

TITRES DEJA PARUS

- LA SANTÉ DE L'INTESTIN -

Finn Holm

FoodGroup Denmark - Danemark
(novembre 2001)

- ALIMENTS GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉS -

Finn Holm

FoodGroup Denmark - Danemark
(juin 2002)

Les mycotoxines



Jean-François Quillien
*Institut National de la
Recherche Agronomique*
France



Project n° QLK1-CT - 2000 - 00040

N° ISBN : 2-7380 1058-X

October 2002

PME
N° 3





National Network Leader

Ce document est diffusé dans le cadre du projet européen FLAIR FLOW EUROPE 4. Il fait partie d'une production semestrielle d'informations à l'adresse des consommateurs, des professionnels de la santé et des PME dans le domaine de l'agroalimentaire.



Institut National de la Recherche Agronomique
147, rue de l'Université 75338 PARIS cedex 07 - France

Coordinateur : Jean-François Quillien
quillien@rennes.inra.fr

Flair Flow Europe 4 (FFE 4) est un projet qui a été initié par la Commission européenne elle-même pour diffuser les résultats de la recherche dans le domaine des industries agro-alimentaires. Ce projet s'inscrit dans le champ d'action du 5^{ème} programme cadre de la recherche et du développement technologique. Il regroupe 24 pays participants.

Les deux objectifs de FFE 4

1 - diffuser les résultats de la recherche européenne dans le secteur de l'agroalimentaire aux utilisateurs de la recherche que sont les entreprises Agro-alimentaires, les organisations de consommateurs et les professionnels de la santé.

2 - organiser le dialogue avec ces différents groupes d'utilisateurs et les chercheurs sur des thèmes qui concernent la recherche agro-alimentaire.

www.flair-flow.com

LES MYCOTOXINES

Jean-François Quillien

Institut National de la Recherche Agronomique

France

*«Les opinions exprimées dans ce document
sont de la seule responsabilité de leur auteur
et ne représentent pas nécessairement l'opinion
officielle de la Commission Européenne»*

PME
n° 3 - 2002

Sommaire

	<i>page</i>
Qu'est-ce qu'une «mycotoxine» ?	4
Les différentes mycotoxines	5
Les produits alimentaires concernés par les mycotoxines	8
Quels sont les effets toxiques des mycotoxines ?	11
Comment se forment les mycotoxines ?	13
Les différents stades de la lutte contre les mycotoxines.	14
Vers une approche stratégique et globale de lutte contre les mycotoxines : l'application de la méthode HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point)	19
Une recherche européenne qui se veut performante, à l'écoute et au service des acteurs économiques et des consommateurs européens.	21

Qu'est-ce qu'une «mycotoxine» ?

Le terme mycotoxine vient du grec «mycos» qui signifie champignon et du latin «toxicum» qui signifie poison. Il désigne les substances chimiques toxiques produites par certaines moisissures qui se développent sur certaines denrées alimentaires, en particulier sur les céréales.

Rappelons que toutes les moisissures ne sont pas toxiques. Certaines au contraire ont des effets bénéfiques avérés et peuvent être utilisées pour l'alimentation (fromages, salaisons) ou dans la fabrication d'antibiotiques.

Les mycotoxines sont des contaminants naturels des céréales ; il est donc normal d'en trouver en faible quantité dans les récoltes. Elles peuvent apparaître sur les graines de céréales au champ ou lors du stockage et en raison de leur stabilité, se retrouver dans les produits alimentaires plus élaborés.

Les mycotoxines ne représentent un risque potentiel pour la santé humaine et animale que lorsqu'elles sont absorbées en grande quantité. Le problème de sécurité alimentaire ne se pose donc qu'en cas d'infection massive des céréales, généralement due à de mauvaises conditions de culture ou de stockage.

Les différentes mycotoxines

Les Aflatoxines ont été les premières mycotoxines identifiées par les chercheurs, et ce sont aujourd'hui les plus connues. Cependant de nouvelles mycotoxines ont été découvertes plus récemment en Europe.

• Les Aflatoxines

Elles sont produites par certaines espèces d'*Aspergillus*, et apparaissent sur de nombreux produits crus tels que les céréales, les fruits secs, les épices, les figues et les fruits séchés. Parmi la vingtaine d'aflatoxines recensées, quatre seulement se retrouvent dans les aliments (Aflatoxines B1, B2, G1, G2).

En outre on peut trouver des dérivés des aflatoxines dans le lait et les produits laitiers (aflatoxines M1 et M2). Ces dérivés sont produits par les ruminants nourris avec des denrées contaminées.

