

Aflatoxines et Nutrition

Kerstin Hell*, Annette Roth**

Que sont les aflatoxines?

Les aflatoxines sont des toxines naturelles très puissantes, à large spectre d'action, produites comme métabolites secondaires par des champignons spécifiques (notamment *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* et *A. niger*). Ces champignons peuvent se développer sur les aliments séchés et les provendes tels que les céréales et les graines, les noix et les fruits séchés, les ignames séchées et, selon certains auteurs, les produits à base de manioc séché, mais on les trouve aussi dans la viande et le poisson séchés. Il existe plusieurs types d'aflatoxines de toxicité variable : B1, B2, G1, G2, M1 et M2. Le type le plus toxique est l'aflatoxine B1. M1 et M2 sont les métabolites de l'aflatoxine B1 et B2 et se trouvent uniquement dans la viande, le lait et les produits laitiers, y compris le lait humain. Les aflatoxines comptent parmi les substances mutagènes et cancérigènes les plus puissantes connues (OMS et FAO 2017).



Les aflatoxines sont incolores et ne peuvent être détectées sous la lumière normale. Le plus souvent, les champignons qui les produisent se présente sous la forme d'une moisissure de surface. Les champignons peuvent être rendu visibles sous lumière UV (méthode de détection de base).



Les aflatoxines sont inodores et les aliments contaminés n'ont le plus souvent aucune odeur particulière ou mauvaise. Parfois, les grains peuvent avoir une odeur de moisi due à une contamination fongique, alors que la teneur en humidité du produit contaminé est encore élevée.



Les aflatoxines sont sans saveur et même les aliments contaminés n'ont généralement pas de goût désagréable ou moisi. Parfois, les amandes d'arachide peuvent avoir un goût amer et elles devraient être crachées.



La seule façon de savoir si un aliment contient des aflatoxines est de le tester en laboratoire à l'aide d'une technologie avancée (par exemple VICAM, HPLC, UH-PLC, etc.) ou d'un kit de test (par exemple des bandelettes réactive, des kits de test ELISA).

Figure 1: Caractéristiques des aflatoxines (modifiées après aflasafe.com)

Comment les champignons aflatoxigènes infectent-ils les plantes?

Les spores fongiques d'*Aspergillus* spp. survivent dans les résidus végétaux, le sol, les plantes séchées et le foin. Dans des conditions chaudes et humides, comme celles que l'on trouve dans les régions tropicales, les spores sont particulièrement répandues. L'infection des cultures et des produits peut être facilitée par les fissures de croissance des plantes, les dommages causés par les insectes ou les oiseaux, les fissures de stress et, en général, les plantes faibles en raison d'un manque de nutriments et eau. Chez le maïs, les spores se propagent via les soies de maïs pour infecter les grains.

Prevalence

Quels sont les facteurs qui favorisent le développement?

Les aflatoxines sont communes entre 40°N et 40°S. Plusieurs facteurs augmentent le risque de développement de toxines. La croissance fongique et la contamination par les aflatoxines sont la conséquence des interactions entre le champignon, l'hôte et l'environnement. La combinaison appropriée de ces facteurs détermine l'infestation et la colonisation du substrat, ainsi que le type et la quantité d'aflatoxines produites. Les espèces fongiques et les souches de champignons au sein des espèces diffèrent dans leur capacité à former des toxines. Cependant, les facteurs précis qui déclenchent la formation de toxines ne sont pas bien connus. Le stress hydrique, le stress à haute température et les dommages (insectes, oiseaux et rats) de la plante hôte sont des facteurs déterminants majeurs dans l'infestation de moisissures et la production de toxines. De même, des stades spécifiques de croissance des cultures, une mauvaise fertilité des nutriments et du sol, des densités de culture élevées et la concurrence des mauvaises herbes ont été associés à une croissance accrue des moisissures et à la production de toxines. La formation d'aflatoxines est également affectée par la croissance associée d'autres moisissures ou microbes, et généralement tous les facteurs qui affaiblissent une plante. Toutes les infections fongiques ne conduisent pas nécessairement aux aflatoxines.

* kerstin.hell@gfa-group.de, Chef d'équipe, Projet de sécurité alimentaire et nutritionnelle, Togo; ** annette.roth@giz.de, Conseillère, Projet sectoriel Politique agricole et sécurité alimentaire. Nous remercions Dr. Gbemenou Benoit Gnonlonfin, Conseiller principal de la CEDEAO-USAID pour la normalisation SPS, pour sa précieuse contribution à la révision de ce document et Julia Goette pour son appuis technique.

Quels sont les produits affectés?

Les produits régulièrement contaminés par les aflatoxines par ordre décroissant de risque comprennent les arachides, le maïs, les graines de coton, les noix, les graines de tournesol, les épices, le sorgho, le millet, les ignames séchées, le riz et le blé. De plus, les produits transformés, y compris le poisson et la viande séchés, peuvent être contaminés par des champignons à un stade ultérieur et des toxines peuvent se développer. Les toxines peuvent être transmises par l'alimentation, le lait, la viande, les œufs et le poisson aux humains.

