

Figure 1 : Principales voies de transmission des maladies d'origines alimentaires

1.1.2. Intoxication par les mycotoxines

Les mycotoxines sont des produits du métabolisme secondaire des moisissures. Des moisissures toxigènes peuvent se développer sous tous les climats, sur tous les supports solides ou liquides, dès l'instant qu'il y a des éléments nutritifs, de l'humidité (activité en eau A_w supérieure à 0,6), d'où la grande variété des substrats alimentaires contaminés.

Ces denrées contaminées par les mycotoxines peuvent être classées en deux grands groupes :

- les aliments et produits d'origine végétale ;
- par transfert spécifique à certaines mycotoxines, ceux d'origine animale, lorsque des métabolites élaborés par les animaux, ayant consommé des aliments contaminés, sont retrouvés dans certaines de leurs productions, telles le lait ou les abats.

La toxicité de ces contaminants naturels peut être aiguë ou chronique vis-à-vis des organismes consommant des denrées alimentaires contaminées. Certaines mycotoxines ont une toxicité aiguë très marquée (exposition unique à une forte dose), être exposées à des doses toxiques en une seule ingestion d'aliments contaminés, provoquant ainsi une « mycotoxicose » aiguë.

Les effets chroniques (exposition répétée à très faibles doses) sont les plus redoutés pour certaines de ces toxines en raison de leur pouvoir cancérigène et des habitudes alimentaires. Leur capacité à se lier aux protéines plasmatiques et leur lipophilie en font des toxiques capables de persister dans l'organisme en cas d'expositions répétées et rapprochées.

Ainsi, parmi plus de 300 de ces métabolites secondaires identifiés, seule une trentaine possède des propriétés préoccupantes pour la santé du consommateur.

Parmi les produits et aliments d'origine végétale, les céréales, les oléagineux et leurs produits dérivés présentent un vecteur de risque, compte tenu de l'éventuelle occurrence de contamination et de leur consommation importante, quel que soit le régime alimentaire. On distingue, parmi les groupes de mycotoxines considérées comme importantes, celles d'intérêt pour les aliments de la filière céréales/oléagineux destinées à la consommation humaine :

- les aflatoxines ;
- les ochratoxines et l'ochratoxine A, en particulier ;
- les trichothécènes et, tout spécialement, le déoxynivalénol ;
- les fumonisines ;
- la zéaralène.

Il est à noter que les mycotoxines sont généralement thermostables et ne sont pas détruites par les procédés habituels de cuisson et de stérilisation. On peut aussi classer les mycotoxines selon leurs principaux effets toxiques :

- pouvoir hépatotoxique (aflatoxines) ;
- oestrogéniques (zéaralène) ;
- immuno/hématotoxiques (trichothécènes ;fumonisines ;)
- dermonécrosantes (trichothécènes) ;
- néphrotoxiques (ochratoxine A).

La plupart des mycotoxines qui inquiètent les toxicologues alimentaires sont thermostables : on peut les retrouver dans un produit après cuisson.

En sécurité alimentaire, à côté des six familles de mycotoxines, aflatoxines, ochratoxines, fumonisines, trichothécènes, patuline et zéaralène, il y'a les mycotoxines dites «émergentes» récemment identifiées et isolées dont les effets toxiques ne sont pas ou peu connus, mais auxquelles il est indispensable de s'intéresser.

L'entrée des mycotoxines dans l'alimentation humaine s'effectue soit directement par la consommation de denrées végétales contaminées (arachides, pistaches, amandes...), soit indirectement par des produits dérivés à partir desquels sont élaborés les produits finis, par exemple la farine de céréales. Les mycotoxines peuvent également se transmettre dans la chaîne alimentaire de l'homme par l'ingestion de denrées d'origine animale (laits, produits laitiers, abats, charcuterie...), si l'animal a été nourri des végétaux eux-mêmes contaminés, c'est le cas de l'aflatoxine B1 et de l'ochratoxine A. Si la ration alimentaire d'une vache laitière est enrichie en tourteaux de maïs ou d'arachide pollués par de l'aflatoxine B1, le lait produit contiendra de l'aflatoxine M1. Il a été évalué que 0,5 à 4% de l'aflatoxine B1 présente dans des céréales, se retrouvait sous forme M1 dans le lait ainsi que dans les produits laitiers élaborés à partir de ce lait contaminé. L'ochratoxine A est un contaminant des céréales qui entrent dans l'alimentation des volailles et des porcs. Le transfert de

cette mycotoxine dans les produits charcutiers a lieu à partir de porcs ou de volailles nourris avec des grains contaminés. On retrouve de l'ochratoxine A dans les abats et dans les préparations charcutières. Chez le bétail, l'aflatoxine B1 absorbée avec des aliments contaminés est métabolisée au niveau du foie en un dérivé 4-hydroxy - appelé aflatoxine M1 (fig. 2) qui est chez les animaux laitiers (notamment vaches, Brebis et chèvres) excrété dans le lait. Il existe de plus une relation linéaire entre la concentration d'AFM1 excrétée et la quantité d'AFB1 ingérée.