Les aflatoxines sont à l'origine de nombreuses pathologies dont le cancer du foie, l'hépatite chronique, la jaunisse et la cirrhose. Si les mycotoxines se révèlent toxiques lorsqu'elles sont ingérées en grande quantité, une longue exposition à de très faibles doses d'aflatoxines peut également être source de risque pour la santé. Certaines aflatoxines peuvent également être à l'origine de mutations génétiques dans les cellules humaines et animales.

En raison des contrôles et des procédés de fabrication dans les régions développées et tempérées, un empoisonnement grave aux aflatoxines est très improbable. La teneur en aflatoxines des produits crus est considérablement réduite par les divers procédés de nettoyage utilisés avant leur commercialisation. En outre, il existe aujourd'hui dans la plupart des pays des contrôles réguliers et systématiques de la teneur en aflatoxines des principaux produits primaires (céréales, fruits secs...). Le lait et la viande sont également très contrôlés.

En revanche, certaines parties moins développées du monde, principalement

en Afrique et en Asie, sont plus exposées aux risques d'empoisonnement par les aflatoxines. Mais les risques présents dans ces régions concernent les autres pays. En effet, les produits «à risques» sont l'objet d'importants échanges internationaux. Les risques liés à la présence d'aflatoxines, comme des autres mycotoxines, concernent donc autant les pays importateurs que les pays producteurs. C'est la raison pour laquelle des contrôles sont effectués sur les produits «à risques» importés dès leur arrivée sur le territoire.

De nombreux pays ont réglementé la teneur en aflatoxines des produits à destination de l'alimentation humaine et animale. Parallèlement ont été parfois mis en place des systèmes de surveillance de la consommation d'aflatoxines par la population, afin de pouvoir réagir en cas de besoin. La Communauté européenne a également établi des limites maximales autorisées pour un grand nombre de produits alimentaires dont les fruits secs, les fruits séchés, les céréales, mais aussi pour le lait et les produits laitiers.

- **Les autres mycotoxines**

A l'heure actuelle, les projets européens se concentrent sur des mycotoxines moins bien connues, mais pourtant fréquentes en Europe. Il s'agit de l'Ochratoxine A, des Fumonisines, de la zéaralénone (ZEA) et du déoxynivalénol (DON).

- **L'ochratoxine A (OTA)** : on la trouve dans certaines régions tempérées (Europe Occidentale, Canada, certaines zones d'Amérique du Sud) où elle est produite par le *Penicillium verrucosum*, moisissure qui se développe fréquemment au cours du stockage des céréales. On la rencontre également dans les régions tropicales où elle est produite par une autre espèce de champignon, l'*Aspergillus ochraceus*.

Les trois suivantes sont produites par certaines souches d'une même espèce: le *Fusarium*, qui se développe principalement sur les céréales.

- **Les fumonisines** : Il s'agit d'un groupe d'une quinzaine de mycotoxines qui apparaissent fréquemment sur le maïs, souvent en même temps que d'autres types de mycotoxines. Elles n'ont été identifiées que tardivement, au milieu des années 1980, bien que leurs effets, sur les chevaux notamment, soient connus depuis plus de 150 ans.

Une des raisons qui explique leur découverte tardive est que les méthodes de détection et d'analyse élaborées jusqu'à présent avaient été conçues pour reconnaître la structure chimique des mycotoxines déjà identifiées. Or cette structure chimique et le caractère hydrosoluble sont très différents chez les fumonisines, lesquelles ne pouvaient donc pas être prises en compte par les procédés d'extraction et les détecteurs habituels.

A poids équivalent, les fumonisines sont bien moins toxiques que les aflatoxines par exemple, mais elles sont souvent présentes en quantité bien plus élevée.

- **La zéaralénone (ZEA)** est produite par certaines espèces de *Fusarium*, pendant les saisons fraîches et humides de croissance et de récolte des céréales.

- **Le déoxynivalénol (DON)** est l'un des 150 composants du groupe des trichothécènes. Il se forme presque toujours sur les plants avant la récolte. Sa formation dépend étroitement des conditions climatiques, et va donc varier d'une région à l'autre, voire d'une année à l'autre.

Les produits alimentaires concernés par les mycotoxines

Les moisissures toxigènes se développent essentiellement sur les céréales. Mais chaque espèce de moisissure et chaque souche au sein de chaque espèce, possède ses caractéristiques propres de toxigenèse et ne se développe que sur un ou plusieurs substrats déterminés.