Effets sur la productivité de la production animale

La sensibilité de chaque animal aux aflatoxines varie considérablement en fonction de facteurs tels que l'âge, l'espèce, la race, le sexe, la nutrition et le niveau de stress. Les porcs, les bovins, les animaux aquatiques et la volaille sont les espèces les plus impactées sur le plan économique en termes d'aflatoxicose (intoxication grave par les aflatoxines). Chez toutes les espèces, l'évidence de la maladie est un manque général de croissance et de réduction des gains de poids, de l'efficacité alimentaire, de l'immunité et de la productivité (nombre de descendants, nombre d'œufs). Chez les bovins, la production laitière est affectée et les aflatoxines présentes dans les aliments peuvent être transformées en métabolites toxiques dans le lait, par exemple M1 et M2. L'industrie avicole subit le plus de pertes économiques que toute autre industrie de l'élevage en raison de la plus grande sensibilité de la volaille aux aflatoxines. Les chiens sont également très sensibles et peuvent devenir des espèces sentinelles en cas d'aflatoxicose aiguë dans un endroit donné.

Impacts sur la santé et la nutrition

Voies de contamination des êtres humains

- **Par la consommation fréquente de cultures fortement contaminées:** Les cultures vivrières couramment contaminées par les aflatoxines comprennent les céréales (maïs, sorgho, millet perlé, riz et blé), les oléagineux (arachide, soja, graines de coton, sésame et tournesol), les épices (piments, poivre noir, coriandre, curcuma et gingembre), les noix (amandes, pistaches, noix et copra) (ICRISAT 2016). Les produits alimentaires maïs et arachides sont globalement les plus touchés. Par conséquent, une alimentation déséquilibrée à base de maïs peut entraîner une forte exposition aux aflatoxines.
- **Par le biais d'aliments d'origine animale:** Dans le monde entier, les aflatoxines sont les contaminants les plus importants des aliments commerciaux pour animaux (Grace et al. 2015). Le maïs, le blé, les tourteaux et l'ensilage sont fréquemment contaminés et constituent des sources majeures d'exposition aux aflatoxines dans les aliments pour animaux. En outre, dans les pays où les aflatoxines constituent un problème chronique, les céréales de qualité inférieure ou celles qui ont été triées peuvent être utilisées pour l'alimentation animale.

- **Impact sur le fœtus:** Les aflatoxines peuvent affecter le fœtus dès la grossesse dans le ventre de la mère, par la consommation d'aliments contaminés par la mère.
- **Postnatale:** Le nourrisson peut être exposé aux aflatoxines par le lait maternel, si la mère consomme des aliments contenant des niveaux élevés d'aflatoxines ou par ingestion lui-même d'aliments contaminés.

Niveaux de réglementation

La concentration autorisée d'aflatoxines dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux par l'Organisation mondiale de la santé est de 0 ppb pour les enfants, 20 ppb pour les adultes et 55 ppb pour les animaux. Dans l'Union Européenne (UE), la teneur totale en aflatoxines des céréales et oléagineux destinés à la consommation directe à l'intervention est fixée à 4 ppb, avec un maximum de aflatoxine B1 à 2 ppb. Dans UE, les fruits à coque (amandes, pistaches, noisettes, noix du Brésil), les concentrations d'aflatoxines sont limitées à 10 ppb pour les aflatoxines totales et à 8 ppb pour l'aflatoxine B1 car elles sont consommées en petites quantités (EC 2006).

Effets à court et à long terme sur la santé et la nutrition

On estime qu'environ 5 milliards de personnes dans le monde ont été exposées à des niveaux élevés d'aflatoxines en 2010 (Brown 2018). La consommation d'aliments contaminés peut avoir de graves conséquences à court et à long terme sur la santé et la nutrition.

- **Effet fatal:** Des niveaux élevés d'ingestion d'aflatoxines peuvent entraîner une aflatoxicose aiguë, qui est souvent mortelle. Des évaluations récentes sur les éclosions d'aflatoxicose passées ont estimé que les doses d'AFB1 toxiques et potentiellement mortelles chez l'homme se situent entre 20 et 120 µg/kg de poids corporel par jour lorsqu'elles sont consommées sur une période de 1 à 3 semaines. En outre, la consommation d'aliments de base contenant des concentrations d'aflatoxines de 1 mg/kg ou plus a également été soupçonnée de provoquer une aflatoxicose aiguë (OMS et FAO 2017).
- **Cancer du foie:** La consommation d'aflatoxines est cumulative. La consommation habituelle d'aliments contaminés à des niveaux inférieurs cause le cancer du foie. Les aflatoxines et les virus des hépatites B et C interagissent en synergie et augmentent considérablement le risque de cirrhose. On estime que les aflatoxines causent environ 90 000 cas de cancer du foie chaque année (Jaffee et al. 2019).
- **Contamination par les aflatoxines et retard de croissance:** Le lien entre l'exposition aux aflatoxines et le retard de croissance n'est pas encore entièrement compris (Hoffmann et al. 2018). Un certain nombre de mécanismes ont été proposés concernant l'effet des aflatoxines sur la croissance, notamment le dysfonctionnement immunitaire entraînant un risque accru d'infections et de perte d'énergie, les changements dans l'intégrité intestinale entraînant une mauvaise absorption des nutriments, entre autres (OMS et FAO 2017). Néanmoins, un nombre croissant de résultats de recherche montrent que des niveaux

élevés d'ingestion d'aflatoxines sont fortement associés au retard de croissance et à la suppression immunitaire chez les enfants, bien qu'il ne soit pas encore possible d'en établir la cause. En outre, un nombre croissant de données épidémiologiques sont devenues disponibles pour étayer l'hypothèse selon laquelle l'exposition aux aflatoxines dans l'utérus et au début de la vie a des effets négatifs sur la croissance. On trouvera de plus amples informations sur ces relations dans Hoffman et al. 2018 et JECFA 2018. Toutefois, l'effet de l'aflatoxine sur la croissance de l'enfant demeure ambigu.