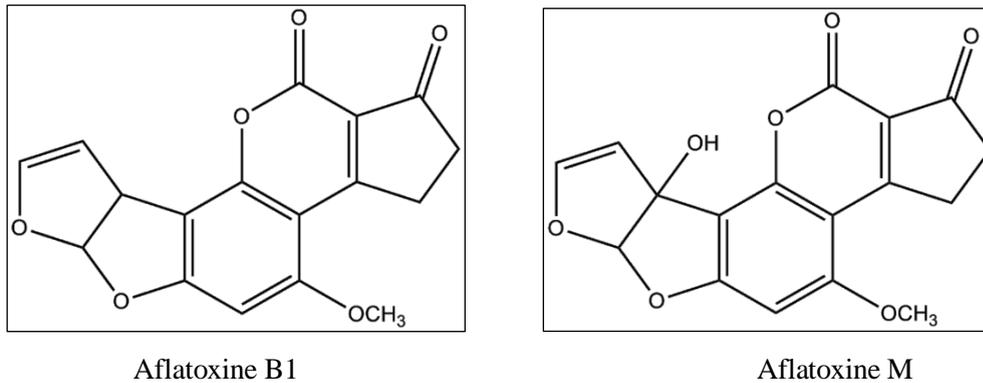


Figure 2 : La structure chimique de l'Aflatoxine B1 et son métabolite M

La toxicité de ces contaminants naturels peut être directe ou indirecte vis à vis des organismes consommant des denrées alimentaires contaminées. Certaines mycotoxines ont une toxicité aiguë très marquée (exposition unique à une forte dose).

Historiquement, la mycotoxicose la plus anciennement connue est *l'ergotisme*. Elle est provoquée par les toxines du champignon *Claviceps*, élaborées par l'ergot de seigle et se présente sous forme de délires, prostrations, douleurs violentes, abcès, gangrènes des extrémités aboutissant à des infirmités graves et incurables. Les effets chroniques (exposition répétée à très faibles doses) sont les plus redoutés en raison des habitudes alimentaires et du pouvoir de rémanence de ces toxines. Certaines mycotoxines sont reconnues ou suspectées d'être cancérogènes (Voir tab 3 et tab 4). En outre, plusieurs mycotoxines peuvent être présentes dans le même produit ou la même ration alimentaire. Pour les consommateurs humains, un autre type de risque indirect auquel seront exposés, induit par la présence possible de résidus dans les productions issues des animaux de rente exposés à une alimentation contaminée par les mycotoxines. Ces résidus correspondent à la toxine elle-même et/ou à des métabolites bio-formés conservant les propriétés toxiques du composé parental. Les espèces d'élevage peuvent donc constituer un vecteur de ces toxines ou de leurs métabolites dans des productions telles que la viande, le lait ou les œufs. C'est le cas notamment de l'aflatoxine B1, dont le métabolite l'aflatoxine M1 est retrouvé dans le lait des mammifères lorsque ceux-ci ont ingéré des aliments contaminés par l'aflatoxine B1. (tab1).

Tableau 1. Principales mycotoxines et conditions d'apparition

Groupe de	Mycotoxines	Conditions d'apparition
Aflatoxines	Aflatoxines B1, B2, G1 et G2	Climats tropicaux et subtropicaux
Ochratoxines	Ochratoxines A, B, C et D	Climats frais et tempérés En cours de stockage
Zéaralénone	Zéaralénone	Moisissures que l'on retrouve partout dans le monde
Trichothécènes	Vomitoxine, Nivalenol, Déoxinivalénol (DON), Fusarenone X (Trichothécènes B)	Moisissures que l'on retrouve partout dans le monde
	T2 toxine, HT2 toxine, Diacétoxyscirpenol (Tricho. A)	
Fumonisines	Fumonisines	Climats tempérés et climats chauds

1.1.2.1. Principales mycotoxines rencontrées

Dans le tableau 2 ci-dessous, sont répertoriées les principales mycotoxines ainsi que les moisissures les produisant. On s'aperçoit qu'on ne retrouve pas les mêmes moisissures selon la matière première utilisée.

