



Penicillium expansum et autres moisissures productrices de patuline

Sous-règne : Ascomycètes
Classe : Eurotiomycètes
Ordre : *Eurotiales*
Famille : *Trichocomaceae*
Moisissure

Les espèces principales qui produisent de la patuline sont : *Penicillium expansum* (le plus important du point de vue sanitaire et économique) et d'autres champignons microscopiques (moisissures) comme *Penicillium griseofulvum*, *Aspergillus clavatus* et *Byssosclamyces nivea* ainsi que sa forme asexuée (*Paecilomyces niveus*). La patuline est reconnue pour provoquer des désordres gastro-intestinaux avec ulcérations, distensions et hémorragies, voire des perturbations de la fonction rénale, à plus forte dose.

La patuline pure, de formule brute $C_7H_6O_4$, est une lactone insaturée, de faible masse molaire (154 g/mol).

Caractéristiques et sources de *Penicillium expansum*

Principales caractéristiques microbiologiques

Les conidiophores sont formés de stipes lisses de 200 à 500 µm de longueur et se terminant en pinceaux typiquement terverticillés (présence d'une ou plusieurs branches sur le stipe, **Figure 1**) avec une ramification par stipe, la longueur des métules est de 12 à 15 µm, celle des phialides très serrées de 8 à 11 µm, les conidies sont lisses et ellipsoïdales de 3 à 3,5 µm de longueur.

Les ascomycètes 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 (par exemple, *P. expansum*), mais aussi grâce à des ascospores (formes sexuées) (par exemple, *B. nivea*) produites au sein d'asques, leur conférant une forme de résistance.

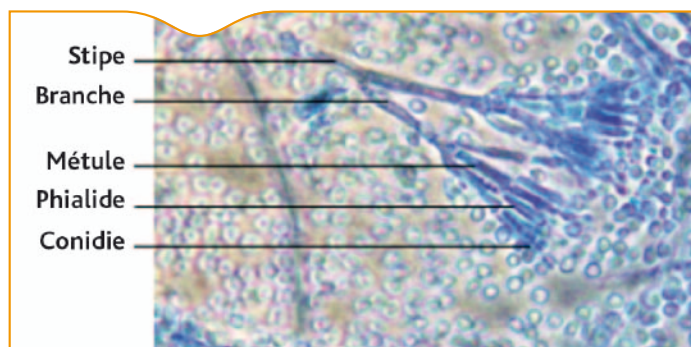


Figure 1. Aspect microscopique de *P. expansum*

Tableau 1. Caractéristiques de croissance et de toxinogénèse de *Penicillium expansum*

Croissance	Min.	Opt.	Max.
Température (°C)	-6 – (-2)	23 – 27	30 – 35
pH	2	5,6	10
a _w	0,82 – 0,83	0,98	/
Toxinogénèse	Min.	Opt.	Max.
Température (°C)	0	16 – 17	24
a _w	0,96	/	/

Sources du danger

La présence des *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.

P. expansum est présent sur les fruits sains mais il ne produit des quantités significatives de patuline qu'en se développant sous forme de nécrose en disque sur le fruit (**Figure 2**).

Ce champignon saprophyte de la pomme est le responsable majeur de la contamination par la patuline des jus de fruits, compotes et autres produits de la transformation des pommes. La production de patuline

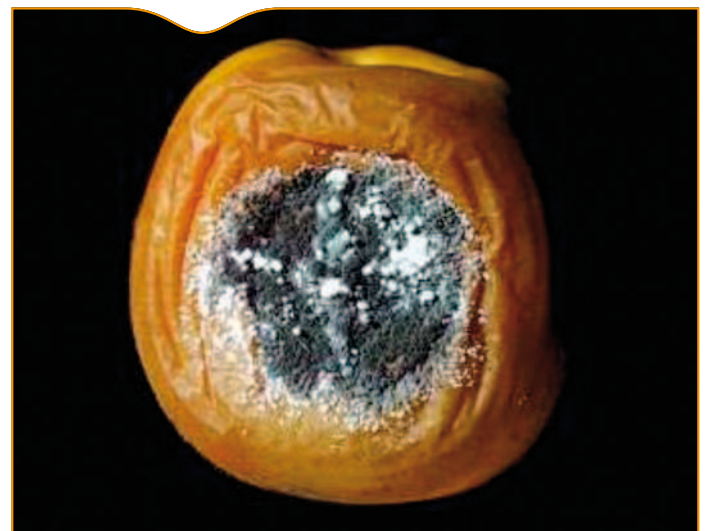


Figure 2. Aspect macroscopique de *P. expansum* sur une pomme

est favorisée par la blessure des fruits (chocs, attaques d'insectes, etc.). Outre les *Pomaceae* (pommes, poires, coings), *P. expansum* est un saprophyte d'autres cultures. La patuline a ainsi été détectée dans des bananes, pêches, abricots, raisins, jus de raisin et vins, mais, en général, le taux de patuline demeure bien plus faible que dans les produits de la filière « pomme ».

