



Comment
gérer
le risque
lié aux
mycotoxines ?





Comment gérer le risque lié aux mycotoxines ?

Imaginons les menus d'une journée ordinaire :

- Petit déjeuner : céréales, lait, confiture, pain ;
- Déjeuner : apéritif (cacahuètes, pistaches), boudin accompagné au choix d'une compote de pommes ou d'une polenta, bière, café et petits chocolats ;
- Dîner : pâtes ou riz, fromages, vin rouge, petits gâteaux.

Traduisons cela en « langage » mycotoxines :

- Petit déjeuner : toxines de *Fusarium* (trichothécènes « au choix » suivant le type de céréale), aflatoxine M1, acide pénicillique, DON ;
- Déjeuner : aflatoxines, ochratoxine A accompagnée au choix de patuline (pomme) ou de fumonisines (maïs), T-2/HT-2, ochratoxine A et aflatoxines ;
- Dîner : DON ou fumonisines, aflatoxine M1 et acide cyclopiazonique, ochratoxine A, aflatoxines (pâte d'arachide très employée en biscuiterie).

Ces aliments d'apparence saine, sans traces de moisissures, peuvent donc renfermer ces toxines... Doit-on alors arrêter de manger ? Tant d'aliments sont susceptibles d'être contaminés par les mycotoxines ! Comment identifier ces dangers et comment s'en protéger ? Qui peut nous aider ? Ce chapitre répondra à ces questions et devrait désamorcer l'anxiété naissante en remettant à sa juste place le risque lié aux mycotoxines dans l'alimentation.



■ Page précédente

Toutes les personnes ne sont pas égales devant les risques associés aux mycotoxines. Certaines sont plus fragiles selon leur alimentation, leur état de santé mais aussi leur propre métabolisme.



■ Comment avoir moins de mycotoxines dans les aliments ?

La contamination des aliments par les mycotoxines est possible mais pas obligatoire ! L'attaque des cultures par les moisissures ne s'effectue pas au hasard. Tout d'abord, le climat conditionne l'infestation des champs par les moisissures toxigènes. La succession de saisons chaudes et humides ou sèches mais fraîches est propice à l'installation des moisissures. Les variations de température et d'humidité exercent une influence sur la multiplication et la croissance des moisissures. Par ailleurs, l'impact des techniques culturales sur le développement des moisissures dans les champs est maintenant assez bien connu, et des conseils peuvent être donnés aux agriculteurs. Il est possible d'intervenir de façon programmée par des traitements antifongiques, anti-insecticides et pesticides.

Les récoltes doivent de préférence avoir lieu en période sèche. Puis il faut les protéger de la pluie et les stocker dans un lieu aéré. Malgré ces précautions, des denrées peuvent être contaminées. Il existe des méthodes de décontamination amenant à la destruction ou à l'élimination des mycotoxines. Cette solution est strictement réservée aux céréales destinées à l'alimentation animale. S'agissant de graines, de noix ou d'amandes, le tri mécanique, parfois automatisé, est une bonne méthode. En effet, les graines ou les fruits secs renfermant des mycotoxines portent souvent des blessures par lesquelles se sont introduites les moisissures. Elles ont une forme irrégulière, souvent plus petite que celle des graines saines, ce qui facilite leur tri.



Si une attention particulière n'était portée sur le risque de contamination des aliments par les mycotoxines, nombre d'entre eux pourraient être affectés par les propriétés toxiques de certaines moisissures.



Le développement
des moisissures
dans les cultures
dépend beaucoup
des conditions
météorologiques.

Les dangers associés aux mycotoxines ont été portés à la connaissance des autorités publiques par les scientifiques, les toxicologues, les vétérinaires, les agronomes et les acteurs du monde agricole et agroalimentaire. En conséquence, des moyens considérables d'information, de formation et de contrôle ont été mis en place et sont renforcés au gré de l'actualité. Les contrôles s'opèrent à deux niveaux. Le premier niveau est celui des opérateurs, par une démarche volontaire et responsable, grâce aux autocontrôles. Par exemple, les cahiers des charges des meuniers, des semouliers et des fabricants d'aliments recommandent de vérifier la teneur en mycotoxines de la farine, du son et autres dérivés avant utilisation. Le second niveau est le contrôle officiel instauré par les autorités par la mise en place de plans de surveillance, avec possibilité de sanction le cas échéant. Toutes les denrées susceptibles d'être touchées par les mycotoxines doivent être contrôlées, qu'elles soient issues des productions locales ou d'importation. Dans



ce dernier cas, les contrôles sont effectués aux postes d'inspection frontaliers, c'est-à-dire dans les ports et aéroports où sont débarquées les marchandises.

■ En cent ans, moins de dix épidémies

Dans les pays développés, les opérations de surveillance, de traitement, de tri et de contrôle suffisent à réduire considérablement les teneurs en mycotoxines des récoltes. Les contaminations en mycotoxines des denrées destinées à l'alimentation dépassent rarement la centaine de microgrammes (µg) par kilogramme. De ce fait, les intoxications aiguës liées à ces contaminants sont rarissimes. Les pouvoirs publics sont par ailleurs très vigilants sur la qualité sanitaire des denrées importées de régions tropicales car elles pourraient être fortement contaminées par des mycotoxines cancérigènes, comme les aflatoxines.

Un organisme vivant est heureusement pourvu d'un système de détoxification des molécules « étrangères » (xénobiotiques) absorbées au cours de son alimentation. Il est capable de prendre en charge et de neutraliser ou d'éliminer les toxines, surtout si elles sont présentes à l'état de traces ou si leur structure chimique est instable. L'équipement enzymatique du foie est très efficace pour désamorcer la toxicité de beaucoup de ces xénobiotiques et les éliminer par voie urinaire ou fécale. Ce sont les mêmes voies enzymatiques qui, par exemple, prennent en charge les médicaments pour assurer leur rejet de l'organisme après que leurs effets bénéfiques se sont manifestés.