Stratégies et voies pour réduire l'infection à *Aspergillus* spp. et les niveaux d'aflatoxines

Les aflatoxines ne peuvent pas être détruites par la cuisson domestique ou la pasteurisation et sont concentrées pendant la fabrication du fromage. La plupart des études montrent la stabilité des aflatoxines dans le lait (M1) lors de divers traitements thermiques et de la fabrication de produits laitiers de culture comme le kéfir et le yaourt (JECFA 2018). Toutefois, certaines procédures utilisées dans la transformation des produits contribuent à réduire la contamination du produit alimentaire obtenu. Il s'agit notamment de trier les grains endommagés, ratatinés, décolorés ou de petite taille, le vannage, le lavage avec l'élimination de l'eau de lavage.

Les toxines peuvent être réduites efficacement par des conditions alcalines ou des étapes oxydantes, telles que

celles utilisées lors de la fabrication de la tortilla (nixtamalisation) (De Arriola et al. 1988). Certains effets ont été démontrés lorsque les produits sont fermentés pendant la transformation (Adelekan et Nnamah 2019, Roger et al. 2015, Hayo 2018). Dans la littérature, il a été décrit que la fermentation réduit la teneur en toxines principalement par les bactéries lactiques. Un examen des méthodes de désintoxication se termine : "L'efficacité d'une méthode physique, chimique et biologique pour réduire les aflatoxines dépend, pour une grande part, sur la nature des denrées alimentaires et leurs propriétés physico-chimiques, le niveau de contamination et le degré d'association des aflatoxines avec les composants alimentaires. Il est donc impossible d'établir une méthode de détoxification unique pour toutes les denrées alimentaires et tous les aliments pour animaux. L'utilisation d'une combinaison de méthodes (telles que la chaleur et les produits chimiques, la fermentation et la cuisson à la vapeur et ainsi de suite) pour réduire les aflatoxines est plus efficace que chaque méthode seule." (Jalili 2016). L'approche la plus souhaitable pour contrôler la présence d'aflatoxines dans les provendes et les denrées alimentaires consiste à empêcher leur formation avant, pendant et après la récolte (tableau 1). Cependant, il existe d'autres procédés qui augmentent les niveaux d'aflatoxines, par exemple la production de tourteaux de coton et d'arachide, principalement pour l'alimentation animale, et de tourteaux d'arachide qui sont transformés en bâtonnets ('kulikuli') comme nourriture (Akano et Atanda 2008).

Tableau 1: Aperçu des interventions de gestion et de lutte avant et après la récolte dans les arachides (arachides) et le maïs (maïs) pour réduire les infections par *Aspergillus* spp. et la contamination avec les aflatoxines (les lignes colorées indiquent des interventions particulièrement efficaces et facilement applicables).

Etape	Explication	Evaluation
<i>Avant la récolte</i>		
Plantation précoce	Permet aux arachides de mûrir avant la fin des pluies pour prévenir le stress hydrique.	Difficile sous l'effet du changement climatique, car le besoin de pluie se fait sentir.
Utilisation de variétés agro-écologiques adaptées	Choisir les variétés en fonction des conditions agroécologiques et laisser mûrir l'arachide avant le stress hydrique	Facile - besoin de développer un système semencier
Rotation des cultures	Aide à réduire la population fongique toxigène, culture moins susceptible haricot, patate douce, pomme de terre, banane, légumes	Facile
Espacement approprié des plantes	Réduit les facteurs de stress qui affaiblissent les plantes, par exemple par les ravageurs et la compétition pour les nutriments et l'eau (renforce la résistance des plantes aux infestations fongiques).	Facile
Apport adéquat en nutriments du sol et gestion de la fertilité du sol	Améliore la vigueur des plantes et, par conséquent, renforce les plantes pour qu'elles résistent à la pression des maladies et à l'utilisation du fumier.	Difficile - nécessite une analyse du sol
	Chaulage pour ajuster le pH et fournir des conditions optimales pour la croissance des plantes	Moyenne - besoin de main-d'œuvre
Buttage	ARACHIDE - Conserve l'humidité du sol et réduit la fissuration du sol et l'infection par les termites.	Moyenne - besoin de main-d'œuvre

