



Organisation des Nations
Unies pour l'alimentation
et l'agriculture



Organisation
mondiale de la Santé

Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie - Tél: (+39) 06 57051 - Fax: (+39) 06 5705 4593 - E-mail: codex@fao.org - www.codexalimentarius.net

Point 9(c) de l'ordre du jour

CX/CF 12/6/14

Janvier 2012

PROGRAMME MIXTE FAO/OMS SUR LES NORMES ALIMENTAIRES COMITÉ DU CODEX SUR LES CONTAMINANTS DANS LES ALIMENTS

Sixième session
Maastricht, Pays-Bas, 26 – 30 mars 2012

DOCUMENT DE DISCUSSION SUR LES CHAMPIGNONS ET LES MYCOTOXINES DANS LE SORGHO

HISTORIQUE

1. A sa 5^{ème} session, le Comité du Codex sur les contaminants dans les aliments a examiné le document de discussion sur les mycotoxines dans le sorgho préparé par la délégation soudanaise avec la collaboration de la Belgique, du Brésil, du Japon et des Etats-Unis. Le document de discussion présenté dans CX/CF 11/5/9 a abordé les principaux domaines suivants: les champignons producteurs de mycotoxines, les types et les niveaux de mycotoxines présentes dans le sorgho.
2. Le Comité a noté les recommandations du groupe de travail électronique, concernant deux points: la collecte de données supplémentaires ainsi que la recherche sur l'occurrence des mycotoxines dans le sorgho et l'élaboration d'un Code d'usages pour la gestion des aflatoxines dans le sorgho en tant qu'annexe supplémentaire du Code d'usages existant (CAC/RCP 51-2003).
3. Le représentant de l'OMS a informé le Comité que des fonds suffisants avaient été obtenus auprès du fonds fiduciaire du Codex pour permettre à la FAO et à l'OMS de mettre en œuvre conjointement un projet couvrant quatre (4) pays pilotes en Afrique pour recueillir des échantillons et analyser les mycotoxines et les champignons producteurs de mycotoxines dans le sorgho.
4. Le Comité a noté que puisque des données seraient recueillies lors de l'étude pilote sur les mycotoxines dans le sorgho du fonds fiduciaire du Codex, il ne serait pas nécessaire de poursuivre l'examen des limites maximales (LM) à ce stade, cependant il a préconisé de poursuivre la collecte des données et de les soumettre au programme GEMS/ Aliments.
5. Par la suite, le Comité est convenu de reconduire le groupe de travail électronique, sous la présidence du Nigeria, ouvert à tous les membres et observateurs du Codex, pour:
 - Mettre à jour le document de discussion;
 - Examiner soigneusement le *Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination des céréales par les mycotoxines* existant et vérifier qu'il est approprié et applicable à la production de sorgho;
 - Explorer la possibilité d'inclure une annexe supplémentaire sur « la prévention et la réduction de la contamination des grains de sorgho par les aflatoxines » au Code d'usages pour examen à la prochaine session.¹
6. Le présent document de discussion a été mis à jour pour inclure: les chiffres de la production jusqu'en 2010, les autres mycotoxines présentes comme la patuline, la stérigmatocystine et T₂; le profile en hausse du sorgho dans le commerce international et les divers emplois domestiques et industriels; outre les incidences de la mycoflore et des mycotoxines, et l'ingestion alimentaire jusqu'en 2011. Une section sur la prévention, la lutte et la réglementation relatives aux mycotoxines dans le sorgho a été introduite y compris une section sur l'ingestion alimentaire. L'information recueillie à partir du document de discussion a permis d'examiner soigneusement le Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination des céréales par les mycotoxines, qui a confirmé les recommandations formulées par le groupe de travail électronique à la 6^{ème} session du Comité.

¹ RE11/CF, para. 52-59.

INTRODUCTION

1. Le sorgho est un genre d'environ vingt-huit espèces de graminées mais une seule espèce de sorgho *bicolore* est cultivée pour la consommation humaine et animale. Les données archéologiques et les registres historiques sont formels sur le fait que le sorgho *bicolore* qui est principalement cultivé pour son grain comestible est originaire d'Afrique, près du Soudan, de l'Éthiopie, du Tchad et du Cameroun. S'il est vrai que les archives archéo-botaniques les plus anciennes sont claires sur le fait que le sorgho a été domestiqué en Inde à partir de 2000 avant J.C. (de Wet *et al.* 1966), il est évident que sa culture aux fins alimentaires en Afrique est antérieure à son apparition en Asie et est estimée avoir eu lieu entre 4000 et 3000 avant J.C. Il y a cinq variétés primaires de sorgho *bicolore* à savoir, *bicolore*, *caudatum*, *durra*, *guinea* et *kafir*, et dix variétés intermédiaires qui sont toutes des combinaisons des variétés de base. Les variétés se distinguent par la forme du grain, les glumes et les panicules.
2. La culture des espèces de sorgho peut être pratiquée dans les sols arides des régions tropicales et subtropicales et peut donc supporter les périodes de sécheresse prolongées. Waliyar *et al.* (2007) ont cité quatre caractéristiques qui en font la culture la plus résistante de toutes à la sécheresse. L'étendue de la surface entre sa racine et sa feuille et la capacité à enrouler ses feuilles pour diminuer la perte d'eau due à la transpiration pendant la sécheresse confèrent à la plante une grande efficacité en matière de gestion de l'eau. Dans des conditions de sécheresse extrêmes, elle entre en dormance au lieu de périr. Une autre caractéristique importante qui rend le sorgho résistant à la sécheresse est que ses feuilles sont protégées par une cuticule cireuse.
3. La plante est notamment cultivée pour son amidon. La FAO (1994) a fourni la composition nutritionnelle du sorgho. Le grain entier contient 73,8% d'amidon et une quantité substantielle de protéines (12,3%) et un riche dépôt de complexe vitaminique B (niacine, riboflavine et pyridoxine). La quantité appréciable de protéines permet à la population humaine qui en dépend de survivre grâce à elle. Le grain a une teneur faible en cendres (1,67%) et en huile (3,6%). Comme pour les autres cultures, le sorgho contient des facteurs antinutritionnels. Les phylates, qui entravent biologiquement la disponibilité de plusieurs minéraux pour les animaux et les humains, sont présents dans les grains à raison de 170 à 380 mg/100 g de grains. Les polyphénols (acides phénoliques, tanins, flavonoïdes) qui augmentent la résistance du grain aux infestations dues aux animaux nuisibles et aux microbes sont vraisemblablement des composés carcinogènes et sont abondants dans le sorgho. Les inhibiteurs d'amylases et de protéases, les goitrogènes (qui interfèrent avec l'utilisation d'iode), le déséquilibre en acides aminés, les métaux lourds et les mycotoxines sont les autres inhibiteurs nutritionnels et substances toxiques associées au sorgho.
4. L'incidence des polyphénols dans le sorgho est caractéristique des types de grain. La plante est unique pour son importante quantité de tanins qui sont présents dans la couche intérieure pigmentée appelée testa du sorgho à grains bruns. Les avantages de cette présence (qui confère une tolérance/résistance aux insectes et aux maladies dues aux animaux nuisibles) et les inconvénients (antinutritionnels) ont déjà été mentionnés. Le sorgho alimentaire à grains blancs ne contient pas de tanins mais pourrait contenir de faibles quantités d'acides phénoliques. Les types blanc/ crème/ jaune sont les types utilisés principalement au Nigeria (jusqu'à 75%) pour la consommation humaine; alors que les types bruns sont pour la plupart utilisés dans la fabrication des boissons indigènes après transformation appropriée. Les types à grains rouges sont intermédiaires avec aucune teneur en tanin (pas de testa) mais quelques composés phénoliques dans leur péricarpe rouge (Daiber et Taylor, 1995). La transformation pour utilisation au Nigeria, dont la fermentation, la mouture sèche et humide, le maltage, le traitement à la vapeur, l'extrusion, le traitement au four et l'éclatement; pourrait être un important sujet de recherche pour les mycotoxines. Le malt est un produit industriel important au Nigeria et la recherche sur les polyphénols dans les malts devrait être largement prise en considération. C'est particulièrement le cas parce qu'il est plus nourrissant que le grain ordinaire en augmentant la digestibilité de l'amidon in vitro, en augmentant les teneurs en vitamines et en minéraux (Ca, Mg, P et Zn), en augmentant l'activité enzymatique (notamment l'alpha-amylase), en augmentant la biodisponibilité de certaines protéines, et surtout, en diminuant la teneur en phytate qui est le facteur antinutritionnel dans le sorgho pour jusqu'à 75% (Rabie et Thiel, 1985).
5. Compte tenu de la composition chimique sus-mentionnée, le sorgho est une plante importante traditionnellement cultivée pour son apport en énergie alimentaire aux humains et aux animaux ainsi que pour la production des boissons alcoolisées et ultérieurement, des biocarburants. Le sorgho présente un potentiel considérable en tant qu'aliment et boisson car la nature sans gluten de cette céréale la rend propre à être consommée par les cœliaques pendant que ses composés phénoliques antioxydants et ses cires hypocholestérolémiantes procurent aux industries une source potentiellement importante de nutraceutiques (Taylor *et al.* 2006). Les gâteaux, les biscuits, les pâtes, un produit de grignotage similaire au riz précuit sont obtenus à partir du sorgho. Les bières du type lager et stout à base de sorgho sont brassées commercialement. Près de 12% de la production intérieure de sorgho américaine est utilisée dans la fabrication de l'éthanol et de ses coproduits (US Grains Council, 2010).
6. Le sorgho est riche en divers produits phytochimiques dont les tanins, les acides phénoliques, les anthocyanines, les phytostérols et les policosanols; ces produits phytochimiques ont le potentiel de produire un impact significatif sur la santé humaine (Awika et Rooney, 2004). La plupart des produits phytochimiques est concentrée dans le son qui peut être facilement séparé du grain de sorgho et ensuite utilisé dans la supplémentation alimentaire, l'amélioration de la qualité des aliments et/ou les applications thérapeutiques.

7. Le sorgho (également connu en tant que maïs de Guinée) est une céréale qui a été négligée depuis quelque temps; ceci pour avoir été remplacée par le maïs comme denrée alimentaire de base dans un grand nombre de peuplements ruraux (Bandyopadhyay *et al.* 2007). Cependant, son profil industriel en hausse comme matière première appropriée dans les industries agroalimentaires a contribué à sa réémergence dans le marché mondial de telle sorte qu'en 2007, la production de sorgho en Afrique a augmenté significativement même au détriment de la production de riz et de blé (FAOSTAT, 2010). Par ailleurs, la réduction prévue de 4 et 8 fois des risques de problèmes liés aux AF si le sorgho et le millet respectivement remplacent le maïs en tant que denrées de base primaires, (Bandyopadhyay *et al.* 2007), a attiré davantage d'attention sur ces deux cultures africaines traditionnelles.

8. La recherche de nouvelles sources de carburant a également accru la demande pour le sorgho. En tant que culture résistante à la sécheresse qui contient une substance anti-microbienne, elle offre aux agriculteurs la capacité de diminuer les coûts d'irrigation et autres dépenses agricoles. Le nouvel intérêt à l'égard du sorgho provient aussi du fait qu'il est une des cultures les plus tolérantes à la sécheresse et ses caractéristiques de grande efficacité en matière d'utilisation de l'eau en font la culture de choix pour améliorer la sécurité alimentaire dans les régions frappées par la sécheresse en Afrique et pour prévenir la pénurie d'eau dans le monde à l'avenir.

9. Le sorgho est une céréale de base pour plus de 750 million de personnes en Afrique, Asie et Amérique latine (CAC, 2011) qui est traditionnellement cultivée dans les régions tropicales semi-arides pour la consommation humaine et la production de boissons alcoolisées locales et l'alimentation des animaux. Indépendamment de sa résistance inhérente à l'infestation par les moisissures en raison de sa teneur élevée en composés fongicides; les phénols et les tanins (Audilakshmi *et al.* 1999), la contamination fongique constitue une contrainte biotique importante à l'égard de l'amélioration et de la production du sorgho dans le monde. On estime que les pertes économiques annuelles dues aux moisissures en Asie et en Afrique dépassent 130 millions de dollars américains (Chandrashekar *et al.* 2000).

10. Compte tenu des besoins croissants de cette culture et la menace à l'encontre de sa production et de son utilisation due aux champignons et à leurs toxines, il est nécessaire de s'intéresser davantage aux contaminants toxiques dans le grain mais la réalité est qu'il existe une information limitée sur les mycotoxines dans le sorgho qui ne reflète pas l'importance économique croissante de cette céréale. Il s'en suit que la décision prise par le Comité du Codex sur les contaminants dans les aliments à sa 5^{ème} session tenue à la Haye, aux Pays-Bas, en mars 2011, de préparer un document de discussion actualisé sur les « mycotoxines dans les grains de sorgho » est d'actualité et essentielle. Le présent document de discussion a par conséquent pour vocation d'examiner les données les plus récentes sur la production et l'utilisation du sorgho dans le monde, et les facteurs qui affectent la répartition des champignons et des mycotoxines dans le sorgho dans le monde. Qui plus est, il contient l'examen détaillé de la contamination par les champignons et les mycotoxines de cette culture tolérante à la sécheresse dans le monde. L'information sur les types de champignons et mycotoxines dans le sorgho qui sera engendrée formera la base de l'examen du Code d'usages actuel employé pour la prévention de la contamination des céréales par les mycotoxines.

PRODUCTION ET UTILISATION DU SORGHO

Production

11. Le sorgho arrive au cinquième rang des céréales les plus cultivées et consommées dans le monde après le maïs, le riz, le blé et l'orge (FAOSTAT, 2010). C'est l'une des cultures qui fournit plus de 85% des calories d'origine alimentaire dans le monde. Les statistiques FAO les plus récentes sur la production par pays du sorgho pour l'année 2009 figurent au tableau 1. Les chiffres montrent que le sorgho est cultivé dans 105 pays qui couvrent un total de 39 969 624 hectares de terres dans le monde. Quarante-et-un pays africains produisent du sorgho alors que 20 pays cultivent cette céréale en Amérique du Nord et du Sud. Vingt-cinq, quatorze et cinq pays sont producteurs de sorgho en Asie/Moyen Orient, Europe et Océanie respectivement. Plus de la moitié de la superficie mondiale consacrée au sorgho est en Afrique (60,6%) alors que 22,2% se situe dans les pays d'Asie et du Moyen-Orient pour l'année étudiée. Les Amériques, la région du Pacifique ou l'Océanie et l'Europe correspondent respectivement à 14,9%, 1,92% et 0,39% de la superficie dédiée au sorgho dans le monde. Les dix pays qui ont la plus grande superficie consacrée au sorgho par ordre décroissant sont l'Inde, le Soudan, le Nigeria, le Niger, Les Etats-Unis, le Mexique, le Burkina Faso, l'Éthiopie, le Mali et la Tanzanie.

Productivité

12. Le sorgho est une culture dont la productivité est si forte qu'un rendement aussi élevé que 20,1 tonnes par hectare a été enregistré aux États-Unis (US Grain Council, 2010) mais paradoxalement, dans la plupart des pays où la superficie dédiée au sorgho est importante, les rendements sont faibles. Les pays africains qui comptent pour une large part de la superficie couverte par le sorgho enregistrent le rendement le plus faible de 0,904 tonnes par hectare suivis des pays d'Asie et du Moyen Orient avec une productivité de 1,096 tonnes par hectare.

Les pays développés d'Europe, du Pacifique et des Amériques enregistrent un rendement remarquable de 4,451, 3,860 et 3,561 tonnes par hectare respectivement malgré leur climat tempéré qui ne favorise pas la culture du sorgho. La Jordanie, l'Algérie, l'Israël, l'Italie, l'Egypte, la France la Turquie l'Uruguay, l'Ouzbékistan et Oman, les Etats-Unis, l'Argentine, le Mexique, l'Australie, la Chine et le Brésil (tableau 1) affichent les rendements de sorgho par hectare les plus élevés du monde en ordre décroissant. Les raisons avancées au rendement faible dans les régions en développement d'Afrique et d'Asie malgré leur climat tropical favorable sont la pratique de la culture sur des terres marginales, la faible utilisation des engrais, les conditions agro-climatiques hostiles (inondations, absence de précipitations ou sécheresse pendant la période de culture), les politiques gouvernementales défavorables qui soutiennent les autres cultures marchandes et les ressources minérales (Waliyar *et al.* 2007). Les insectes, les rongeurs, les oiseaux et les champignons sont responsables des pertes substantielles de grains dans les champs. Les autres facteurs comme l'utilisation continue des variétés à pollinisation libre au lieu des hybrides, l'insécurité politique et la réduction de la main d'œuvre dans les exploitations agricoles suite à la migration vers les peuplements urbains aux horizons plus prometteurs expliquent aussi le rendement faible observé en Afrique et en Asie.

13. Concernant la production, en tant que continent, l'Afrique est le plus grand producteur de sorgho, avec 21,9 tonnes annuelles, équivalentes à 39,044% de la production mondiale, suivie des Amériques (37,5%), de l'Asie/Moyen Orient (17,4%), de l'Océanie (4,8%) et de l'Europe (1,2%). D'après FAOSTAT, (2010), 56,0 tm de grains ont été produites en 2009 dans le monde et les principaux producteurs pour l'année fiscale 2009 étaient les Etats-Unis (9,7 tm), l'Inde (7,2 tm), le Mexique (6,1 mt), le Nigeria (5,2 tm), le Soudan (4,1 tm), l'Ethiopie (2,9 tm) et l'Australie (2,6 tm). Les autres comprennent le Brésil (1,8 mt), l'Argentine (1,8 mt) et la Chine (1,6 mt). Cependant, les données récentes fournies par le Conseil américain pour les céréales (2010) montrent que le Nigeria a été le principal producteur de sorgho pour l'année fiscale 2010 avec une production de 11,5 mt. Les autres dix principaux producteurs dans le monde étaient les Etats-Unis (9,7 mt), l'Inde (6,9 mt), le Mexique (6,2), l'Argentine (3,6), le Soudan (2,6), l'Ethiopie (2,0), le Brésil (1,8 mt), la Chine (1,6 mt) et l'Australie (1,6 mt). Les 95 autres pays producteurs ont récolté un total de 11,6 mt portant la quantité totale de sorgho produite dans le monde en 2010 à 59,5 mt.