■ Le cancer, le risque insidieux des petites doses

Il reste un problème encore mal connu : les effets nocifs associés à l'ingestion répétée au cours d'une vie de petites quantités de mycotoxines ayant des propriétés cancérigènes (aflatoxines, ochratoxines) ou immunotoxiques (trichothécènes). Cette toxicité, qualifiée de « chronique », pourrait contribuer voire déclencher la survenue de cancers et/ou diminuer les défenses immunitaires des individus trop exposés. Sans compter les effets cumulatifs ou synergiques des mycotoxines entre elles. Un aliment ou un repas peut en effet



On observe parfois le développement de moisissures dans les chargements de céréales ou de graines d'arachide que transportent les bateaux. La pression engendrée par le poids, l'élévation de la température et la raréfaction d'oxygène à certains endroits sont favorables à la production d'aflatoxines synthétisées par une variété d'*Aspergillus*.

être contaminé par plusieurs sortes de mycotoxines. Ainsi, au cours du temps, le consommateur est exposé à diverses familles de mycotoxines. L'exposition simultanée aux mycotoxines et, éventuellement, à d'autres contaminants de l'environnement (pesticides, polluants organiques, métaux lourds, radiations ionisantes), ou bien à des particules bactériennes ou virales, pourrait exacerber la toxicité du « cocktail » ainsi formé.

■ Danger et risque, deux notions à ne pas confondre

L'être humain et les animaux sont exposés aux mycotoxines, principalement par la voie orale (alimentation). Mais la contamination peut aussi être véhiculée par les voies respiratoires (inhalation d'un air pollué) ou par contact avec la peau ou les muqueuses. Le premier chapitre de cet ouvrage a montré comment des aliments de toutes sortes pouvaient contenir des mycotoxines. La très grande majorité d'entre elles n'est pas détruite par la cuisson ni d'ailleurs par le froid. Le consommateur ne peut, à son niveau, ni détecter ni remédier à la toxicité éventuellement portée par l'aliment qu'il cuisine.

Les produits les plus contaminés sont les oléagineux, parmi lesquels le maïs, les graines dites « de bouche » (arachides, pistaches), les fruits secs (noix, amandes) ou séchés (figues, raisins), les céréales, les épices et les fruits. Puis viennent les produits dérivés, tels les produits d'origine animale (lait, abats).

Mais il ne suffit pas d'énoncer une liste pour en déduire le niveau de risque. Déguster quelques cacahuètes à l'apéritif, renfermant parfois des teneurs très élevées d'aflatoxines, cancérogènes avérés, est-il moins dangereux que de consommer régulièrement des produits céréaliers contenant de simples traces de cette même mycotoxine ? Il est aussi nécessaire de préciser le niveau de dangerosité des différentes mycotoxines, en identifiant la nature et le degré de toxicité spécifique de chacune. Il n'est pas indifférent d'être exposé à des aflatoxines ou à du

déoxynivalénol (DON), les premières étant infiniment plus toxiques que le second à quantité égale. La nature du danger est également à prendre

Les groupes d'experts débattent de la dangerosité des contaminants de l'alimentation, établissent les risques pour le consommateur, définissent les populations à risque et proposent des recommandations aux autorités publiques.





en compte. Toute molécule potentiellement cancérrogène doit être chassée de l'alimentation. On peut cependant tolérer la présence de très petites quantités d'autres mycotoxines non cancérrogènes. Leur toxicité s'exprimera plus faiblement et l'organisme pourra s'en accommoder. Enfin, il faut aussi considérer ce qu'une population en difficulté accepte d'endurer. Certaines années, selon les conditions météorologiques, rechercher à éliminer toutes les récoltes contenant la moindre mycotoxine peut mettre en péril l'approvisionnement alimentaire. En prenant soin d'écarter tout danger d'intoxication aiguë par élimination des denrées les plus contaminées, on peut tout de même être amené à accepter la présence de traces de mycotoxines, surtout non cancérrogènes, dans les aliments.

Calculer le risque d'être contaminé

Les notions de « danger » et de « risque » viennent d'être progressivement introduites. Si elles sont synonymes dans le langage courant, ce n'est pas le cas en sécurité sanitaire. Le terme **danger** est utilisé pour dénommer la propriété intrinsèque d'une substance ou d'un mécanisme pouvant provoquer des dommages (ou des préjudices) pour la santé humaine ou animale. Les propriétés toxiques d'une molécule, ou bien une maladie, représentent un danger. Par extension, l'agent responsable du danger est qualifié, lui aussi, de « danger ». La mycotoxine est un danger. L'aflatoxine et son pouvoir cancérrogène sont des dangers.



Évaluer le risque en quatre phases

1. L'identification du danger décrit les troubles biologiques ou les pathologies susceptibles d'apparaître du fait des propriétés intrinsèques d'un contaminant. Cette étape décrit aussi la relation causale entre l'exposition au contaminant et le développement de ces troubles et pathologies.
2. La relation « dose-réponse » (ou bien « exposition-risque ») décrit l'association entre une dose d'exposition à un contaminant et la réponse observée, c'est-à-dire l'apparition d'un effet sur la santé, sur une période de temps donnée.
3. L'importance du risque dépend non seulement du « danger », mais aussi du niveau d'exposition et de sa durée, ainsi que de sa fréquence. La détermination de ces paramètres fait partie de l'évaluation de l'exposition.
4. La caractérisation du risque utilise les résultats des étapes précédentes afin de décrire le type et l'amplitude de l'excès de risque attendu dans une population du fait des conditions d'exposition au contaminant. Elle intègre également une discussion sur les incertitudes associées aux estimations du risque.

Le **risque** est une notion statistique qui correspond à la probabilité que le danger s'exprime ou se produise dans une période donnée, dans des circonstances déterminées et pour une population définie. Cette notion prend également en compte l'ampleur des conséquences induites par le danger, c'est-à-dire les enjeux. Dans notre exemple, le risque encouru pour une population d'ingérer de l'aflatoxine véhiculée par les aliments est d'observer une augmentation du nombre de cancers hépatiques par rapport à une population témoin. Les enjeux sont représentés par l'issue de la maladie, qui peut être gravement handicapante, voire mortelle, par les coûts engendrés par les soins et par la mortalité prématurée des personnes atteintes. Le risque représente la probabilité que cela survienne. Cette probabilité s'exprime par des ratios : 1 (mal)chance sur 100 000 que le cancer s'installe. Cette proportion est importante lorsque l'on considère une population. C'est sur la notion de risque, adjointe à d'autres paramètres, notamment socio-économiques, que se fondent les politiques de santé publique. Gérer le risque amène à prendre des décisions. Il faut donc évaluer les risques et les prévenir en mettant en place des contrôles, des plans de surveillance et des collectes systématiques de données pour déclencher les alertes. Soit anticiper, superviser et limiter la survenue du danger.