Variétés tolérantes aux ravageurs et aux maladies	Résister aux attaques des champignons producteurs d'aflatoxines (disponibles pour l'arachide et le maïs) ; en outre, le maïs Bt peut réduire le risque.	Facile - besoin de développer un système de semences
Une bonne gestion des mauvaises herbes	Une croissance excessive des mauvaises herbes peut épuiser les éléments nutritifs et l'humidité disponibles dans le sol et augmenter le risque de contamination par les aflatoxines.	Moyenne - travail
Lutte contre les ravageurs et les maladies		
Fongicides	L'utilisation de fongicides peut réduire la population d'organismes responsables, par exemple les champignons <i>Aspergillus</i> .	Moyen/difficile - coûteux
Lutte biologique	Les champignons non toxiques/atoxigènes (<i>Aspergillus</i> spp. et <i>Trichoderma</i> spp.), les bactéries et les levures réduisent les populations de champignons aflatoxigènes, d'où les niveaux d'aflatoxines ; une limitation a été le mauvais moment pour appliquer Aflasafe®.	Moyen/difficile - développement coûteux et pas toujours efficace, doit être combiné avec de bonnes pratiques, peu d'impact après la récolte.
Protection des épis contre les insectes, les rats et les oiseaux et contre les insecticides en cas de forte infestation	MAIS - Les insecticides peuvent réduire le transfert de spores par les insectes, en particulier les insectes post-récolte ; une autre mesure est la mise en œuvre du système "push-pull", pour réduire le nombre de pyrales et de pyrales dans le maïs.	Moyen - coûteux
Récolte		
Récolte en temps opportun	Une récolte précoce dans des conditions à haut risque d'aflatoxines résulte à des concentrations d'aflatoxines plus faibles. Cependant, dans des conditions à faible risque d'aflatoxines, les cultures peuvent être récoltées plus tard pour des rendements (potentiellement) plus élevés et de meilleures qualités de semences.	Facile
Enlever la terre des gousses	ARACHIDE - Secouer l'arachide après l'avoir soulevée pour enlever l'excès de terre des gousses. Le sol collé aux gousses prolongera le temps de séchage.	Moyenne – nécessite main-d'œuvre
Éviter les dommages mécaniques aux gousses et aux grains	L'endommagement minimal des coques et des grains pendant la récolte réduit considérablement la contamination par les moisissures ; attention aux types de décortiqueuse - éviter celles qui peuvent entraîner des dommages mécaniques des grains.	Facile - très efficace
Brûler les résidus de culture	Brûler les épis moisiss et ceux attaqués par les ravageurs dans les champs, les résidus de culture peuvent servir de sources d'infection.	Facile - très efficace
Manipulation après récolte		
Transport	Utiliser des conteneurs propres et secs pour le transport des produits du champ au stockage ou du stockage au marché.	Moyen/facile - protection contre la pluie et l'humidité, mais aussi bonne ventilation
Contrôle de l'humidité des grains, séchage sans contact avec le sol (temps requis moins que 72 heures)	Le séchage rapide de l'arachide à des niveaux d'humidité sûrs à l'aide d'une technologie de séchage appropriée réduit les risques de prolifération de moisissures et de contamination par les aflatoxines, le séchage en dehors du champ, l'utilisation de bâches, le séchage hors sol, l'utilisation de DryCard™	Moyen/facile - très efficace, besoin d'un humidimètre ; matériau pour le séchage
Méthode de séchage améliorée	Séchage des gousses non décortiquées sur paille en andains, séchage ventilé des gousses non décortiquées (pile ventilée) ou cadre en A, et séchage des gousses décortiquées sans contact avec le sol ou sur tapis, bâche.	Moyen/facile - très efficace, besoin d'un humidimètre ; matériau pour le séchage
Calibrage et triage des grains, blanchiment	L'élimination soigneuse des amandes moisiss et le blanchiment réduisent considérablement le taux d'aflatoxines.	Facile - très efficace
Décortiquage	Éviter d'arroser les gousses et les noix avec de l'eau pendant le décortiquage, car c'est l'une des principales conditions qui favorisent la croissance fongique.	Facile - très efficace

Autres utilisations des noix/grains contaminés (mélange)	Les noix et les grains contaminés pourraient faire l'objet de tests de dépistage des teneurs résiduelles en aflatoxines. Sachant cela, il pourrait être exploité pour la production d'aliments pour animaux et/ou d'huile de cuisson ou mélangé avec des grains et des noix faiblement contaminés pour rester sous la limite.	Moyen/difficile - besoin de développer un marché alternatif
Stockage	Entrepôt sec et bien ventilé avec un stockage à circulation d'air adéquat sur palettes dans des sacs de jute ou des sacs hermétiques (PICS Bags) avec des sacs absorbant l'oxygène ou du dioxyde de carbone injecté, contrôle périodique de la qualité et de l'humidité, les niveaux d'aflatoxines augmentent généralement pendant le stockage si les conditions sont favorables à la croissance fongique	Facile - très efficace, un certain coût qui peut être optimisé par un prix plus élevé à la vente.
Nettoyage du magasin	L'entrepôt doit être nettoyé des vieux résidus de récolte et de la poussière.	Facile
Lutte contre les rats et les insectes pendant l'entreposage	Placer des gardes-rats et utiliser des insecticides de stockage si nécessaire.	Facile/moyen
Transformation		
Triage	Très efficace avec le travail manuel, peut être mécanisé avec des trieuses UV - qui sont cependant difficiles à installer et à entretenir dans les pays en développement. Triez les petits grains, grains et noix décolorés et endommagés.	Facile - très efficace
Utilisation de céréales/grains triés	Les grains triés doivent être retirés du circuit de la consommation humaine ; utilisation alternative pour l'alimentation animale par mélange, test et utilisation de méthodes de décontamination.	Facile/moyen - besoin d'une capacité d'essai
Séparation flottante et ségrégation de densité	Les grains contaminés par les aflatoxines flottent dans l'eau. Enlèvement du son	Facile/moyen
Criblage du grain (selon la taille et les grains cassés)	Les grains de petite taille et les grains cassés contiennent généralement plus d'aflatoxines.	Facile - à forte intensité de main-d'œuvre, peut être mécanisée
Fermentation	A été décrit en augmentant mais aussi en réduisant la contamination par les toxines.	Facile - l'impact n'est pas clair
Décorticage	Peut facilement être fait avec un mortier et du pilon, aussi mécanisation - partiellement efficace pour réduire la teneur en aflatoxines dans le son, la plupart des aflatoxines dans le germe	Facile - petite quantité de réduction
Dégerminations	Mécanisation nécessaire - efficace pour éliminer de grandes quantités d'aflatoxines mais aussi pour réduire la qualité nutritionnelle, dans le cas des ARACHIDE, l'ablation des testicules et le polissage des grains.	Moyen/difficile - très efficace
Chauffage/rôtissage/cuisson/cuisson par vapeur	Réduction de 50 à 70 % en fonction de la concentration d'aflatoxines, du degré de liaison entre les Aflatoxines et les constituants alimentaires, de la pénétration de la chaleur, de la teneur en humidité, du pH, de la force ionique et des conditions de transformation.	Facile - moyennement efficace, faible coût
Cuisson par extrusion	En particulier, la cuisson par extrusion à haute pression et à humidité élevée est utile pour réduire les toxines, réduire la variété des produits qui peuvent être fabriqués à partir de la farine.	Très efficace - coûteux
Cuisson alcaline / nixtamalisation	La nixtamalisation est un procédé de préparation du maïs, ou d'autres céréales, dans lequel le maïs est trempé et cuit dans une solution alcaline, généralement de l'eau de chaux (maïs parfois de la lessive de cendre de bois), lavé, puis égrené.	Très efficace - faible acceptabilité culturelle en Afrique
Irradiation	Irradiation UV et gamma, non autorisée dans les produits destinés à l'exportation vers l'UE (pourrait être autorisée pour les épices).	Très efficace - coûteux