La plupart des mycotoxines sont chimiquement stables et résistent aux changements de température, aux conditions de stockage et aux procédés de transformation. Elles se retrouvent donc généralement dans les produits alimentaires élaborés à partir de céréales, comme le pain, les céréales de petit-déjeuner, parfois même dans le vin ou la bière. On a cependant pu observer que certains procédés de fabrication réduisaient la teneur du produit fini en mycotoxines. Ainsi lors de la fabrication de la farine, les analyses menées ont révélé que le DON, mycotoxine présente dans le blé, avait tendance à se concentrer dans les couches extérieures du son des grains de blé. La farine blanche obtenue serait donc moins concentrée en DON que les grains de blé.

Mais des moisissures productrices de mycotoxines sont également susceptibles de se développer sur d'autres produits agricoles «stockés» tels que le café, le cacao, les fruits secs, les fruits séchés, le vin. Le tableau ci-dessous présente les produits alimentaires concernés par les principales mycotoxines :

Produits infectés :	Principales mycotoxines :			
	OTA	Fumonisines	ZEA	DON
Céréales :				
avoine				*
blé			*	*
orge			*	*
maïs	*	**	*	*
riz		*	*	*
seigle				*
sorgho		*		*
navy beans		*		
Produits dérivés	*	*	*	*
Autres produits agricoles :				
cacao	*			
café	*			
bière	*	*	*	*
vin	*			
fruits séchés	*			
fruits secs	*		*	
Produits animaux :				
viande			*	
lait			*	
œufs			*	

Source : site micotoxins.org

La législation en Europe

Si les teneurs des produits et aliments en aflatoxines sont aujourd'hui largement réglementées, ce n'est pas le cas concernant ces nouvelles mycotoxines que l'on connaît encore mal. Dans la plupart des cas, les limites établies par les pouvoirs publics ou autorités sanitaires ne sont qu'indicatives et non obligatoires.

En effet, on ne peut établir de limites sans une bonne connaissance des mycotoxines et de leurs effets. Il faut par exemple savoir précisément à partir de quel seuil une mycotoxine peut nuire à la santé humaine ou animale. En outre, pour que les normes soient respectées, il faut des stratégies de détection et de contrôle efficaces. C'est pourquoi la Commission encourage fortement tout projet contribuant à accroître les connaissances dans ces domaines.

En Europe, des études menées auprès des populations ont évalué que 50% de l'OTA ingérées par la population provenait de la consommation de céréales. Face à ce constat, la Commission est en train d'élaborer des propositions visant à réglementer le taux maximal d'OTA autorisé dans les céréales.

Quels sont les effets toxiques des mycotoxines ?

Les effets des mycotoxines sur la santé humaine et animale sont variés et parfois méconnus, en particulier concernant l'homme du fait de la difficulté de mener des recherches sur les sujets humains.

La toxicité des mycotoxines dépend notamment du caractère de la molécule en cause, de la fréquence de l'exposition et de la quantité absorbée. Il faut cependant rappeler que les doses administrées aux animaux pour les besoins de l'étude peuvent être supérieures aux quantités normalement présentes dans les aliments. Voici en résumé les effets observés des principales mycotoxines :

- **L'ochratoxine A** - Les lésions des reins dues à l'OTA chez tous les mammifères étudiés sont avérées. Les lésions peuvent être graves ou chroniques selon le taux d'exposition à la mycotoxine. L'OTA semble agir également au niveau du système immunitaire chez la plupart des mammifères. Mais cette toxicité diffère largement d'une espèce à l'autre. Chez certaines espèces, on a observé des malformations congénitales ou l'influence de l'OTA sur la reproduction. Enfin, l'OTA peut perturber l'expression génique mais on ne sait pas encore expliquer de quelle façon la mycotoxine agit.

- **Les fumonisines** - Chez de nombreuses espèces animales, les fumonisines sont considérées toxiques en raison de leur effet sur la synthèse des lipides présentes dans les cellules nerveuses. Mais cet impact sur les mammifères varie en fonction de l'espèce : perte d'appétit, de tonus, dégradation du système nerveux, hépatotoxicité ou encore lésions au niveau des poumons.

Chez l'homme, on soupçonne un lien entre la consommation importante de maïs contaminé par les fumonisines dans certaines régions du monde et l'apparition de cancers de l'œsophage. Cependant sur ce point des études épidémiologiques approfondies sont requises pour préciser le rôle que pourrait jouer ces toxines dans de telles pathologies.

Les végétaux se révèlent également sensibles aux effets des Fumonisines lesquelles entraînent une dégradation des membranes cellulaires et une réduction de la synthèse de la chlorophylle.

- **La zéaralénone** - Cette toxine est un œstrogène naturel connu, causant des troubles hormonaux chez certaines espèces animales et en particulier le porc. Les effets sur l'homme restent largement méconnus. On la soupçonne néanmoins d'être responsable de puberté précoce chez certains enfants Porto-Ricains. L'étude de l'effet potentiellement cancérigène de la ZEA ainsi que son influence sur l'expression des gènes permettra également d'évaluer le danger constitué par la ZEA chez l'homme.