Tableau 1: Principaux pays producteurs de sorgho dans le monde – 2009

Pays	Production (million de tonnes)	Superficie (hectares)	% de la production mondiale	Productivité (tonnes/hectare)
États-Unis	9728220	2233890	17,341	4,354
Inde	7250000	7530000	12,923	0,962
Mexique	6108090	1690520	10,888	3,613
Nigeria	5270790	4736730	9,395	1,112
Soudan	4192000	6652500	7,472	0,630
Ethiopie	2971270	1618680	5,290	1,837
Australie	2691790	766986	4,798	3,509
Brésil	1853930	793027	3,304	2,337
Argentine	1805220	456510	3,217	3,954
Chine	1677319	559542	2,989	2,997
Burkina Faso	1521470	1653120	2,700	0,920
Mali	1465620	1091040	2,612	1,343
Egypte	880000	158000	1,568	5,569
Niger	738661	2544720	1,316	0,290
Tanzanie	709000	874219	0,126	0,811
Tchad	600963	850000	1,070	0,707
Cameroun	600000	500000	1,060	1,200
Ouganda	497000	329000	0,885	1,510
Venezuela	370000	217000	0,659	1,705
Ghana	350550	267200	0,624	1,311
Autres, à savoir:	4816367	4446940	9,763	1,083
Jordanie	1060	77	0,0018	13,766
Israël	37500	6000	0,066	6,250
Algérie	389	43	0,0006	9,046
Italie	243400	39900	0,433	6,100
France	312819	58002	0,0577	5,393
Turquie	390	76	0,00069	5,131
Uruguay	324200	68100	0,577	4,760
Ouzbékistan	20000	4500	0,035	4,444
Oman	9700	2200	0,0172	4,0409

Source: FAOSTAT (2010)

Utilisation

14. Le sorgho est maintenant cultivé pour l'alimentation humaine et animale, les boissons alcoolisées et non alcoolisées, les aliments maltés et les biocarburants. Son nouveau profil agricole et industriel a engendré la hausse de la production et de la productivité dans le monde de 1961 à nos jours ainsi que son inclusion dans la liste actuelle des cultures d'exportation pour un grand nombre de pays producteurs.

15. L'information officielle actuelle de la FAO sur l'utilisation et le commerce du sorgho dans le monde est celle de l'année fiscale 2007 (FAOSTAT, 2010). Les données montrent que cette céréale est davantage utilisée pour l'alimentation animale qu'humaine. Alors que cinquante-huit pays ont utilisé 26,1 mt (41,7% de la production mondiale pour 2007) de sorgho pour l'alimentation humaine dans l'année en question, cent sept pays ont utilisé 27,5 mt (43,9%) pour la fabrication d'aliments pour les animaux. Des études ont montré que certains produits issus de la fermentation du sorgho moisi ont une valeur nutritionnelle et peuvent être utilisés sans risque pour l'alimentation animale (Siruguri *et al.* 2009). Le Nigeria, l'Inde, le Soudan, l'Éthiopie, le Burkina Faso, la Chine, le Yémen, le Mali, le Niger et le Tchad étaient les principaux consommateurs de cette céréale dans l'alimentation humaine. Cependant, les pays développés dont le Mexique, les États-Unis, l'Australie, l'Argentine et l'Espagne occupent les premiers rangs mondiaux pour l'utilisation du sorgho en tant qu'aliment pour les animaux. Cela signifie invariablement que 8,95 mt de sorgho sont utilisées à des fins industrielles et qu'elles représentent 14,4% de la production mondiale.

16. La forte demande de sorgho est évidente par le fait qu'alors que seuls 59 pays l'exportent (7,6 mt), 110 pays importent 7,4 mt pour répondre à leurs besoins. De même, il n'y a aucun continent, pas même l'Afrique, le plus grand producteur de sorgho, qui n'importe pas cette céréale (tableau 2). Les principaux exportateurs sont ceux qui sont les plus grands producteurs de cette céréale mais qui ne l'utilisent pas dans l'alimentation humaine et ils comprennent les États-Unis, l'Argentine, la Chine, le Brésil et les Pays-Bas. D'autre part, les principaux importateurs sont ceux qui utilisent le sorgho pour l'alimentation animale ou à des fins industrielles et ils sont le Mexique, l'Espagne, le Japon, les Pays-Bas et la Belgique. Des données récentes du Conseil américain pour les céréales (2010) ont cependant révélé que les États-Unis (4,0 mt), l'Argentine (1,5 mt), l'Australie (0,3), l'Inde (0,7) mt et le Nigeria (0,5 mt) sont les principaux exportateurs de sorgho pour l'année 2010. Les autres étaient le Brésil, la Chine et l'Afrique du Sud. Au vu de ce qui précède, il en ressort que la production, le rendement, la consommation et l'utilisation industrielle du sorgho sont en hausse mais que les disponibilités ne sont pas en rapport avec la demande accrue exercée par la population mondiale en pleine croissance. D'où le nouvel intérêt justifié pour cette céréale.

FACTEURS QUI INFLUENCENT LA FORMATION DES MOISSURES ET LA PRODUCTION DES MYCOTOXINES.

Facteurs prédisposants

17. Les maladies d'origine alimentaire humaines et animales sont un problème économique et de santé publique. Une des principales contraintes biotiques à la production alimentaire et par conséquent à la sécurité alimentaire réside dans les champignons. Les champignons sont la principale cause de dégradation des grains entreposés et des semences, ils sont au deuxième rang seulement derrière les insectes comme cause de détérioration et de pertes. La sensibilité du sorgho *bicolore* aux champignons à travers le monde est bien établie et présentée au tableau 3. La culture des variétés sensibles, la population végétale excessive et les pluies hors saison pendant la maturation et la récolte sont les facteurs avant récolte qui prédisposent à la contamination fongique des denrées agricoles (Bhat *et al.* (2000). D'après les mêmes auteurs, les autres conditions qui exacerbent la formation des moisissures dans les champs sont les plantes atteintes d'autres maladies et les dommages physiques commis par les prédateurs (insectes, oiseaux, rongeurs, etc.) Les travailleurs ont par ailleurs identifié que les récoltes à surmaturité, le séchage retardé et les grains endommagés pendant le battage sont des conditions après récolte qui favorisent la croissance fongique dans les cultures.

18. L'entreposage des grains récoltés dont la teneur en humidité est >10% et pendant des périodes prolongées dans des installations d'entreposage inadéquates entraînent la prolifération des moisissures dans les grains (Ominski *et al.* 1994, Abdalla 1998, Ahmed *et al.* 2009). De même, la pratique inappropriée consistant à mélanger des grains de grades différents pour améliorer la qualité des grains contaminés notamment quand certains d'entre eux contiennent un grand nombre de spores fongiques sera source d'inoculum pour le grain de bonne qualité et contaminera probablement le grain exempt de toxines (Wagacha et Muthomi, 2008). Les autres facteurs contraignants invoqués par les auteurs qui aggravent le fléau lié aux champignons et aux mycotoxines en Afrique en particulier sont l'ignorance du public quant à l'existence des toxines; l'absence complète ou l'application insuffisante des limites réglementaires; et l'introduction d'aliments contaminés dans la chaîne alimentaire qui est devenue inévitable en raison des pénuries causées par la sécheresse, les guerres et autre insécurité politique et socio-économique.

Tableau 2: Production, consommation, exportation et importation du sorgho à l'échelle régionale

Région	Nombre de pays producteurs de sorgho dans la région	Production (tonnes)	Superficie (hectares)	%production mondiale	Productivité (tonnes/ha)	Consommation humaine intérieure (en tonnes d'aliments pour l'homme)	Consommation animale intérieure (en tonnes d'aliments pour les animaux)	Exportation (tonnes)	Autres utilisations (tonnes)	Importations (tonnes)
Afrique	41	21 903 220	24 226 758	39,044	0,904	17 563 058 (67,8%)	2 820 536 (10,8%)	130 408 (0,38%)	4 787 424 (18,2%)	508 090 (1,9%)
Amérique	20	21 056 189	5 912 834	37,534	3,561	506 148 (1,9%)	16 365 269 (60,1%)	7 019 224 (26,3%)	777 025 (2,9%)	2 114 242 (7,8%)
Asie/Moyen Orient	25	9 768 970	8 910 465	17,414	1,096	8 097 633 (66,5%)	2 949 176 (27,5%)	283 070 (2,6%)	831 675 (7,7%)	1 422 622 (11,6%)
Europe	14	674 497	151 526	1,202	4,451	589 (0,014%)	3 636 900 (91,2%)	331 962 (8,3%)	16 669 (0,4%)	3 338 380 (83,7%)
Océanie	5	2 695 384	768 041	4,804	3,860	aucune donnée	1 755 497 (96,8%)	20 800 (1,1%)	aucune donnée	36 043 (1,9%)

Source: FAOSTAT, 2010 Note:

Les données sur la production, la superficie, le % de la production mondiale et la productivité sont pour l'année 2009.

l'année fiscale 2007.

Les chiffres pour la consommation intérieure des aliments de consommation humaine et animale, l'exportation, les autres utilisations et l'importation sont pour

Les valeurs des % entre parenthèses sont les pourcentages de la somme cumulative de la quantité totale de sorgho produit et importé dans le continent.

Les autres utilisations comprennent les déchets, les produits transformés et les utilisations industrielles.

Les champignons avant et après récolte

19. Les champignons identifiés dans les céréales étaient auparavant classés en trois groupes à savoir: les champignons de champ, d'entreposage et de décomposition avancée. Les champignons de champ infestent le grain en développement et à maturation avant la récolte et comprennent les espèces *Alternaria*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Cladosporium*, *Chaetomium* et *Curvularia* par ordre de prédominance (Javis, 1971). Tous les champignons de champ ont besoin d'une teneur en humidité élevée dans le grain de 20-25% pour se développer et sont par conséquent désignés comme des champignons hydrophiles (Lillehoj, 1973). Le même travailleur a fourni les espèces représentatives des champignons de champ comme *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium graminearum*, *Rhizopus nigricans* et *Trichoderma lignorum*.

20. Les champignons d'entreposage qui infestent les grains après la récolte, et pendant l'entreposage comprennent les genres *Aspergillus*, *Penicillium*, *Phoma*, *Sporendonema*, certaines espèces *Fusarium* et quelques espèces de levure (Javis, 1971 et Elegbede, 1978). Ils sont capables de se développer dans les substrats dans lesquels la teneur en humidité a été réduite à 13-18%, équivalente à une humidité relative d'équilibre de 70-85% (Javis, 1971). Ce groupe, également connu en tant que champignons d'entreposage mésophiles sont représentés par les espèces suivantes: *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *A. terreus*, *Paecilomyces variotii*, *Penicillium aurantiogriseum*, *P. citrinum* et *P. viridicatum*. Les autres sont *Aspergillus ochraceus* et *A. versicolor* (Lillehoj, 1973). Les principaux facteurs qui influencent le développement des champignons dans ce groupe sont la teneur en humidité des grains entreposés, la température, la durée de l'entreposage, le degré d'infestation préalable avant l'arrivée au site d'entreposage, la quantité de matériau étranger et l'activité des insectes et des acariens (Ominski *et al.* 1994).

21. Les champignons de décomposition avancée ont besoin du même ordre général d'humidité que les champignons de champ mais ils se développent rarement dans le grain en plein champ et comprennent les genres *Fusarium* et *Chaetomium*. Ces champignons se développent après qu'une détérioration importante ait été causée par les autres microorganismes (Javis, 1971 et Lillehoj, 1973). Cependant, il importe de noter que quand les champignons de champ sont détectés dans les grains entreposés et vice versa (Mycock et Berjak, 1999), la classification préalable a été déconseillée pour sa rigidité.

22. Bien que le groupement des champignons en champignons de champ et d'entreposage ne soit plus de mise, il convient de relever que les données présentées dans le tableau 3 citent *Phoma sorghina*, *Claviceps sorghi*, *C. africana*, *Alternaria spp.*, *Curvularia lunata*, *Aspergillus flavus* et *Fusarium verticillioides* en tant que champignons de champ propres au sorgho à travers le monde et les espèces *Aspergillus (A. flavus, A. Parasiticus, A. niger et A. ochraceus)*, *Penicillium* et plusieurs espèces *Fusarium* en tant que représentatifs des champignons d'entreposage dans cette céréale..

MYCOFLORE ET MYCOTOXINES DANS LE SORGHO ET LES PRODUITS À BASE DE SORGHO

23. Les principaux champignons associés au sorgho au Nigeria sont les espèces *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Phoma*, *Alternaria*, *Curvularia*, *Chaetomium* et *Helminthosporium* (Mantle et Waight, 1968, Tyagi, 1974, Elegbede, 1978, Dada, 1979, Salifu, 1981, Atanda, 1999 et Makun *et al.* 2009a). Les autres genres représentés sont *Colletotrichum*, *Periconia*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Trichotecium*, *Trichoderma* et *Cephalosporium*. Les champignons de champ prédominants rencontrés dans le sorgho par les mêmes travailleurs dans le pays comprennent *Aspergilli*, *Fusarium spp.*, *Curvularia spp.*, *Phoma sorghina* et *Aspergillus* (Atanda, 1999) alors que ceux identifiés pendant l'entreposage sont principalement les espèces *Fusarium*, *Penicillium*, *Phoma* et *Aspergillus*, qui correspondent aussi à la plupart des champignons qui infestent le malt de sorgho.

24. Au Soudan, les champignons les plus courants dans les grains de sorgho sont *Aspergillus*, *Rhizobus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Phoma*, *Alternaria* et *Curvularia* (Abdel-Rahim *et al.*, 1989, Abdalla, 1998, Abu Agla, 2002, Ahmed *et al.*, 2005, Ahmed *et al.*, 2008, Ahmed *et al.* 2009). Les espèces prédominantes en plein champ trouvées par ces travailleurs étaient *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. ochraceus*, *Fusarium moniliformae*, *Penicillium sp.*, *Phoma sorghi*, *Alternaria alternata*, *Alternaria tenuis* et *Curvularia lunata*. Les champignons les plus fréquemment identifiés dans les grains entreposés pris dans les mêmes études étaient *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. ochraceus*, *Rhizobus stolonifer*, *Fusarium moniliformae*, *Penicillium sp.*, *Phoma sorghi*, *Alternaria alternata* et *Curvularia lunata*.

25. La croissance fongique et la production de mycotoxines dans le sorgho est un phénomène mondial et sont présentées dans le tableau 3. Connole et Hill, 1970 ont isolé les espèces *Aspergillus niger*, *Penicillium* et *Cladosporium* dans le grain au Canada. Les champignons détectés dans le sorgho aux Etats-Unis comprennent les espèces *Claviceps*, *Fusarium*, *Alternaria* et *Epicoccum* (Porter *et al.* 1974) alors que les espèces *Alternaria*, *Fusarium*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Helminthosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma verticillium*, *Scopulariopsis*, *Trichothecium*, *Cephalosporium*, *Mucor*, *Rhizopus*, et *Thermomyces* sont les contaminants fongiques de cette céréale au Japon (Uraguchi et Yamazaki, 1978).

26. Bandyopadhyay *et al.* (2000) ont pris note de la mycoflore et des mycotoxines qui contaminent le sorgho dans le monde et les auteurs ont observé que parmi les principaux genres fongiques producteurs de mycotoxines se trouvent *Alternaria*, *Dreschslera*, *Cladosporium*, *Opitrichum*, *Fusarium*, *Curvularia* et *Gibberella*. Lors de l'examen critique d'une menace de l'ergot dans l'industrie mondiale du sorgho, Bandyopadhyay *et al.* (1998) a montré qu'il existe trois espèces *Claviceps* qui infestent le sorgho avec des pertes signalées entre 10% et 100% du rendement de la graine hybride dans le monde et les espèces sont *Claviceps africana*, *C. Sorghi* et *Claviceps japonaise*. D'après le rapport, *C. africana* qui produit la dihydroergosine est répandue en Amérique du Nord et du Sud, en Afrique, en Asie, et en Australie alors que *C. sorghi* non toxigène est largement répandu en Asie et que l'espèce japonaise *Claviceps* qui sécrète l'alcaloïde paliclavine est similairement confinée au Japon.

27. Concernant la répartition mondiale des champignons du sorgho, alors que les espèces *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* et *Alternaria* sont des occupants naturels courants dans le désert et le climat tropical en Afrique, en Asie et au Moyen-Orient, les espèces *Fusarium* sont répandues en Europe et dans les Amériques, les espèces *Alternaria* et *Fusarium* étant fréquentes en Océanie (tableau 3).

28. Sur la base des champignons toxicogènes isolés dans les grains dans le monde entier, il y a plus de trente mycotoxines potentielles qui peuvent les contaminer (tableau 3) et elles comprennent l'alternariol, l'alternariol méthyl éther, l'alténuène, l'altertoxine, l'acide ténuazonique, les aflatoxines, l'acide cyclopiazonique, les ochratoxines, la viridicatine, la citrinine, la patuline, la roquefortine, la lutéoskyrine, la cycloclotoyine, la moniliformine, la cytochalasine, les fumonisines, la rhizonin et la rhizoxine. Les autres comprennent la stérigmatocystine, la cladosporine, l'émodyne, la zéaralénone, la curvularine, la chaétomine, l'acide 3-nitropropionique, le diacétoxyscirpénol, le nivalénol, les gliotoxines, les alcaloïdes de l'ergot et la toxine T-2. La beauvéricine, la fusaproliférine, la fusaénone X, les gibberellines, le déoxynivalénol et le néosolaniol sont également compris.

Tableau 3: Résumé des rapports sur les champignons potentiellement toxiques dans le sorgho à travers le monde.

