



Impacts de l'aflatoxine et solutions potentielles dans les domaines de l'agriculture, du commerce et de la santé

Document de référence pour la Conférence régionale sur le Défi de l'aflatoxine dans les États d'Afrique occidentale

Introduction

Les aflatoxines sont des toxines produites naturellement par certains champignons, principalement par *Aspergillus flavus* et *Aspergillus parasiticus*. Les aflatoxines contaminent de nombreux aliments africains de consommation courante, tels que le maïs, les arachides, le riz et le manioc, en particulier sous certaines conditions : temps sec près de la maturité des cultures, forte humidité lors de la récolte, séchage et stockage inadéquats des récoltes. Les pays situés entre le 40e parallèle nord et le 40e parallèle sud, autrement dit tous les pays d'Afrique, sont susceptibles d'être contaminés par l'aflatoxine.

La contamination à l'aflatoxine des principaux aliments de consommation, à savoir le maïs, les arachides et le sorgho, atteint des niveaux inacceptables pour la santé dans de nombreux pays d'Afrique. Les taux de prévalence pour l'Afrique suggèrent que la contamination par l'aflatoxine du maïs, de l'arachide et du sorgho est, dans de nombreux pays, plus élevée que la norme européenne d'aflatoxine (4 ppb) et la norme américaine (20 ppb). Cependant, même une faible exposition à l'aflatoxine peut avoir des effets mesurables sur la santé.¹

Ce document donne un aperçu de l'impact de l'aflatoxine sur les secteurs de l'agriculture, du commerce et de la santé en Afrique, et des solutions qui sont mises au point. Il a été développé à l'origine de document de référence pour la stratégie de développement du *Partenariat pour lutter contre l'aflatoxine en Afrique (PACA) - Atelier de consultation des parties prenantes* et est, avec de légères modifications, destinées à servir d'introduction générale à l'atelier technique sur «le défi de l'aflatoxine dans les Etats de l'Afrique».¹

Impacts sur l'agriculture et la sécurité alimentaire, le commerce et la santé

Agriculture et sécurité alimentaire. La contamination par l'aflatoxine des aliments de consommation courante peut affecter la production du secteur agricole, en général, et chacun des quatre piliers de la sécurité alimentaire (disponibilité, accès, qualité de l'alimentation et régularité), en particulier. La contamination des aliments de base, tels que le maïs, le sorgho et les arachides, peut directement réduire la *disponibilité* de la nourriture. Les producteurs des récoltes contaminées subiront également des pertes financières à cause du rejet de leurs produits, de la réduction de leur valeur sur le marché ou de l'impossibilité d'accéder au commerce international, à plus forte valeur. Des revenus en baisse signifient pour l'agriculteur une diminution de la capacité d'achat de nourriture pour la famille, qui se

¹ Ce document se base dans une large mesure sur le dossier technique préparé par Abt Associates en 2012.

traduit par un accès réduit à la nourriture. La contamination restreint les affectations possibles des produits concernés, soit parce qu'ils sont totalement rejetés, soit parce qu'il faut les affecter à d'autres utilisations sûres. La nourriture contaminée représente une menace évidente à la sécurité alimentaire, compte tenu du lien existant entre l'aflatoxine et certains effets indésirables sur la santé humaine. En effet, l'aflatoxine est incontestablement liée au cancer du foie, elle a des effets synergiques avec l'hépatite B et est potentiellement associée au retard de croissance et à l'immunosuppression.

Commerce. De nombreux pays ont mis en place des réglementations visant à limiter l'exposition à l'aflatoxine, généralement exprimée en parties par milliard (ppb). Certains pays ont des limites différentes en fonction de l'usage prévu, les limites les plus sévères s'appliquant à la consommation humaine et aux exportations, et les limites les moins sévères s'appliquant aux produits industriels. Ces réglementations peuvent entraîner des pertes de recettes commerciales dues aux surcoûts engendrés pour atteindre les limites autorisées, comme les coûts des tests, le rejet des cargaisons et même la perte éventuelle d'autorisation d'accéder aux marchés étrangers. L'impact économique direct de la contamination des récoltes par l'aflatoxine vient principalement d'une réduction du volume commercialisable, de la perte de valeur sur les marchés nationaux, de l'inadmissibilité ou du rejet des produits par le marché international, et des pertes découlant des maladies du bétail, et de la morbidité et mortalité qui en résultent. En effet, sur le marché international, les produits qui ne respectent pas les limites en matière d'aflatoxine sont rejetés à la frontière, rejetés dans les chaînes de distribution, vendus à prix réduit ou encore réservés à un usage non humain, ou même livrés gratuitement. Des pertes économiques similaires peuvent se produire sur les marchés nationaux si le consommateur est sensibilisé au problème, si les principaux acteurs des circuits de distribution y attachent une attention croissante et/ou si les réglementations deviennent plus sévères ou sont plus strictement appliquées. Dans tous les cas, des primes accordées aux produits sans aflatoxine peuvent être proposées pour une durée limitée. Avec le temps, les primes finiront par disparaître puisque le respect des limites deviendra une condition sine qua non imposée aux fournisseurs. Même si, à première vue, des normes phytosanitaires plus strictes impliquent plus de surcoûts que de bénéfices, en réalité, une fois que les fournisseurs auront internalisé les coûts relatifs au non-respect des normes et qu'ils les supporteront en tant que coût financier, la société en profitera plus largement, notamment avec l'apparition de marchés plus étendus et plus stables, et une réduction de la charge de morbidité.