Les deux notions, risque et danger, se confondent lorsque le danger s'exprime à coup sûr. Dans ce cas, le risque est égal à 100 %. Mais, au niveau d'une population, il n'y a jamais un tel niveau de risque. Le danger n'atteint pas tous les individus en même temps ni dans les mêmes proportions, car ils ne consomment pas tous la même chose (type d'aliments, quantité). Les individus présentent des résistances métaboliques variables, un historique de santé différent. Ou bien ils auront rencontré d'autres contaminants qui pourraient renforcer la toxicité des mycotoxines. Les personnes peuvent avoir un accès plus ou moins aisé au dépistage, aux soins, etc. Parmi les populations à risque pour le danger « mycotoxines », on peut citer les personnes immunodéprimées et les enfants en bas âge. Une catégorie de consommateurs est davantage exposée aux mycotoxines, ce sont les végétaliens, qui se nourrissent presque exclusivement de produits céréaliers, des aliments que l'on sait souvent contaminés par les mycotoxines.

■ Manger à moindre risque

La toxicité des mycotoxines, leur danger, est connue même si des études sont encore attendues pour préciser leur mode d'action dans l'organisme. Évaluer l'exposition des populations à ces toxines, en intensité et en durée, est une préoccupation relativement récente. On connaît, sur des populations



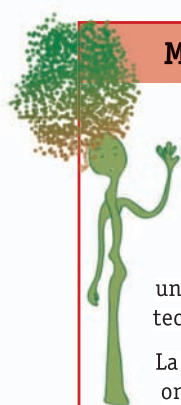
restreintes, les dégâts que peut causer la présence de mycotoxines dans l'alimentation. Surtout lorsque le niveau de contamination des aliments est très élevé. Il engendre alors des intoxications aiguës, facilement décelables. Par exemple, on a pu constater, lors d'épisodes de famine et de guerre dans certaines régions d'Afrique, des cas de développement rapide de cancer primaire du foie après l'ingestion d'épis de maïs fortement contaminés en aflatoxines. On peut anticiper le risque en analysant le niveau et la fréquence de contamination des aliments. Pour réaliser une étude d'exposition des consommateurs, il faudra examiner les données de contamination des aliments les plus consommés. Un aliment intégré dans les menus de façon exceptionnelle (fruit exotique par exemple) ou en très petites quantités (cas des épices) ne causera pas la même ampleur de risque que des aliments quotidiennement utilisés mais renfermant peu de mycotoxines.

Le contrôle de la chaîne de fabrication

Comme on l'a vu précédemment, beaucoup d'aliments sont susceptibles d'être contaminés par les mycotoxines. Cela étant connu, des mesures de contrôle de la matière première, des ingrédients et des produits finis sont en général appliquées tout au long de la chaîne de fabrication des aliments. Il existe deux façons de savoir si un aliment est contaminé par une mycotoxine :

- s'apercevoir de la présence de moisissures, identifier les espèces de moisissures présentes et mettre en évidence celles ayant un pouvoir de toxigenèse. En général, lorsque l'atteinte est visible, on ne s'attarde pas à rechercher si les moisissures sont toxigènes ou pas ; on élimine le lot, ou la partie du lot, moisi. Analyser des moisissures est long, difficile et coûteux. De plus, cette pratique est souvent insuffisante car la plupart des denrées renfermant des mycotoxines ne portent plus de moisissures. Il existe toutefois des tests, de fiabilité cependant limitée, permettant de mettre en évidence si un lot de céréales a été en contact avec des moisissures. Il s'agit de rechercher un composé (ergostérol) qui leur est propre et qui aurait pu être produit par les moisissures lors de leur séjour sur la denrée. Ce composé est suffisamment stable pour être détecté des mois après son émission. Cependant, son pouvoir de prédiction est limité car l'ergostérol n'est pas spécifique à des moisissures aptes à produire des mycotoxines ;

- étudier en recherchant par des techniques d'analyse hautement spécifiques la présence des mycotoxines dans un aliment. C'est la méthode habituelle. On vérifie la matière première (grains, farine, ingrédients) avant de l'employer. Les lots à examiner peuvent être très nombreux. L'analyse peut alors se dérouler en deux temps. On utilise des tests dits rapides pour



Méthodes d'analyse des mycotoxines en laboratoire

Les mycotoxines figurent en général à l'état de traces dans les aliments, de quelques nanogrammes (ng) à quelques microgrammes (µg) par kilogramme d'aliment. Les matrices alimentaires, très riches en composants variés (protéines, sucres, graisses, pigments, etc.), sont difficiles à analyser. L'analyse s'effectue en deux temps : une étape de préparation de l'échantillon comprenant une extraction et une purification de la mycotoxine suivie d'une étape de dosage grâce à des techniques analytiques complexes.

La préparation d'un échantillon s'effectue en général comme suit : on broie ou on rend soluble l'aliment à analyser et on le filtre pour enlever les impuretés les plus grossières. Ensuite, on procède à la séparation de la mycotoxine des autres constituants de la matrice alimentaire en faisant migrer l'échantillon le long de petites colonnes prêtes à l'emploi. En faisant passer divers solvants sur ces colonnes, les constituants de l'échantillon seront entraînés plus ou moins vite suivant leur nature chimique. On peut aussi employer d'autres techniques, en alternative ou en complément, comme la filtration, la dialyse, la centrifugation, la capture sélective par des anticorps antimycotoxines (achetés dans le commerce). Cette première étape doit être adaptée pour chaque type d'aliment, sous peine d'obtenir des résultats faussés.