Région	Pays	Denrée	Espèces de champignons toxiques	Mycotoxines potentielles	Références
Dans le monde			<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxines	CAST, 2003
			<i>A. versicolor</i>	Acide cyclopiazonique	
			<i>A. ochraceus</i>	Ochratoxines	
			<i>Alternaria</i>	Ténuzonique/AAL	
			<i>Penicillium cyclopium</i>	Acide cyclopiazonique	
			<i>P. viridicatum</i>	viridicatine	
			<i>P. citrinum</i>	citrinien	
			<i>P. expansum</i>	Patuline/roquefortine	
			<i>P. islandicum</i>	Lutéoskryne/cyclochlorotine	
			<i>P. urticae</i>	Patuline, roquefortine	
Afrique	Burkina Faso	Sorgho de champ	<i>Fusarium thapsinum</i>	Moniliformine	Glenn, (2007)
			<i>Colletotrichum graminicola</i>	-----	Neye et Le Normand, (1998)
			<i>Phoma sorghina</i>	Cytochalasine/Ténuazonates	Somda <i>et al.</i> (2007)
			<i>Fusarium verticillioides</i>	Fumonisines	
	Nigeria	Sorgho en grains	<i>Rhizopus arrhizus</i>	Trémorgène, rhizonine/rhizoxine	Atanda et Akano, (1999).
			<i>Aspergillus oryzae</i>	Patuline	
			<i>A. niger</i>	Ochratoxines	
			<i>A. flavus</i>	Aflatoxines/stérigmatocystine	
			<i>A. tamarii</i>	Aflatoxines/acide cyclopiazonique	
			<i>Penicillium citrinum</i>	Citrinine	
			<i>Fusarium verticillioides</i>	Fumonisines/cladosporine	
			<i>Cladosporium fulvum</i>	Emodine	
			<i>Syncephalastrum racemosum</i>	-----	
				AFs, ST, OTA, CA etc	Elegbede, (1978)
			<i>Aspergillus</i>		
			<i>Fusarium</i>	ZEA, FB, MON,	

Région	Pays	Denrée	Espèces de champignons toxiques	Mycotoxines potentielles	Références
			<i>Penicillium</i>	OTA, PAT, CIT, PA, CA etc	
			<i>Curvularia</i>	Curvularine, cytochalasine B	
			<i>Phoma</i>	Cytochalasine/ténuaazonates	
			<i>Alternaria</i>	AOH,AME/ALT/ATX/TA	
			<i>Chaetomium</i>	Chaétomine	
			<i>Helminthosporium</i>	Cytochalasine	
			<i>Colletotrichum</i>		
			<i>Periconia</i>	Périconine A et B(inactive)	
			<i>Rhizopus</i>	Rhizonine, Rhizoxine, trémorgène	
			<i>Mucor</i>	3-nitroproionique, trémorgènes	
			<i>Trichotecium</i>	Trichothécènes	
			<i>Cephalosporum</i>	Trémorgènes	
					Dada, (1979)
			<i>Phoma sorghina</i>	Cytochalasine/ténuaazonates	Salifu, (1981)
			<i>Fusarium semitectum</i>	Zéaralénone/diacétoscirpénol	
			<i>F.moniliforme</i>	FB, MON, FUS.	
			<i>F.equiseti</i>	ZEA,MON,DAS,NIV	
					Makun <i>et al</i> (2009 ^{ab})
			<i>Aspergillus parasiticus</i>	Aflatoxines	
			<i>A.fumigatus</i>	Gliotoxine	
			<i>Alternaria alternate</i>	AOH,AME/ALT/ATX/TA	
	Soudan	Sorgho en grains			Abu Agla (2002)
			<i>Aspergillus niger</i>	Ochratoxines	
			<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxines	
			<i>Aspergillus ochraceous</i>	Ochratoxines	
			<i>Phoma sorghina</i>	Cytochalasine	
			<i>Alternaria tenuis</i>	Alternariol	Abdalla (1998)
			<i>Aspergillus spp.</i>	Aflatoxines, Ochratoxines	
			<i>Penicillium spp</i>	Patuline	
			<i>Alternaria sp.</i>	Alternariol	

Région	Pays	Denrée	Espèces de champignons toxiques	Mycotoxines potentielles	Références
			<i>Fusarium sp.</i> <i>Rhizobus sp.</i>	Fumonisines Trémorgènes, rhizonine, rhizoxine	Ahmed <i>et al</i> (2005)
			<i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus ochraceous</i> <i>Penicillium sp.</i> <i>Fusarium moniliformae</i> <i>Curvularia lunata</i>	Ochratoxines Aflatoxines Ochratoxines Tricothécènes, Fumonisines Curvularine	
			<i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus ochraceous</i> <i>Phoma sorghina</i>	Ochratoxines Aflatoxines Ochratoxines Cytochalasine	Ahmed <i>et al</i> (2008)
			<i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Penicillium sp.</i> <i>Fusarium moniliformae</i> <i>Curvularia lunata</i> <i>Rhizobus stolonifer</i>	Ochratoxins Aflatoxins Patuline Tricothécènes curvularine Trémorgènes, rhizonine, rhizoxine	Ahmed <i>et al</i> (2009)
	Cameroun Afrique du Sud Zimbabwe (beaucoup d'autres pays)		<i>Claviceps sorghi africana</i>	Alcaloïdes de l'ergot	Bandyopadhyay et al (1998)
			<i>Asperigillus circinatus</i>		ICRISAT, 2011
	Afrique du Sud		<i>Alternaria raphani</i> <i>A. tenuisinae</i>	AOH,AME/ALT/ATX/TA	Soliman, (2003)

Région	Pays	Denrée	Espèces de champignons toxiques	Mycotoxines potentielles	Références
	Egypte		<i>Aspergillus flavus</i>	AOH,AME/ALT/ATX/TA	
			<i>Cunninghamella elegans</i>	Ochratoxines	
			<i>Drechslera myaki</i>		
			<i>Fusarium graminearum</i>	stérigmatocystine	
			<i>F. verticillioides</i>	ZEA,DON,NIV,FUS	
			<i>F.solani</i>	FB, MON, FUS	
			<i>Rhizopus stolonifer</i>	toxines T-2	
			<i>Penicillium digitatum</i>	Trémorgènes, rhizonine, rhizoxine	
			<i>P. notatum</i>		
				Roquefortine	
			<i>Fusarium chlamydosporum</i>		
			<i>F.verticillioides</i>	Chlamydosporol	Onyike et Nelson, (1992)
			<i>F.equiseti</i>	FB, MON, FUS	
			<i>F.graminearium</i>	ZEA,MON,DAS,NIV	
	Nigeria		<i>F.nygamai</i>	ZEA,DON,NIV,FUS	
	Lesotho		<i>F.semitectum</i>	FBs, MON, BEA	
	Zimbabwe		<i>F.compactum</i>	ZEA, MON	
			<i>F.dimerum</i>	Néosolaniol	
			<i>F.avenaceum</i>		
			<i>F.lateritium</i>	MON, BEA, FUS	
			<i>F.sambucium</i>	DAS, Néosolaniol	
			<i>F.proliferatum</i>	Trichothécènes (DAS)	
			<i>F.sporotrichioides</i>	FBs/MON/FP/BEA	
			<i>F.oxysporum</i>	HT2, T2, DAS, BEA,FUS	
			<i>F.napiforme</i>	ZEA/trichothécènes	
				FBs/MON	
					Mansuetus <i>et al.</i> (1997)
			<i>Fusarium fugikuroi</i>		
				FB, GB, MON, BEA	

Région	Pays	Denrée	Espèces de champignons toxiques	Mycotoxines potentielles	Références
Amériques	Tanzanie		<i>Phoma</i> <i>Fusarium</i> <i>Curvularia</i>	Cytochalasine/ténuaazonates FB, DON,NIV,DAS,T2 etc Curvularine	Ratnadass <i>et al.</i> (2003)
	Afrique de l'Ouest et centrale				
	États-Unis	Sorgho de champ	<i>Claviceps africana</i>	Alcaloïdes de l'ergot	Bandyopadhyay et al (1998)
	États-Unis	"	<i>Asperigillus circinatus</i>		ICRISAT, 2011
	Brésil	Sorgho d'entrepôt et de champ	<i>A.flavus</i> <i>F.verticillioïdes</i> <i>F.proliferatum</i>	Aflatoxines FB, MON, FUS FBs/MON/FP	Pitt et Hocking, (2009)
Asie/Moyen Orient	Brésil	Sorgho en grains	<i>Cladosporium</i> <i>Helminthosporium</i> <i>Fusarium verticillioïdes</i>	Emodine stérigmatocystine FBs, MON, FUS	Reia <i>et al.</i> (2010)
	Argentine		<i>Fusarium napiforme</i>	FB, MON, FUS	Glenn, (2007)
	Inde	Sorgho de champ	<i>A.flavus</i> <i>Curvularia lunata</i> <i>F.verticillioïdes</i>	Aflatoxines Curvularine Fumonisinés	Reddy <i>et al.</i> (1985)
	Inde	Sorgho	<i>Aspergillus</i> <i>Alternaria</i> <i>Cladosporium</i> <i>Diplodia</i> <i>Fusarium</i> <i>Curvularia</i>	AF, ST, OTA, etc AOH,AME/ALT/ATX/TA Emodine FB, DON,NIV,DAS,T2 etc Curvularine	ICRISAT, 2008

Région	Pays	Denrée	Espèces de champignons toxiques	Mycotoxines potentielles	Références
			<i>Phoma</i> <i>Penicillium</i>	Cytochalasine/ténuazonates FB, DON,NIV,DAS,T2 etc	
	Asie du Sud-Est	Sorgho en grains	<i>A.flavus</i> <i>Curvularia lunata</i> <i>C.pallescent</i> <i>Alternaria alternate</i> <i>A.Longissima</i> <i>F.verticillioides</i> <i>F.semitectum</i> <i>Lasiodiplodia theobromae</i> <i>Nigrospora oryzae</i> <i>Phoma species</i>	Aflatoxines Curvularine Curvularine AOH,AME/ALT/ATX/TA AOH,AME/ALT/ATX/TA Fumonisines/moniliformine ZEA, MON Cytochalasine/ténuazonates	Pitt et Hocking, (2009)
	Inde		<i>Fusarium proliferatum</i> <i>F. sacchari</i> <i>F. nelsonii</i> <i>F. equiseti</i> <i>F.asiaticum</i>	NIV, DON, DAS, Fus-X	Lincy <i>et al.</i> (2011)
	Inde		<i>Fusarium proliferatum</i> <i>F. sacchari</i> <i>F. andiyazi</i> <i>F. thapsinum</i> <i>F.equiseti</i>	FB, MON, FUP	Sharma <i>et al.</i> (2011)
Europe	France		<i>Asperigillus circinatus</i>		ICRISAT, 2011
Océanie	Australie		<i>Asperigillus circinatus</i>		ICRISAT, 2011
	Australie	Sorgho de champ et d'entreposage	<i>Alternaria alternata</i> <i>Alternaria infectoria</i>	AOH,AME/ALT/ATX/TA AOH,AME/ALT/ATX/TA	Pitt et Hocking, (2009)

Région	Pays	Denrée	Espèces de champignons toxiques	Mycotoxines potentielles	Références
		Sorgho	<i>Phoma sorghina</i> <i>Bipolaris sorghicola</i> <i>Exserohium rostratum</i> <i>Cladosporium spp.</i>	Cytochalasine/ténuazonates Stérigmatocystine Emodine	
	Australie		<i>Fusarium nygamai</i>	FB, MON, BEA	Glenn, (2007)

Note: AOH (Alternariol), AME (Alternariol méthyl éther), ALT (Alténuène), ATX (Altertoxine), TA (acide ténuazonique) aAcDON=mono-acétyldéoxynivalénols (3-AcDON, 15-AcDON); AcNIV=mono-acétylnivalénol (15-AcNIV); BEA=beauvéricine; iAcDON=di-acétyldéoxynivalénol (3,15-AcDON); DAcNIV=diacétylnivalénol (4,15-AcNIV); DAS=diacétoxyscirpénol; DON=déoxynivalénol (Vomitoxin); EN=enniatines; FB1 =fumonisine B1; FB2 =fumonisine B2; FB3 =fumonisine B3; FUP=fusaproliférine; FUS=fusarénone-X (=4-Acetyl-NIV); FUC=fusarochromanone; HT2= toxine HT- 2; MAS=monoacétoxyscirpénol; MON=moniliformine; NEO=néosolaniol; NIV=nivalénol; T2= toxine T-2; ZEA=zéaralénone; ZOH=zéaralénols (isomères α et β).

29. Malgré les trente et plus mycotoxines du sorgho probables (voir 27 ci-dessus), les mycotoxines les plus courantes identifiées dans le sorgho et ses produits dérivés à travers le monde comme le montre le tableau 4 sont les aflatoxines, la zéaralénone et les ochratoxines A, les fumonisines, la moniliformine, le déoxynivalénol et les alcaloïdes de l'ergot même si l'alternariol, l'alténuène, l'acide ténuazonique, le nivalénol, la patuline, la stérigmatocystine et la toxine T-2 ont aussi été isolées dans cette céréale. L'ergosine a été signalée en Australie par Ryle, (2010). En dépit du manque de données sur les mycotoxines en Europe, les aflatoxines sont les toxines du sorgho mondialement les plus critiques car elles ont été détectées dans quatre des cinq régions du globe (tableau 4) à des niveaux incriminants allant jusqu'à 1164 µg/kg dans le sorgho moisi au Nigeria (Makun *et al.* 2009a) et devraient par conséquent bénéficier la plus haute attention.

30. En matière de prévalence, les aflatoxines sont suivies par les ochratoxines, la zéaralénone et les fumonisines (tableau 4). Les données sur l'incidence des ochratoxines provenaient principalement d'Afrique avec la quantité la plus élevée signalée dans le grain éthiopien avec des concentrations inquiétantes de 2106 µg/kg (Ayalew *et al.* 2006). La zéaralénone a aussi été isolée dans le grain africain et asiatique avec la concentration la plus élevée de 7260 µg/kg détectée dans la céréale importée du Japon (Aoyama *et al.* 2001). Les fumonisines ont été signalées dans la céréale en Ethiopie (Ayalew *et al.* 2006), en Inde (Waliyar *et al.* 2007) et aux États-Unis (Truckness *et al.* 2000) avec des concentrations faibles à modérées de 0 – 2117 µg/kg.

31. L'occurrence des toxines d'*Alternaria* en concentrations importantes dans les aliments de consommation humaine et animale à base de sorgho en Afrique du Sud (Sydenham *et al.* 1988), en Inde (Ansari et Shrivastava, 1990) et aux États-Unis (Hagler *et al.* 1987) et la prédominance élevée d' *Alternaria* spp en tant que champignons du sorgho en plein champ dans le monde (tableau 3) devraient attirer une attention plus grande sur ces champignons. De même, l'incidence de la mycotoxine hémorragique très toxique qu'est la toxine T-2 en quantité toxicologiquement importante de 1670 à 15000 µg/kg dans le sorgho indien (Bhavanishankar et Shantha, 1987) est très préoccupante concernant la santé publique. Outre la toxine T-2, les enniatines sont d'autres mycotoxines de *Fusarium* mineures qui ont été détectées en concentrations alarmantes allant jusqu'à 683,900 µg/kg dans le sorgho et les produits à base de sorgho tunisien Souhelb *et al.* 2011).

32. Même si le sorgho, matière première brute pour l'alimentation animale, a été décrit ci-dessus comme étant contaminé par un certain nombre de toxines, il est approprié d'examiner l'occurrence des mycotoxines dans les aliments pour animaux car la transformation pourrait altérer la concentration des toxines dans les aliments pour animaux par rapport à celle des matières premières. Qui plus est, l'élevage commercial est maintenant une industrie importante dans le monde et par conséquent les aliments pour animaux sont devenus une source importante d'exposition des humains aux toxines d'origine alimentaire. Compte tenu de la probable disparité de la teneur en toxine entre les denrées brutes et les aliments pour animaux qui entraînera des risques d'exposition différents, les quelques rapports signalant AME (≥ 2250 µg/kg) dans les aliments à base de sorgho pour les porcs (Sydenham *et al.* 1988) et OTA (≥ 38 µg/kg) dans les aliments à base de sorgho pour la volaille (Zafar *et al.* 2001) à des niveaux toxicologiques élevés nécessitent l'utilisation de tests de sensibilité aux mycotoxines rapides par les agriculteurs, les fabricants et les consommateurs pour veiller à la qualité des produits dans l'exploitation agricole.

33. Les autres aliments transformés à partir du sorgho qui contiennent différentes mycotoxines en concentrations variées comprennent le sirop et la farine de sorgho. Aux États-Unis, Trucksess *et al.* (2000), ont isolé la fumonisine B1 dans un parmi 35 échantillons de sirop de sorgho recueillis dans 15 états avec une concentration de 0,12 µg/g (LOQ de 0,1 µg/g). Tandis qu'au Brésil, Campos *et al.* (2008) ont isolé, dans la farine de sorgho, *Aspergillus* spp. (75,3%) *Alternaria* spp. (22,3%) et *Fusarium* spp. (2,4%). Soixante-dix-sept pour cent des souches d'*A. flavus* étaient productrices d'aflatoxines. Tous les échantillons examinés étaient contaminés par les aflatoxines, à des niveaux allant de 0,1 à 23,8 µg/kg.

34. Des mycotoxines, notamment les aflatoxines, l'ochratoxine A et les toxines d'*alternaria*, ont été détectées dans les grains de sorgho au Soudan. Les aflatoxines B1, B2 et l'ochratoxine A sont des contaminants courants alors que l'aflatoxine G1 n'a été détectée que dans les grains de sorgho utilisés dans les aliments pour animaux (Abdalla, 1998, Ahmed *et al.*, 2009, Elzubir *et al.* 2009 a et b). L'alternariol a été détecté dans les grains de sorgho entreposés dans des fosses traditionnelles (Abdalla, 1998).

35. Bien que le procédé de fermentation réduise les mycotoxines dans les produits contaminés (Hell et Mutegei, 2011), l'information présentée dans le tableau 4 dénonce un transfert important des mycotoxines dans la bière africaine traditionnelle à base de sorgho. Odhay et Naicker, (2002) ont détecté AFB1 (200-400 µg/kg et OTA (0,34-54,5 µg/kg) en concentrations dangereuses avec des quantités modérées de ZEA (2,6-426 µg/L) dans la bière sud-africaine. La bière opaque traditionnelle à base de sorgho au Malawi contenait des aflatoxines à des niveaux supérieurs à la limite autorisée par le Codex de 10 µg/kg (Matumba *et al.* 2011). Des niveaux allant jusqu'à 50 µg/kg ont été détectés dans la bière locale à base de sorgho au Lesotho (Sibanda *et al.* 1997). Au Botswana, Nkwe *et al.* (2005), ont isolé dans 46 échantillons de malt, de moût et de bière à base de sorgho de fabrication traditionnelle *F. verticillioides* et *A. flavus* dans 72 et 37% des échantillons respectivement. Aucune aflatoxine n'a été détectée. La fumonisine B1 a été détectée dans le malt à un taux de 6,5% et un niveau de 47-1316 µg/kg. La zéaralénone a été détectée dans le malt à un taux de 56% et un niveau de 102-2213 µg/kg, dans le moût à un taux de 48% et un niveau de 26-285 µg/L et dans la bière à un taux de 48% et un niveau de 20-201 µg/L. Avec ces quantités dangereuses de toxines dans nos produits fermentés, il conviendra de suivre l'avis de Pietri *et al.* (2010) comme quoi si les matières premières sont conformes aux limites réglementaires, la contribution de la consommation journalière modérée de bière à l'ingestion des mycotoxines ne contribuera pas outre mesure à l'exposition du consommateur. Selon la norme de l'Union européenne, les teneurs en DON et en FB₁ détectées dans la bière camerounaise à base de sorgho (Roger, 2011) étaient sans danger; cependant, le risque ici pourrait être lié à la synergie possible des toxines (Placinta *et al.* 1999).