Santé. Si les cultures contaminées par l'aflatoxine sont consommées par l'homme, le risque d'empoisonnement à l'aflatoxine (autrement dit d'aflatoxicose) existe. Une exposition chronique, même à de faibles niveaux, à des cultures contaminées augmente de manière significative le risque de cancer du foie. L'aflatoxine peut également pénétrer dans la chaîne alimentaire à travers les produits d'élevage, si le bétail est nourri avec des aliments contaminés. En consommer de grandes quantités peut s'avérer fatal. Les enfants peuvent également être affectés lorsqu'ils sont allaités ou lorsqu'ils consomment directement des aliments de sevrage. Certains experts suspectent l'existence d'un lien entre l'exposition à l'aflatoxine et le retard de croissance chez l'enfant.

Prévalence et ampleur relative des conséquences

	Production	
Commercialisation	Consommation propre	Nourriture pour animaux
	Produits animaux contaminés	
Perte commerciale <i>Rupture d'approvisionnement</i> <i>Grains jetés</i> <i>Procès</i>	Impact sur la santé humaine <i>Charge de morbidité</i> <i>Réduction de la productivité</i>	Perte commerciale <i>Réduction de la production laitière</i> <i>Charge de morbidité animale</i> <i>Diminution des prix des produits</i> <i>Produits jetés</i>

L'ampleur relative des conséquences sur l'agriculture et la sécurité alimentaire, la santé humaine et le commerce pour un pays dépendent de la façon dont les cultures contaminées par l'aflatoxine sont utilisées dans le pays.

L'impact économique de la contamination à l'aflatoxine dépend de l'importance que revêt le produit concerné sur le plan de la consommation interne et de sa contribution au revenu national.

Il dépend plus particulièrement de la part que représente le produit dans les besoins nutritionnels des ménages, de sa part en tant que source de revenus issue du commerce national et international, et du degré de sensibilisation des ménages et des marchés au problème de l'aflatoxine. Si, dans un pays donné, le degré de sensibilisation à l'aflatoxine est important et s'il existe des règlements et des institutions soutenant la lutte contre l'aflatoxine, l'impact de la contamination par l'aflatoxine sur la santé humaine sera faible, mais l'impact sur le marché sera élevé. Cela s'explique par le fait que les producteurs doivent supporter une baisse de revenus due aux pertes subies et aux coûts liés aux stratégies de prévention et de lutte. En revanche, si le degré de sensibilisation est élevé et qu'aucun règlement ne permet de lutter efficacement contre l'aflatoxine, les grains contaminés par l'aflatoxine seront librement commercialisés. Dans ce cas, l'impact sur la santé est considérable. C'est largement le cas en Afrique. En Afrique, les producteurs de maïs consomment l'essentiel de leur production, ce qui implique que l'impact sur la santé humaine est d'autant plus important que la sensibilisation à l'aflatoxine est faible.

Les aflatoxines touchent beaucoup plus les populations les plus démunies. Les ménages confrontés à l'insécurité alimentaire sont plus enclins à consommer des aliments contaminés que de les vendre à un prix inférieur ou de les jeter. Les plus démunis ne sont par ailleurs pas capables d'adopter des stratégies onéreuses de lutte contre l'aflatoxine. Une campagne de sensibilisation bien intentionnée entraîne une réduction des prix des aliments contaminés par l'aflatoxine, ce qui engendre une perte financière directe pour les plus démunis et des impacts sanitaires plus importants encore, du fait que les agriculteurs préfèrent alors

consommer leurs grains contaminés à faible rendement. Les politiques et les règlements de lutte contre l'aflatoxine doivent donc porter une attention toute particulière à l'impact sur la distribution.