Pour le dosage de la mycotoxine, il existe des méthodes physico-chimiques et des méthodes immunochimiques. Les premières se fondent sur le principe de la séparation chromatographique des molécules puis de leur détection par colorimétrie, spectrophotométrie ou spectrofluorimétrie. Les méthodes physico-chimiques, comme la chromatographie sur couche mince (CCM), la chromatographie gazeuse (GC), la chromatographie liquide haute performance (CLHP) ou la spectrométrie de masse (LC-MS), permettent la quantification des mycotoxines à des teneurs allant du nanogramme au milligramme. Ces techniques demandent du temps, moins d'une vingtaine d'échantillons pouvant être analysés par jour. Les appareillages sont très chers et requièrent un personnel hautement qualifié.

Les méthodes immunochimiques reposent quant à elles sur l'utilisation d'un anticorps spécifique dirigé contre la mycotoxine recherchée. Ces anticorps sont fixés sur un support inerte (tubes ou puits de plaque de microtitration). Après dépôt de l'échantillon à analyser (broyat d'aliment purifié), les anticorps captureront les molécules de mycotoxines éventuellement présentes. On colore le milieu d'analyse en ajoutant un système enzymatique et un substrat chromogène. En cas de présence de mycotoxines, le milieu réactionnel se décolore. La densité de la coloration sera inversement proportionnelle à la quantité de mycotoxines contenues dans l'échantillon. Les techniques immunochimiques sont rapides car de nombreux échantillons peuvent être analysés en même temps. Il existe des tests simplifiés donnant une réponse de type présence/absence qui permettent de se rendre compte de la présence de mycotoxines dans un échantillon, sans recourir à un laboratoire.



L'analyse des mycotoxines comprend deux étapes : la préparation de l'échantillon par broyage, filtration et purification, et le dosage de la mycotoxine par des techniques chromatographiques ou immunoenzymatiques.

effectuer une sorte de *screening* (dépistage) des lots. En cas de suspicion de présence de mycotoxines, le lot est à nouveau analysé par une méthode plus complexe. Il s'agit, en général, d'une méthode chromatographique nécessitant un appareillage coûteux, un personnel qualifié et du temps. Mais cette confirmation analytique permettra d'éviter de rejeter des lots suspectés à tort.

L'analyse des grands lots peut soulever des problèmes particuliers :

- ceux-là peuvent être immenses, comme dans le cas des affrètements de bateaux qui transportent des centaines de milliers de tonnes de céréales ou de tourteaux d'arachide, parfois en vrac. Les spores de moisissures se déposent de façon aléatoire depuis l'atmosphère en divers points d'un chargement. Leur germination est conditionnée par la chaleur ambiante, le degré d'humidité et la pression. Ces paramètres varient d'un point à un autre du lot et font que la contamination au sein de ce dernier sera hétérogène. La production de mycotoxines s'effectue sous forme de spots, c'est-à-dire de points chauds où se concentrent les moisissures. D'où la nécessité de prélever de nombreux échantillons d'un même lot pour traquer les endroits de contamination ;



Méthodes de référence et méthodes normalisées

En cas d'obtention d'un résultat positif figurant une contamination de l'échantillon, il conviendra de confirmer les résultats obtenus par une méthode dite de référence, sélectionnée par un organisme officiel (administration, instances réglementaires nationales ou européennes, *Codex Alimentarius*, etc.) ou interprofessionnel (Office du vin et de la vigne, par exemple). Les méthodes de référence sont en général validées par des procédures mises en place par l'Afnor (Association française de normalisation) ou le Cen (Comité européen de normalisation). Elles peuvent l'être aussi par des organismes professionnels de l'industrie agroalimentaire ayant vocation de normalisation (exemple : la Fédération interprofessionnelle laitière). Le protocole d'analyse des méthodes normalisées est soigneusement rédigé dans un document type appelé Norme analytique.

– les méthodes d'analyse choisies doivent donner des résultats reproductibles pour éviter toute contestation ultérieure. La notion de reproductibilité des méthodes d'analyse est en effet un facteur important afin d'éviter tout litige. Si on refait le dosage (par exemple entre fournisseur et acheteur), est-ce que l'on obtient exactement le même résultat ? Les méthodes doivent être assez sensibles pour détecter des quantités infimes, de l'ordre du centième voire du millième de milligramme par kilogramme, ce qui est indispensable car les mycotoxines sont actives et toxiques à ces très faibles concentrations.

Le niveau de contamination des aliments ne peut jamais être établi une fois pour toutes. En effet, suivant les conditions météorologiques de l'année ou suivant les conditions d'atmosphère du lieu de stockage, le développement des moisissures peut être très variable. Les conditions de la toxigenèse en seront plus ou moins favorables. Les teneurs en mycotoxines des aliments peuvent s'échelonner entre quelques dizaines de nanogrammes (cas de l'aflatoxine M1 dans le lait) à quelques milligrammes (cas de l'aflatoxine B1 dans les arachides ou les épices). L'aliment qui arrive dans l'assiette du consommateur aura en général été élaboré à partir de denrées ou matières premières dont le contrôle initial de son éventuel contenu en mycotoxines est primordial pour maîtriser la salubrité des aliments finis. Les procédés utilisés pour diminuer cette contamination (nettoyage, triage) sont plus ou moins efficaces. Les opérations de fabrication des aliments incluant des élévations en température peuvent réduire, mais jamais complètement, la teneur en mycotoxines de la préparation culinaire. De façon inverse, les opérations d'égouttage, par exemple pour le fromage, peuvent occasionner une concentration de mycotoxines dans le produit fini.



■ Manger bio est-il indemne de tout risque ?