IMPLICATIONS ÉCONOMIQUES ET SANITAIRES DES CHAMPIGNONS ET DES MYCOTOXINES DANS LE SORGHO

36. Parmi les isolats fongiques toxiques, *Aspergillus spp*, *Penicillium*, *Fusarium* et *Trichoderma* étaient les plus répandus (tableau 3) et par conséquent, les mycotoxines qu'ils sont susceptibles de produire seraient une préoccupation sanitaire importante. Une multitude de mycotoxines (Uraguchi et Yamazaki, 1978 et Scott, 1994), dont certaines sont significatives en matière de santé publique, sont produites par les espèces *Aspergillus* (Gbodi et Nwude, 1988, Prelusky et Rotter, 1994, Peraica *et al.* 1999) mais la préoccupation majeure est liée aux aflatoxines et à la stérigmatocystine qui sont des carcinogènes naturellement présents et qui ont été associés à une incidence élevée du cancer du foie dans certaines parties du monde où les aliments sont fréquemment contaminés par les aflatoxines (Bankole et Adebajo, 2004). Les aflatoxines sont essentiellement des hépatotoxines et des hépatocarcinogènes qui ont été responsables de la mort de quatre-vingt personnes au Kenya suite à la consommation de farines de maïs hautement contaminées par les aflatoxines en 2004 (ProMed, 2004).

37. Le carcinome hépatocellulaire (HCC) est une maladie chronique qui est devenue un problème de santé majeur dans le monde, responsable de plus de 600 000 cas par an (Ferenci *et al.* 2010) et qui représente plus de 70% des carcinomes du foie (Lata 2010). En Afrique et en Asie, l'agent promoteur de ce cancer est vraisemblablement AFB1, (il a été estimé qu' AFB1 pourrait être l'agent causal dans 4,6-28,2% de l'ensemble des cas de HCC dans le monde (Liu et Wu 2010) qui est le principal carcinome dans le cas de régions où l'hépatite et l'aflatoxines sont présentes.

38. L'activité de l'aflatoxine B1 en tant que poison est telle qu'un employé de laboratoire a utilisé cette substance pour tenter de se suicider (Peraica *et al.* 1999) et qu'elle est une arme biologique dans l'arsenal des terroristes (Lane, 2005). Les chercheurs ont également montré que l'aflatoxine augmente le niveau du virus du Sida de 400% dans le sang (Lane, 2005) parce qu'elle inhibe la production des substances résistives humorales non spécifiques (notamment de C4 et Interferon), et freine la phagocytose, la croissance du thymus et l'immunité à médiation cellulaire (Pier et McLoughlin, 1985).

39. A l'exception de la forme aiguë d'intoxication par l'aflatoxine, beaucoup de maladies et de troubles sont associés à l'ingestion chronique de cette toxine. L'étude la plus préoccupante en Afrique de l'Ouest est celle qui a montré une corrélation importante entre l'exposition à l'aflatoxine dans les aliments et la croissance ralentie des enfants qui sont exposés à la toxine dès la période néo-natale (Gong *et al.* 2002). Un niveau élevé d'exposition à l'aflatoxine au moment du sevrage a affecté la croissance des enfants dans la République du Bénin et au Togo (Gong *et al.* 2003 et Gong *et al.* 2004). Une forte relation négative a été montrée entre les niveaux d'aflatoxine et le poids de naissance chez les nourrissons dans les Emirats Arabes Unis (Abdulrazzaq *et al.* 2004). Du fait que les aflatoxines sont génotoxiques et peuvent traverser la barrière placentaire, ils peuvent engendrer des anomalies génétiques pendant la période fœtale (Maxwell *et al.* 1989).

40. Les enfants victimes de malnutrition protéino-calorique (kwashiorkor) qui ont des aflatoxines dans le corps ont un niveau d'hémoglobine nettement inférieur, un œdème prolongé, un nombre accru d'infections et des séjours à l'hôpital plus longs que les enfants atteints de malnutrition mais qui n'ont pas d'aflatoxines dans le sang ni l'urine (Adhikari *et al.* 1994). Il en ressort que les aflatoxines aggravent la kwashiorkor. Les aflatoxines ont par ailleurs été associées à la susceptibilité néonatale aux infections et à la jaunisse (IARC, 1976), aux infections infantiles, aux affections malignes et à la réponse compromise aux vaccinations prophylactiques des enfants (Hendrickse *et al.* 1983).

41. Les principales toxines de *Penicillium* sont l'ochratoxine A, la citrinine, la patuline, l'acide pénicillique, la roquefortine, l'acide cyclopianonique, la verrucosidine, la rubratoxine, la cyclochlorotine et la lutéoskyrine (Scott, 1994). L'importance toxicologique de ces mycotoxines pour la santé humaine, la production animale et le commerce a été étudiée par de nombreux scientifiques (Gbodi et Nwude, 1988, Beardall et Miller, 1994, Prelusky et Rotter, 1994, Peraica *et al.* 1999). Outre les aflatoxines, les trois mycotoxines principales d'*Aspergillus* et *Penicillium* qui présentent les menaces les plus graves pour la santé publique sont l'ochratoxine A, la patuline et la citrinine. L'ochratoxine A provoque des troubles du foie et des reins chez les animaux, notamment chez les porcs, et chez l'homme (Stoev *et al.* 2011). Cette mycotoxine a été proposée comme agent causal de la néphropathie endémique parmi les populations rurales de Croatie, de Bosnie-Herzégovine, de Yougoslavie, de Bulgarie, et de Roumanie, où il a été estimé qu'environ 20 000 personnes sont atteintes de la maladie, ou soupçonnées de l'être (Peraica *et al.* 1999). La toxine a aussi été associée aux tumeurs urothéliales du pelvis et de l'urètre en Egypte, en Croatie, en Bulgarie et en Yougoslavie et à la néphropathie intersticielle chronique en Tunisie (Wafa *et al.* 1998 et Peraica *et al.* 1999). La patuline et la citrinine sont respectivement neurotoxique et néphrotoxique (Peraica *et al.* 1999). Les espèces *Penicillium* notamment *P. citreonigrum*, *P. islandicum* et *P. citrinum* ainsi que leurs toxines; la lutéoskyrine, la cyclochlorotine et la citréoviridine qui sont présentes dans le sorgho sont également liées à la maladie du riz jaune (Uraguchi et Yamazaki, 1978).

42. La zéaralénone, toxine œstrogène qui engendre l'infertilité chez les animaux, est associée aux cas de changements pubertaires précoces à Porto Rico et a été pressentie pour son lien possible avec le cancer du col de l'utérus chez la femme (JECFA, 2000). Les autres mycotoxines produites par *Fusarium spp* sont classées dans les groupes principaux suivants; les trichothécènes, les culmorines, les enniatines, les fusarines et les fumonisines. Les autres substances produites par cette famille de champignons et qui n'appartiennent pas aux groupes mentionnés ci-dessus sont la moniliformine, le buténolide et le chlamydosporol. Toutes ces fusariotoxines notamment les trichothécènes et les fumonisines posent un problème sanitaire majeur et sont la cause des mycotoxicoses chez les animaux (Gbodi et Nwuda, 1988) et chez les humains (Prelusky et Rotter, 1994).

43. Les trichothécènes sont des inhibiteurs de protéines à effets immunosuppresseurs corollaires qui entraînent une grave détérioration de l'appareil digestif et la mort par hémorragie intestinale (Beardall et Miller, 1994). Les trichothécènes les plus courants sont le déoxynivalénol (DON) et la toxine T-2. DON a été à l'origine d'un incident à grande échelle de toxicose humaine dans la vallée du Cachemire, en Inde, en 1988, et des cas de toxicose aiguë due au DON ont été signalés en Chine, au Japon et en Corée entre autres pays (Beardall et Miller, 1994).

44. Les fumonisines, notamment FB₁, engendrent le cancer du foie et du rein et des anomalies du tube neural chez les rongeurs, la leucoencéphalomalacie équine et l'œdème pulmonaire chez les porcs (Marasas, 2001). L'association de FB₁ avec une incidence élevée de cancer œsophagique humain dans certaines régions d'Afrique du Sud, du Nord-Ouest de l'Iran et de la Chine, de cancer du tractus gastro-intestinal supérieur en Italie du Nord et d'anomalies du tube neural chez les nouveau-nés de l'homme (Marasas, 2001) est un problème majeur de santé publique. Le centre international de recherche sur le cancer classe les fumonisines comme cancérigènes possibles pour les humains (catégorie II-B) (IARC, 1993).

45. *Trichoderma* spp a été détecté comme contaminant du sorgho (Uraguch et Yamazaki, 1978 et Gbodi, 1986). Les mycotoxines produites par *Trichoderma* spp sont nombreuses et comprennent les alaméthines, le chrysophanol, l'émodyne, l'ergokone, la gliotoxine, la gliovirine, la protéine G, l'harzianum A, l'acide heptéldique, les isocyanocyclopentènes, les koniginines A,B,C,G, l'aracelsine, la saturnisporine, la suzukacilline, la trichodermine, les trichorzianines A&B, les trichothécènes, la trichotoxine, la trichoviridine et la viridine (Uraguch et Yamazaki, 1978, Scott, 1994). Cependant, la satratoxine H, le trichodermol, la trichodermine et T-2 sont les plus complexes et toxiques. La satratoxine H est un immunosuppresseur responsable de la tératogénicité chez les animaux alors que les trois autres inhibent la synthèse des protéines et endommagent le tractus gastro-intestinal et l'hémoglobine chez les animaux et les humains (Prelusky et Rotter, 1994 et JECFA, 2000).

46. Bien que la toxicité de la paliclavine produite par *Claviceps* sp japonais n'ait pas fait l'objet de recherche, les alcaloïdes synthétisés par *C. africana* sont associés avec le refus de s'alimenter et la perte de poids chez les porcs et la perte des portées qui s'en suit faute de lait produit par les femelles. (Bandyopadhyay *et al.* 1998). La pathologie du syndrome montre une baisse considérable des niveaux de prolactine dans le sang, preuve d'une possibilité d'agalactie chez les femelles. L'étude a par ailleurs signalé que quand les poulets sont nourris à l'aide d'aliments contaminés par des sclérotés qui contiennent le champignon, des difficultés respiratoires, des diarrhées et la mort sont observés chez les animaux de laboratoire.

47. La forte incidence de *Mucor* et *Alternaria* spp dans le sorgho moisi, et leur toxicité reconnue chez les souris de laboratoire (Makun *et al.* 2009b) laisse deviner la présence probable de métabolites toxiques de ces champignons dans les grains. Par exemple, la rhizonine A sécrétée par *Mucor* spp qui a des effets délétères sur le rein et le foie des souris et des rats (Wilson, 1984) sera vraisemblablement présente en tant que mycotoxine contaminante du sorgho. Les moisissures du genre *Alternaria* produisent de nombreuses toxines mais principalement les cytochalasines et l'acide ténuazonique (Visconti et Sibilia, 1994) qui ont joué un rôle dans la maladie hémorragique « onyali » en Afrique du Sud (Beardall et Miller, 1994).

48. Il convient de mentionner qu'il y a une co-occurrence très élevée des différents champignons mycotoxigènes dans le même échantillon de grain (tableau 3) notamment ceux qui produisent AF, OTA et FB, qui entraînera vraisemblablement une contamination simultanée naturelle par les mycotoxines apparentées et non apparentées dans la même matrice alimentaire tel qu'observé dans le tableau 4. Cette co-contamination dans le grain de sorgho par différentes toxines a été démontrée par Makun *et al.* (2009), il s'agissait dans ce cas de la présence simultanée d'AF, OTA et ZEA. Les contaminants mycotoxines peuvent être présents en association de deux, trois et jusqu'à cinq (Elegbede, 1978, Ayalew *et al.* 2006, Ghali *et al.* 2008).

49. Les implications d'un tel « cocktail » de toxines sur la santé humaine sont inconnues à l'heure actuelle. Cependant, les effets interactifs des mycotoxines dans ces associations naturelles pourraient être synergétiques, additifs ou antagonistes dans l'organisme-hôte (Miller 1995). L'interaction entre AFB₁ et FB₁, qui est l'une des associations observées, a eu un effet additif chez la souris, provoquant des lésions du foie et des reins chez les animaux de laboratoire (Gelderblom *et al.* (2002). Les autres associations qui ont été observées ont montré des interactions synergétiques entre AFB₁ et les trichothécènes (Placinta *et al.* 1999), FB₁ et OTA (Creppy *et al.* 2004), et FB₁ et ZEA (Luongo *et al.* 2008). L'exposition simultanée à OTA et AFB₁ de lapins a montré une interaction antagoniste entre les toxines concernant les effets tératogènes (Wangikar *et al.* 2005). La nature variée et complexe des effets des mycotoxines mélangées est évidente dans les effets cytostatiques synergétiques et additifs de DON et FB₁ chez les porcs et les poulets à griller respectivement (Placinta *et al.* 1999). DON est antagoniste avec T-2 dans l'inhibition de la prolifération des lymphocytes humains (Speijer et Speijer 2004). Les données sur l'interaction entre quatre espèces ou plus de mycotoxines, cas fréquent dans les échantillons de sorgho, ne sont pratiquement pas disponibles; cependant, Speijer et Speijer (2004) ont supposé que l'exposition simultanée à plusieurs classes de mycotoxines produit généralement un effet additif, à quelques exceptions près pour lesquelles l'interaction est synergétique.

50. Les pertes économiques dues à la contamination par les champignons et les mycotoxines peuvent être examinées à trois stades, à savoir la production agricole, la production animale et la santé humaine. Au niveau de la production agricole, des millions de tonnes de cultures sont détruits par les champignons chaque année. L'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture a estimé que 25% des cultures alimentaires mondiales subissent des pertes dues aux mycotoxines chaque année (Charmley *et al.* 1994). L'institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT, 2002) a communiqué le volume suivant des pertes de grains alimentaires dues aux mycotoxines chaque année dans le monde: maïs 16 millions de tonnes, riz 12 millions de tonnes, arachides 1,8 millions de tonnes, sorgho et millet 378.000 tonnes, coprah 3,7 millions de tonnes, soja 2,3 millions de tonnes. Une part importante de ces pertes se produit dans les pays en voie de développement d'Asie et d'Afrique.

51. Aux États-Unis seulement, les coûts économiques annuels moyens des pertes agricoles dues aux mycotoxines, aflatoxines, fumonisines, et déoxynivalénol, sont estimés à 932 millions de dollars américains (CAST, 2003) et des pertes supplémentaires de l'ordre de 466 millions proviennent des efforts déployés pour prévenir et réduire la contamination à travers l'application des règlements, les essais, et autres activités liées au contrôle de la qualité (Dohman, 2003). Les pays africains qui exportent des produits agricoles perdent 670 millions par an pour se conformer à la réglementation de l'Union européenne sur les aflatoxines (Otsuki *et al.* 2001). Cet impact économique lié aux AF est énorme sur le continent notamment sur les nombreux pays agricoles africains, où les exportations de céréales, de fruits secs et de fruits à coque représentent 50% du revenu national (Sibanda *et al.* 1997). Par ailleurs, au Nigeria l'agence nationale pour le contrôle des produits alimentaires et pharmaceutiques a détruit des produits alimentaires contaminés par les aflatoxines d'une valeur de plus de 200 000 dollars américains (SFI, 2005).

Tableau 4: Incidence naturelle des mycotoxines dans le sorgho dans le monde

Mycotoxine	Pays	Type d'échantillon	incidence	Fourchette de concentration (µg/kg)	Moyenne ± SD de concentration (µg/kg)	Référence
Aflatoxine	Australia					Ryle, 2010
Aflatoxine	Ethiopie		8,8%	0-26		Ayalew et al. 2006
Aflatoxine B ₁ G ₁	Nigeria	Champ	8/8 8/8	30,32 – 211,20 2,40 – 208,00	81,3 59,97	Uraih et Ogbadu, (1980)
Aflatoxine B ₁	Nigeria		22/318	0 – 40		Opadokun, (1992)
Aflatoxine B ₁	Nigeria	Entrepôt		27,22 – 36,13	30,53± 3,37	Odoemelam & Osu, (2009)
Aflatoxine B ₁	Nigeria	Champ moisi Entrepôt moisi	5/16 88/152	0 – 54 0-1164	9,88 + 17,73 ≥266,82	Makun <i>et al.</i> (2009a) -ditto-
Aflatoxines	Soudan	Fosse traditionnelle	30	0-500	91,7	Abdalla (1998)
Aflatoxine B ₁	Soudan		6/28	0-7	3,0	Ahmed <i>et al</i> (2009)
Aflatoxine B ₂		Entrepôt	1/28	0-5	1,5	
Aflatoxine B ₁	Soudan		2/11	37-375	206 + 0,70	Elzubir <i>et al</i> (2009a)
Aflatoxine B ₂	Soudan	Entrepôt	1/11	0-5,46	5,46 + 0,52	
Aflatoxine G ₁	Soudan		2/11	0-24	136,9 + 0,75	
Aflatoxine B ₁	Soudan				21,8 + 0,05	Elzubir <i>et al</i> (2009b)
Aflatoxine B ₂	Soudan	Entrepôt			0,08 + 0,06	
Alternariol	Soudan	Entrepôt		0-350		Abdalla (1998)
Ochratoxine A	Soudan	Fosse traditionnelle	84/113	0,33-1,58	2,5	Ahmed <i>et al</i> (2009)
Ochratoxine A	Soudan	Entrepôt			0,96	Elzubir <i>et al</i> (2009b)
Aflatoxines	États-Unis	Entrepôt	3/223	5-50		JECFA, (1998)
Aflatoxine B ₁	Brésil		20/59		3	JECFA, (1998)
Aflatoxine B ₁	Brésil		18/140	7-33		Da Silva et al. (2000)
Aflatoxine B ₁	Chine			>1	11	JECFA, (1998)
Aflatoxine B ₁	Colombie			1,4 – 43		JECFA, (1998)
Aflatoxine B ₁	Inde	Champ		600-800		Tripathi, 1973