Dans de nombreux pays africains, les femmes représentent la majorité de la main-d'œuvre agricole. Il est par conséquent essentiel de réfléchir à la manière dont les hommes et les femmes pourront accéder aux recommandations et interventions d'atténuation de l'aflatoxine, du fait que le sexe peut influencer l'accès et l'adoption des technologies agricoles, informations, intrants, financements et le pouvoir de prendre des décisions sur les semences, la récolte et la commercialisation. Des études menées au Nigeria et en Ouganda ont permis d'établir que les femmes prenaient les décisions relatives à la production avant et après la récolte, y compris concernant le stockage et les pratiques commerciales. Il est donc fondamental de mettre l'accent sur les femmes dans le cadre de l'élaboration et de la mise en œuvre des programmes et des stratégies de prévention et de lutte contre l'aflatoxine (Ogunlela et Mukhtar, 2009).

Outre les flux d'informations, les rôles des deux sexes, les flux de revenus et le partage du travail, l'accès des femmes aux intrants (insecticides, dispositifs de stockage, méthodes de lutte biologique) et aux financements (emprunt, crédit et plans d'épargne), de même que le temps, constituent des facteurs-clés qui affectent leur capacité à prévenir et combattre efficacement la contamination par les aflatoxines au niveau de la communauté et du ménage. Par ailleurs, les coutumes et réglementations locales sur les régimes fonciers, les mandats pour les services de conseil et de formation pour les femmes et les fillettes, déterminent aussi l'accès et l'adoption des nouvelles technologies et pratiques. Les coutumes, les normes et les législations affectant l'accès des femmes aux ressources, actifs et intrants affectent leur position dans le ménage, la communauté et sur le marché. La position des femmes affecte à son tour leur autonomie à prendre des décisions sur la santé et la consommation du ménage, comme la diversification de l'alimentation, les dépenses consacrées aux vaccinations dans le ménage, ou l'utilisation des revenus agricoles pour investir dans des technologies prometteuses, telles que la lutte biologique, les berceaux ou palettes de stockage en bois (Banque mondiale, FAO, IFAD, 2009).

Il est urgent d'agir

Les cultures touchées par les aflatoxines, telles que le maïs et les arachides, sont importantes pour la sécurité alimentaire des ménages dans de nombreux pays africains. Les conditions actuelles en Afrique contribuent à accroître la prévalence de l'aflatoxine et l'exposition chronique à cette dernière, ce qui a des impacts dévastateurs sur les agriculteurs, les consommateurs et le développement économique africains. Il est urgent d'agir, parce que :

- Même lorsque des aliments de base ne présentent que de faibles niveaux de contamination par l'aflatoxine, l'impact sur la santé est notable, vu la part importante accordée aux aliments de base dans le régime africain.ⁱⁱ
- Le risque de cancer du foie imputable aux aflatoxines est plus élevé dans les pays où la prévalence des aflatoxines est plus importante.ⁱⁱⁱ
- Une étude récente menée au Kenya montre que les populations de toutes les couches économiques sont largement exposées aux aflatoxines. Le niveau d'aflatoxine B1, la

plus toxique de toutes, dans le sérum sanguin était identique chez les plus aisés et chez les plus démunis, le quintile de richesse intermédiaire étant le plus durement touché.^{iv}

- La contamination par l'aflatoxine peut avoir un impact économique direct lorsque des importateurs soumis à des règlements plus stricts en matière de lutte contre l'aflatoxine, comme ceux de l'Union européenne (UE), rejettent les exportations. Entre 2007 et 2012, l'UE a émis 346 notifications aux pays africains.^v
- La contamination par l'aflatoxine en Afrique contribue à l'incapacité des pays africains à accéder aux marchés commerciaux internationaux de haute valeur. Diminuer la prévalence de l'aflatoxine dans les cultures de base permettrait de réduire les barrières au commerce de maïs et d'arachides, et donc d'accroître les exportations de maïs par l'Afrique.^{vi}

Solutions potentielles pour lutter contre l'aflatoxine en Afrique

Les actions visant à atténuer le problème de l'aflatoxine doivent garantir que les informations et les ressources consacrées à la lutte contre l'aflatoxine sont dirigées vers des régions où elles ont un impact significatif, que ce soit sur le plan de l'agriculture, du commerce ou de la santé. Les interventions doivent reconnaître que la contamination par l'aflatoxine peut frapper les plus démunis de façon disproportionnée. De même, les agriculteurs les plus pauvres peuvent ne pas être en mesure d'accéder aux stratégies de lutte ou d'investir dans des intrants agricoles capables de réduire directement ou indirectement les niveaux d'aflatoxine. L'élaboration des stratégies de lutte contre l'aflatoxine doit tenir compte du rôle joué par les femmes dans la gestion de la production avant et après la récolte, et la consommation des ménages. Le tableau suivant souligne des exemples de solutions potentielles développées ou qui pourraient être développées dans certains pays pour lutter contre l'aflatoxine en Afrique.

