



Aspergilli et Penicillia producteurs d'ochratoxine A (OTA)

Sous-règne : Deutéromycètes
Classe : Hyphomycètes
Ordre : Hyphomycétales
Famille : Moniliaceae
Moisissures

Les espèces principales qui produisent de l'OTA, mycotoxine à effet néphrotoxique, sont : *Aspergillus carbonarius* et des espèces proches (*A. steynii* et *A. westerdijkiae*) qui appartiennent au groupe des *Aspergillus* noirs, *A. ochraceus*, *Penicillium verrucosum* (anciennement *P. viridicatum*) et une espèce proche (*P. nordicum*).

L'OTA pure, de formule brute $C_{20}H_{18}ClNO_6$, est un solide blanc cristallisé, de masse molaire de 403,8 g/mol. C'est un acide organique faible ayant un pKa de 7,1, qui en raison de sa structure se révèle stable au stockage.

Caractéristiques et sources des *Aspergilli* et *Penicillia* producteurs d'ochratoxine A

Principales caractéristiques microbiologiques

Aspergillus carbonarius

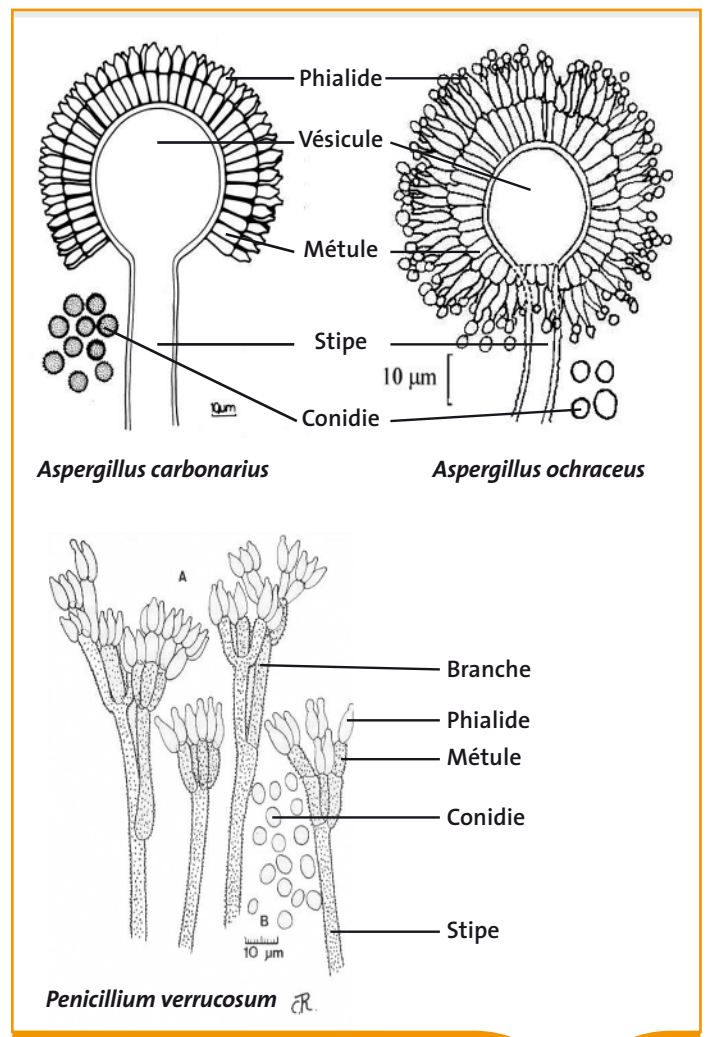
Les conidiophores sont formés de stipes lisses de 2 à 3 µm de longueur, les vésicules sont sphériques de diamètre de 60 à 90 µm, la longueur des métules est de 12 à 18 µm, celle des phialides de 9 à 15 µm, les conidies sont sphériques de 6 à 8 µm de diamètre, noires et de manière très caractéristique rugueuses voire munies de pointes.

Aspergillus ochraceus

Les conidiophores sont formés de stipes légèrement rugueux (parois jaunâtres) de 1 à 1,5 µm de longueur, les vésicules sont sphériques de diamètre de 25 à 50 µm, la longueur des métules est de 15 à 20 µm, celle des phialides de 9 à 12 µm, les conidies sont sphériques de 2,5 à 3,5 µm de diamètre, lisses à légèrement rugueuses.

Penicillium verrucosum

Les conidiophores sont formés de manière caractéristique de stipes rugueux de 200 à 500 µm de longueur et se terminant en pinceaux, certains isolats sont ter et quadriverticillés d'autres bi et terverticillés avec 1 à 2 ramifications par stipe, la longueur des métules est de 7 à 15 µm, celle des phialides ampouliformes de 7 à 9 µm, les conidies sont lisses et sphériques de 2,5 à 3,5 µm de diamètre, plus rarement sub-sphériques à ellipsoïdales de 3 à 3,5 µm de longueur.