Mycotoxine	Pays	Type d'échantillon	incidence	Fourchette de concentration (µg/kg)	Moyenne ± SD de concentration (µg/kg)	Référence
Aflatoxine B ₁	Inde		2,5 – 100%	0-830		Bhat <i>et al.</i> 2000
Aflatoxine B ₁	Inde	Normal et endommagé par la pluie	1/209	7 – 75	≥91.6	Rustom, (1997)
Aflatoxine B ₁	Inde		56/94	0-362		Waliyar et al. (2007)
Aflatoxine B ₁	Inde/Thaïlande	Champ		0,10 – 30,3		Shetty & Bhat (1997); Suprasert & Chulamorakot (1999)
Aflatoxine B ₁	Afrique du Sud		2/6	0 – 25		Rustom, (1997)
Aflatoxine B ₁	Afrique du Sud	Bière traditionnelle	2/13	200-400		Odhav et Naicker, (2002)
Aflatoxine totale	Malawi	Entrepôt	6/6	1,7 – 3,0	2,35	Matumba et al. (2011)
		Malt de sorgho ¹	21/21	6,1 – 54,6	17,57	
		Malt de sorgho ²	3/7	4,3 – 1138,8	408,45	
		Thobwa	5/5	2,1 – 7,1	4,5	
		Bière				
Aflatoxine totale	Tunisie	Sorgho	58/93	8,8 – 34,5	22,32	Ghali et al. (2009)
Ochratoxine	Afrique du Sud	Bière traditionnelle	8/18	0,34 – 54,5		Odhav et Naicker, (2002)
Ochratoxine A	Nigeria	Champ	13/18	3-2340		Elegbede (1978)
Ochratoxine B			1/18	0-50		
Ochratoxine C				0-60		
				Qualitative test		
Ochratoxine A	Nigeria	Champ	2/16	0 – 412	28,05 + 102,85	Makun et al. (2009)
		Entrepôt	21/96	0-712	≥88,33	
Ochratoxine A	Ethiopie		17/78	0-2106	174,8	Ayalew et al. (2006) Ghali et al. (2008) Zaied et al. (2000)
Ochratoxine A	Tunisie	Grain de sorgho	9/17	2,5 – 36,4	14,4	Zafar et al. (2001)
Ochratoxine A	Tunisie		43/113	8-950	117	CODEX, (2011)
Ochratoxine A	Inde	Aliments à base de sorgho pour volaille	2/12	0-38	34	Ayalew et al. 2006
Ochratoxine A	Soudan			6-9		Ayalew et al. 2006
Déoxynivalénol	Ethiopie		48,8%	40-2340		

Mycotoxine	Pays	Type d'échantillon	incidence	Fourchette de concentration (µg/kg)	Moyenne ± SD de concentration (µg/kg)	Référence
Fumonisine	Ethiopie	Sirop de sorgho		2117		Waliyar et al. (2007)
Fumonisine	Inde			0 – 441	≥93,8	Truckness et al. (2000)
Fumonisine B ₁ Fumonisine B ₂	États-Unis		1/15	0,12	0,12	Ayalew et al. 2006
Nivalénol	Ethiopie			50-380		Ayalew et al. 2006
Zéaralénone	Ethiopie			32		Makun et al. (2009a)
Zéaralénone	Nigeria	Champ Entrepôt	9/16 53/152	0-1454 0 – 1454	211,50 +394,46 184,76 + 328,31	Elegbede (1978)
Zéaralénone	Nigeria	Champ	3/18	0-143,5		Odhav et Naicker, (2002)
Zéaralénone	Afrique du Sud	Bière traditionnelle	13/29	2,6 – 426	10,9	Ghali et al. (2008)
Zéaralénone	Tunisie	Grain de sorgho	4/17	7,3-14,0	50	Aoyama <i>et al.</i> (2009)
Zéaralénone	Japon	Sorgho importé	84/169	60-7260	705	Sydenham <i>et al.</i> ,1988
Zéaralénone	Afrique du Sud	Grain de sorgho		0,8-1,25		Salifu (1981)
Patuline	Nigeria	Grain de sorgho	1	50		Elegbede (1978)
Stérigmatocystine	Nigeria	Sorgho de champ	3/18	Qualitative analysis		Ansari et Shrivastava, 1990
AME	Inde	Grain de sorgho	7/20	600-1800		Sydenham <i>et al.</i> ,1988
AME	Afrique du Sud	Aliments à base de sorgho pour les porcs	4/4	1250-2250		Hagler <i>et al.</i> ,1987
AME	États-Unis			445		Ansari et Shrivastava, 1990
ALT	Inde	Grain de sorgho	5/20	20-700		Ansari et Shrivastava, 1990
TA	Inde	Grain de sorgho	5/20	1300-5600		CX/CF09/12. 2010
Aflatoxine B ₁	Soudan	Grain de sorgho	17,8%	1-7		Bhavanishankar et

Mycotoxine	Pays	Type d'échantillon	incidence	Fourchette de concentration (µg/kg)	Moyenne ± SD de concentration (µg/kg)	Référence
Aflatoxine B ₂			3,5%	1-5		Shantha, 1987
Toxine T-2	Inde	Grain de sorgho	4/84	1670-15000		Roger, (2011)
DON	Cameroun	Bière opaque à base de sorgho	107/120	140-730		"
FB1	Cameroun	"	105/120	0,5-340		

Note: Le malt de sorgho1 renvoie au malt préparé pour fabriquer le thobwa et le malt de sorgho2 renvoie au malt préparé pour fabriquer la bière.

AME=Alternariol monométhyl éther et ALT=Altenuène

52. Les pertes annuelles estimées aux États-Unis et au Canada dues à l'impact des mycotoxines sur les industries alimentaire et animale sont d'environ 5 milliards de dollars américains (Rodriguez *et al.*, 2003). Alors qu'en ce qui concerne l'impact économique des mycotoxines sur la santé humaine, la perte de 40% de la productivité de la main d'œuvre en raison des maladies et des décès exacerbés par les AF (Miller, 1995) est très inquiétante. Mais comment est-ce possible d'évaluer les pertes économiques liées aux taux de mortalité en hausse parmi les moins de cinq ans, et la mort de plusieurs centaines de personnes dans un village indien et deux districts au Kenya après consommation d'aliments contaminés par l'aflatoxine? Il n'est pas possible non plus d'évaluer les pertes encourues suite à la mort de plusieurs milliers de personnes pour cause d'aleukia toxique alimentaire, d'ergotisme, du cancer de l'œsophage et du foie qui ont ravagé différentes régions du monde par le passé.

INGESTION ALIMENTAIRE DES MYCOTOXINES DANS LE SORGHO

53. Quatre éléments d'information sont nécessaires pour évaluer l'ingestion potentielle liée aux mycotoxines dans les produits agricoles (1) les niveaux de toxine dans le produit, ici, le sorgho; (2) la quantité de sorgho consommée; (3) l'impact de toute transformation ultérieure sur les niveaux de toxine; et (4) les méthodes pour associer les trois premiers éléments pour estimer l'ingestion. Des données détaillées sur les valeurs moyennes de chacune des mycotoxines dans le sorgho, la quantité de grains consommée par la population et la quantité de toxine éliminée par la cuisson sont très limitées à l'exception de quelques-unes qui nécessitent d'intenses recherches dans ce domaine, notamment en Afrique et en Asie où il est essentiellement utilisé dans l'alimentation humaine.

54. Il a été signalé qu'en moyenne, le régime alimentaire type des Nigériens se compose de 138 kg de grains céréaliers (principalement du maïs et du sorgho) par personne par an (FAO 2005). Sur la base de cette information, les calculs ont montré que l'exposition à l'aflatoxine due à la seule consommation de sorgho serait d'environ 1,2 mg par personne par an, et l'exposition journalière moyenne à l'aflatoxine par personne due au sorgho serait de 3,3 µg par jour (Bandyopadhyay *et al.* 2007).

55. Une étude visant à déterminer les niveaux d'aflatoxine dans les échantillons de sorgho, le malt de sorgho et les bières à base de maïs de fabrication artisanale dans le Sud de Malawi, a montré que l'incidence de la contamination par l'aflatoxine dans les échantillons de sorgho était très faible, alors que l'incidence de la contamination par l'aflatoxine était élevée dans les échantillons de malt de sorgho (Matumba *et al.* 2011). Toutes les bières contenaient des niveaux décelables d'aflatoxines, toutefois à un niveau de contamination inférieur à celui des échantillons de malt de sorgho qui avaient été utilisés pour les fabriquer. Les chercheurs ont indiqué qu'afin d'obtenir des informations sur l'exposition à l'aflatoxine due à la consommation de la bière traditionnelle en Afrique, il est nécessaire de connaître le niveau de consommation de bière dans les diverses communautés africaines. Une étude sur les boissons alcoolisées de fabrication traditionnelle locale en Tanzanie a montré que les habitants peuvent consommer jusqu'à 5-6 litres par jour (Nikander *et al.*, 1991). La consommation de 5 litres de bière traditionnelle dans cette étude équivaut à une ingestion journalière de 111,6 µg d'aflatoxines, qui représente une exposition à l'aflatoxine journalière moyenne de 1,86 µg d'aflatoxine/kg p.c. par jour pour un adulte de 60 kg (Matumba *et al.* 2011).

56. La production et la consommation de bière de sorgho de fabrication artisanale est une pratique traditionnelle très répandue dans la région du Nord du Soudan et du Sahel au Cameroun (Roger, 2011). Sur la base des données publiées sur la consommation de bière de sorgho de fabrication artisanale au Cameroun, l'exposition des consommateurs à la fumonisine et au déoxynivalénol dans ces régions s'est révélée bien supérieure à la dose journalière tolérable maximum provisoire. Des niveaux élevés de DON et de FB1 ont été enregistrés dans deux bières opaques artisanales camerounaises et les chercheurs ont conclu que si on considère le fait qu'il n'y a aucune preuve directe que les niveaux d'ingestion produisent des effets néfastes sur la santé des humains, on peut cependant s'inquiéter de l'implication toxique potentielle, quand la bière est contaminée par des mélanges de mycotoxines.

PRÉVENTION, LUTTE ET RÉGLEMENTATION DES MYCOTOXINES DANS LE SORGHO

57. Etant donné la prédominance des champignons producteurs d'aflatoxines et des espèces *Alternaria* dans le sorgho tel qu'établi dans cette étude, il est impératif que les stratégies d'intervention visant à éliminer ces champignons et ces toxines qui ne sont pas couverts dans le Code d'usages soient le thème central de cette section. Concernant les interventions, plusieurs approches sont possibles (Wu et Khlangwiset 2010b). La meilleure approche est celle de la prévention, il est toujours préférable de prévenir que de guérir. Cette intervention consiste à libérer des souches non aflatoxigènes d'*Aspergillus flavus* dans le milieu agricole et ce produit commercial appelé Afla-Guard® est disponible sur le marché. Il en résulte l'élimination des souches aflatoxigènes naturellement présentes (Abbas *et al.* 2011). Une étude conçue pour explorer l'utilisation de certains agents de lutte biologique pour réduire la croissance d'*Aspergillus flavus* et de l'aflatoxine B1 qui s'en suit, dans les grains de sorgho a récemment été publiée (Reddy *et al.* 2010). Les tests microbiologiques ont montré une forte inhibition de la croissance d'*A. flavus* et une réduction de l'aflatoxine B1, par conséquent l'utilisation d'agents de lutte biologique devrait être explorée davantage.

58. Une autre méthode d'intervention est l'introduction de cultures aux souches génétiquement modifiée, par ex., le maïs Bt génétiquement modifié qui inhibe l'altération par les insectes et par suite l'infection fongique (Wu 2006), et le développement de lignées de sorgho améliorées pouvant résister aux moisissures (Ambekar *et al.* 2010). Une autre mesure préventive est de donner aux animaux des protéines et des vitamines, notamment la vitamine C qui a une action protectrice contre les mycotoxines (Obidoo et Gugnani, 1992, Smith *et al.* 2000). Une méthode plus traditionnelle est l'utilisation de fongicides et d'insecticides, bien que la préférence actuelle n'y soit pas favorable. L'utilisation de prédateurs naturels (chats et chiens) dans les champs et dans les sites d'entreposage pour éloigner les rongeurs, les oiseaux et les singes est une stratégie de lutte et de prévention très pratique pour l'Afrique.

59. Le risque de contamination des aliments de consommation humaine et animale par les aflatoxines en Afrique est accru par les facteurs environnementaux, agronomiques et socio-économiques (Hell et Mutege, 2011). Les pratiques de gestion agricole qui augmentent les rendements des cultures peuvent réduire le risque de formation d'aflatoxine. Ces pratiques comprennent l'utilisation de variétés résistantes, la rotation des cultures, les plantations au moment propice, la lutte contre les plantes nuisibles, et les animaux nuisibles, et palier la sécheresse et le stress nutritionnel à travers l'irrigation et la fertilisation. Les auteurs ont par ailleurs indiqué que les interventions après récolte qui peuvent réduire la contamination par l'aflatoxine comprennent le séchage rapide et adéquat, le transport et l'emballage appropriés, le tri, le nettoyage, le séchage, le fumage, la lutte contre les insectes, et l'utilisation de pesticides botaniques ou synthétiques comme agents protecteurs à l'entreposage. Bien que les pratiques proposées ici concernent les aflatoxines, ces pratiques sont supposées être applicables à la lutte contre la contamination par toutes les mycotoxines dans les cultures céréalières sensibles.

60. Concernant les installations d'entreposage, il est recommandé de maintenir une teneur critique en eau équivalente à l'activité de l'eau de 0,70 (Magan et Aldred, 2007). Les conservateurs les plus couramment utilisés sont les acides organiques; les acides formique, acétique, propionique, sorbique et benzoïque. Cependant, ils sont inefficaces dans les aliments qui contiennent des composés de base qui neutralisent ces acides (Smith et Moss, 1985). Les alcalis, les acides forts et les agents oxydants sont relativement efficaces pour détoxifier les aflatoxines mais comme ils pourraient changer radicalement les propriétés des produits, l'ammoniation est encore le procédé de détoxification préféré et le plus répandu. Mais les changements de la composition chimique et des propriétés organoleptiques des farines ammoniaquées les rendent impropres à la consommation humaine toutefois suffisamment satisfaisante pour les animaux. La commercialisation du procédé d'ammoniation en Afrique par les gouvernements et les compagnies privées, tel qu'elle a été réussie aux États-Unis, pourrait permettre aux éleveurs des pays en voie de développement d'obtenir des aliments pour animaux relativement sans risque face aux denrées de consommation animale hautement contaminées et à la pénurie d'aliments pour animaux.

61. Les produits toxiques et « d'arôme anormal » utilisés dans les procédés de conservation et de détoxification ont conduit les scientifiques à chercher des fongicides naturels, sans risque et respectueux de l'environnement. Dans ces recherches menées en Afrique, l'extrait de la feuille de *Lippia multiflora* a montré un effet statique fongique sur *Aspergillus flavus* et *Fusarium verticillioides* (Anjorin *et al.* 2008). Les huiles essentielles, l'ozone, la terre à diatomées et les antioxydants alimentaires tels que l'hydroxyanisole butylé (BHA), l'hydroxytoluène butylé (BHT) et le parabène de propyle (PP) sont des options rentables non toxiques et prometteuses qui peuvent remplacer les conservateurs chimiques toxiques dans la lutte contre divers champignons y compris mais ne se limitant pas à *Aspergillus*, *Fusarium* et *Penicillium* (Chulze, 2010). Des essais plus intensifs et en conditions réelles de ces produits végétaux prometteurs et leur formulation ultérieure en fongicide botanique seraient déterminants pour le continent. L'irradiation gamma des aliments contaminés par l'aflatoxine diminue à la fois la toxicité (Ogbadu et Bassir, 1979) et la production (Ogbadu, 1979, Ogbadu, 1980a, Ogbadu, 1981 et Ogbadu, 1988) de la toxine dans les aliments irradiés et pourrait par conséquent être une option efficace de traitement après récolte, de transformation et d'emballage dans les pays africains équipés des infrastructures adéquates. L'analyse des risques et maîtrise des points critiques (HACCP), système de gestion proactif dans lequel la sécurité sanitaire des aliments est assurée par l'analyse et le contrôle des risques physiques, chimiques et biologiques depuis la production de la matière première, l'approvisionnement et la manutention, à la fabrication, la distribution et la consommation du produit fini, qui a été conçue initialement pour assurer la sécurité sanitaire des aliments destinés aux astronautes pendant leur vol, est devenu un outil précieux de la lutte contre la contamination microbienne dans les aliments et les produits pharmaceutiques (FDA, 2011) est aussi applicable à la lutte contre les mycotoxines (FAO, 2003). Le développement d'un ingrédient probiotique pour les aliments de consommation animale à partir de l'association du sorgho moisi, à *cassia tora* et la fermentation spontanée a permis de réduire de façon significative les teneurs en aflatoxine, fumonisine et ergostérol tout en améliorant de façon marginale la valeur nutritive de l'aliment destiné aux animaux (Siruguri *et al.* 2009). Un seul produit d'origine biologique qui prétend désactiver les trichothécènes dans les aliments pour animaux par décomposition enzymatique est disponible en tant qu'additif des aliments pour animaux dans plusieurs pays (Negedu *et al.* 2011).

62. Des traitements cliniques, comme HCC, ont été tentés avec des degrés variés de succès. Ceux-ci vont de mesures préventives comme l'utilisation de l'argile Novasil ajoutée aux aliments pour lier l'aflatoxine (Afriyie-Gyawu *et al.* 2008); et la vaccination HVB (Kew 2005). La technologie émergente relative à la formulation des probiotiques est une autre méthode efficace de lutte contre les mycotoxines. L'utilisation des médicaments peut être considérée sous deux aspects, l'utilisation de substances qui bloquent le cytochrome P₄₅₀S responsable de l'activation d'AFB1 dans sa forme carcinogène, par ex., oltipraz (Langouet *et al.* 1995, Wang *et al.* 1999) et des aliments naturels, par ex., les Brassicas (Manson *et al.* 1997); et ceux qui peuvent produire quelque autre effet moins précis, par ex., l'utilisation d'extraits végétaux comme agents protecteurs (Kotan *et al.* 2011); l'acide borique (Turkez et Geyikoglu 2010); sorafenib, un bloqueur des voies de signalisation impliquées dans HCC (Dank 2010).