- **Le déoxynivalénol** - L'étude des effets toxiques du DON se heurte à une difficulté particulière : les résultats expérimentaux sont souvent en décalage avec les conditions réelles, en raison de la possible présence d'autres trichothécènes et des interactions qui peuvent se produire entre eux.

Malgré ces difficultés, quelques résultats ont pu être obtenus chez les animaux. Ainsi l'administration de fortes doses de DON entraîne des vomissements, le refus de s'alimenter, la perte de poids et diarrhée, des nécroses (gangrènes) dans certains tissus tels que la paroi gastro-intestinale, la moelle osseuse ou les tissus lymphoïdes. Une consommation plus faible mais régulière semble également avoir des répercussions sur la santé animale. Ainsi, des études ont révélé la modification des paramètres sanguins, d'autres suggèrent la possibilité de lésions sur le système immunitaire. En revanche rien pour l'instant n'indique que le DON est cancérigène, ni qu'il entraîne des mutations génétiques ou des lésions au niveau des reins.

Les connaissances sur les effets toxiques chez l'homme sont encore largement méconnus. A titre préventif, le Comité scientifique de la Commission européenne sur l'alimentation a cependant reconnu le DON comme dangereux en raison de sa toxicité générale, en particulier par ses effets sur le système immunitaire.

Comment se forment les mycotoxines ?

La même toxine peut être élaborée par diverses espèces fongiques mais pas obligatoirement par toutes les souches appartenant à une même espèce. De même, dans certains cas une même espèce de champignon peut produire plusieurs mycotoxines.

Les moisissures et toxines se développent dans certaines conditions particulières de température, d'humidité et de teneur de l'air en gaz. Ces conditions sont propres à chaque souche. Les recherches européennes actuelles tentent de définir avec précision quelles sont ces conditions spécifiques, afin de pouvoir mettre au point des stratégies de prévention et de contrôle du développement des moisissures sur les céréales au champ ou stockées. Les chercheurs doivent ensuite en informer les industriels et agriculteurs afin qu'ils sachent comment assurer des récoltes saines (par exemple en assurant des conditions de stockage optimales pour leurs produits).

A titre d'exemple, des chercheurs européens ont récemment établi que le champignon *Penicillium verrucosum*, seul producteur avéré d'OTA en Europe, se développait particulièrement bien dans un environnement très humide, et pour une composition de l'air en CO₂ inférieure à 50%.

Si les mycotoxines ont en commun le fait d'être produites par des moisissures et d'avoir des effets toxiques sur la santé humaine et animale, elles ne sont pas définies par référence à une structure chimique commune. Ce qui signifie qu'elles peuvent être chimiquement très différentes. Or la structure chimique d'une molécule détermine sa fonction et ses propriétés (condition de formation, résistance, stabilité, effets toxiques etc.). C'est ce qui explique que de nombreux projets financés par la Commission sont consacrés à la caractérisation chimique et toxique des mycotoxines. Ces connaissances sont fondamentales car elles sont à la base de toute stratégie de lutte contre les mycotoxines, tant pour la recherche en matière de prévention que pour l'étude des moyens de parer à une contamination.

Les différents stades de la lutte contre les mycotoxines

• Prévenir l'apparition des mycotoxines

Il s'agira, par exemple, de détecter les stocks contaminés suffisamment tôt afin de réorienter ces récoltes vers d'autres utilisations que l'alimentation. Cependant la perte de valeur de la récolte contaminée entraîne de toute façon une perte de revenu pour l'agriculteur. Les stratégies de prévention des infections comportent donc un intérêt évident à la fois pour la santé publique et pour l'économie des exploitations et donc des pays producteurs.

Une bonne compréhension des facteurs écologiques favorables à l'infection, à la croissance et à la production de toxines est une condition indispensable pour la mise au point de stratégies efficaces de réduction des mycotoxines dans les productions agricoles.

On appelle stratégie de prévention au sens strict tout ce qui contribue à empêcher la formation de mycotoxine sur les céréales sur pied (avant la récolte) ou stockées (après la récolte). Différentes stratégies de prévention sont actuellement appliquées ou à l'étude.

A titre d'exemple, voici quelques-unes des techniques actuellement utilisées :

Avant la récolte :

- assurer à la récolte sur pied de bonnes conditions écologiques (irrigation suffisante, apport de minéraux...) et éviter les conditions écologiques favorables à l'infection fongique
- éviter les résidus de plants intoxiqués afin d'empêcher le risque de contamination à la récolte suivante ou aux autres plants
- utiliser des traitements chimiques pour prévenir l'apparition de moisissures.