L'agriculture biologique bannit l'emploi des traitements chimiques utilisés pour limiter le développement des moisissures. Produit-elle de ce fait des aliments davantage contaminés par les mycotoxines ? Cette question légitime a reçu un début de réponse. En premier lieu, cette nouvelle pratique culturale ne rejette pas tout traitement puisqu'elle accepte l'emploi de phytosanitaires dits biologiques, pourvu qu'ils ne ressortent pas de la synthèse chimique. Ensuite, les plants sont sélectionnés pour leur plus grande résistance naturelle aux moisissures. Un mode de labour comme le labourage profond et une rotation des cultures pertinente sont recommandés car ils préviennent la dissémination des moisissures dans le champ, puis leur installation sur les récoltes. Des études comparatives d'occurrence de mycotoxines dans des produits alimentaires issus de l'agriculture conventionnelle ou biologique ne montrent pas de grandes différences de contamination. Les produits dits biologiques renferment parfois des teneurs en mycotoxines plus élevées mais, en général, ces teneurs restent en deçà des seuils réglementaires. Prenons pour l'illustrer

Une vigilance particulière doit être de mise en agriculture biologique afin d'éviter d'augmenter le risque de contamination des cultures céréalières ou vivrières par des mycotoxines du fait de l'utilisation restreinte des fongicides et pesticides de synthèse.



cette mini-enquête réalisée en Belgique sur le contenu en patuline du jus de pomme. Dans cette étude, aucun échantillon de jus de pomme de fabrication industrielle ou artisanale n'est contaminé au-delà de la teneur maximale admissible définie par la réglementation. Parmi les jus de fabrication obtenus par agriculture biologique, trois échantillons dépassent la limite autorisée pour les enfants en bas âge et deux d'entre eux le seuil réglementaire. On constate cependant que la moyenne des observations, bien qu'inférieure à la teneur maximale admissible, est nettement plus élevée pour les produits bio que pour les produits industriels ou artisanaux. Une vigilance est donc de mise. Quant aux jus élaborés par les particuliers, ils renferment souvent des teneurs non négligeables en patuline. L'explication peut en être une ignorance du risque mycotoxinique lors de l'utilisation de fruits partiellement avariés ou présentant des traces de meurtrissures où s'engouffrent les moisissures. Il reste néanmoins difficile d'anticiper sur le contenu en mycotoxines de denrées issues de l'agriculture conventionnelle, raisonnée ou biologique. Il faudrait en effet pouvoir comparer des lots produits la même année, provenant de la même aire géographique, de plants de même variété et ayant essuyé les mêmes intempéries!

■ Peut-on se nourrir sans risque ?

Pour cerner le degré d'exposition d'une population aux mycotoxines, on recourt aux études dites d'alimentation totale. Elles consistent, par une

Réglementation européenne et contamination comparative de jus de pomme suivant leur provenance

Mode de production	Nombre d'échantillons	Classement suivant la concentration en patuline			Fréquence de contamination	Concentration moyenne
		Nombre d'échantillons contenant moins de 25 µg/l de patuline	Nombre d'échantillons contenant entre 25 et 50 µg/l de patuline	Nombre d'échantillons contenant plus de 50 µg/l de patuline		
Industriel	90	90	0	0	13 %	10 µg/l
Biologique	65	60	3	2	12 %	43 µg/l
Artisanal	22	22	0	0	10 %	10 µg/l
Particuliers	37	20	5	12	59 %	58 µg/l

D'après Baert *et al.* 2006. Occurrence of patulin in organic, conventional, and handcrafted apple juices marketed in Belgium. *Journal of Food Protection*, 69 (6), 1371-1378.



approche statistique, à combiner les données de contamination des aliments types d'une population dont on a établi au préalable les habitudes de consommation. Ces habitudes alimentaires ont été répertoriées via l'enquête nationale Inca (enquête Individuelle et nationale des consommations alimentaires) par interview de plus de trois mille adultes et enfants constituant un échantillon représentatif de la population française. L'identification des aliments et des portions était facilitée par l'utilisation d'un cahier de photos. L'étude a duré environ un an.

Les aliments composant les repas tels que décrits par la population ont été achetés, rassemblés, puis préparés pour leur analyse en mycotoxines. Ce type d'étude permet d'approcher la réalité à laquelle est confronté le consommateur car on s'intéresse aux aliments tels que consommés. Mais ces études sont complexes, longues et coûteuses, et leur interprétation pas toujours aisée. De très nombreux échantillons d'extraits de repas broyés doivent être analysés. On imagine la difficulté de rechercher des quantités infimes de mycotoxines dans des matrices alimentaires complexes et multiples !

Une telle étude d'alimentation totale a été récemment réalisée en France (Étude de l'alimentation totale française, rapport du ministère de l'Agriculture, Inra-Afssa, mai 2004 : www.anses.fr). Elle prend en compte, entre autres contaminants, les mycotoxines suivantes : aflatoxines, ochratoxine A, patuline, certaines toxines de *Fusarium*. L'objectif était d'estimer l'exposition moyenne de la population française, d'une part, et, d'autre part, l'exposition spécifique des consommateurs végétariens et, en particulier, des « végétariens stricts ». Ces derniers, appelés aussi végétaliens, excluent de leur alimentation les produits animaux (viandes, œufs et poissons). D'une manière générale, les végétariens consomment beaucoup de produits céréaliers, de légumes et de fruits. Aussi, l'on s'interroge sur leur risque plus élevé d'être exposés aux mycotoxines.

Les végétariens stricts s'exposent à une nourriture contaminée

L'estimation des apports en mycotoxines est calculée en multipliant les données de consommation alimentaire individuelle par les données de concentration moyenne en toxines. Voici, à titre d'exemple, les résultats obtenus pour l'ochratoxine A : 93 % des échantillons de repas étudiés ne contiennent pas cette mycotoxine, 6 % en comportent des traces (jus de raisin, vins) et 1 % dépasse la limite maximale admissible de 3 µg/kg (céréales). Cette étude a montré qu'en moyenne les adultes s'exposent à environ 130 nanogrammes d'ochratoxine A par jour. Rapporté au poids, les enfants sont exposés du

Contamination de différentes denrées alimentaires par l'ochratoxine A

Produits alimentaires	Nombre d'échantillons	Contamination moyenne en ochratoxine A
Produits céréaliers	5 180	0,29 µg/kg
Bière	496	0,03 µg/kg
Vin	1 470	0,36 µg/kg
Jus de raisin	146	0,55 µg/kg
Chocolat	547	0,24 µg/kg
Abats de porc (foie, rognons)	1 860	0,20 µg/kg
Café torréfié	1 184	0,72 µg/kg

Produits alimentaires typiquement contaminés par l'ochratoxine A en Europe (étude SCOOP, 2006. *In* : Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to ochratoxin A in food. *The EFSA Journal*, 365, 1-56. Vaste enquête effectuée dans les pays de l'Union européenne sur des produits achetés dans le commerce (petites et grandes surfaces).

simple au double de cette dose, suivant leur âge et leur alimentation. Les aliments vecteurs de l'ochratoxine A sont principalement les céréales et les produits céréaliers (pains, biscottes, céréales pour petit déjeuner, pâtes, riz et semoule, autres céréales, viennoiseries, biscuits et pâtisseries). L'étude montre également que jusqu'à 15 % de la population végétarienne est en situation de dépasser la dose journalière tolérable en ochratoxine A. Autre mycotoxine pour laquelle la différence d'exposition entre population moyenne et population végétarienne est significative: la zéaralénone. En particulier pour les végétaliens qui consomment beaucoup de produits céréaliers, de fruits secs et de soja, aliments souvent contaminés par cette mycotoxine. La tendance est globalement la même pour les autres toxines de *Fusarium* très présentes dans les céréales.