Ammonisation	Utilisable uniquement pour les provends, pas pour la consommation humaine	Très efficace - coûteux
Fréquence radio (RF) et micro-ondes (MW)	Procédés expérimentaux encore en cours de développement pour la réduction des aflatoxines dans les produits	Pas encore connu
Emballage	Utilisation d'emballages hermétiques, d'emballages sous vide et de matériaux qui contrôlent l'humidité	Moyen - peut être coûteux
Commercialisation		
Analyse et surveillance des aflatoxines	L'analyse des niveaux d'aflatoxines à l'aide de méthodes analytiques validées selon les étapes clés décrites ci-dessus aide à prendre des mesures correctives et des décisions. Si l'analyse est effectuée et que les grains infectés sont retirés du système, cela évitera la contamination par les aflatoxines au niveau du transformateur ou du consommateur. Toutefois, aucun impact sur les petits exploitants agricoles qui produisent pour leur propre consommation et qui sont exclus des mesures de sécurité sanitaire des aliments dans les chaînes de valeur agricoles.	Moyen/difficile - coûteux pour l'entretien du système de commande
Label de qualité certifié	Créer un label de bonne qualité	Moyen/difficile - besoin d'un contrôle de la qualité à plusieurs niveaux
Diversification	Réduction de la consommation de produits de base à haut risque	Facile, coût moyen,
Sensibilisation des consommateurs, par exemple par le biais de campagnes médiatiques (SPRING 2017)	Informer les consommateurs sur la nécessité de consommer des produits de bonne qualité et étiquetés ou certifiés pour induire un changement de comportement.	Impact moyen/élevé (en fonction de la conception de la campagne) depuis le choix personnel, les coûts peuvent être élevés.

Comment réduire la contamination par les aflatoxines grâce à une bonne nutrition?

Les aflatoxines sont pratiquement indestructibles dans le traitement normal des aliments (ébullition, friture, grillage) et la souche qui contamine le lait n'est pas affectée par le traitement normal des produits laitiers (pasteurisation et traitement par ultra-chaueur). Par conséquent, il est important de minimiser l'occurrence et la propagation de la contamination le long de la chaîne alimentaire. Le tri des produits de mauvaise qualité est une méthode importante, mais les produits triés doivent être complètement retirés de la chaîne alimentaire. Cependant, pour réduire l'exposition aux aflatoxines des populations, en particulier les plus vulnérables comme les femmes et les jeunes enfants, une autre approche très importante consiste à réduire la consommation fréquente d'"aliments à haut risque", notamment le maïs et les arachides, et à diversifier l'alimentation des ménages. La diversification alimentaire a l'avantage de réduire à la fois l'exposition et la consommation, tout en améliorant directement la nutrition. Il peut s'agir notamment de:

- L'intégration de cultures alimentaires alternatives moins susceptibles à la contamination par les mycotoxines, telles que les racines et les tubercules : par exemple, les recettes à base de patates douces peuvent conduire à une réduction de l'apport alimentaire en aflatoxines chez les nourrissons et les jeunes enfants.

- En Afrique, l'alimentation dépend fortement des céréales. Des données provenant de Chine suggèrent que les niveaux d'exposition et les sources d'exposition changent lorsque les régimes alimentaires deviennent plus divers, moins dépendant des aliments de base. Le mélange de produits à base de maïs avec des céréales moins risquées comme le riz, le fonio, le sorgho et le millet est une autre option.
- Intégrer plus de légumineuses comme le niébé, les haricots, le soja et les pois bambara ou voandzou, qui sont moins sujets à la contamination par les aflatoxines que les arachides (Achaglinkame et al. 2017).
- Augmenter la consommation de produits frais comme les légumes et les fruits. Certains légumes peuvent avoir un effet protecteur; par exemple, la consommation de légumes verts à feuilles semble avoir un certain effet protecteur en empêchant l'absorption des aflatoxines. Les légumes crucifères, les oignons et l'ail contiennent des phytochimiques protecteurs qui empêchent les processus par lesquels les aflatoxines mènent au cancer du foie (Wu et al. 2014).
- L'achat de produits provenant de pays qui ont un système de sécurité alimentaire bien établi, comme l'Europe, l'Amérique et certains pays d'Asie, réduit également les risques.