Après la récolte :

- nettoyer fréquemment les systèmes de distribution des aliments pour animaux et les lieux de stockage
- maintenir des stocks dans des conditions de température et d'humidité appropriées
- utiliser des traitements chimiques antifongiques (ex : acides propionique et acétique).

La recherche européenne

En ce qui concerne la prévention de la contamination **avant la récolte**, les recherches actuelles misent beaucoup sur tout ce qui concerne l'aptitude potentielle de la plante à détruire elle-même l'action des mycotoxines. Parmi ces nouvelles stratégies à l'étude, on peut citer :

- la **sélection génétique** visant à renforcer la résistance des plantes à la contamination fongique et à la production de toxines ;
- la conception et la production de **plants transgéniques** capables de résister à l'infection fongique, de limiter celle-ci ou de limiter la production de toxines ;
- la mise au point de semences contenant des **bactéries endophytes** susceptibles d'exclure les champignons toxinogènes ;
- la pré infection des plants par des souches de moisissures non toxinogènes : la présence de ces souches constitue une concurrence pour les souches toxinogènes par l'occupation de l'espace sur les céréales ; c'est pourquoi on qualifie parfois cette stratégie de «**lutte biologique**».

Ces recherches effectuées dans le cadre des projets financés par l'UE sur les moyens de contrôler la croissance fongique ont montré des résultats encourageants. Il faut cependant valider ces résultats par des expériences in situ, en grandeur réelle et non plus en serre ou dans des champs expérimentaux. Concernant le contrôle de la production des mycotoxines, les recherches sont en cours.

Un autre axe important de la recherche européenne est la détermination de moyens de contrôle de la croissance des champignons toxigéniques et de leurs toxines après la récolte. L'utilisation de divers antioxydants, d'huiles essentielles, d'extraits microbiens et de certaines bactéries lactiques ont montré des résultats encourageants.

Le problème particulier posé par l'agriculture biologique.

Par définition, les produits biologiques ne doivent subir aucun traitement chimique. Le seul moyen d'éviter une contamination importante des

produits biologiques est d'empêcher l'apparition des mycotoxines. Le problème de la prolifération de moisissures et de la présence de mycotoxines se pose donc avec une acuité particulière.

Les recherches conduites en Europe s'orientent vers l'amélioration de la compréhension des conditions de formation des mycotoxines tout au long de la chaîne alimentaire et vers la mise au point de systèmes de contrôle permettant d'éviter et de détecter le cas échéant la présence de mycotoxines dans les produits. Ces systèmes de contrôle doivent être d'autant plus efficaces que l'agriculture biologique ne permet le recours à aucun traitement pour «rattraper» une éventuelle contamination malencontreuse.

- **Détecter la présence de mycotoxines dans une récolte**

Les mycotoxines étant des molécules relativement résistantes, il est aujourd'hui très difficile de décontaminer une récolte gravement infectée. Détecter les stocks contaminés et les retirer de la chaîne alimentaire est pour le moment la solution la plus sûre pour garantir la sécurité des produits alimentaires. Il est donc fondamental que les industriels disposent de moyens de contrôle efficaces et adaptés tout au long de la chaîne de production.

La détection d'une contamination par les mycotoxines dans un stock de céréales se heurte à une première difficulté : la contamination n'est pas uniformément répartie dans les stocks, au contraire, les moisissures se forment dans ce que l'on appelle des «niches». Les chercheurs essaient donc de trouver les méthodes permettant de prélever, pour les analyses, des **échantillons** aussi **représentatifs** que possible de toute la récolte.

Pour donner une idée de la difficulté de la détection des mycotoxines, il faut savoir que la seule présence du champignon producteur de mycotoxine ne signifie pas pour autant la présence de cette mycotoxine. En effet les conditions dans lesquelles ces moisissures produisent leurs mycotoxines sont très spécifiques. A l'inverse, l'absence visible de moisissure ne signifie pas absence de mycotoxines car celles-ci peuvent se maintenir sur le produit bien après la disparition du champignon producteur.

Deux techniques de détection couramment utilisées (moléculaire et immunologique) sont actuellement à l'étude, pour être appliquées aux mycotoxines. Ces techniques reposent sur l'utilisation de molécules dites «marqueurs» que l'on sait facilement repérer, par exemple en leur ajoutant un colorant. Ces marqueurs sont sélectionnés pour se lier aux molécules de mycotoxines. Il faut donc trouver des marqueurs spécifiques pour chaque type de mycotoxine, puisque chaque type de mycotoxine a une structure particulière et donc une configuration spécifique. La technique est dite «immunologique» lorsque les marqueurs utilisés sont des anticorps. Les techniques de détection doivent en outre être rapides, efficaces et peu coûteuses pour permettre aux agriculteurs et industriels de les utiliser sur le terrain. Ainsi, les chercheurs espèrent pouvoir mettre sur le marché à court terme des «kits de détection» utilisables par n'importe quel professionnel qui en aurait besoin.