Les études d'alimentation totale pratiquées dans divers pays sont intéressantes pour les gestionnaires du risque. Elles permettent d'estimer et de comparer de façon assez réaliste le niveau d'exposition des populations. Elles aident à identifier les populations à risque (enfants, végétariens) et les aliments véhicules des contaminants.

■ Comment limiter l'exposition aux mycotoxines *via* la voie alimentaire ?

Moins exposer les consommateurs aux mycotoxines nécessite en tout premier lieu de contrôler l'installation et le développement des moisissures toxigènes au sein des cultures et pendant la phase de stockage. Des opérations de décontamination ou de détoxication sont autorisées sous certaines



conditions, mais uniquement pour les denrées destinées à l'alimentation animale. Les opérateurs des industries agroalimentaires sont formés au risque mycotoxinique. Ils ont étudié et dégagé les points critiques de leur système de production ou de préparation des aliments. Ils ont élaboré un cahier des charges comprenant, entre autres, des analyses d'autocontrôle du contenu en mycotoxines de leur marchandise avant utilisation et/ou commercialisation.

Depuis les intoxications spectaculaires de dindonneaux en Angleterre et la découverte qui s'ensuivit des aflatoxines, les autorités publiques ont instauré des plans de surveillance et de contrôle des filières de production animale, volaille et bétail laitier notamment. Ces plans ont été ensuite étendus à de nombreuses denrées susceptibles d'être contaminées par les mycotoxines. Un plan consiste à prélever de façon ciblée (contrôles) ou aléatoire (surveillance) des échantillons de matières premières, y compris pour les matières importées (tourteaux d'arachide, pistaches, céréales, maïs). Des études semblables concernent les aliments commercialisés qui sont prélevés pour analyse aux points de vente. Les prélèvements sont analysés pour leur contenu en mycotoxines. En cas de contamination, des mesures sont prises par les autorités en fonction de la réglementation existante : retrait de la vente de lots contaminés, visite par des contrôleurs assermentés des élevages et des usines de fabrication d'aliments, modification du cahier des charges, etc.

La réglementation

La réglementation des mycotoxines s'édifie en fonction de l'état des connaissances. Elle évolue en fonction de la publication de nouvelles données, notamment au vu des études publiées sur la toxicité ou sur l'occurrence des mycotoxines. Des groupes d'experts indépendants, mandatés par les gouvernements ou par des instances internationales (FAO [Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture], OMS [Organisation mondiale de la santé]), sont chargés d'évaluer les risques associés aux mycotoxines. Les quantités auxquelles les consommateurs pourraient être exposés sans préjudice en sont déduites par calcul. Assorties de facteurs dits de sécurité élevés, des teneurs maximales dans les aliments sont alors proposées aux autorités publiques. Elles sont ensuite confrontées à d'autres données, puis adoptées et/ou éventuellement modifiées. Les teneurs maximales admissibles sont ensuite publiées sous forme de règlement. Parfois, les connaissances sur la toxicité ou l'occurrence de telle ou telle mycotoxine sont insuffisantes pour établir un règlement formel et passible de sanctions en cas de non-respect. On émet alors des recommandations qui incitent les opérateurs à prêter la plus grande attention au risque considéré. Puis, dès que les connaissances

RÈGLEMENT (CE) N° 1126/2007 DE LA COMMISSION
du 28 septembre 2007

modifiant le règlement (CE) n° 1881/2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires en ce qui concerne les toxines du *Fusarium* dans le maïs et les produits à base de maïs

(Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)

LA COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES,

vu le traité instituant la Communauté européenne,

vu le règlement (CEE) n° 315/93 du Conseil du 8 février 1993 portant établissement des procédures communautaires relatives aux contaminants dans les denrées alimentaires ⁽¹⁾, et notamment son article 2, paragraphe 3,

considérant ce qui suit:

- (1) Le règlement (CE) n° 1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires ⁽²⁾ fixe les teneurs maximales applicables aux toxines de *Fusarium* dans certaines denrées alimentaires.
- (2) Les teneurs maximales doivent être fixées de façon stricte à un niveau pouvant raisonnablement être atteint grâce au respect des bonnes pratiques agricoles et de fabrication, compte tenu du risque lié à la consommation des aliments.
- (3) Les conditions climatiques durant la croissance, en particulier à la floraison, influent considérablement sur la teneur en toxines du *Fusarium*. Toutefois, de bonnes pratiques agricoles réduisant les facteurs de risque au minimum peuvent, dans une certaine mesure, empêcher la contamination par les champignons *Fusarium*. La recommandation 2006/583/CE de la Commission du 17 août 2006 sur la prévention et la réduction des toxines du *Fusarium* dans les céréales et produits céréaliers ⁽³⁾, y compris le maïs et les produits à base de maïs, énonce les principes généraux de prévention et de réduction de la contamination des céréales par les toxines du *Fusarium* (zéaralénone, fumonisines et trichothécènes), dont l'application doit être assurée par des codes d'usages nationaux.
- (4) Des teneurs maximales ont été fixées en 2005 pour les toxines du *Fusarium* dans les céréales et les produits céréaliers, y compris le maïs et les produits à base de

maïs. En ce qui concerne le maïs, tous les facteurs contribuant à la formation des toxines du *Fusarium*, en particulier de la zéaralénone et des fumonisines B₁ et B₂, n'étaient pas encore connus avec précision. Par conséquent il était prévu que les teneurs maximales concernaient le maïs et les produits à base de maïs s'appliqueraient seulement à partir du 1^{er} juillet 2007 dans le cas du déoxynivalénol et de la zéaralénone et à partir du 1^{er} octobre 2007 dans le cas des fumonisines B₁ et B₂, à condition que d'autres teneurs maximales fondées sur de nouvelles informations sur leur présence et leur formation n'aient pas été établies entre-temps. Ce délai a permis aux exploitants du secteur alimentaire actifs dans la filière céréalière d'effectuer des études sur les sources de formation de ces mycotoxines et sur le type de mesures de gestion à prendre pour prévenir leur présence autant qu'il est raisonnablement possible de le faire.