Agriculture et sécurité alimentaire

Bonnes pratiques agricoles lors de la plantation, de la récolte et du traitement post-récolte

- Utiliser du matériel génétique résistant aux aflatoxines, y compris des hybridations conventionnelles et des manipulations génétiques.^{vii}
- **Utiliser des** méthodes de contrôle biologique comme Aflasafe™, connues pour réduire champignons aflatoxine producteurs dans les sols.^{viii}
- Utiliser l'irrigation, les fongicides, les herbicides et les insecticides pour des plantes plus fortes qui résistent aux champignons.^{ix}
- Adopter des mesures de contrôle de l'humidité, comme le séchage solaire ou le séchage sur bâche, et promouvoir un meilleur stockage (notamment le stockage hermétique du maïs, du sorgho).^x
- Insister sur l'importance du tri et du rejet des récoltes présentant des défauts physiques et des déformations (par exemple des moisissures apparentes, des coques endommagées).^{xi}
- Mener d'autres recherches sur l'utilisation de matériel génétique résistant aux aflatoxines, y compris des hybridations conventionnelles et des manipulations génétiques

Envisager des affectations alternatives pour les produits contaminés.

- Promouvoir les recherches sur l'élimination sans risque et les affectations alternatives des produits contaminés, comme les biocarburants ou les mélanges d'aliments destinés à la consommation animale (qui, dans l'ensemble, respectent les niveaux de sécurité maximum) et les aliments de finition, qui peuvent avoir des niveaux d'aflatoxine un peu plus élevés (300 ppb) sans nuire à l'animal.^{xii}
- Mener d'autres recherches sur le traitement à l'ammoniac et d'autres techniques de transformation commerciales.^{xiii}

Inclure des messages sur l'atténuation de l'aflatoxine dans les messages de vulgarisation agricole.

Évaluer comment ces recommandations affectent la charge de travail des hommes par rapport aux femmes et recommander des stratégies de partage des tâches pour chacun.

Commerce

Mettre en place des campagnes de sensibilisation pour augmenter la demande en produits non contaminés et offrir des incitants pour l'adoption de stratégies de lutte contre l'aflatoxine tout au long de la chaîne de valeur

- Améliorer l'éducation et le partenariat des négociants agricoles pour promouvoir la distribution commerciale/subventionnée aux agriculteurs d'intrants permettant de

réduire l'aflatoxine (par exemple des méthodes de contrôle biologique, des semences résistant à la sécheresse et aux maladies).

- Collaborer avec les projets de développement de l'agriculture existants pour promouvoir des récoltes saines grâce à l'Aflasafe, à des semences améliorées et d'autres intrants agricoles.
- Informer les négociants et les consommateurs et les convaincre de privilégier l'utilisation de cultures et de récoltes saines entre vendeurs et acheteurs.
- Former les négociants, les transformateurs, les fabricants et les éleveurs de bétail.

Amélioration du système de contrôle de la sécurité des produits alimentaires

- Mettre en place une base réglementaire solide visant à lutter contre l'aflatoxine dans les normes de sécurité alimentaire nationales (régulation réduction de l'exposition aux aflatoxines).
- Appliquer les règlements de l'aflatoxine pour créer des incitations pour les technologies de contrôle des aflatoxines à la production et à la commercialisation aflatoxine des aliments sains (demande de création de réglementation pour l'aflatoxine des aliments sains).
- Établir des normes nationales spécifiques servant à établir des modes de consommation dans le Codex Alimentarius, conformément à l'Accord sur les mesures sanitaires et phytosanitaires de l'Organisation mondiale du commerce.
- Garantir que les normes officielles et privées de sécurité alimentaire reflètent les principes de bonnes pratiques de fabrication (GMP) et de l'analyse des risques et de la maîtrise des points critiques (HACCP).
- Ajuster les normes de sécurité alimentaire nationales en fonction des niveaux de consommation de différents produits de base (comme la dose quotidienne moyenne) et en tenant compte du niveau de tolérance du consommateur.
- Établir des normes plus strictes pour l'alimentation animale que pour les denrées destinées à la consommation humaine ; utiliser des systèmes de classement permettant de garantir des niveaux de sécurité pour les deux types d'aliments.