- Les consommateurs doivent également prendre davantage conscience des risques pour la santé posés par l'exposition à des aliments contaminés par les aflatoxines et, en retour, exiger des aliments sûrs et de haute qualité. De telles campagnes devraient également informer sur les qualités nutritionnelles d'une alimentation africaine plus diversifiée et plus traditionnelle. La communication des risques comprend des informations sur les mesures simples de réduction des risques. Les risques liés à la salubrité des aliments doivent être abordés du point de vue de l'alimentation plutôt que de celui des produits de base.
- Il est essentiel d'analyser et d'aborder le rôle des hommes et des femmes dans les chaînes alimentaires et dans les ménages pour une gestion efficace des aflatoxines et des stratégies de réduction. Les hommes et les femmes peuvent être ciblés différemment, en fonction de leurs rôles et besoins spécifiques. Par exemple, des stratégies supplémentaires peuvent être nécessaires pour s'assurer que les femmes - qui jouent un rôle clé dans la gestion des risques liés à la production d'aliments destinés à la consommation domestique, aux processus post-récolte, à la préparation des repas familiaux, aux soins des nourrissons et à l'alimentation du bétail - puissent adopter et utiliser de meilleures pratiques pour gérer les aflatoxines du champ à la table. Les technologies introduites peuvent entraîner un fardeau plus lourd pour les femmes. Il est nécessaire de s'assurer que l'impact global de l'amélioration du contrôle des aflatoxines n'a aucun effet négatif sur les femmes. Les femmes ont souvent moins accès à l'information, à la vulgarisation et à l'éducation que les hommes. Cela implique qu'un ciblage supplémentaire est nécessaire pour atteindre les femmes avec des informations et des options (Waithanji et Grace 2014). En outre, la dynamique au sein du ménage et le pouvoir de décision des femmes devraient être pris en compte lorsqu'il s'agit de la mise en œuvre du contrôle des aflatoxines et des options d'atténuation par les femmes à la ferme et dans le ménage.

Réduction de l'absorption des aflatoxines pendant la digestion par la consommation de composés adsorbants

L'adsorption, un traitement très courant pour la réduction des mycotoxines, consiste à lier la toxine à un composé adsorbant pendant le processus digestif dans le tractus gastro-intestinal. L'adsorption des aflatoxines nécessite une polarité et des positions appropriées des groupes fonctionnels. Parmi les adsorbants d'aflatoxines les plus courants figurent le charbon actif, la terre de diatomées, les composés de l'aluminium (argile, bentonite, montmorillonite, silicates de sodium et de calcium-aluminium, principalement la zéolite, phyllosilicates et aluminosilicate de calcium et de sodium hydraté (HSCAS), glucides complexes (cellulose et polysaccharides) présents dans les parois cellulaires des levures et des bactéries (comme les glucomannanes, les peptidoglycane) et des polymères synthétiques (comme la cholestyramine, la polyvinylpyrrolidone, et ses dérivés). Le plus souvent, ces composés ont été utilisés pour lier les aflatoxines chez les animaux en les ajoutant aux aliments pour animaux. Mais des essais sur des populations immunodéprimées ont également démontré leur efficacité si elles sont prises quotidiennement (Jolly et al. 2015). Cependant, la plupart des adsorbants ne sont pas sélectifs et absorbent donc aussi des nutriments qui sont ensuite lavés et peuvent avoir des effets néfastes sur la nutrition.

Questions liées au genre

Tant les hommes que les femmes, agriculteurs et agricultrices, jouent un rôle crucial dans la réduction de la contamination par les aflatoxines dans les cultures, les aliments et les régimes alimentaires et l'exposition aux aflatoxines des membres de la famille. Les femmes sont d'importantes gestionnaires des risques et sont plus vulnérables à cause de leur rôle reproductif. Il existe des points d'exposition critiques dans les chaînes de valeur de l'alimentation humaine et animale où les femmes jouent un rôle essentiel dans le contrôle des aflatoxines. Il y a différentes raisons pour lesquelles une perspective de genre est nécessaire pour un contrôle efficace des aflatoxines:

- Les femmes et les enfants sont particulièrement exposés au risque de contamination par les aflatoxines car ils consomment des aliments de qualité inférieure en raison de leurs habitudes culturelles. L'analyse genre du programme de sécurité alimentaire au Togo (2016/2018) a révélé que les femmes se servaient elles-mêmes des portions plus petites et moins nutritives de l'alimentation familiale, principalement à base d'amidon avec une consommation faible ou nulle de protéines animales, augmentant ainsi leur risque d'ingestion de toxines. Les enfants seraient également plus vulnérables à la contamination par les toxines en raison de leur faible poids et de leur plus grande vulnérabilité naturelle aux risques pour la santé.

Efforts régionaux, projets et initiatives spécifiques

- L'organisme régional le plus notable en Afrique subsaharienne en ce qui concerne la gestion des aflatoxines est le Partenariat pour le Contrôle des Aflatoxines en Afrique (PACA), établi sous l'égide de l'Union Africaine dans le cadre du 7e Programme Détaillé pour le Développement de l'Agriculture en Afrique (PDDAA). Le PACA a sensibilisé l'opinion publique aux niveaux régional et national par le biais de programmes tels que des ateliers panafricains (réunissant des experts scientifiques, des laïcs, des décideurs, des

agriculteurs et des industries), des notes d'orientation et la coordination des exercices de sensibilisation et de surveillance aux niveaux régional et national. Grâce aux efforts de PACA, qui sont souvent en partenariat avec des organisations clés impliquées dans la gestion/atténuation des aflatoxines, les politiques exigeant le contrôle des aflatoxines dans les aliments deviennent courantes. En 2014, PACA a mis en œuvre le Système africain de gestion de l'information sur les aflatoxines (Africa-AIMS) dans des pays pilotes (Sénégal, Gambie, Malawi, Nigeria, Tanzanie et Ouganda) pour rassembler et harmoniser les données sur les aflatoxines.