- (5) Il est nécessaire, à la lumière des nouvelles informations recueillies depuis 2005, de modifier les teneurs maximales concernant le maïs et les produits à base de maïs ainsi que la date d'application de ces teneurs.
- (6) Des informations obtenues récemment attestent que les teneurs relevées dans le maïs de la récolte 2005 et 2006 sont supérieures à celles relevées dans celui de la récolte 2003 et 2004 pour ce qui concerne principalement la zéaralénone et les fumonisines et, dans une moindre mesure, le déoxynivalénol. Cette évolution est liée aux conditions météorologiques. Les teneurs en zéaralénone et en fumonisines prévues pour le maïs ne peuvent dès lors pas être respectées dans certaines conditions météorologiques, même si l'on applique des mesures de prévention de manière optimale. Il est par conséquent nécessaire, pour éviter une désorganisation du marché, de modifier les teneurs maximales tout en maintenant un niveau élevé de protection de la santé publique en veillant à ce que l'exposition de la population reste nettement inférieure à la valeur maximale recommandée établie aux fins de la protection de la santé.
- (7) Il convient également, pour garantir une application correcte et aisée de ces teneurs maximales, que celles-ci s'appliquent à tout le maïs récolté au cours d'une saison et à tous les produits fabriqués à partir de ce maïs, c'est pourquoi la date d'application doit correspondre au début de la campagne de commercialisation de la prochaine récolte. Étant donné que la récolte du maïs en Europe débute d'ordinaire à la mi-septembre et s'achève à la fin octobre, il convient de rendre ces teneurs applicables à partir du 1^{er} octobre 2007.

⁽¹⁾ JO L 37 du 13.2.1993, p. 1. Règlement modifié par le règlement (CE) n° 1882/2003 du Parlement européen et du Conseil (JO L 284 du 31.10.2003, p. 1).

⁽²⁾ JO L 364 du 20.12.2006, p. 5.

⁽³⁾ JO L 234 du 29.8.2006, p. 35.

Le JOCE (*Journal officiel des Communautés européennes*), désormais intitulé le JOUE (*Journal officiel de l'Union européenne*), montrant un règlement de 2007 sur les mycotoxines. En Europe, c'est la Commission européenne qui établit la législation des teneurs maximales admissibles en mycotoxines dans les denrées alimentaires.



deviennent suffisantes, un règlement est édicté. En Europe, tous les règlements et toutes les recommandations concernant les mycotoxines sont établis par la Commission européenne. Plus d'une centaine de pays possèdent une réglementation contre le risque mycotoxine. Mais les teneurs maximales ne sont pas toujours comparables d'un pays à l'autre. Cela varie en fonction de la politique de santé publique du pays ou des études prises en compte pour calculer les risques. Aussi, les voies d'exposition des populations ne sont pas toujours identiques d'une région géographique à l'autre. En particulier, les aliments consommés ne sont pas les mêmes, en proportion ou en nature. La FAO surveille l'intérêt que portent les pays au problème des mycotoxines et répertorie les réglementations des différents États. Par ailleurs, le *Codex Alimentarius*, sorte de guide de recommandations d'usage pour la commercialisation des denrées entre les pays, se préoccupe également de la salubrité des marchandises échangées et, en particulier, de la contamination des aliments en mycotoxines. Il édicte des recommandations lorsqu'elles font défaut et il propose des règles d'interprétation de la législation en cas de litige.

Déclinaison de la réglementation en fonction de la filière animale (exemple pour les fumonisines)

Filières	Teneur maximale admissible en fumonisines (mg/kg)
Bovins :	
- veaux de moins de 4 mois	20
- vaches laitières	50
- autres bovins	50
Ovins :	
- agneaux	20
- autres ovins	20
Caprins :	
- chevreaux	20
- autres caprins	50
Porcs :	
- porcelets et cochettes	5
- truies et porcs charcutiers	5
Équidés, lapins et animaux familiers	5
Volailles	20
Poissons	10

Directive 2002/32 modifiée et sa transposition en droit français par l'arrêté du 12 janvier 2001 modifié fixant les teneurs maximales pour les substances indésirables dans l'alimentation des animaux. Recommandation du 17 août 2006 concernant la présence de fumonisines dans les produits destinés à l'alimentation animale.

La réglementation se décline selon les familles de mycotoxines, selon la nature de leur toxicité (cancérogène ou pas), selon le type de denrées alimentaires concernées et, enfin, selon leur état de préparation (matières premières, produits transformés, ingrédients) et leur destination (alimentation humaine, animale, autres usages).

Depuis trente ans, l'Union européenne (UE) a instauré un système d'alerte rapide (RASFF, *Rapid Alert System for Food and Feed*) relevant, entre autres, les cas de contamination d'aliments par les mycotoxines. Chaque membre de l'UE informe ce bureau d'alerte des cas de contamination de denrées à l'importation dans leur pays ou susceptibles d'être commercialisées au sein de l'UE. Celle-ci répercute aussitôt cette information aux autres États membres.