Les deutéromycètes à l'origine des contaminations se multiplient grâce à un cycle végétatif qui se déroule dans l'environnement et se propagent grâce aux conidies (formes asexuées) produites au sein des conidiophores.

Sources du danger

La présence des *Aspergilli* et *Penicillia* est ubiquitaire (végétation, eau, sol, etc.). Les conidies sont dispersées dans l'environnement principalement par l'air, mais aussi par l'eau, les animaux et l'Homme.

L'OTA est considérée comme une « mycotoxine de stockage » pour les céréales et une « mycotoxine des champs » pour la vigne. Elle est produite sous les climats froids et tempérés par *P. verrucosum* (céréales) et *A. carbonarius* (vigne) et, en régions tropicales et chaudes par *A. ochraceus* (café vert, cacao, oléo-protéagineux). Les moisissures se développant en périphérie de la graine, les enveloppes extérieures des céréales (son) sont plus contaminées en OTA. La production d'OTA est effective entre 3 jours et une semaine après le début de la germination des spores fongiques, en fonction des conditions d'humidité.

L'OTA est susceptible de s'accumuler dans les animaux ayant été nourris avec des aliments contaminés.

Voies de transmission

L'Homme s'expose par la consommation d'aliments contaminés par l'OTA.

Recommandations pour la production primaire

Les mesures de prévention du danger à la source sont les seules envisageables car la détoxification des aliments contaminés par l'OTA est très limitée.

- **Vigne**: assurer un programme de protection approprié contre les moisissures de la grappe.
- **Grains et graines**: conduite de la conservation post-récolte selon les stratégies préconisées dans les guides de bonnes pratiques d'hygiène pour le stockage:
 - abaissement de la température et de la teneur en eau des grains stockés;
 - mise à l'abri des aires de stockage des entrées d'humidité extérieure (pluie ou ruissellement);
 - maîtrise des insectes et des infestations par des rongeurs dans les dépôts de stockage, etc.
- **Fruits et autres végétaux secs**: maintenir à l'abri de l'humidité les produits et les zones de stockage, de manutention ou de fabrication des aliments.

(1) Centre international de recherche sur le cancer (acronyme anglais IARC).

(2) Relation entre la dose et l'effet chez un individu.

(3) Pour un effet donné, relation entre la dose et la réponse, c'est-à-dire la probabilité de la manifestation de cet effet, dans la population.

Maladie humaine d'origine alimentaire

Nature des effets toxiques

L'OTA a principalement des effets néphrotoxiques. Chez l'Homme, l'OTA serait ainsi associée à une pathologie rénale appelée néphropathie endémique des Balkans (NEB). Elle aurait également des effets immunotoxiques et neurotoxiques. Par ailleurs, l'OTA est classée par le CIRC⁽¹⁾ dans la catégorie 2B (l'agent est peut-être cancérigène pour l'Homme) sur la base d'effets cancérigènes indéniables chez les rongeurs et possibles chez l'Homme.

Dans l'état actuel des connaissances, aucun élément ne permet d'affirmer qu'il existe une population à risque.

Relations dose-effet⁽²⁾ et dose-réponse⁽³⁾

Les relations dose/effet et dose/réponse pour l'OTA ne sont pas établies chez l'Homme. Des études de toxicité ont été conduites chez les rats, porcs, volailles et animaux de compagnie.

En se fondant sur une dose minimale avec effet nocif observé (DMENO) de 8 µg/kg de poids corporel par jour pour les marqueurs précoces de toxicité rénale chez le porc (espèce animale la plus sensible) et un facteur de sécurité de 450 (afin de prendre en compte les incertitudes d'extrapolation des résultats expérimentaux de l'animal à l'Homme et la variabilité inter-espèces), l'Efsa, en 2006, a proposé une dose hebdomadaire tolérable provisoire (DHTP) de 120 ng/kg de poids corporel par semaine, reconfirmée en 2010 sur la base de deux nouvelles études.

Épidémiologie

Les données épidémiologiques sont limitées.

Rôle des aliments

Principaux aliments à considérer

La production d'OTA a été mise en évidence principalement dans les produits suivants:

- céréales produites en zone tempérée (*P. verrucosum*): blé, maïs, orge;
- vin, jus de raisin, raisins secs (*A. carbonarius*);
- fruits secs, café, réglisse (*A. ochraceus*, *A. steynii*, *A. westerdijkiae*).

Les résultats de la 2^e étude de l'alimentation totale (EAT 2; 2006-2010) sur l'exposition de la population française montrent que les groupes d'aliments présentant les plus fortes teneurs moyennes sont le pain et les produits de panification sèche (0,13 µg/kg), les pâtes (0,1 µg/kg), le riz et le blé (0,07 µg/kg), la charcuterie (0,05 µg/kg) et les céréales pour petit déjeuner (0,03 µg/kg).