Tableau 2 : Principales mycotoxines et leurs substrats

Mycotoxines	Moisissures	Substrats
Aflatoxines	<i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>Aspergillus flavus</i>	Arachide, maïs, sorgho
Ochratoxines	<i>Penicillium verrucosum</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i>	Maïs, orge
Zéaralénone	<i>Fusarium</i>	Maïs, blé, sorgho
Trichothécènes	<i>Fusarium</i>	Maïs, orge, blé, avoine
Deoxynivalénol	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium culmorum</i> , <i>Fusarium roseum</i> , ...	Maïs, orge, blé, avoine
Fumonisines	<i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Fusarium proliferatum</i> et <i>Fusarium sp.</i>	Maïs, orge, blé, avoine

Tableau 3 Risques sanitaires des mycotoxines pour l'homme et l'animal

Mycotoxines	Risques pour la santé
Aflatoxine	Effets cancérigènes, et autres effets dommageables pour l'homme, la volaille, les porcins et le bétail
Deoxynivalénol	Toxicoses aiguës chez l'homme, troubles internes, inhibition de la croissance chez les porcs et autres effets
Citrinine	Affections rénales chez l'homme et le porc
Fumonisine	Soupçonné de provoquer chez l'homme le cancer de l'œsophage, maladies chevalines, porcines et des poulets
Ochratoxine	Cancérigène, lésions rénales et autres effets dommageables chez le porc et la volaille
Zéaralénone	Peut-être cancérigène chez l'homme, incidences sur la production porcine

Tableau 4. Effets des principales mycotoxines et mécanismes d'action cellulaires et moléculaires

Toxines	Effets	Mécanismes d'action moléculaire et cellulaire
Aflatoxine B1 + M1	<ul style="list-style-type: none"> - Hépatotoxicité - Génotoxicité - Cancérogénicité - Immunomodulation 	<ul style="list-style-type: none"> -Formation d'adduit à l'ADN -Peroxydation lipidique -Bio activation par cytochromes P450 -Conjugaison aux GS-transférases
Ochratoxine A	<ul style="list-style-type: none"> - Néphrotoxicité - Génotoxicité - Immunomodulation 	<ul style="list-style-type: none"> -Impact sur la synthèse des protéines. -Inhibition de la production d'ATP -Détoxification par les peptidases
Patuline	<ul style="list-style-type: none"> - Neurotoxicité - Mutagenèse in vitro 	Inhibition indirecte d'enzymes
Trichothécènes (Toxine T-2, DON, ...)	<ul style="list-style-type: none"> - Hématotoxicité - Immunomodulation - Toxicité cutanée 	<ul style="list-style-type: none"> -Induction de l'apoptose sur progéniteur hématopoïétique et cellules immunitaires -Impact sur la synthèse des protéines -Altération des immunoglobulines
Zéaralène	<ul style="list-style-type: none"> - Fertilité et Reproduction 	<ul style="list-style-type: none"> -Liaison aux récepteurs ostrogéniques -Bio activation par des réductases -Conjugaison aux glucuronyl transférases
Fumonisine B1	<ul style="list-style-type: none"> -Lésion du système nerveux central -Hépatotoxicité -Génotoxicité -Immunomodulation 	<ul style="list-style-type: none"> -Inhibition de la synthèse de céramide -Altération du rapport sphinganine/ sphingosine -Altération du cycle cellulaire

Tableau 5 : Teneurs limites en mycotoxines dans l'alimentation humaine et animale

Toxine	Aliment	Teneurs limites
Alimentation humaine : aflatoxine B1	céréales et dérivés	2 à 4 µg/kg
	arachides, fruits	2 à 15 µg/kg
aflatoxine M1	épices	5 à 10 µg/kg
ochratoxine A	lait	0,05 µg/kg
patuline	céréales, fruits, vin	5 à 10 µg/kg
déoxynivalénol	pommes et dérivés	10 à 50 µg/kg
fumonisines	céréales et dérivés	200 à 1750 µg/kg
zéaralénol	céréales et dérivés	200 à 2000 µg/kg
toxine T-2	céréales et dérivés	20 à 200 µg/kg
Alimentation animale aflatoxines ergot de seigle	céréales, autres céréales	5 à 50 µg/kg 1000 mg/kg