Cet échange continu d'informations permet de se concerter rapidement et de coordonner les mesures à prendre au niveau européen pour protéger les consommateurs. À titre d'exemple, en 2008, le RASFF a notifié plus de trois mille alertes (tous contaminants confondus), dont près de la moitié concernait des contrôles aux frontières. Parmi ces alertes, 931 concernaient les mycotoxines dont, à plus de 95 %, des aflatoxines. Les alertes sur les mycotoxines se rapportaient toutes à des dépassements des limites réglementaires européennes. Mais aucune intoxication aiguë n'a été enregistrée en lien avec un lot contaminé. Les denrées les plus touchées étaient, sans surprise, les graines



En 2008, le RASFF a notifié plus de trois mille alertes ; 931 concernaient les mycotoxines, les graines oléagineuses (arachides, pistaches...) étaient les denrées les plus touchées.

oléagineuses (arachides, pistaches...), les céréales, dont le riz (une cinquantaine d'alertes, surtout de lots provenant d'Asie), les fruits et les légumes, les épices puis les aliments pour animaux. Trois alertes ont porté sur des aliments pour chiens et chats. Loin derrière, l'ochratoxine A est la deuxième cause d'alerte européenne. Puis viennent, dans l'ordre, le DON, la patuline, les fumonisines et la zéaralénone, mycotoxines toutes détectées dans des lots de céréales principalement.

Outre renforcer la réglementation et les mesures de contrôle et de surveillance, l'UE organise, en cas de problèmes répétés, des visites sur les sites de production. C'est le cas pour des contaminations récurrentes de lots de pistaches en provenance d'Iran. Une délégation européenne s'est rendue sur place afin d'examiner les conditions de production. Des recommandations ont

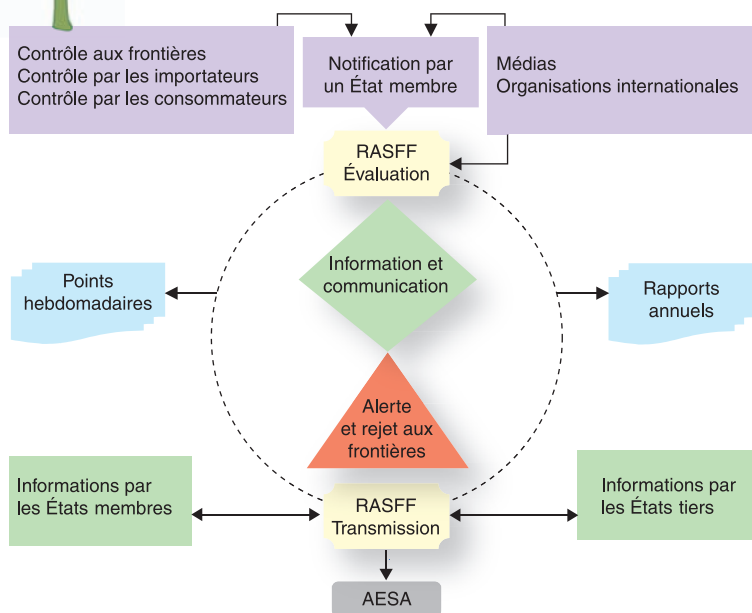


Fonctionnement des alertes, rapport RASFF



L'Union européenne a mis en place une structure d'alerte rapide (le RASFF, *Rapid Alert System for Food and Feed*) pour avertir au plus vite les États membres de l'arrivée de produits importés contaminés qui aurait été constatée par l'un des membres.

Schéma d'après *The RASFF Annual Report, European Communities 2007*; AESA (Autorité européenne de sécurité des aliments).



AESA : Autorité européenne de sécurité des aliments.

été émises pour améliorer la salubrité des zones de récolte, comme assainir les zones de cueillette des pistaches et d'entreposage des lots, ce qui a amélioré considérablement leur qualité sanitaire. Par ailleurs, l'UE finance un laboratoire européen de référence situé à Geel (Belgique). Il développe et valide des méthodes d'analyse des mycotoxines et intervient en cas de litige. Il organise des sessions de formation au sein de l'UE, mais aussi pour les analystes des pays exportateurs vers l'UE.

Détail des alertes mycotoxines dans l'Union européenne en 2008

Mycotoxines	Alertes	Oléagineux (arachides, pistaches, noix...)	Produits céréaliers	Chocolat, café, thé	Compléments alimentaires et diététiques	Fruits et légumes	Plantes aromatiques, épices	Vin	Aliments composés	Alimentation animaux de rente	Alimentation animaux domestiques
Aflatoxines	902	710	46	-	-	103	26	-	3	11	3
DON	4	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Fumonisin	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Ochratoxine A	20	-	3	6	2	5	3	1	1	-	-
Patuline	3	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-
Zéaralène	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-

■ Le risque zéro existe-t-il ?

L'ensemble de ces mesures permet-il d'espérer de s'affranchir un jour de la contamination des aliments par les mycotoxines ? Peut-on exiger le risque zéro dans le domaine des mycotoxines ? La FAO a estimé qu'un quart environ des cultures à travers le monde étaient contaminées par les mycotoxines. Aucune région n'est indemne de ce risque, et les familles de mycotoxines ne sont pas les mêmes en régions tempérées ou tropicales.

Légumes et fruits sains ne renferment pas de mycotoxines et sont excellents pour la santé.



Vouloir le risque zéro impliquerait d'éliminer du circuit de distribution des millions de tonnes de céréales et d'autres denrées. C'est pourquoi la communauté scientifique s'efforce de bien identifier la toxicité engendrée par ces molécules. Les agences nationales et l'Agence européenne de sécurité sanitaire des aliments (EFSA) proposent, après avis des comités d'experts scientifiques qu'elles réunissent, des valeurs à attribuer aux teneurs maxi-



males admissibles. Les pouvoirs publics et l'Union européenne en déduisent des valeurs seuils et édictent une réglementation en rapport avec les dangers potentiels. Mais ils prennent garde à ce que la législation n'entraîne pas un effet pervers quant à la disponibilité de nourriture dans leurs États ou dans le monde. Lorsqu'une molécule exhibe des propriétés cancérogènes (cas des aflatoxines), il est préconisé de ne conserver que des lots de denrées dont le niveau en contaminants soit aussi bas qu'il soit techniquement possible de l'obtenir. C'est le fameux principe Alara (*As Low As Reasonably Achievable*). En revanche, pour les autres mycotoxines, on peut tolérer sans dommage, du moins dans l'état actuel des connaissances, leur présence dans l'alimentation jusqu'à une certaine quantité définie par les seuils réglementaires. C'est toute la nuance qui se devine dans l'emploi de l'expression « teneur maximale admissible (ou tolérée) », d'usage dans les règlements.