Amélioration de la capacité des laboratoires et de la disponibilité des kits de tests rapides, de la formation des utilisateurs, de la documentation des résultats et du retrait des produits contaminés pour permettre une meilleure séparation des récoltes contaminées sur les marchés, les points de rassemblement, les points d'exportation et avant la transformation. Cela pourrait notamment se traduire par des tests plus réguliers des niveaux d'aflatoxine dans les produits alimentaires les plus courants et par la création de laboratoires de référence pour les études sur les mycotoxines.

Un plus grand respect des codes réglementaires nationaux par les commerçants

- Diffuser à grande échelle les exigences en matière de limites maximales acceptables d'aflatoxine.
- Améliorer les capacités d'inspection des agences nationales chargées de l'application de la sécurité alimentaire.

- Lancer des campagnes publiques visant à accroître la visibilité et la valeur perçue du certificat d'inspection attestant que les denrées et les produits présentent des taux de contamination par l'aflatoxine inférieurs aux niveaux réglementaires.
- Offrir un soutien technique pour améliorer la capacité des moyens et gros négociants, et des agences chargées de l'application des normes pour reconnaître la « marque de qualité » octroyée par l'agence nationale chargée de l'application de la sécurité alimentaire.

Systèmes d'échange de marchandises. Créer des systèmes de récépissé d'entrepôt pour encourager la détection, l'élimination, l'entreposage et le stockage, et l'intégration des questions liées à l'aflatoxine et à la sécurité alimentaire dans les principaux offices de commercialisation de produits agricoles.

Contrôles des importations et des exportations **Améliorer les contrôles lors des mouvements transfrontaliers de produits contaminés.**

Santé

Promouvoir la diversité du régime alimentaire et la sécurité alimentaire pour minimiser l'exposition à l'aflatoxine à la maison

- Réduire la dépendance calorique excessive aux produits concernés,
- Réduire l'ingestion quotidienne et à long terme de produits à risque,
- Organiser des campagnes multisectorielles de changement du comportement en matière de sécurité alimentaire,
- Promouvoir de meilleurs procédés alimentaires au sein des ménages^{xiv}.

Protéger les nourrissons à travers des examens de routine des niveaux d'aflatoxine dans le lait maternel.

Prévenir l'absorption des effets toxiques de l'aflatoxine avec des entérosorbants comme l'argile NovaSil™ et la chlorophylline, qui captent l'aflatoxine dans l'appareil gastro-intestinal et facilitent son élimination. Certains entérosorbants peuvent s'avérer appropriés pour traiter des foyers aigus d'aflatoxicose, mais pas pour un traitement chronique, étant donné leur coût élevé et les éventuels effets indésirables.^{xv}

Réduire l'effet cancérigène de l'aflatoxine par le biais d'agents chimiopréventifs, tels que l'Oltipraz, les polyphénols du thé vert et la Sulforaphane, qui déclenchent des enzymes de détoxification ou qui bloquent les enzymes nécessaires à l'activation de cocancérigènes.^{xvi}

Réduire la comorbidité avec le vaccin contre l'hépatite B

Promouvoir la santé animale avec l'utilisation de nourritures exemptes d'aflatoxine ou d'agents liants et anti-agglomérants (comme le NovaSil) dans la nourriture des animaux.^{xvii}

Mener des campagnes de plaidoyer auprès des principaux représentants institutionnels du secteur de la santé pour mieux les sensibiliser au problème et mieux coordonner les efforts qui concernent le secteur de la santé.

Réaliser un suivi de la population et une cartographie de l'exposition aux aflatoxines en utilisant des marqueurs biologiques.

Conclusion

Des approches globales, multisectorielles sont nécessaires pour lutter contre le problème de l'aflatoxine complexe et améliorer la santé, les revenus et les moyens de subsistance des agriculteurs, des ménages agricoles et des consommateurs africains. Un programme global de lutte contre l'aflatoxine inclura une série de composants complémentaires, notamment : des politiques, des normes et des règlements efficaces ; des informations adaptées à l'action des pouvoirs publics, issues d'évaluations économiques, de la sécurité alimentaire et sanitaire ; des campagnes visant à accroître la demande pour des aliments sûrs et de bonne qualité ; la distribution et l'adoption de meilleurs intrants et l'amélioration de la qualité de production ; des solutions technologiques et des mécanismes (de marché) permettant de contrôler les produits, de réglementer la qualité et de garantir un stockage approprié ; un accès à des ingrédients alimentaires sûrs et de bonne qualité ; et un retrait effectif des produits contaminés et des utilisations alternatives à ces derniers. Il convient d'entreprendre des actions à tous les niveaux (continental, national, régional et local) pour réduire la prévalence de l'aflatoxine et l'exposition à cette dernière en Afrique.