- La connaissance au sujet des aflatoxines est généralement faible, sans parler de la diffusion de mesures de contrôle appropriées pour surveiller la contamination sur le terrain, pendant l'entreposage et la commercialisation. Les centres de soins de santé primaires en Afrique n'établissent presque jamais de lien entre le cancer du foie ou d'autres effets négatifs sur la santé et la consommation alimentaire et les aflatoxines. Dans la plupart des pays africains, les connaissances ne sont élevées que dans les régions où mortalités sont détectée par le passé, et cela dépend également du niveau d'éducation. L'empoisonnement grave par les aflatoxines (aflatoxicose) est plutôt exceptionnel, mais les médias ont fait état de décès résultant de la présence d'aflatoxines en Tanzanie (juillet 2016), en Éthiopie (octobre 2015), au Kenya, au Nigeria, en Afrique du Sud, au Ghana et en Ouganda. Les réglementations ont un effet très limité sur les aliments consommés à la ferme ou vendus sur les marchés informels, où les agriculteurs les plus pauvres vendent leurs produits et les consommateurs les plus pauvres achètent leurs produits. Au contraire, on peut s'attendre à un impact plus important des stratégies de sensibilisation et d'intervention qui mettent l'accent sur la "redécouverte" de la biodiversité et les qualités nutritionnelles d'une alimentation plus diversifiée.

Comment peut-on mesurer la contamination par les aflatoxines?

La plupart des méthodes de détermination des aflatoxines sont plutôt coûteuses et le soutien aux analyses, y compris les laboratoires internationaux accrédités, est rare dans les pays en développement. Les kits de test rapide décrits par Wolf et Schweigert (2018) sont disponibles et peuvent être utilisés sur le terrain, mais n'ont pas la précision d'une méthode très puissante. Les kits de test ELISA sont particulièrement adaptés aux analyses dans le contexte africain. Cependant, le test ELISA a une très faible sensibilité et n'est pas recommandé pour les matrices complexes comme l'arachide, les graines de coton, etc.

La plupart des erreurs d'analyse sont dues à un mauvais échantillonnage, de sorte que l'échantillon prélevé n'est pas représentatif du lot. Le protocole d'échantillonnage du PAM prescrit que la taille de l'échantillon doit être d'au moins 10 kg (PAM 2010). Le protocole détermine également le nombre de sacs à échantillonner et la quantité de matériel prélevée pour chaque échantillon. La méthode consiste à broyer les 10 kg de préférence à l'aide d'un moulin d'échantillonnage, par exemple Romer Mill®, en mélangeant soigneusement la farine et en extrayant ensuite seulement la quantité nécessaire pour l'analyse. Il est préférable de prélever un échantillon homogénéisé des opérations de récolte ou de manutention. Les protocoles d'échantillonnage doivent être harmonisés au niveau régional pour permettre une collecte et une compilation précises des données, ce qui aboutira à l'établissement de limites maximales régionales scientifiques pour les aflatoxines dans les cultures les plus sensibles, au cas par cas. Cela contribuera à l'accès aux marchés et facilitera le commerce.

Littérature complémentaire

[Abizari et al. 2016. Technological and Market Interventions for Aflatoxin Control in Ghana: Final Report](#)

[Achaglinkame et al. 2017. Aflatoxin contamination in cereals and legumes to reconsider usage as complementary food ingredients for Ghanaian infants: A review. Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism.](#)

[Grace et al. 2018. Food safety metrics relevant to low and middle income countries: Technical brief. Agriculture, Nutrition and Health Academy Food Safety Working Group. London, UK](#)

[Hoffmann et al. 2014. Mitigating Aflatoxin Exposure to Improve Child growth in Eastern Kenya. Project Note 02. IFPRI](#)

[ICRISAT. 2016. How to reduce aflatoxin contamination in groundnuts and maize: A guide for extension workers](#)

[IITA. 2015. Building an Aflatoxin Safe East African Community - Technical Policy Paper 1: Aflatoxin and Human Health](#)

[ILRI. 2014. Aflatoxins in Kenya's food chain: Overview of what researchers are doing to combat the threat to public health](#)

[KIT, SNV, CDI, SDC. 2018. Intra-household dynamics and dietary diversity. Insights from sustainable Nutrition for All in Uganda and Zambia. Technical Paper No. 3. SNV Netherlands Development Organisation, The Hague, The Netherlands](#)

[Matumba et al. 2012. Guidelines for the management of aflatoxin contamination in groundnuts and maize in Malawi](#)

[Njoroge, Samuel Muriu. 2018. A critical review of aflatoxin contamination of peanuts in malawi and Zambia: The past, present and future. The American Phytopathological Society.](#)

[Okoth, Sheila. 2016. Improving the Evidence Base on Aflatoxin Contamination and Exposure in Africa: Strengthening the Agriculture-Nutrition Nexus. CTA Working Paper, p. 19](#)

[Unnevehr, L.; Grace, D. \(eds\). 2013. Aflatoxins: Finding solutions for improved food safety. IFPRI 2020 Focus Brief 20. Washington, DC.](#)