D'autres substrats naturels permettent la toxigenèse, il s'agit des céréales (blé, riz), des pulpes de betterave ou de la paille. L'ensilage de maïs et l'ensilage d'herbe représentent les deux principales sources de patuline en élevage. Certaines espèces de *Paecilomyces* sont responsables de la production de patuline dans les ensilages d'herbe et *Byssoschlamys nivea* est l'organisme producteur de patuline dans les ensilages de maïs. Cette moisissure peut apparaître au niveau des fronts de coupe d'ensilages.

Voies de transmission

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

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 la patuline est très limitée.
- les pommes doivent idéalement être utilisées 24 heures après cueillette, ou mises en chambre froide (< 2 °C) dans les 3 à 4 jours après récolte ;
- l'utilisation d'atmosphère contrôlée (< 1,8 % O₂) est préconisée pour des stockages de pomme d'une durée supérieure à 3 mois ;
- tri des fruits dont les lésions sont supérieures à 10 cm² (la découpe des parties pourries est insuffisante pour éliminer complètement le risque d'ingestion de la patuline). Un examen mensuel des fruits est préconisé.

Maladie humaine d'origine alimentaire

Nature des effets toxiques

Après son absorption par le tube digestif, la patuline est rapidement dégradée. Néanmoins la consommation d'aliments contaminés par la patuline est suspectée d'engendrer des effets néfastes sur la santé.

À forte dose, l'absorption orale de patuline conduit à une perte pondérale, des désordres intestinaux et à une perturbation de la fonction rénale. Une répétition de dose conduit à des signes de neurotoxicité et à une inhibition d'enzymes au niveau intestinal et cérébral notamment.

De nombreuses études *in vitro* mettent en évidence les effets immunotoxiques de la patuline.

Les expérimentations animales ne permettent pas de conclure quant au caractère carcinogène de la patuline. La patuline est classée dans le groupe 3 (l'agent est inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'Homme) par le CIRC⁽¹⁾.

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

Les relations dose-effet et dose-réponse pour la patuline ne sont pas établies chez l'Homme.

Le JECFA⁽⁴⁾ (1995), le CSHPF⁽⁵⁾ (1999) et le SCF⁽⁶⁾ (2000) ont établi une dose journalière maximale tolérable provisoire (DJMTP) pour la patuline de 0,4 µg/kg de poids corporel calculée à partir d'effets observés sur la diminution pondérale et une mortalité par inflammation pulmonaire et laryngotrachéale chez le rat (NOEL⁽⁷⁾ à 43 µg/kg de poids corporel et par jour).

Épidémiologie

Il n'y a pas de données épidémiologiques.

Rôle des aliments

Principaux aliments à considérer

La production de patuline a été principalement mise en évidence, dans les produits issus de la filière « pomme » (*P. expansum*) qui comprend les jus de fruits (particulièrement les produits non clarifiés), compotes et autres produits de la transformation des pommes. Les produits fermentés comme le cidre ne sont pas concernés car la fermentation alcoolique détruit la patuline. Toutefois la patuline peut être présente dans des produits fermentés dans lesquels du jus de pommes a été rajouté après la fermentation.

Les résultats de la 2^e étude de l'alimentation totale (EAT 2, Anses 2011) sur l'exposition de la population française, montrent que la patuline a été détectée uniquement dans les échantillons contenant de la pomme. Aussi les groupes d'aliments présentant les plus fortes teneurs sont les compotes et fruits cuits (1 µg/kg), les boissons fraîches sans alcool (0,12 µg/kg) et les fruits (0,04 µg/kg).

Il n'y a pas d'informations publiées sur l'exposition alimentaire *via* les denrées provenant d'animaux ayant consommé des denrées contaminées par la patuline.

Chez les adultes, les fruits apparaissent comme le contributeur majoritaire à l'exposition à la patuline (45-50 %), suivis des compotes et fruits cuits (38 %). Chez les enfants, les contributeurs majoritaires à l'exposition sont les boissons fraîches sans alcool (environ 40 %) et les compotes et fruits cuits (47 %).