- **Détoxiquer les récoltes contaminées**

En dépit des efforts de prévention mis en œuvre, la contamination des récoltes est parfois inévitable. Il est cependant possible de récupérer les produits infectés en les décontaminant. On parle aussi parfois de «détoxication». La détoxication consiste à supprimer, détruire ou réduire les effets toxiques de mycotoxines. Pour cela, la technique la plus fréquente est actuellement le traitement des céréales après leur récolte. Mais les mycotoxines sont des molécules solides et par conséquent particulièrement difficiles à dégrader.

Traditionnellement les stratégies de détoxication sont classées selon qu'elles reposent sur des procédés chimiques, physiques ou micro biologiques. Parmi les méthodes dites «**chimiques**», on trouve tous les traitements chimiques visant à détruire ou à désactiver les mycotoxines. Les chercheurs sont cependant de plus en plus réservés au sujet de certains traitements, par exemple à l'ammoniac, qui, bien qu'efficaces contre les mycotoxines, sont eux-mêmes potentiellement dangereux pour la santé.

Parmi les méthodes dites «**physiques**», on trouve le nettoyage, la dégradation thermique, solaire ou par micro-ondes des substrats

contenant des mycotoxines. Le but de ces méthodes est de modifier la structure chimique des toxines, puisque cette structure conditionne la toxicité de la molécule.

De nouvelles méthodes actuellement à l'étude dans le cadre de projets européens se révèlent prometteuses. A titre d'exemple, les chercheurs ont identifié des molécules présentant une affinité chimique avec une certaine catégorie de mycotoxines. Ces molécules sélectionnées se lient avec les mycotoxines dans les produits destinés à l'alimentation humaine et animale, ceci ayant pour effet d'atténuer leurs effets toxiques. Principalement testée sur les aflatoxines, cette méthode diminue leur concentration dans le sang et leur distribution vers les organes cibles. Une des difficultés de la méthode est de ne pas choisir une molécule qui renforce la toxicité des mycotoxines, comme cela a été constaté avec certains silicates.

Les méthodes dites «**microbiologiques**». Des chercheurs européens ont testé le potentiel de dégradation des mycotoxines par de nombreuses souches de bactéries et levures, qui sont des organismes vivants microscopiques. Les résultats n'ont pas été très encourageants et les chercheurs ne sont donc pas convaincus de l'opportunité de continuer dans cette voie de recherche.

Les stratégies visant à réduire la toxicité de la mycotoxine **après son absorption** dans l'organisme font également partie des stratégies de détoxification. Une des voies de la recherche européenne actuelle est d'essayer de trouver des substances (vitamines, protéines, enzymes, matières grasses alimentaires, antioxydants...) qui, ajoutées aux aliments potentiellement contaminés, auraient pour effet de réduire leur toxicité. Ces «additifs» alimentaires agiraient en se liant aux molécules de mycotoxines, réduisant ainsi leur biodisponibilité.

Enfin, en matière de détoxification, des projets en cours visent à réexaminer l'ensemble des techniques disponibles afin d'en mesurer l'efficacité réelle. En effet, des méthodes qui peuvent apparaître efficaces lors d'expériences en laboratoire ou dans des champs expérimentaux, peuvent ne pas rester efficaces dans des conditions réelles.

Vers une approche stratégique et globale de lutte contre les mycotoxines : l'application de la méthode HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point)

La méthode HACCP est une méthode connue et bien établie dans l'agroalimentaire dont le but est d'assurer la production sans risques des aliments. Elle est cependant encore peu utilisée dans les premiers stades de la production agricole. L'HACCP ayant démontré son efficacité, la Commission européenne encourage les projets visant à appliquer cette méthode de contrôle au problème des mycotoxines.

L'HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) est en fait un plan logique de tous les contrôles à mettre en oeuvre pour prévenir les problèmes de sécurité alimentaire. Ce plan va être spécifique au risque que l'on cherche à éviter. Il établit des contrôles réguliers et systématiques tout au long de la chaîne de production alimentaire. Il prévoit en outre les actions correctrices à mettre en oeuvre si un risque a été repéré à l'occasion d'un contrôle ou si un contrôle se révèle défaillant. Il s'agit donc avant tout d'anticiper le risque.