Tableau 1. Caractéristiques de croissance et de toxinogénèse des *Aspergilli* et *Penicillia* producteurs d'ochratoxine A

| Croissance | <i>A. carbonarius</i> | | | <i>A. ochraceus</i> | | | <i>P. verrucosum</i> | | |
|-------------------|-----------------------|-------------|-----|---------------------|-------------|------|----------------------|------|-----|
| | Min | Opt | Max | Min | Opt | Max | Min | Opt | Max |
| Température | 10 | 30 | 41 | 8 | 24 - 31 | 41 | 0 | 20 | 31 |
| pH | 2 | 5,6 | 10 | 2,2 | 5,6 | 10 | 2,1 | 5,6 | 10 |
| a _w | 0,85 | 0,96 - 0,99 | / | 0,77 | 0,95 - 0,99 | / | 0,80 | 0,95 | / |
| % CO ₂ | / | / | / | / | / | 80 % | / | / | / |
| Toxinogénèse | <i>A. carbonarius</i> | | | <i>A. ochraceus</i> | | | <i>P. verrucosum</i> | | |
| | Min | Opt | Max | Min | Opt | Max | Min | Opt | Max |
| Température | / | 15 - 30 | / | / | 25 - 30 | / | 0 | 20 | 31 |
| pH | / | / | / | / | / | / | / | 5,6 | / |
| a _w | 0,87 | 0,93 - 0,98 | / | 0,85 | 0,95 | / | 0,86 | 0,92 | / |
| % CO ₂ | / | / | / | / | / | 30 % | / | / | / |

Chez les adultes comme chez les enfants, le pain et les produits de panification sèche apparaissent comme le premier contributeur à l'exposition à l'OTA (20-80 %). Chez les adultes, les boissons alcoolisées apparaissent aussi comme contributeur majoritaire (23 % sous l'hypothèse basse, du fait de la quantification de l'OTA dans du vin).

Les résultats de l'EAT 2 montrent en moyenne une diminution de l'exposition à l'OTA d'un facteur de 1,1 à 1,5 par rapport aux estimations faites lors de l'EAT 1 (2000-2004) (adultes: 1,9 vs 2,2 ng/kg pc/j et enfants: 2,8 vs 4,1 ng/kg pc/j respectivement) et aucun dépassement de la DHTP retenue par l'Efsa chez les adultes et les enfants.

La diminution de l'exposition à l'OTA peut s'expliquer en partie par la mise en place en 2006 d'une réglementation relative aux teneurs maximales en certaines mycotoxines dans les aliments. Les teneurs en OTA sont également dépendantes de l'évolution des conditions climatiques au fil des saisons et des années.

Traitements d'inactivation des spores fongiques et de l'OTA

Les spores des moisissures productrices d'OTA sont sensibles aux désinfectants chimiques (à visée antifongique) autorisés en industrie alimentaire, sous réserve de suivre les modalités d'utilisation recommandée.

L'OTA étant très stable thermiquement (points de fusion de 90 °C et de 169 °C), les traitements physiques et chimiques utilisés dans l'industrie alimentaire ne permettent pas de l'éliminer.

La torréfaction du café réduit la teneur en OTA mais aucune étude n'a été menée sur la toxicité des molécules issues de la dégradation de l'OTA.

Surveillance dans les aliments

Le Règlement de la commission européenne (CE) N°1881/2006 fixe les teneurs maximales en OTA à ne pas dépasser dans les produits alimentaires destinés à l'alimentation humaine. Ce règlement a été amendé pour les épices et les réglisses par le règlement (CE) N°105/2010.

Le Règlement (CE) N°178/2010 pour le prélèvement et l'analyse d'échantillons dans les aliments, complète le précédent règlement (CE) N°401/2006.

La Recommandation (CE) 2006/576 concerne les teneurs maximales à ne pas dépasser dans les produits pour l'alimentation du bétail et en particulier des porcs et des volailles.

Recommandations aux opérateurs

- Respect des bonnes pratiques de stockage (cf. recommandations pour la production primaire).
- Respect des bonnes pratiques hygiéniques de conservation et de fabrication des aliments. Le tri consistant à éliminer les parties du produit contaminées par des moisissures toxigènes avérées est le meilleur moyen pour réduire les quantités d'OTA présentes.

Il est conseillé de porter des masques lors des manipulations dans les silos de céréales.

Hygiène domestique

Recommandations aux consommateurs

- Stocker les denrées alimentaires concernées (céréales, fruits et légumes secs) dans des endroits secs.
- En cas de contamination visible de l'aliment par des moisissures, retirer largement la partie abîmée si elle est circonscrite, sinon jeter l'aliment.

Références et liens

- Afssa, 2009. Évaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaine et animale.
- Anses, 2011. Étude nationale de surveillance des expositions alimentaires aux substances chimiques - 2^e étude de l'alimentation totale 2006-2010 (EAT 2). Tome 1: Contaminants inorganiques, minéraux, polluants organiques persistants, mycotoxines et phyto-estrogènes.
- Inra. Étude de l'alimentation totale française. Mycotoxines, minéraux et éléments traces. 68 p, 2004.
- Maff UK, 1999. Survey of human exposure to ochratoxin A. Food Surveillance Information Sheet 172.