63. S'il est vrai que les stratégies d'intervention examinées dans les paragraphes précédents ont été axées sur les aflatoxines, elles sont aussi applicables aux espèces *Alternaria*. Cependant, la singularité des conditions de croissance et de développement de ces champignons nécessite des méthodes de lutte particulières. Les conditions favorables à la croissance des champignons sont les températures clémentes (20-30°C) et les rosées abondantes, et les rayons ultraviolets sont essentiels pour la formation des spores (Manjunath *et al.* 2010). Par conséquent, dans les conditions de culture en serres, l'utilisation d'un film absorbeur de rayons ultraviolets peut réduire considérablement l'incidence des espèces *Alternaria* (Laemmlen, 2001). De même, les autres principales stratégies d'intervention visent à éviter les périodes d'humidité prolongée à la surface de la feuille et à appliquer un fongicide. Outre les bonnes pratiques agricole d'hygiène agricole, l'utilisation de cultures résistantes, la rotation des cultures et l'espacement des plants ou l'élagage des feuilles pour éliminer l'humidité, la pulvérisation des cultures à l'aide de fongicides comme l'azoxystrobine, la pyraclostrobine, *Bacillus subtilis*, le chlorothalonil, les produits cupriques, le bioxyde d'hydrogène, le mancozeb, bicarbonate de potassium, et le ziram freinent les maladies liées à *Alternaria*.

64. Les espèces *Claviceps* productrices d'alcaloïdes de l'ergot font également l'objet d'une grande préoccupation dans l'industrie du sorgho. Cela en raison de leur prévalence mondiale et des effets néfastes sur la santé des porcs et de la volaille suivis des conséquences économiques évidentes. Par conséquent, des stratégies d'intervention nouvelles qui leur seront particulières seront nécessaires pour gérer les alcaloïdes de l'ergot. Même si les méthodes de prévention et de lutte décrites précédemment protégeront aussi considérablement contre les ergots; deux points valent la peine d'être notés. Pendant la pollinisation, la fleuraison et/ou la fertilisation dans des conditions météorologiques fraîches ($\geq 19^\circ\text{C}$), humides et nuageuses, la synthèse de l'ergot sur le grain peut être importante (Bandyopadhyay *et al.* 1998). Les auteurs ont par conséquent recommandé d'adapter les dates et lieux des semailles pour éviter les périodes propices à l'ergot. Qui plus est, l'amélioration des semences grâce à des caractéristiques comme l'éclosion rapide, l'autopollinisation efficace, la fertilisation rapide et autres caractéristiques qui contribuent à raccourcir la période propice à l'ergot, réduira considérablement le fléau lié à l'ergot dans le sorgho.

Législation

65. Pour protéger les consommateurs contre les risques liés aux mycotoxines, un grand nombre de pays dont 15 pays africains (Sibanda *et al.* 1997, Fellingner, 2006, et Njobeh *et al.* 2010) ont légiféré sur certaines mycotoxines notamment les aflatoxines. D'après ces auteurs, les limites tolérables maximales pour les aflatoxines dans les aliments de consommation humaine en Afrique varient de 5 à 20 ppb alors que pour les aliments de consommation animale, elles varient de 5 à 300 ppb, les aliments pour nourrissons ayant les niveaux les moins réglementés (0 – 10 ppb). Les concentrations autorisées maximales les plus faibles par pays qui légifèrent sur les mycotoxines ont été enregistrées par CAST, 2003 et elles sont de 5 µg/kg pour la stérigmatocystine, 5 µg/kg pour OTA, 100 µg/kg pour ZEA, 1000 µg/kg pour FB, 100 pour T-2, 500 µg/kg pour DON, 50 µg/kg pour la patuline et 500 000 µg/kg pour les alcaloïdes de l'ergot. Il semble n'exister aucune législation contre les toxines d'*Alternaria*. D'où la nécessité d'études approfondies sur la toxicité des champignons et de la législation qui s'en suit sur les limites réglementaires.

66. S'il est vrai que ces limites autorisées maximales protégeraient les citoyens contre les dangers des mycotoxines, le plus grand défi à relever par la législation sur les mycotoxines dans les pays en voie de développement est l'absence d'application de la législation en raison du système informel du marché des aliments dans ces pays. Dans cette structure de marché, les produits agricoles bruts provenant des exploitations agricoles et des sites d'entreposage sont vendus directement aux consommateurs sans subir de dépistage des mycotoxines ni être inspectés pour vérifier la détérioration. Par ailleurs, les agences gouvernementales chargées de réglementer les mycotoxines sont inexistantes dans un grand nombre de pays et même si elles sont présentes, elles sont dysfonctionnelles en raison des conditions déplorables de l'infrastructure et de la logistique. Une unité pour la surveillance efficace des mycotoxines et le contrôle de la qualité des aliments qui veille à ce que tous les aliments destinés à la consommation humaine et animale soient exempts de mycotoxines à des niveaux dangereux doit être créée pour mettre en œuvre la législation sur les mycotoxines en Afrique, le plus grand producteur de sorgho.

Prévention grâce aux campagnes de surveillance et de sensibilisation

67. L'évaluation des niveaux de mycotoxines et effectivement des autres substances toxiques dans les aliments est primordiale pour évaluer la sécurité sanitaire des aliments. Conformément à la recommandation relative à la surveillance efficace des mycotoxines et à l'inspection des aliments de consommation humaine et animale pour la mise en œuvre d'une législation sur la sécurité sanitaire des aliments, les gouvernements doivent créer des laboratoires ou améliorer les laboratoires régionaux déjà existants pour faire un suivi régulier de la contamination par les mycotoxines des aliments destinés aux humains et des denrées alimentaires de consommation humaine et animale et s'assurer qu'elles sont conformes aux normes établies. Invariablement, l'Afrique et l'Asie en particulier doivent renforcer leurs agences de contrôle de la qualité des aliments et elles n'y parviendront que si les professionnels employés dans ces établissements possèdent la capacité académique et technique nécessaire à la gestion des mycotoxines, d'où la nécessité d'inclure des cours sur les mycotoxines dans les programmes de formation des chercheurs agricoles, du personnel médical et des scientifiques rattachés aux laboratoires.

68. La sensibilisation à l'impact néfaste des mycotoxines ne devrait pas se limiter aux professionnels de l'alimentation humaine et animale et aux industries connexes mais à l'ensemble des consommateurs. Des campagnes de sensibilisation du public à l'impact et à la prévention des mycotoxines, notamment aux notoires aflatoxines par le biais des médias et autres moyens de communication de l'information sont par conséquent impératives. Ces interventions d'information publique et scientifique nécessitent des stratégies multidisciplinaires nationales et internationales concertées (OMS, 2006). Il est par conséquent impératif que les organismes nationaux et internationaux s'associent pour gérer efficacement les mycotoxines en mettant en commun leurs connaissances et leur expertise, et en collaborant dans la recherche axée sur le renforcement des capacités des mycotoxicologues et des laboratoires dans les pays en voie de développement. Il est maintenant tout à fait pertinent d'encourager les scientifiques et les institutions de recherche sur les mycotoxines dans le monde de collaborer pour obtenir des subventions de recherche auprès de l'Union africaine, de l'Union européenne et autres agences étrangères de financement pour plus d'efficacité dans la détection et la lutte contre les mycotoxines.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

69. L'importance mondiale croissante du sorgho en tant que grain pour l'alimentation humaine, animale et autres utilisations industrielles a été mise en évidence dans le présent document. Elle s'ajoute à sa place grandissante dans le commerce d'exportation. En répondant à la demande formulée par le CCCF à sa 5^{ème} session, le présent document de discussion a comblé les lacunes sur l'occurrence des mycotoxines et les types de mycotoxines présentes dans le sorgho et les conditions favorables à leur développement. Ainsi, il sera possible d'étudier la partie générale du *Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination des céréales par les mycotoxines* existant (CAC/RCP 51-2003) et établir sa pertinence pour son application au sorgho. Ces travaux aboutissent aux recommandations formulées dans la section suivante.

Recommandations

70. Nous souhaitons formuler les recommandations suivantes:

- i. Le code d'usages pour la gestion des mycotoxines dans les céréales est concentré sur les ochratoxines, la zéaralénone, les fumonisines et les trichothécènes et comme beaucoup d'autres toxines sont présentes dans le sorgho tel que le confirme le présent document, il convient de modifier le Code d'usages pour tenir compte de ces toxines; à défaut de toutes au moins les aflatoxines et les toxines d'*Alternaria*. L'amendement devrait s'aligner sur les stratégies d'intervention examinées ci-dessus. Les raisons en sont les suivantes:

- a. Le Code d'usages n'aborde pas les aflatoxines qui sont le contaminant le plus courant dans le sorgho à travers le monde – tableau 4. La présence à près de 100% d'*A.flavus* à travers le monde – tableau 3 confirme la nécessité d'une attention plus grande pour ces toxines.
 - b. Les espèces *Alternaria* et leurs toxines telles qu'elles figurent dans les tableaux 3 et 4 sont des polluants avant récolte très répandus qui doivent être éliminés du grain.
 - c. *Phoma sorghina* a été isolé dans le sorgho dès le début des recherches sur ce grain et ses toxines cytochalasine et ténuazonte sont associées au syndrome hémorragique « onyali » et requiert donc davantage d'attention.
 - d. Il en est de même que pour « c » pour *Claviceps* spp et la maladie de l'ergot qui sont des champignons de champ et des mycotoxines dans le sorgho qui ont causé une famine dans le Nord du Cameroun aux débuts des années 1903 – 1906, et qui ont été isolés dans le même grain au Zimbabwe et en Afrique du Sud et dans un grand nombre de régions dans le monde. Elles devraient absolument être prises en considération.
 - e. La co-occurrence naturelle de la moniliformine et des fumonisines, et des aflatoxines et de la stérigmatocystine devrait concentrer davantage l'attention sur la moniliformine et la stérigmatocystine.
- ii. Même si le contenu général du Code d'usages est toujours applicable au sorgho, l'utilité de rassembler les publications sur la gestion des mycotoxines dans les céréales dans un document unique et la nécessité d'aborder spécifiquement les champignons de champ et d'entreposage dans le sorgho confirment notre recommandation d'inclure une annexe pour traiter au moins des aflatoxines et d'*Alternaria* sp dans le sorgho.
- iii. L'étude des mycotoxines dans le sorgho proposée par la FAO et l'OMS sous le parrainage du fonds fiduciaire du Codex est louable. Cependant, compte tenu du profil montant du sorgho dans le monde, comme le montre le présent document de discussion, cette étude devrait être diversifiée et élargie pour capter une image représentative en incluant:
- a. Autant de toxines potentielles que possible associées aux champignons toxigènes détectés dans le grain.
 - b. Les chercheurs sur les mycotoxines dans les principaux pays producteurs et exportateurs de sorgho dans le monde identifiés dans le présent document, qui comprennent les Etats-Unis, l'Argentine, l'Inde, l'Australie, le Soudan et le Nigeria, et les autres.

BIBLIOGRAPHIE

- Abbas, H. K., Zablutowicz, R. M., Horn, B. W., Phillips, N. A., Johnson, B. J., Jin, X. and Abel, C. A. (2011) Comparison of major control strains of non-toxicogenic *Aspergillus flavus* for the reduction of aflatoxins and cyclopiazonic acid in maize, *Food Additives and Contaminants Part A* 28, 198-208.
- Abdalla, A.E. (1998). An evaluation of the durability of Sorghum grains in traditional and modified underground pits in central Sudan. Ph. D thesis, University of Gezira, Wad Medani, Sudan.
- Abdel-Rahim AM, Osman NA, Idris MO. 1989. Survey of some cereal grains and legume seeds for aflatoxin in the Sudan. *Zentralblatt für Mikrobiologie* 144:115-121
- Abdulrazzaq YM, Osman N, Yousif ZM, Trad O (2004). Morbidity in neonates of mothers who have ingested aflatoxins. *Ann Trop Paediatr.* 24(2):145-51.
- Abu Agla, S.(2002). Seed borne fungi of important food crops of the Gezira Scheme, Sudan. MSc. Thesis, University of Khartoum, Sudan.
- Adhikari M, Gita-Ramjee, Berjak P (1994). Aflatoxin, kwashiorkor, and morbidity *Natural Toxins.* 2(1):13.
- Afriyie-Gyawu, E. *et al.* (2008) Novasil clay intervention in Ghanaians at high risk for aflatoxicosis. I. Study design and clinical outcomes *Food Additives and Contaminants Part A* 25, 76-87.
- Ahmed, N.E., Abdalla, A.E., Adam, Y.S., Betjowck (2009). Fungi and mycotoxins associated with Sorghum grains in major storage systems in Gedarif, Sudan. A paper submitted to the 17th Board of Directors meeting of the national council for mycotoxins, December 2009, Sudanese Standards and Measurements Organisation, Sudan.
- Ahmed, N.E., S. Abu Agla, M. O. Idris, S. Elhussein (2008). Fungi associated with stored Sorghum grains and their effects on grain quality. *Life science*, 2(3):723-729.
- Ahmed, N.E., Abu Agla, Idris, M., S. Elhussein (2005) Fungal contamination of Sorghum grains, a possible threat to grain quality. Proceedings of 1st work shop in mycotoxins related health disorders in Sudan, 18-21 April, Khartoum, Sudan, p 1-12. Sudanese Standards and Metrology Organization in collaboration with Wageningen University, The Netherlands.
- Aoyama, K., Ishikuro, E., Nishiwaki, M and Ichinoe, M (2009). Zearalenone contamination and causative fungi in Sorghum. *J. Food Hyg. Soc. Japan.* 50 (2): 47-51
- Ambekar, S.S, Kamatar, M.Y, Ganesamurthy, K, Ghorade, R.B, Saxena, U, Chand, P, Jadav, B.D, Das, I.K, Nageshwararao, T.G, Audilakshmi, S, Seetharama, N (2011). Genetic enhancement of Sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) for grain mould resistance: II. Breeding for grain mould resistance. *African Journal of Microbiology Research*, 5(5)459-466
- Anjorin, S.T, Makun, H.A, and Iheneacho, H.E (2008). Effect of *Lippia Multiflora* leaf extract and *Aspergillus flavus* on germination and vigour indices of Sorghum *Bicolor* [L] (Moench). *International Journal of Tropical Agriculture and Food System*, 2 (1): 130 – 134.
- Ansari A.A. and Shrivastava A.K. (1990). Natural occurrence of Alternaria mycotoxins in Sorghum and ragi from North Bihar, India. *Food Additive and Contaminants* 7(6), 815-820.
- Atanda, O.O. and Akano, D.A. (1999). The influence of storage period on the proximate composition of Sorghum (*Sorghum guineense*) stored in metal cribs. *Nigerian Journal of Microbiology* 13, 113 - 116
- Audilakshmi, S and Stenhouse, J W and Reddy, T P and Prasad, M V R (1999) Grain mould resistance and associated characters of Sorghum genotypes. *Euphytica*, 107 (2). pp. 91-103.
- Awika, J.M. and Rooney, L.W. (2004). Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry* 65: 1199-1221
- Ayalew, A., Fehrmann, H., Lepeschy, J., Beck, R., Abate, D., 2006. Natural occurrence of mycotoxins in staple cereals from Ethiopia *Mycopathol* 162, 57-63.
- Bandyopadhyay R, Frederickson D. E. McLaren N. W. Odvody G. N. Ryley M.J. (1998):
- Ergot: A New Disease Threat to Sorghum in the Americas and Australia. The American Phytopathological Society Publication no. D-1998-0218-01F Plant Disease / Vol. 82 No. 4 356 -367
- Bandyopadhyay, R., David R Butler, Arun Chandrashekar, R Kanaka Reddy, and Shrishail S Navi (2000). Biology, Epidemiology, and Management of Sorghum Grain Mold in Technical and Institutional options for Sorghum grain mould management: Proceedings of an international consultation, 18-19 May, 2000, ICRISAT, Patancheru, India. (Chandrashekar, A., Bandyopadhyay, R., and Hall, A.J. eds). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Bandyopadhyay, R., Kumar, M., and Leslie, J.F.(2007). Relative severity of aflatoxin contamination of cereal crops in West Africa. *Food Additives and Contaminants* 24(10) 1109-1114.
- Bankole, S.A. and Adebajo, A (2004). Review: Mycotoxins in food in West Africa: current situation and possibilities of controlling it. *African Journal of Biotechnology* 2 (9):254-263.
- Beardall, J. M. and Miller, J.D (1994). Disease in humans with mycotoxins as possible causes. In Miller, J.D and Trenholm, H.L (Eds) *Mycotoxins in Grains: Compounds Other Than Aflatoxin*. Eagan Press. USA. 487 – 539.
- Bhat, R.V., Shetty, H.P.K and Vasanthi, S (2000). Human and animal significance of mycotoxins in Sorghum with special references to fumonisins pp 107-115. In Technical and Institutional options for Sorghum grain mould management: Proceedings of an international consultation, 18-19 May, 2000, ICRISAT, Patancheru, India. (Chandrashekar, A., Bandyopadhyay, R., and Hall, A.J. eds). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics

- Bhavanishankar, T.N. and Shantha, T., (1987). Natural Occurrence of Fusarium Toxins in Peanut, Sorghum and Maize from Mysore (India). *J. Sci. Food Agric.* 40: 327-332.
- Bilgrami, K.S and Sinha, K.K (1984). Mycotoxins in cereals. *Rev. Trop. Pl. Path.*1: 355-374
- Campos, S.G., Cavaglieri, L.R., Fernandez Juri, A.M., Dalcero, C., Kruger, L.A.M. Keller, Magnoli, C.E., Rosa, C.A R. 2008. Mycobiota and aflatoxins in raw materials and pet food in Brazil. *J. Animal Physiology and Animal Nutrition* 92:377-383
- Chandrashekar, A., Bandyopadhyay, R., and Hall, A.J. (eds.). 2000. Technical and institutional options for Sorghum grain mold management: proceedings of an international consultation, 18-19 May 2000, ICRISAT, Patancheru, India. (In En. Summaries in En, Fr.) Patancheru, 502324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi- Arid Tropics. 299 pp. ISBN 92-9066-428-2. Order code CPE 129.
- Charmley, L.L., Rosenberg, A and Trenholm, H. L. (1994). Factors responsible for economic losses due to Fusarium mycotoxin contamination of grains, foods and feedstuffs. In: Miller J.D. and Trenholm, H.L (eds) *Mycotoxins in Grains: Compounds Other than Aflatoxin*. Eagan Press. St Paul, Minnesota. 471 –486.
- Chulze, S.N (2010). Strategies to reduce mycotoxin levels in maize during storage: a review. *Food Additives and Contaminants* 27(5): 651–657
- Connole, M. D and Hill, M.W.M. (1970). *Aspergillus flavus* contaminated Sorghum grain as possible cause of aflatoxicosis in pigs. *Australian Veterinary Journal* 46,503-505.
- Council for Agricultural Science and Technology-CAST (2003). Mycotoxins risks in plant, animal and human systems. Interpretive summary available at http://www.cast-science.org/pubs/mycotoxins_is.pdf. Complete report available at: <http://www.cast-science.org/pubs/mycotoxins.pdf>.
- Codex Alimentarius Commission. (2011). Discussion paper on mycotoxins in Sorghum. Joint FAO/WHO Food Standards Programme CODEX Committee on contaminants in foods' 5th Session held in The Hague, The Netherlands on 21 – 25 March 2011.
- Creppy, E. E., Chiarappa, P., Baudrimont, I., Borracchi, P., Moukha, S. and Carratu, M. R. (2004) Synergistic effects of fumonisin B₁ and ochratoxin A: are *in vitro* cytotoxicity data predictive of *in vivo* acute toxicity? *Toxicology* 201, 115-123.
- Dada. J.D. (1979). Studies of fungi causing grain mould of Sorghum varieties in northern Nigeria with special emphasis on species capable of producing mycotoxins. M.Sc. thesis, Ahmadu Bello University, Zaria.
- Daiber KH, and Taylor JRN (1995) Opaque beers. In: Dendy DAV (ed) *Sorghum and Millets: chemistry and biotechnology*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, pp 299 - 323.
- Dank, M. (2010) Treatment of primary hepatocellular carcinoma *Orv Hetil* 151, 1445-1449. (In Hungarian; abstract PubMed 20739261).
- da Silva, J.B., Pozzi, C.R., Mallozzi, M.A.B., Ortega, E.M. & Correa, B. (2000) Mycoflora and occurrence of aflatoxin B₁ and fumonisin B₁ during storage of Brazilian Sorghum. *J. agric.Food Chem.*, 48, 4352–4356
- de Wet, J.M.J., Harlan, J.R., Huckabay, J.P. and Lu, M.H. 1966. Biosystematics of Sorghum, a report of progress. *Oklahoma Agric. Exp. Sta. Proc. Series P-539*.
- Dohlman, E (2003) Mycotoxin hazards and regulations impacts on food and animal feed crop trade. In Jean C. Buzby, editor *International Trade and Food Safety: Economic Theory and Case Studies*. Electronic Agricultural Economic Report No. 828 November 2003. Available at: www.ers.usda.gov.
- Elegbede J.A. (1978). Fungal and mycotoxin contamination of Sorghum during storage. M.sc thesis submitted to department of Biochemistry, Ahmadu Bello University, Zaria.
- Elzubir, A.O., Younis,MH., M. Himmat Fadul, Abdelrahim, M. Elhussein (2009 a). Determination of aflatoxin in animal feed and milk in Khartoum state, Sudan. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8(5): 1000-1003
- Elzubir, A.O., Susan, Z.A. Makawi, Abdelrahim, M. Elhussein (2009 b). Determination of aflatoxin and ochratoxin A in dairy cattle feed and milk in Wad Medani, Sudan. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8(12): 2508-2511.
- FAO (1994). Corporate Document Repository. Sorghum and millet in Human health Retrieved on 19/12/2011 from <http://www.fao.org/docrep/T0818E/T0818E0a.htm#Chapter%204%20-%20Chemical%20composition%20and%20nutritive%20value>
- FAO, 2003- Manual on the application of HACCP system to mycotoxin control. Retrieved on 13th May, 2011 from <http://www.fao.org/docrep/005/y1390e/y1390e00.htm>.
- FAO. 2005. Africa Report 3. Food Supply Situation and Crop Prospects in Sub-Saharan Africa (GLEWS). Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy. Pp 1-69.
- FAOSTAT, (2010) Crops primary equivalent. Retrieved on 16th May, 2011 from www.faostat.fao.org
- FDA, 2011, Hazard Analysis Critical Control Point. Retrieved on 13th May, 2011 from <http://www.fda.gov/food/foodsafety/hazardanalysiscriticalcontrolpointshaccp/default.htm>
- Fellinger, A., 2006. Worldwide mycotoxin regulations and analytical challenges. World Grain Summit: Foods and Beverages, September 17–20, 2006, San Francisco, California, USA.
- Ferenci, P., *et al.* (2010) World gastroenterology organisation guideline. Hepatocellular carcinoma (HCC): a global perspective, *Journal of Gastrointestinal Liver Disease* 19, 311-317.
- Gbodi, T.A. (1986). Studies of mycoflora and mycotoxins in Acha, maize and cotton seed in plateau state, Nigeria. A Ph. D thesis, submitted to Department of Physiology and Pharmacology, Faculty of Veterinary Medicine, A.B.U, Zaria, pg. 1-213.
- Gbodi T.A. and Nwude, N. (1988). Mycotoxicosis in Domestic Animals. A Review. *Vet. Hum: Toxicol* 30(3): 235-245.

- Gelderblom WCA, Marasas WFO, Lebepe-Mazur S, Swanevelder S, Vessey CJ, Hall P de la M (2002) Interaction of FBs B1 and aflatoxin B1 in a short term carcinogenesis model in rat liver. *Toxicology* 171:161–173
- Ghali, R., Belouaer, I., Hdiri, S., Ghorbel, H., Maaroufi, K. and Hedilli, A. (2009) Simultaneous HPLC determination of aflatoxins B1, B2, G1 and G2 in Tunisian Sorghum and pistachios. *Journal of Food Composition and Analysis* 22, 751–755
- Ghali, R., Khelifa, K. H., Ghorbel, H., Maaroufi, K. and Hedilli, A. (2008). Incidence of aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in Tunisian foods. *Food Control* 19, 921–924
- Glenn, A.E (2007). Mycotoxigenic *Fusarium* species in animal feeds. *Animal Feed Science and Technology* 137, 213-240
- Gong YY, Cardwell K, Hounsa A, Egal S, Turner PC, Hall AJ and Wild CP. 2002. Dietary aflatoxin exposure and impaired growth in young children from Benin and Togo: cross sectional study; *British Medical Journal*; 325:20-21.
- Gong, Y.Y, Egal, S., Hounsa, A, Turner, P.C, Hall, A.J, Cardwell, KF and Wild, CP (2003). Determinants of aflatoxin exposure in young children from Benin and Togo, West Africa: the critical role of weaning *International Journal of Epidemiology* 32:556-562
- Gong, Y Assomption Hounsa, Sharif Egal, Paul C. Turner, Anne E. Sutcliffe, Andrew J. Hall, Kitty Cardwell, and Christopher P. Wild (2004) Postweaning exposure to aflatoxin results in impaired child growth: A longitudinal study in Benin, West Africa. *Environmental Health Perspectives* 112 (13).
- Hagler, W.M. Jr., Bowman, D.T., Babadoost, M.; Haney, C.A., Swanson, S.P. 1987. Aflatoxin, zearalenone and deoxynivalenol in North Carolina grain Sorghum. *Crop Science*. 27:1273-1278.
- Hell, K. and Mutegi, C. (2011) Aflatoxin control and prevention strategies in key crops of Sub-Saharan Africa. *African Journal of Microbiology Research* 5(5): 459-466.
- Hendrickse RG, Coulter JB, Lamplugh SM, MacFarlane SB, Williams TE, Omer MI, Suliman GI, El-Zorgani GA(1983). Aflatoxins and kwashiorkor. Epidemiology and clinical studies in Sudanese children and findings in autopsy liver samples from Nigeria and South Africa. *Bull Soc Pathol Exot Filiales*; 76(5):559-66.
- IARC (1993). International Agency for Research on Cancer (1993). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Some Naturally Occurring Substances, Food Items and Constituents, Heterocyclic Amines and Mycotoxins. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, pp.489 –521.
- IARC, (1976) Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1972-Present (Multivolume work, P. V10 60 (1976)).
- ICRISAT, (2002). Aflatoxin contamination of groundnut – health and economic implications for India's rural poor. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (www.icrisat.org) International Rice Research Institute (IRRI, 1995). World Rice Statistics (1993-94).
- International Crop Research Institute for the Semi Arid Tropics (ICRISAT) (2008). Management of grain mold and mycotoxins in Sorghum. Retrieved from www.icrisat.org in October, 2011.
- International Crop Research Institute for the Semi Arid Tropics (ICRISAT) (2011). Fungi-Sorghum Retrieved from <http://cropgenebank.sgrp.cgiar.org> in October, 2011.
- Javis, B (1971). Factors affecting the production of mycotoxins. *J. Appl. Bact.* 34(1):199-213.
- JECFA, (2000). WHO Food additives series:44 safety evaluation of certain food additives and contaminants: Zearalenone. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) (1998). Food additives series: 40 safety evaluation of certain food additives and contaminants Aflatoxins WHO Food Additives Series 40
- Kew, M. C. (2005) Prevention of hepatocellular carcinoma, *HPB* 7, 16-25
- Kotan, E., Alpsoy, L., Anar, M., Aslan, A. and Agar, G. (2011) Protective role of methanol extracts of *Cetraria islandica* against oxidative stress and genotoxic effects of aflatoxin B₁ in human lymphocytes *in vitro Toxicology and Industrial Health* 2011, In press.
- Laemmlein, F (2001). *Alternaria* diseases. <http://ucanr.org/freepubs/doors/8040.pdf>
- Lane, K.S, (2005). New support for FDA regulation of tobacco. Available at [www. Tobacco.org](http://www.Tobacco.org).
- Langouet, S., Coles, B., Morel, F., Becquemonet, L., Beaune, P., Guengrich, P., F., Ketterer, B. and Guillouzo, A. (1995) Inhibition of CYP1A2 and CYP3A4 by oltipraz results in reduction of aflatoxin B₁ metabolism in human hepatocytes in primary culture *Cancer Research* 55, 5574-5579.
- Lata, J. (2010) Chronic liver disease as tumor precursors, *Digestive Diseases* 28, 596-599.
- Leslie, J. F., Zeller, K. A., Lamprecht, S. C., Rheeder, J. P., and Marasas, W.F. O. 2005. Toxicity, pathogenicity, and genetic differentiation of five species of *Fusarium* from Sorghum and millet. *Phytopathology* 95:275-283.
- Lillehoj, E.B.(1973) Feed sources and conditions conducive for production of aflatoxin ochratoxin, *Fusarium* toxins and Zearalenone. *Journal.American.Veterinary.Medical.Association.* 163(II): 1280-1283.
- Lincy, S. V, Chandrashekar, A, Narayan, M.S, Sharma, R and Thakur, R.P (2011). Natural occurrence of trichothecene-producing *Fusaria* isolated from India with particular reference to Sorghum. *World J Microbiol Biotechnol* (2011) 27:981–989
- Liu, Y. and Wu, F. (2010) Global burden of aflatoxin-induced hepatocellular carcinoma: a risk assessment *Environmental Health Perspectives* 118, 818-824.

- Luongo D, De Luna RD, Russo R, Severino L (2008) Effects of four *Fusarium* toxins (FBs B1, α -zearalenol, nivalenol and DON) on porcine whole-blood cellular proliferation. *Toxicon* 52:156–162
- Magan, N., and Aldred, D. (2007): Post-harvest control strategies: Minimizing mycotoxins in the food chain. *International Journal of Food Microbiology* 119: 131-139.
- Makun, HA, Gbodi, TA, Akanya, HO, Salako, EA and Ogbadu, GH (2009a). Fungi and some mycotoxins found in mouldy Sorghum in Niger State, Nigeria. *World Journal of Agricultural Sciences*. 5 (1): 05 – 17. Available at www.idosi.org.
- Makun, HA, Gbodi, TA, Akanya, HO, Salako, EA and Ogbadu, GH (2009b). Health implications of toxigenic fungi found in two Nigerian staples: Sorghum and rice. *African Journal of Food Sciences*. 3 (9): 250 – 256. Available online at www.academicjournals.org/AJFS
- Manjunath Hi, Sevugapperumal N, Thiruvengadam R, Theerthagiri A and Ramasamy S. Effect of Environmental Conditions on Growth of *Alternaria alternata* Causing Leaf Blight of Noni *World Journal of Agricultural Sciences* 6 (2): 171-177,
- Manson, M. M., Ball, H. W. L., Barrett, M. C., Clark, H. L., Jumah, D. J., Williamson, G. and Neal, G. E. (1997) Mechanism of action of dietary chemoprotective agents in rat liver: induction of phase I and II drug metabolizing enzymes and aflatoxin B₁ metabolism *Carcinogenesis* 18, 1729-1738.
- Mansuetus, A.S.B., Odvody, G.N., Frederiksen, R.A and Leslie, J.F (1997). Biological species in the *Gibberella fujikuroi* species complex (*Fusarium* section *Liseola*) recovered from Sorghum in Tanzania. *Mycol. Res.* 101 (7): 815 – 820
- Mantle, P.G. and Waight, E.S. (1968). Dihydroergosine: A new naturally occurring alkaloid from the sclerotia of *Sphacelia Sorgi* MCR *Nature* 218: 581582.
- Marasas, W.F.O (2001). Discovery and occurrence of the fumonisins: A historical perspective. *Environmental Health Perspectives Supplements Volume 109, Number S2*.
- Matumba, L., Monjerezi, M., Khonga, E. B., Lakudzala, D.D. (2011). Aflatoxins in Sorghum, Sorghum malt and traditional opaque beer in southern Malawi. *Food Control* 22, 266-268
- Maxwell, S. M., F. Apeagyei, H. R. de Vries, D. D. Mwanmut, and R. G. Hendricks. 1989. Aflatoxins in breast milk, neonatal cord blood and sera of pregnant women. *J. Toxicol. Toxin Rev.* 8:1.
- Miller, J.D. (1995). Fungi and mycotoxins in grains: Implications for stored product research. *J. Stored. Prod. Res.* 31 (1): 1-16
- Mycock, D.J. and Berjack, P. 1999. Paradoxical behaviour of seed-storage and field fungi: An overview. *S.Afr. J. Sci.* 88,371–375.
- Negedu, A., Atawodi, S.E. Ameh, J.B., Umoh, V.J., and Tanko, H.Y. (2011). Economic and health perspectives of mycotoxins: a review. *Continental J. Biomedical Sciences* 5 (1): 5-26.
- Neya, A and Le Normand, M. (1998) Responses of Sorghum genotypes to leaf anthracnose (*Colletotrichum graminicola*) under field conditions in Burkina Faso *Crop Protection* 17 (1) 47-53.
- Nikander, P. S., Seppala, T., Kilonzo, G.P., Huttunen, P., Saarinen, L., Kilma, E. *et al.* (1991) Ingredients and contaminants of traditional alcoholic beverages in Tanzania. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 85:133-135.
- Nkwe, D.O., Taylor, J.E., Siame, B.A. 2005. Fungi, aflatoxins, fumonisin B1 and zearalenone contaminating Sorghum-based traditional malt, wort and beer in Botswana. *Mycopathologia* 160:177-186
- Njobeh B. P., Dutton F. M., Makun, H.A (2010). Mycotoxins and human health: Significance, prevention and control In: Ajay K. Mishra, Ashutosh Tiwari, and Shivani B. Mishra (Eds) 'Smart Biomolecules in Medicine' VBRI Press, India 132-177
- Obidoo, O and Gugani, H.C. (1992). Mycotoxins in Nigerian foods: causes, Consequences and remedial measures. In Z.S.C Okoye (ed) Book of proceedings of the first National Workshop on Mycotoxins held at University Jos, on the 29th November, 1990, 95-114.
- Odhav, B and Naicker, V (2002). Mycotoxins in South African traditionally brewed beers. *Food Additives and Contaminants* 19 (1):55-61
- Odoemelam, S. A and Osu, C.I (2009). Aflatoxin B1 contamination of some edible grains marketed in Nigeria. *E-Journal of Chemistry* 6 (2):308-314.
- Ogbadu, G. (1979) Effect of low gamma irradiation on the production of aflatoxin B1 by *Aspergillus flavus* growing on *Capsicum annum* *Microbios letters* 10, 139-142.
- Ogbadu, G. and Bassir, O. (1979) Toxicological study of γ -irradiated aflatoxins using the chicken embryo *Toxicology and Applied Pharmacology* 51, 379-382.
- Ogbadu G (1980a) Influence of gamma irradiation of aflatoxin B1 production by *Aspergillus flavus* growing on some Nigerian foodstuffs. *Microbios*; 27(107):19-26.
- Ogbadu, G. (1981) Ultra structural changes in gamma-irradiated *Aspergillus flavus* spores *Cytobios* 30, 167-171.
- Ogbadu, G. (1988) Use of gamma irradiation to prevent aflatoxin B1 production in smoked dried fish *International Journal of Applied Instrumentation* 31, 207-207
- Ominski, K.H., Marquardt, R.R., Sinha, R.N and Abramson, D (1994). Ecological aspects of growth and mycotoxin production by storage fungi. In: Miller, J.D and Trenholm, H.L (1994). *Mycotoxins in grains: Compounds other than aflatoxins*. Eagan Press, St. Paul Minnesota, USA. 287-314.
- Onyike, N.B.N and Nelson, P.E (1992) *Fusarium* species associated with Sorghum grain from Nigeria, Lesotho and Zimbabwe. *Mycologia* 84 (3): 452-258