Les résultats de l'EAT 2 montrent une diminution de l'exposition à la patuline par rapport aux estimations faites lors du précédent programme de surveillance des expositions (EAT 1, Afssa 2004) et aucun dépassement de la DJMTP chez les adultes et les enfants.

La diminution de l'exposition à la patuline 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 patuline sont également dépendantes de l'évolution des conditions climatiques au fil des saisons et des années.

Traitements d'inactivation des spores fongiques et de la patuline

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

Les ascospores sont résistantes à la pasteurisation, 90 °C pendant 10 s.

La patuline est soluble dans l'eau, stable en milieu acide mais perd son activité en milieu alcalin. Son point de fusion est de 110 °C. Elle est très stable thermiquement. Elle est adsorbée sur les parois végétales. Les traitements physiques de séparation sont les seuls qui permettent d'éliminer une fraction significative.

(1) Centre international de recherche sur le cancer

(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.

(4) Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires.

(5) Conseil supérieur d'hygiène publique de France.

(6) Comité scientifique de l'alimentation humaine de l'Union européenne.

(7) Niveau sans effet observé.

Surveillance dans les aliments

Le règlement (CE) N°1881/2006⁽⁸⁾ fixe les teneurs maximales en patuline à ne pas dépasser dans les produits alimentaires destinés à l'alimentation humaine. Ces teneurs maximales sont les suivantes:

- 50 µg/kg pour les jus de fruits (y compris ceux reconstitués à base de concentrés), les nectars de fruits, les spiritueux et les cidres et autres boissons produites à base de jus de pommes et pommes;
- 25 µg/kg pour les produits solides à base de pommes (compotes, purées) destinés à la consommation directe;
- 10 µg/kg pour les jus et produits à base de morceaux de pomme;
- 10 µg/kg pour les aliments (autres que ceux préparés à base de céréales) destinés au nourrisson et à l'enfant en bas âge, et étiquetés et vendus comme tels.

Le règlement (CE) N°178/2010⁽⁹⁾ pour le prélèvement et l'analyse d'échantillons dans les aliments, complète le précédent règlement (CE) N°401/2006⁽¹⁰⁾.

Recommandations aux opérateurs

- **Respect des bonnes pratiques de stockage (voir recommandations pour la production primaire).**
- **Respect des bonnes pratiques d'hygiène de conservation et de fabrication des aliments.**
- **Le tri consistant à éliminer les produits moisissus représente l'étape la plus critique pour réduire les quantités de patuline présentes dans le produit fini.**
- **Des opérations de clarification des jus de fruits permettent de réduire significativement la teneur en patuline, en fonction du procédé utilisé.**

Références et liens

Références générales

- Afssa, 2009. Évaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaine et animale: rapport final.
- 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.
- Bissessur J., Permaul K., and Odhav B. Reduction of patulin during apple juice clarification. *Journal of Food Protection*. Vol. 64 No. 8. Pages 1216-1219. 2001.
- Commission recommendation of 11 August 2003 on the prevention and reduction of patulin contamination in apple juice and apple juice ingredients in other beverages. *Official Journal of the European Union* L203, 54-59.
- Inra, 2004. Étude de l'alimentation totale française. Mycotoxines, minéraux et éléments traces. 68 pages.

Liens utiles

- Centre national de référence (CNR) mycologie et antifongiques: Unité de mycologie moléculaire - Institut Pasteur, Paris.
- Laboratoire national de référence (LNR) pour les mycotoxines (groupe B3d selon l'annexe I de la directive 96/23/CE du Conseil): Laboratoire de sécurité des aliments - Anses, Maisons-Alfort.
- Laboratoire de référence de l'Union européenne pour les mycotoxines: Centre commun de recherche de la Commission européenne - Geel, Belgique.

Hygiène domestique

Recommandations aux consommateurs

- **Stocker les denrées alimentaires dans des endroits secs.**
- **Un fruit présentant des moisissures visibles ne doit pas être consommé ou utilisé pour la fabrication de compotes ou d'autres produits. Pour les productions artisanales de cidre et de jus de pomme, l'utilisation de pommes pourries est fortement déconseillée.**

(8) Règlement (CE) N° 1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires.

(9) Règlement (UE) N° 178/2010 de la Commission du 2 mars 2010 modifiant le règlement (CE) N° 401/2006 en ce qui concerne les arachides, les autres graines oléagineuses, les fruits à coque, les noyaux d'abricot, la réglisse et l'huile végétale.

(10) Règlement (CE) N° 401/2006 de la Commission du 23 février 2006 portant fixation des modes de prélèvement d'échantillons et des méthodes d'analyse pour le contrôle officiel des teneurs en mycotoxines des denrées alimentaires.