Bibliographie

1. Atehnkeng et autre. 2008. Evaluation of atoxigenic isolates of *Aspergillus flavus* as biocontrol agents for aflatoxin in maize. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*;25 (10):1264–71.
2. Breinig M, Schirmacher P, Kern MA. 2007. Cyclooxygenase-2 (COX-2)--a therapeutic target in liver cancer? *Curr Pharm Des.*;13(32):3305-15.
3. Cline H. 2005. Arizona cotton growers successful in aflatoxin control program. *Western Farm Press* [serial on the Internet]. [accédé le 10/5/2012]: Disponible sur: <http://westernfarmpress.com/news/3-24-05-Arizona-cotton-aflatoxin/>.
4. Khlangwiset. P. 2011. Reducing the Risks of Aflatoxin through Public Health Interventions. Health, Graduate School of Public Health, Université de Pittsburgh. PhD Dissertation.
5. Dohlman, E. 2008. Mycotoxin Hazards and Regulations Impacts on Food and Animal Feed Crop Trade. Economic Research Service/USDA International **Trade and Food Safety** / AER-828. USDA Economic Research Service.

6. Dorner J, Cole R, Wicklow D. 1999. Aflatoxin reduction in corn through field application of competitive fungi. *J Food Prot*;62(6):650–6.
7. Dorner JW, Horn BW. 2007. Separate and combined applications of nontoxigenic *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus* for biocontrol of aflatoxin in peanuts. *Mycopathologia*;163(4):215-23.
8. Fandohan P. et autres. 2005. Fate of aflatoxins and fumonisins during the processing of maize into food products in Benin. *International Journal of Food Microbiology* 98 (2005) 249– 259.
9. Hammitt, James K. and Robinson, Lisa A. 2011. The Income Elasticity of the Value per Statistical Life: Transferring Estimates between High and Low Income Populations,” *Journal of Benefit-Cost Analysis*: Vol. 2: Iss. 1, Article 1. DOI: 10.2202/2152-2812.1009 Disponible sur: <http://www.bepress.com/jbca/vol2/iss1/1>
10. Jimoh, K.O., and A.L. Kolapo. 2008. "Mycoflora and aflatoxin production in market samples of some selected Nigerian foodstuffs." *Res. J. Microbiol.* 3: 169-174.
11. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives World Health Organization (WHO) 1998. Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Genève: OMS.
12. Nyandieka, H. S., Maina, J. O., & Nyamwange, C. 2009. Detoxification of aflatoxin in artificially contaminated maize crop by ammoniation procedures. *Discovery and Innovation*, 21(1–2).
13. Odoemelam, S. A., et C. I. Osu. 2009. "Aflatoxin B1 Contamination of Some Edible Grains Marketed in Nigeria." *E-Journal of Chemistry* 6(2): 308-314.
14. Ogunlela and Mukhtar. 2009. Gender Issues in Agriculture and Rural Development in Nigeria: The Role of Women. *Humanity & Social Sciences Journal* 4 (1): 19-30, 2009.
15. Ott JJ, Stevens GA, Groeger J, Wiersma ST. 2012. Global epidemiology of hepatitis B virus infection: new estimates of age-specific HBsAg seroprevalence and endemicity. *Vaccine*;30(12):2212-9.
16. Strosnider et autres. 2006. Workgroup Report: Public Health Strategies for Reducing Aflatoxin Exposure in Developing Countries. *Environ Health Perspect* 114: 1989–1903.
17. Turner PC, Sylla A, Gong YY, Diallo MS, Sutcliffe AE, Hall AJ, et autre. 2005. Reduction in exposure to carcinogenic aflatoxins by postharvest intervention measures in west Africa: a community-based intervention study. *Lancet*;365 (9475):1950-6.
18. Rowe, Christina. 2009. DNA Markers for Resistance to Post-Harvest Aflatoxin Accumulation in *Arachis hypogaea* L. [Accessed 10/5/2012]. <http://www.lib.ncsu.edu/resolver/1840.16/1533>

19. Agence américaine de l'alimentation et des médicaments (US FDA). 2000. Industry Activities Staff Booklet. Action Levels for Poisonous or Deleterious Substances in Human Food and Animal Feed. US FDA, Washington, DC.
20. La Banque mondiale, L'organisation pour la nourriture et l'alimentation et le Fonds international pour le développement agricole. 2009. Gender in Agriculture Sourcebook.
21. Organisation mondiale de la santé. La charge mondiale de morbidité: Mise à jour de 2004. Genève, Organisation mondiale de la santé, 2008. Disponible sur <http://www.who.int/evidence/bod>
22. Wu, F. et Khlangwiset. P. 2010. Health economic impacts and cost-effectiveness of aflatoxin-reduction strategies in Africa: case studies in biocontrol and post-harvest interventions. Food Additives and Contaminants. Vol. 27, n° 4, avril 2010, 496–509