Pour être adaptée au risque à éviter, la méthode HACCP suppose de connaître parfaitement les caractéristiques des produits à contrôler et les différents procédés industriels auxquels ils sont soumis.

L'HACCP vise à prévenir trois types de risques : les risques biologiques (par exemple la présence de micro-organismes pathogènes), les risques chimiques (présence dans le produit de résidus de pesticides), et les risques physiques (présence dans le produit de matériau qui ne devraient pas s'y trouver : fragments de verre ou de métal...).

La méthode HACCP repose sur sept principes :

1. **Mener une analyse du risque** : établir une liste des différents stades du processus de fabrication du produit où peuvent survenir des risques significatifs, et décrire les mesures de prévention adéquates.
2. **Déterminer les points de contrôle critiques (PCC)**. Les points de contrôle critique sont des stades dans le processus de production où l'absence de surveillance peut conduire à un risque sanitaire.
3. **Etablir des limites critiques**. Les limites critiques sont des paramètres quantitatifs donc mesurables, attachés à chaque PCC. Dans le cas des

mycotoxines, il s'agit par exemple de définir des conditions limites pour un stockage sûr des céréales, par exemple en matière de température et de taux d'humidité. Les paramètres retenus comprennent toujours une marge de sécurité.

4. **Mettre au point des procédures de contrôle aux PCC.** Les contrôles doivent être précis et rapides, en particulier sur la chaîne d'approvisionnement des céréales, qui fonctionne en général sur le principe des flux tendus. Cette contrainte de temps rend pour l'instant impossible à ce niveau les contrôle de teneur en mycotoxines : en effet en attendant des kits de diagnostic simples et rapides utilisables sur le terrain, ces analyses doivent encore être entreprises en laboratoire et prennent trop de temps par rapport au timing de la chaîne productive.
5. **Prévoir des actions correctrices.** A chaque PCC, des actions correctrices doivent être prévues dans les cas où les contrôles révéleraient la présence d'un risque. Par exemple en cas de défaillance du matériel de contrôle de la température ou du taux d'humidité dans les stocks de céréales, des mesures doivent être prévues pour parer à cette défaillance (réparation, matériel de remplacement...), et les produits suspects doivent être mis à l'écart, le temps que les analyses soient réalisées pour détecter une éventuelle contamination mycotoxique. A ce niveau encore, la mise à disposition des industriels de kits de diagnostics rapides serait d'une grande utilité.
6. **Etablir des procédures de vérification.** En complément du plan HACCP, des vérifications doivent être menées pour s'assurer que les contrôles appropriés sont en place. Cette phase nécessite également le recours à l'analyse de mycotoxines. Si l'on trouve des taux de mycotoxines supérieures à la limite requise, il faut prévoir des actions immédiates permettant de déterminer à quel niveau le contrôle est défaillant. Ceci pourrait conduire à établir d'autres PCC ou à modifier les limites critiques imposées au PCC existant.
7. **Etablir une documentation et tenir les comptes (record keeping).** Indispensable au succès d'un plan HACCP pour le contrôle des mycotoxines, une documentation complète sur le sujet devra contenir toutes les informations sur les mycotoxines, leurs risques, leur condition de formation... Les informations sur les procédures de contrôle et sur les actions correctrices doivent être détaillées et rédigées d'une façon claire et aisément compréhensible pour le personnel en place qui aura en charge ces contrôles.

Une recherche européenne qui se veut performante, à l'écoute et au service des acteurs économiques et des consommateurs européens

Les recherches en matière de mycotoxines s'intègrent dans l'objectif général d'une agriculture saine, durable et compétitive en Europe. Les chercheurs ne sont pas les seuls concernés par ces questions. C'est ce qui conduit la Commission à mettre l'accent sur le transfert de technologies et de connaissances scientifiques vers les acteurs économiques. En outre l'information adéquate des consommateurs et dirigeants doit être renforcée car ceux-ci représentent également des acteurs essentiels de l'économie européenne.

L'information des consommateurs

Améliorer l'information des consommateurs est un souci constant au niveau de la Commission européenne. Les risques que peuvent représenter les mycotoxines doivent donc être largement communiqués, de même que les moyens de prévention existant. Ceci ne peut cependant être fait efficacement qu'en partenariat avec les associations de consommateurs et avec la participation de tous les acteurs de la chaîne agro-alimentaire, de la production à la distribution.

Le rôle des acteurs économiques

La transmission vers l'industrie agro-alimentaire des nouvelles connaissances en matière d'occurrence, d'analyse et de contrôle des mycotoxines est fondamentale pour assurer un meilleur contrôle des productions et une meilleure sécurité des produits.