- Opadokun, J.S (1992). Occurrence of Aflatoxin in Nigeria food crops. A paper presented At the first National Workshop on Mycotoxins held on 29th November, 1990 at University of Jos. Book of proceeding pg. 50-60.
- Otsuki, T., Wilson, J.S. and Sewadeh, M., 2001. What price precaution? European harmonization of aflatoxin regulations and African groundnut exports. *European Review of Agricultural Economics* 28: 263-283.
- Peraica, M., Radic, B., Lucic, A., Pavlovic, M., 1999. Toxic effects of mycotoxins in humans. *Bull. W. H. O.* 77, 754–766.
- Pier AC, and McLoughlin ME (1985). Mycotoxic suppression of immunity. In: Lacey J, ed. *Trichothecenes and other mycotoxins*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.,:507-19.
- Pietri, A., Bertuzzi, T., Agosti, B. and Donadini, G. (2010). Transfer of aflatoxin B₁ and fumonisin B₁ from naturally contaminated raw materials to beer during an industrial brewing process. *Food Additives & Contaminants: Part A: Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment*. 27 (10): 1431 - 1439
- Pitt, J.I. and Hocking, A.D (2009). Fungi and food spoilage. Pg 398 Retrieved from www.book.google.com.ng in October, 2011
- Placinta, C.M., D'Mello, J.P.F. & Macdonald, A.M.C. (1999): A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with *Fusarium* mycotoxins. *Animal Feed Science and Technology*, 78: 21-37
- Porter, J.K., Charles W. Bacon, Gretchen Kuldau, Emma M. Wray, and Filmore I. Meredith (1998) Alkaloids and Other Mycotoxins Associated with Ergot Damaged Sorghum. Proceeding of the 1998 Conference on the Status of Sorghum Ergot in North America
- Porter, J.K, Bacon C.W. and Robbins, J.D. (1974). Major alkaloids of *A. claviceps*. *Agric and food chem.* 22; 838-841
- Prelusky. D.B and Rotter, R. (1994). Toxicology of mycotoxins. In Miller, J.D and Trenholm, H.L. *Mycotoxins in grains: Compounds Other Than Aflatoxins*. Eagan press U.S.A.359-403.
- ProMED, (2004). Aflatoxicosis, Human- Kenya. Available at www.promed.isid.harvard.edu
- Rabie CJ and Thiel PE (1985) Toxigenic fungi and mycotoxins in Sorghum malt. In: Proceedings of the 1st Scientific and Technical Convention. The Institute of Brewing Central and Southern Africa Section, Johannesburg, South Africa, pp252 - 265.
- Ratnadass, A, Marley, P.S., Hamada, M.A., Ajayi. O. *et al* (2003) Sorghum head-bugs and grain molds in West and Central Africa: I.Host plant resistance and bug–mold interactions on Sorghum grains *Crop Protection* 22, 837–851
- Reddy, B.N., Nusrath, M., Nagamani, V., 1985. Aflatoxin and other mycotoxin contamination in Sorghum under field conditions. *Indian J. Bot.* 8, 135–137.
- Reddy, K.R.N., Raghavender, C.R., Reddy, B.N., and Salleh, B. (2010). Biological control of *Aspergillus flavus* growth and subsequent aflatoxin B₁ production in Sorghum grains. *African Journal of Biotechnology* 9(27) 4247-4250.
- Rodriguez, R., Masana, M. and Pensel, N (2003) Development of a food quality management system for the control of mycotoxins in maize and wheat. Available at: <http://www.cnia.inta.gov.ar>
- Roger, D.D. (2011). Deoxynivalenol (DON) and fumonisins B₁ (FB₁) in artisanal Sorghum opaque beer brewed in north Cameroon *African Journal of Microbiology Research* 5(12) 1565-1567.
- Rustom, I.Y.S (1997). Aflatoxin in food and feed: occurrence, legislation and inactivation by physical methods *Food Chemistry* 59 (1):57-67.
- Ryle, M. 2010 Ergot affected and mouldy Sorghum. Department of employment, economic development and innovation, Australia. Primary industries and fisheries 28.
- Salifu A, (1981). Mycotoxins in short season in Northern Nigeria. *Samaru J. Agric. Res.* 1, 83-87.
- Scott, P.M (1994) *Penicillium* and *Aspergillus* toxins. In Miller, J.D and Trenholm, H.L(eds). *Mycotoxins in Grains: Compounds other than aflatoxin*. Eagan Press. St. Paul, Minnesota. USA. 261-286.
- SFI, (2005). Report on food safety problems and issues in different regions of the world. Safe Food International Available at http://www.safefoodinternational.org/african_region_international_report.doc.
- Sharma, R, Thakur, R.P, Senthilvel, S, Nayak, S, Reddy, S.V, Rao, V.P and Varshney, R.K (2011). Identification and Characterization of Toxigenic *Fusaria* Associated with Sorghum Grain Mold Complex in India. *Mycopathologia* (2011) 171:223–230
- Shetty, P.H. and Bhat, R.V. 1997. Natural occurrence of fumonisins B₁ and its co-occurrence with aflatoxin B₁ in Indian Sorghum, maize and poultry feed. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 45:2170-2173.
- Sibanda L, Marovatsanga LT, Pestka JJ (1997) Review of mycotoxin work in sub-Saharan Africa. *Food Control* 8:21–29 647.
- Siruguri, V., Ganguly, C. and Bhat, R.V. (2009). Utilization of mouldy Sorghum and *Cassia tori* through fermentation for feed purposes. *African Journal of Biotechnology* 8(22): 6349-6354.
- Smith, T.K., Mehrdad, M. and Ewen, J.M. (2000) Biotechnology in the Feed Industry. *Proceedings of Alltech's 16th Annual Symposium*, Pp 383–390. Smith, J.E and Moss M.O. (1985). Mycotoxins: formation, analysis and significance. John Wiley & sons. Chichester, Britain, 1-143.
- Soliman, H.M (2003).. Mycoflora and mycotoxins in cereal grains in Delta, Egypt. *Mycobiology* 31 (4): 183-190
- Somda, I., Leth, V. and Sereme, P. (2007). Evaluation of lemongrass, Eucalyptus and neem aqueous extracts for controlling seed-borne fungi of Sorghum grown in Burkina Faso. *World Journal of Agricultural Sciences* 3 (2): 218-223
- Souheib O: Guiseppe M, Ahmed M, Abdelwahed G, Jordi M (2011). Determination of *Fusarium* mycotoxins enniatins, beauvericin and fusaproliferin in cereals and derived products from Tunisia. *Food Control*. 22 (8): 1373-1377.

- Speijers, G. J. and Speijers, M. H. (2004) Combined toxic effects of mycotoxins *Toxicology Letters* 153, 91-98.
- Stoev, S; Gundasheva, D. Zarkov, I; Mircheva, T; Zapryanova, D; Denev, S; Mitev, Y; Daskalov, H; Dutton, M; Mwanza, M; Schneider, Y. 2011. Experimental mycotoxic nephropathy in pigs provoked by a mouldy diet containing ochratoxin A and fumonisin B1. *Exp Toxicol Pathol*, doi:10.1016/j.etp.2011.01.008
- Suprasert, D. and Chulamorakot, T. (1999) Mycotoxin contamination in detected Sorghum in Thailand. *Food (Inst. Food Res. Products Develop, Kasartsart Univ.)*, 29, 187–192
- Sydenham, E.W., Thiel, P.G., Marasas, F.O. 1988. Occurrence and chemical determination of zearalenone and alternariol monomethylether in Sorghum-based mixed feeds associated with an outbreak of suspected hyperestrogenism in swine. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 36:621-625.
- Taylor, J.R.N., Schober, T.J. and Bean, S.C. (2006). Novel foods and non-food uses for Sorghum and millet *Journal cereal science* 44 (3): 252-271
- Tripathy, R. K., 1973. Aflatoxins in Sorghum grains infested with head moulds. *Indian Exp. Biol.*, 11:361-362.
- Trucksess, M. W., Cho, T. H., & Ready, D. E. (2000). Liquid chromatographic method for fumonisin B1 in Sorghum syrup and corn-based breakfast cereals *Food Additives and Contaminants*, 17, 161–166.
- Turkez, H., and Geyikoglu, F. (2010) Boric acid: a potential chemoprotective agent against aflatoxin B₁ toxicity in human blood, *Cytotechnology* 62, 157-165.
- Tyagi, P.D. (1974). Sorghum disease in Nigeria. A paper presented at the International Workshop on Sorghum disease. Hyderabad, India. Dec. 11-15, 1974.
- Uraguchi, K. and Yamazaki, M. (1978). Toxicology: biochemistry and pathology of mycotoxins. Halsted press, Japan. 1-278.
- Uraih, W and Ogbadu, G (1980): Incidence of Aflatoxin in Nigerian Sorghum. *Microbios*. 10: 139-142
- US Grain Council (2000) Manual pp 1-42
- US Grain Council (2010). Sorghum. Retrieved on 19/12/2011 from <http://www.grains.org/Sorghum>
- Visconti, A and Sibilia, A (1994) *Alternaria* toxins. In Miller, J.D and Trenholm, H.L (eds). Mycotoxins in Grains: Compounds other than aflatoxin. Eagan Press. St. Paul, Minnesota. USA:315-338.
- Wafa E.W.; Yahya R.S.; Sobh M.A.; Eraky I; El-Baz M; El-Gayar H.A.M.; Betbeder A.M.; Creppy E.E. (1998). Human ochratoxicosis and nephropathy in Egypt: A preliminary study *Human & Experimental Toxicology*, 17 (2): 124-129
- Wagacha, J.M., Muthomi, J.W., 2008. Mycotoxin problem in Africa: current status, implications to food safety and health and possible management strategies. *International Journal Food Microbiology*. 124, 1–12
- Waliyar F, Reddy SV, Lava Kumar P, Reddy BVS, Rai KN, Alur, Ashok S and Ravinder Reddy Ch. 2007. Surveillance for natural contamination of mycotoxins in Sorghum and pearl millet grains in Andhra Pradesh and Maharashtra states, India. Paper presented (Abstract page 294) in 2nd Asian congress of mycology and plant pathology, 19-22 December 2007, Osmania University, Hyderabad, Andhra Pradesh, India
- Wang, J.-S., Shen, X., He, X. H., Zhu, Y.-R., Zhang, B.-C., Wang, J.-B., Qian, G.-S., Kuang, S.-Y., Zarba, A., Egner, P. A., Jacobson, L. P., Munoz, A., Helzlsouer, Groopman, J. D. and Kensler, T. W. (1999) Protective alterations in Phase 1 and 2 metabolism of aflatoxin B₁ by oltipraz in residents of Qidong, People's republic of China *Journal of the National Cancer Institute* 91, 347-354.
- Wangikar PB, Dwivedi P, Sinha N, Sharma AK, Telang AG (2005) Teratogenic effects in rabbits of the simultaneous exposure to OTA and aflatoxin B1 with special reference to microscopic effects. *Toxicology* 215:37–47
- Wilson T, Rabie CJ, Fincham JE, Steyn PS, Schipper MA (1984). Toxicity of rhizoxin A, isolated from *Rhizopus microsporus*, in laboratory animals. *Food Chem Toxicol*. 1984 Apr;22(4):275-81.
- World Health Organization (WHO), 2006. Mycotoxins in African foods: implications to food safety and health. AFRO Food Safety Newsletter. World Health Organization Food safety (FOS), Issue No. July 2006. www.afro.who.int/des.
- Wu, F. (2006) Mycotoxin reduction in Bt corn: potential economic, health and regulatory impacts *Transgenic Research* 15, 277-289.
- Wu, F. and Khlangwiset, P. (2010) Evaluating the technical feasibility of aflatoxin risk reduction strategies in Africa *Food Additives and Contaminants* 27, 658-676.
- Zafar, F., Yasmin, N., Hassan, R., Naim, T., Qureshi, A.A., 2001. A study on the analysis of ochratoxin A in different poultry feed ingredients. *Pak. J. Pharm. Sci.* 14, 5–7.
- Zaied, C., Abid, S., Zorgui, L., Bouaziz, C., Chouchane, S., Jomaa, M., Bacha, H., 2009. Natural occurrence of ochratoxin A in Tunisian cereals. *Food Control* 20, 218-222.

Liste des participants

Chair

Nigeria

Mrs. Denloye, Stella A.
 Director, Laboratory Services
 National Agency for Food and Drug
 Administration and Control, NAFDAC
 Oshodi- Lagos, Nigeria
 Central Laboratory Complex
denloye.s@nafdac.gov.ng

Participants by Country

Austria

Mrs Elke RAUSCHER-GABERNIG
 Austrian Agency for Health and Food
 Safety, AGES
 Department of Data, Statistics and Risk Assessment
 Spargelfeldstr. 191
 1220 Wien / Vienna
 Tel: +43-050-555-25706
 Email: elke.rauscher-gabernig@ages.at

Brazil

Schreiner Ligia Lindner
 Expert on Regulation
 General Office of Foods
 Brazilian Health Surveillance Agency
 Tel.: +55 61 3462 5399 ligia.schreiner@anvisa.gov.br

European Union (EU)

Mr. Frans VERSTRAETE
 European Commission
 Health and Consumer Directorate-General
 Tel.: ++32 – 2 – 295 – 63 59
 Email: frans.verstraete@ec.europa.eu

Ghana

Dr. Kafui KPODO
 Head of Chemistry Division
 Food Research Institute
 Council of Scientific and Industrial Research, Accra.
 Tel: +233 244 650 635
 Email: kpodofri@ghana.com
kafuikpodo@gmail.com
kafui@kpodo.net

Mr. Ebenezer Kofi ESSEL
 Head, Food Inspectorate
 Food Division
 Food and Drugs Board, Accra
 Tel: +0233 244 655 943
 Email: koonduntu@yahoo.co.uk

Ms. Joyce OKOREE
 Codex Contact Point Officer
 Ghana Standards Board, Accra
 Tel: +0233 244 381 351
 Email: jooko88@yahoo.com; codex@gsb.gov.gh

Italy

Dr. Carlo Brera
 Italian International Institute of Health (ISS), Department of
 Veterinary Public Health and Food Safety
 GMO and Mycotoxin Unit – Head
 Viale Regina Elena, 299 – 00161
 Rome, Italy
 Email: carlo.brera@iss.it

Japan

Mr. Naofumi HAMATANI
 Associate Director
 Plant Products Safety Division
 Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries
 1-2-1 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100 – 8950, Japan
 Email: naofumi_hamatani@nm.maff.go.jp

Mr. Wataru IIZUKA
 Section Chief
 Standards and Evaluation Division
 Department of Food Safety
 Ministry of Health, Labour and Welfare
 1-2-2 Kasumigaseki Chiyoda – ku, Tokyo 100-8916, Japan
 Email: codexj@mhlw.go.jp

Dr. Yoshiko SUGITA-KONISHI
 Director
 Division of Microbiology
 National Institute of Health Sciences
 1-18-1 Kamiyoga, Setagaya-ku, Tokyo 158-8501, Japan
ykonishi@nihs.go.jp

Nigeria

Dr. Hussaini Anthony MAKUN
 Senior Lecturer
 Department of Biochemistry
 Federal University of Technology
 P.M.B 65, Minna, Nigeria
 Tel.: +2348035882233
 Email: hussainimakun@yahoo.com
hussaini.makun@futminna.edu.ng

Mrs. Ogochukwu N. MAINASARA
 Ag. Director, Regulatory and Registration
 National Agency for Food and Drug
 Administration and Control, NAFDAC
 Oshodi- Lagos, Nigeria
 Central Laboratory Complex
 Tel.: +2348033217430
 Email: mainasara.o@nafdac.gov.ng

Mrs Jane O. OMOJOKUN
 Deputy Director, Regulatory Affairs
 National Agency for Food and Drug
 Administration and Control, NAFDAC
 Oshodi- Lagos, Nigeria
 Central Laboratory Complex
 Tel.: +2348033338184
 Email: omojokun.j@nafdac.gov.ng

Professor Gabriel O ADEGOKE
 Professor of Food Microbiology and Food Safety
 Dept of Food Technology, University of Ibadan, Ibadan
 Tel: 08023391029
 Email: goadegoke@yahoo.com

Dr. Olusegun ATANDA

President Mycotoxicology Society of Nigeria & Ag. Head of
Department

Dept. Foodservice & Tourism and

University of Agriculture

P.M.B 2240, Post Code: 110001

Abeokuta, Nigeria

Tel: +234 8038339901, + 234 7029079670

Email: atandaoo@unaab.edu.ng

Mr. Abimbola O. ADEGBOYE

Assistant Director, Codex Unit

Regulatory Affairs Division

National Agency for Food &

Drug Administration & Control

NAFDAC, Lagos, Nigeria

Tel: + 234 805 317 0810(m)

Email: bimbostica@yahoo.com

Mr. Musa GEORGE

Assistant Director (Codex Unit)

Standards Organization of Nigeria

52, Lome Crescent

Wuse Zone 7

Abuja

Tel.: +234 8097594024

Email: bob_king_george@yahoo.com

mgeorge@sononline.org

Dr. Ranajit BANDYOPADHYAY

Plant Pathologist

International Institute of Tropical Agriculture (IITA)

Oyo Road, PMB 5320, Ibadan 200001

Oyo State, NIGERIA.

Tel: +234 (0)27517472, (0)8039784000, (0)8055055954

Mobile: +234 (0)8068681854

Fax: INMARSAT 873761798636

Email: r.bandyopadhyay@cgiar.org

Professor A. Babatunde OBILANA

Team Leader

Sorghum Transformation Value Chain Development Agricultural

Transformation Implementation Group

Federal Ministry of Agriculture and Rural Development, FMARD,

Abuja, Nigeria

Mobile: +234 (0)8033010966

Email: babaobilana@yahoo.com

Mrs Kemisola AJASA

Regulatory Affairs Manager

Nestle Plc

Ilupeju, Lagos

Nigeria

Email: kemisola.ajasa@ng.nestle.com

Alh. G. A. SOLABI

Director, Rambigas Nig Ltd

Suit 44/45, Galaxy Shopping Complex

Jida-Market Road, Agbara Ogun State

Nigeria

Tel: +234 80575992684

Email: adisas_rambigas@yahoo.com

Pakistan**Nasim BEGUM**

Tel: 092-51-9260121, 092-51-9260126

Fax: 092-51-9260234

Email: naseem190@hotmail.com

dg.fscrd@yahoo.com

Sudan**Dr Gaafar I.MOHAMED ALI**

Consultant in Agric. Research and Development

Tel.: +249912888440

Email: gaafaribrahim80@yahoo.com

Dr Nafeesa E. Ahmed

Sudan Agricultural Research Corporation

Tel.: +249923002323

Email: anafeesa34@yahoo.com

Mrs. Ibtihag B. E. ELMUSTAFA

Manager of Mycotoxin Center

Sudanese Standards & Metrology organization

Mycotoxin Center

P.O. Box 13573

249 Khratoum

SUDAN

Tel: +249915388777

Fax: +249183763727

Email: ibtihagbur@hotmail.com

Thailand**Mr. Pisan Pongsapitch**

Director, Office of Commodity and

System Standard, National Bureau of

Agricultural Commodity and Food

Standards, 50 Phaholyothin Road, Ladyao,

Chatuchak, Bangkok 10900 Thailand

Tel: (+662) 561 2277

Fax: (+662) 561 3367, (+662) 561 3373

Email: codex@acfs.go.th

United States**Dr Garnett E. WOOD**

Office of Food Safety (HFS-317)

FDA/Center for Food Safety and Applied Nutrition

5100 Paint Branch Pkwy

College Park, MD 20740

Tel.: 240-402-1942

Email: garnett.wood@fda.hhs.gov

F.A.O.**Annika WENNBORG**

Senior Officer

FAO, JECFA Secretary

Email: Annika.Wennberg@fao.org