Notes de fin

ⁱ Examen réalisé par Abt Associates sur une série de moyennes provenant d'études publiées (ppb) ; fournies au PACA en 2012, provenant d'articles publiés après 1990, avec l'occurrence moyenne de l'aflatoxine sur le maïs, l'arachide et le sorgho en Afrique.

ⁱⁱ En Tanzanie, compte tenu des modes de consommation du maïs et des arachides en 2008/2009, même à des taux de prévalence de 5 ppb, l'impact financier se situe entre 18 et 147 millions de dollars (dollars américains de 2010), alors qu'à 10 ppb, l'impact se situe entre 35 et 294 millions de dollars (dollars américains de 2010). Voir le *Country assessment for Aflatoxin Contamination and Control in Tanzania* (évaluation par pays de la contamination par l'aflatoxine et de la lutte contre l'aflatoxine en Tanzanie), Abt Associates 2013. Les estimations pour l'impact sur le cancer du foie se fondent sur (i) les valeurs de l'activité cancérigène de l'aflatoxine sur le foie recommandées par JEFAC 1998 ; (ii) les estimations des niveaux de consommation de maïs et d'arachides par tranche d'âge et par région, basées sur les données nationales relatives à la consommation hebdomadaire type extraites du Living Standards Measurement Survey-ISA, 2008/9 ; (iii) les estimations de la population en 2010 par âge et par sexe tirées de la base de données internationale du bureau américain de recensement et du recensement tanzanien ; (iv) la région (Afrique subsaharienne occidentale et orientale), la prévalence de l'hépatite B (HBV) par âge et par sexe d'Ott et autres (2012) ; (v) les estimations du nombre d'années de vie corrigées du facteur invalidité de l'OMS par région et par sexe, de l'OMS 2008 ; et (vi) l'évaluation de la mortalité (valeur des années de vie statistique) réalisée avec les méthodes d'Hamitt et Robinson, 2011. Les estimations financières partent du principe que la disposition à payer pour éviter le risque de décès en Tanzanie ne diffère des données américaines qu'en raison des différences du niveau de revenus et de l'élasticité des revenus. En réalité, il est possible que là où les niveaux de revenus sont plus bas, la santé soit considérée comme un luxe et sous-évaluée, raison pour laquelle la disposition à payer pour éviter un risque de décès est moins marquée. En ce sens, nos estimations peuvent être surévaluées.

ⁱⁱⁱ Au Nigeria, comme les modes de consommation pour 2010/2011 impliquent une contamination à l'aflatoxine de 10 ppb, 1 152 cas de cancer du foie peuvent être attribués aux aflatoxines, tandis qu'avec un taux de 20 ppb, 2 305 cas de cancer du foie peuvent être attribués aux aflatoxines. Avec un taux de prévalence de 10 ppb, la charge financière se situe entre 56 et 471 millions de dollars (dollars américains de 2010), tandis qu'avec un taux de 20 ppb, la charge financière se situe entre 112 et 942 millions de dollars (dollars américains de 2010). Il convient de noter qu'en 2010, le PIB du Nigeria s'élevait à 197 milliards (en dollars américains de 2010). Autrement dit, l'estimation de 20 ppb représente une charge équivalente à 0,5 % du PIB du Nigeria. Voir le *Country assessment for Aflatoxin Contamination and Control in Tanzania* (évaluation par pays de la contamination à l'aflatoxine et de la lutte contre l'aflatoxine en Tanzanie), Abt Associates 2013. Les estimations étaient similaires pour la Tanzanie, sauf que les estimations de la consommation moyenne hebdomadaire venaient de l'enquête sur les niveaux de vie au Nigeria-ISA, 2010-2011. Comme auparavant, les estimations financières partent du principe que la disposition à payer pour éviter le risque de décès au Nigeria ne diffère des données américaines qu'en raison des différences du niveau de revenus et de l'élasticité des revenus. En réalité, il est possible que là où les niveaux de revenus sont plus bas, la santé soit considérée comme un luxe et sous-évaluée, raison pour laquelle la disposition à payer pour éviter un risque de décès est moins marquée. En ce sens, nos estimations peuvent être surévaluées.