Pour permettre aux acteurs économiques d'avoir accès à une information à jour et complète sur l'état des connaissances en matière de mycotoxines, la Commission a encouragé la mise en place d'un réseau européen multidisciplinaire regroupant des chercheurs de divers horizons. Ces chercheurs sont chargés d'alimenter un site Internet

accessible à toute personne intéressée par le sujet (www.mycotoxins.org). L'information des acteurs vise également à faire prendre conscience de la nécessité de mettre en place des systèmes de surveillance adéquats. Enfin, par le biais du site, il est possible à tout individu ou organisme intéressé de demander des informations à son contact national ou de communiquer directement avec les équipes de chercheurs travaillant sur les sujets qui les intéressent. Ce site doit donc aussi être un lieu de dialogue permettant aux chercheurs d'être informés sur les besoins des acteurs économiques et les problèmes auxquels ils sont confrontés.

La Commission encourage enfin les mesures visant une coordination au niveau de la recherche européenne. Ainsi **Cost Action 835** est un programme dont l'objet est de mettre en place une coordination institutionnelle en matière de recherche en Europe. Cette coordination doit permettre à la fois une recherche plus cohérente, éviter les redondances, permettre à la recherche d'avancer plus vite par le partage entre chercheurs des résultats obtenus etc. La dimension institutionnelle du projet vise à garantir la durabilité, au-delà du programme initial, de la coordination mise en place.

Le rôle des acteurs publics

On n'arrive pas encore à éliminer toutes les mycotoxines des produits alimentaires. En conséquence, il faut pouvoir assurer que les risques qu'elles représentent soient rabaissés à un niveau acceptable. C'est le rôle des professionnels de l'industrie agro-alimentaire de maintenir un niveau minimal de risque, c'est-à-dire un taux aussi faible que possible de mycotoxine dans les produits, dans la limite de ce qui est faisable technologiquement et en pratique. En revanche, seuls les organes publics ont le pouvoir de poser et d'imposer des limites réglementaires réalistes et applicables sur le taux de mycotoxine acceptable dans les produits. Evidemment ils doivent le faire en se basant sur les analyses que leur fournissent les chercheurs. C'est la raison pour laquelle la Commission encourage les initiatives facilitant l'information scientifique aux gouvernants.

Remerciements

L'auteur exprime sa reconnaissance au Dr Pierre GALTIER (INRA – Toulouse) pour avoir aimablement révisé le manuscrit ainsi qu'à la Commission européenne pour le financement qu'elle a accordé pour le projet (No. QLK1-2000-00040) dans le cadre du programme *5th Framework Programme under the Quality of Life and Management of Living Resources, Key Action 1*.



Référence des projets financés par l'Union Européenne :

FAIR – CT96 - 1120

MOULDETECT

Coordinateur du projet: Dr. Marian Kane
Immunodiagnostics, National Diagnostics Centre,
National University of Ireland, Galway, Ireland
Tel: 00 353 91 586559
Fax: 00 353 91 586570
Email: marian.kane@ucg.ie

QLK1 – 1999- 00986

Safe organic vegetables and vegetable products by reducing risk factors and sources of fungal contaminants throughout the production chain: the carrot – *Alternaria* model:

WWW.seedcentre.nl

Coordonnateur du projet: DR. R.W. van den Bulk
Plant research international BV
Droevendaalsesteeg 1 - P.O. Box 16
6700 AA Wageningen, The Netherlands
Tel: +31 317 476958
Fax: +31 317 418094
Email: R.W.vandenbulk@plant.wag-ur.nl

Prevention Cluster : Hazard analysis and control of food contaminants:

QLK1- CT- 1999-00433

Prevention of Ochratoxine A in Cereals

Monica Olsen (co-ordinator)

E-mail: mool@slv.se

National Food Administration, Sweden

QLK1- CT- 1999- 00996

Prevention of Fusarium Mycotoxins entering the human and animal food chain

Coordinator: Naresh Magan

Cranfield University, United Kingdom

Email: N.Magan@Cranfield.ac.uk

QLK1- CT- 1999- 001380

Detection of toxigenic fungi

Coordinator: Dr. Giuseppina Mulè

CNR, Bari.

E-mail g.mule@area.area.ba.cnr.it

QLKI-CT-2000-01248

European Mycotoxin Awareness Network (EMAN) :

www.mycotoxins.org

Coordinateurs du projet: A. Chrevatidis, A.Eggington, M. Piacentini,

P. Wilson and P. Patel

Leatherhead Food Research Association,

Randalls Road, Leatherhead, Surrey KT22 7RY, UK

Tel: +44 (0)1372 822324

Fax: +44 (0)1372 822229

E-mail: eman@lfra.co.uk ou achrevatidis@lfra.co.uk