric Durand-Billaud



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris • 01 40 44 30 00 • info@inrs.fr

Édition INRS ED 4411

2^e édition | juin 2024 | ISBN 978-2-7389-2913-6 / disponible uniquement au format web
Conception graphique : Eva Minem

L'INRS est financé par la Sécurité sociale
Assurance maladie - Risques professionnels