^{iv} 2007 Kenya AIDS Indicator Survey – Serum Aflatoxins Analysis Final Report, Centre de prévention et de lutte contre les maladies et Centre national pour la santé environnementale.

^v Système d'alerte rapide de l'UE pour les denrées alimentaires et les aliments pour animaux (RASFF). [Consulté le 30 août 2012].

^{vi} Munasib, Abdul et Devesh Roy, (2012) "Nontariff Barriers as Bridge to Cross", Institut international de recherche sur les politiques alimentaires.

^{vii} L'hybridation conventionnelle visant la résistance à l'aflatoxine a permis de réduire le taux d'aflatoxine de > 70 % et de 82–93 %. La manipulation génétique visant la résistance à l'aflatoxine a permis de réduire les aflatoxines de 47 % dans le maïs (Khangwiset, 2011).

^{viii} Plusieurs études ont démontré qu'il était possible d'obtenir des résultats intéressants en mettant l'aflatoxine en concurrence avec d'autres champignons, notamment une réduction de 60-87 % (Donner et autres, 1999), une réduction de 70-91 % (Donner et Horn, 2007) et une réduction de 80 % (Cline, 2005).

^{ix} Une étude a démontré qu'il était possible de réduire le nombre d'aflatoxines de 99 % avec l'irrigation et les insecticides, pour un coût d'irrigation de 120 à 1200 \$/acre (Khangwiset, 2011).

^x En Guinée, un ensemble de mesures après récolte pour les producteurs d'arachides, comprenant des formations sur le tri à la main et le séchage au soleil, l'utilisation de sacs en fibres naturelles pour le stockage, l'utilisation de palettes en bois pour le stockage des sacs et l'application d'insecticides sur le sol du lieu de stockage sous les palettes en bois, a permis de diminuer les concentrations d'aflatoxine-albumine dans le sang de 57,2 % en comparaison avec un prélèvement de contrôle (Turner, 2005).

^{xi} Turner, 2005.

^{xii} Le département de l'Agriculture des États-Unis, par exemple, autorise une contamination aux aflatoxines allant jusqu'à 300 ppb pour le maïs et l'arachide destinés à l'engraissement (utilisé jusqu'à deux semaines avant l'abattage) pour le bétail, de moins de 200 ppb dans les aliments d'engraissement pour les porcs, de moins de 100 ppb pour les animaux d'élevage, les porcs, la volaille et de moins de 20 ppb pour les vaches laitières et les jeunes animaux. (Dohlman 2008, US FDA 2000, Rowe, 2007).

^{xiii} Entreposer le maïs dans des conteneurs scellés pendant 1 à 2 semaines et y répandre du gaz d'ammoniac pourraient réduire les niveaux d'aflatoxine de 90 % (Nyandieka et autres, 2009).

^{xiv} Au Bénin, les aflatoxines ont été réduites de 93 et de 92 % dans la préparation de l'akassa (pâte épaisse à base de maïs, ragoûts) et du makume, des plats traditionnels. Le tri, le vannage, le nettoyage et le broyage associés au décorticage des grains de maïs sont autant d'opérations très efficaces pour réduire de manière significative les mycotoxines. De grandes quantités d'aflatoxines ont été retrouvées dans les moisissures écartées, les grains abîmés et l'eau de rinçage (Breinig et al 2007).

^{xv} (Khangwiset, 2011)

^{xvi} Les agents chimiopréventifs sont de plus en plus intéressants pour un usage préventif. Des recherches à cet égard sont en cours. Certains entérosorbants peuvent n'être efficaces que pour traiter une aflatoxicose aiguë et ne pas être indiqués pour une utilisation quotidienne ou continue. Des recherches plus approfondies sur les effets secondaires et à long terme des agents chimiopréventifs et les entérosorbants sont en cours. Les polyphénols du thé vert, qui font baisser les niveaux de contaminants dans le sang humain, sont considérés comme des inhibiteurs alimentaires potentiellement intéressants et abordables (Khangwiset, 2011). Des études ont montré un niveau d'AFM1 43 % plus bas chez l'homme; et un niveau d'adduits albumine-aflatoxine jusqu'à > 15 % plus bas avec des doses de 500 mg au coût d'environ 0,20 à 1 \$ par jour (Strosnider et autres, 2006).

^{xvii} Pour prévenir les effets nocifs des aflatoxines chez les animaux, des composés chimiques et des polymères appelés « agents liants » peuvent être ajoutés aux aliments pour animaux pour quelques centimes par tonne métrique. Ces liants peuvent neutraliser jusqu'à 90 % des contaminants du maïs lors du traitement (Whitlow 2006).