[Ware et al. 2017. Occurrence of mycotoxins in commercial infant formulas locally produced in Ouagadougou \(Burkina Faso\)](#)

[WHO, FAO. 2018. Safety evaluation of certain contaminants in food](#)

Organisations et sites web

[Home | PACA](#)

[International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics \(ICRISAT\): Aflatoxin Timeline – ICRISAT](#)

Vidéos

[Managing aflatoxin in maize during drying and storage](#)

[Good Agronomic Practices Training Video \(groundnuts\)](#)

Bibliographie

[Achaglinkame, Matthew Atongbiik; Opoku, Nelson; Kweku Amagloh; Francis. 2017. Aflatoxin contamination in cereals and legumes to reconsider usage as complementary food ingredients for Ghanaian infants: A review. *Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism* 10: 1-7.](#)

[Adelekan, A.O.; Nnamah, N.C. 2019. Effect of Fermentation on Aflatoxin Content of Ogi Produced from Mouldy Maize \(*Zea mays*\). *J Food Process Technol* 2019, Vol 10\(3\): 783 DOI: 10.4172/2157-7110.1000783](#)

[Akano, D. A.; Atanda, O. 2008. The present level of aflatoxin in Nigerian groundnut cake \('kulikuli'\). *Letters in Applied Microbiology*, 10\(4\), 187-189.](#)

[Brown, Lynn R. 2018. Aflatoxins in food and feed: Impacts, risks, and management strategies. Vol. 9. IFPRI](#)

[De Arriola, Maria del Carmen; De Porres, E.; De Cabrera, S.; De Zepeda, M.; Rolz, C. 1988. Aflatoxin fate during alkaline cooking of corn for tortilla preparation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36\(3\), 530-533.](#)

[European Commission. 2006. Commission Regulation \(EC\) No 1881/2006 and amendments.](#)

[Grace, Delia; Kang'ethe, Erastus; Lindahl, Johanna; Atherstone, Christine; Nelson, Francesca; Wesonga, Timothy. 2015. Aflatoxin: Impact on Animal Health and Productivity. In: *Building an Aflatoxin Safe East African Community*. Technical Policy Paper 4. International Institute for Tropical Agriculture \(IITA\).](#)

[Hayo, Everlyne. 2018. Attitudes to feed fermentation for aflatoxin management in maize in Kenya: Investigating aflatoxin reduction by yeast-fermentation. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. Master's Thesis.](#)

[Hoffmann, Vivian; Jones, Kelly; Leroy, Jef L. 2018. The impact of reducing dietary aflatoxin exposure on child linear growth: a cluster randomized controlled trial in Kenya. *BMJ Global Health* 2018;3:e000983. doi: 10.1136/bmjgh-2018-000983](#)

[ICRISAT. 2016. How to Reduce Aflatoxin Contamination in Groundnuts and Maize A Guide for Extension Workers. Patancheru 502 324, Telangana, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 24 pp.](#)

[Jaffee, Steven; Spencer Henson; Laurian Unnevehr; Delia Grace; Emilie Cassou. 2019. The Safe Food Imperative: Accelerating Progress in Low- and Middle-Income Countries. Agriculture and Food Series. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-1345-0.](#)

[Jalili, Maryam. 2016. A review on aflatoxins reduction in food. *Iranian Journal of Health, Safety and Environment*, 3\(1\), 445-459.](#)

[JECFA. 2018. Safety evaluation of certain contaminants in food: prepared by the eighty-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives \(JECFA\). Geneva: World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2018 \(WHO Food Additives Series, No. 74; FAO JECFA Monographs 19 bis\)](#)

[Jolly, Pauline E.; Akinjemiju, Tomi F.; Jha, Megha; Aban, Inmaculada; Gonzalez-Falero, Andrea; Joseph, Dnika. 2015. Temporal variation and association of aflatoxin B1 albumin-adduct levels with socio-economic and food consumption factors in HIV positive adults. *Toxins*, 7\(12\), 5129-5140.](#)

[Roger, T.; Leopold, T. N.; Mbofung, C. M. F. 2015. Effect of selected lactic acid bacteria on growth of *Aspergillus flavus* and aflatoxin B1 production in *Katukutu*. *J. Microbiol. Res.*, 5\(3\), 84-94. doi:10.5923/j.microbiology.20150503.02.](#)

[SPRING. 2017. Aflatoxin-Safe Groundnut Production and Consumption in Ghana: Community Drama Video Facilitator's Guide. Arlington, VA: Strengthening Partnerships, Results, and Innovations in Nutrition Globally \(SPRING\) project.](#)

[Waithanji, Elizabeth; Grace, Delia. 2014. Tools and concepts for mainstreaming gender in aflatoxin research at the International Livestock Research Institute. Nairobi, Kenya: International Livestock Research Institute.](#)

[WFP. 2010. SOP for sampling and testing for aflatoxin.](#)

[WHO and FAO. 2017. Evaluation of certain contaminants in food: eighty-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO technical report series; no. 1002.](#)

[Wolf, Kristine; Schweigert, Florian J. 2018. Mycotoxin Analysis: A Focus on Rapid Methods. Partnership for Aflatoxin Control in Africa, African Union Commission, Addis Ababa, Ethiopia.](#)

[Wu, Felicia; Mitchell, Nicole J.; Male, Denis; Kensler, Thomas W. 2014. Reduced foodborne toxin exposure is a benefit of improving dietary diversity. *Toxicological Sciences*, 141\(2\), 329-334.](#)