

commission du codex alimentarius



ORGANISATION DES NATIONS
UNIES POUR L'ALIMENTATION
ET L'AGRICULTURE

ORGANISATION
MONDIALE
DE LA SANTÉ



BUREAU CONJOINT: Viale delle Terme di Caracalla 00100 ROME Tél: +39 06 57051 www.codexalimentarius.net Email: codex@fao.org Facsimile: 39 06 5705 4593

Point 13 d) de l'ordre du jour

CX/FAC 06/38/24

Novembre 2005

PROGRAMME MIXTE FAO/OMS SUR LES NORMES ALIMENTAIRES COMITÉ DU CODEX SUR LES ADDITIFS ALIMENTAIRES ET LES CONTAMINANTS

Trente-huitième session

La Haye (Pays-Bas), 24 – 28 avril 2006

DOCUMENT DE TRAVAIL SUR LA CONTAMINATION DES NOIX DU BRÉSIL PAR LES AFLATOXINES

GÉNÉRALITÉS

1. À sa trente-quatrième session, le Comité du Codex sur les additifs alimentaires et les contaminants (CCFAC) a décidé qu'un groupe de rédaction dirigé par l'Iran réviserait le document de travail sur les aflatoxines dans les fruits à coque d'espèces arborescentes pour distribution, observations et nouvel examen à sa prochaine session. Il est également convenu de demander dans le document de travail des informations sur les aflatoxines ainsi que sur les méthodes d'analyse.
2. S'appuyant sur les données présentées dans le document CX/FAC 03/23, à sa trente-cinquième session, le CCFAC est convenu de fixer des limites maximales pour les aflatoxines dans les amandes, les noix et les pistaches. Les données concernant d'autres variétés de fruits à coque d'espèces arborescentes ont été jugées insuffisantes pour établir des limites maximales. Le Comité est convenu que la délégation iranienne réviserait le document de travail pour distribution, observations et nouvel examen à sa prochaine réunion et que des renseignements supplémentaires seraient demandés sur la contamination par les aflatoxines dans les fruits à coques d'espèces arborescentes autres que les amandes, les noix et les pistaches.
3. À sa trente-sixième session, le CCFAC est convenu de ne s'intéresser qu'aux noix du Brésil car les autres fruits à coque d'espèces arborescentes mentionnés dans le document de travail (soit les noix de cajou, les noix de *Macadamia*, les noix pacanes, les pignons, les noix, etc.) présentent une fréquence d'aflatoxines inférieure et que leur volume dans le commerce international n'est pas très important.
4. Le Comité est convenu que la délégation iranienne préparerait un nouveau document de travail sur la contamination des noix du Brésil par les aflatoxines qui étudierait les noix du Brésil décortiquées, entières, mondées ou non mondées. Le nouveau document, distribué pour observations et examen par le Comité à sa trente-septième session, devrait s'appuyer sur les observations écrites soumises et formulées au cours de la présente réunion et tenir compte du principe ALARA en prenant dûment en considération l'évaluation du JECFA.
5. À sa trente-septième session, le CCFAC est convenu d'établir un nouveau groupe de travail dirigé par le Brésil pour préparer le document de travail sur les noix du Brésil pour la trente-huitième session. Les observations et les données sur la contamination par les aflatoxines présentées par le Brésil durant la trente-septième session devraient être prises en considération pour l'élaboration du nouveau document.

INTRODUCTION

6. La contamination par les aflatoxines est un problème potentiel dans les fruits à coque d'espèces arborescentes et d'autres denrées. Le présent document de travail ne s'applique qu'aux noix du Brésil qui sont la seule culture faisant l'objet d'une exploitation « extractiviste » parmi les principaux fruits à coque d'espèces arborescentes commercialisés.

7. L'extractivisme des noix du Brésil consiste en la cueillette et en la manipulation primaire des noix du Brésil dans la forêt pluviale amazonienne où les noix du Brésil poussent dans leur environnement naturel (CAC, 2005c).

8. Les noix du Brésil sont des graines de l'arbre *Bertolothia excelsa* Humb. & Bompl., qui pousse dans la forêt pluviale, fréquemment dans les zones plus denses de la forêt amazonienne. Il faut une douzaine d'années pour que ces arbres portent des fruits; ils peuvent atteindre 60 mètres et vivre jusqu'à 500 ans. L'arbre des noix du Brésil n'est pas régulièrement réparti, mais on le trouve plutôt souvent dans des bosquets de 50-100 arbres individuels, la distance séparant chaque bosquet étant d'environ 1 km. L'arbre n'est pas cultivé en vergers car il doit être associé à d'autres essences forestières pour être pollinisé et donner des fruits. La noix du Brésil est pollinisée par des abeilles de grande dimension, notamment les *Euglossinae* (Wadt et al., 2005).

9. La forêt pluviale amazonienne est composée de multiples écosystèmes dans lesquels cohabitent diverses nationalités et ethnies. Environ 60 pour cent de la forêt occupe des terres brésiliennes et les 40 pour cent restants d'autres pays d'Amérique du Sud. Le climat équatorial dans la région est chaud et humide, avec une température moyenne de 26 °C. Lorsque commence la saison des pluies, les cosses commencent à tomber et le risque de contamination par les aflatoxines augmente en raison de la forte humidité de l'air et de la température élevée, qui ne peuvent être contrôlées.

10. La forêt pluviale amazonienne a été considérée de la plus grande importance environnementale du fait de son rôle dans l'équilibre écologique et aussi parce que la région est l'habitat de diverses populations indigènes et présente une biodiversité exceptionnelle. De plus, l'industrie des noix du Brésil répond aux principaux objectifs des politiques internationales en matière de coopération pour le développement (réduction de la pauvreté liée à la protection de l'environnement) et de conservation des forêts (conserver la couverture forestière).

11. Dans ce contexte, l'extractivisme représente une activité importante pour la région en stimulant l'utilisation durable des ressources naturelles renouvelables tout en conciliant développement social et conservation. Il y a lieu de souligner que l'extractivisme des noix du Brésil ne comporte pas la destruction des forêts ni ne menace l'équilibre écologique et l'environnement. Selon l'IBGE (Institut brésilien de géographie et de statistiques), les moyens d'existence d'environ un million de personnes dépendent de la production des noix du Brésil, et pour cela, les habitants de la région ont intérêt à préserver la forêt.

12. Le présent document de travail examine différents aspects liés à la contamination des noix du Brésil par les aflatoxines et contient des données sur la présence des aflatoxines et l'ingestion estimée.

STRUCTURE CHIMIQUE

13. Les aflatoxines sont un groupe de composés chimiques structurellement proches produits par quelques souches d'*Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* et *A. nomius* dans des conditions favorables. Les aflatoxines d'origine naturelle sont les aflatoxines B₁, B₂, G₁ et G₂. L'aflatoxine B₁ prédomine dans les denrées contaminées; les aflatoxines B₂, G₁ et G₂ ne sont généralement pas présentes quand l'aflatoxine B₁ est absente. Les aflatoxines B₁ et G₁ sont normalement présentes dans les noix du Brésil selon un rapport d'environ 1:1 poids/poids (CAC, 2005a).

14. Chimiquement, les aflatoxines sont des composés hétérocycliques d'origine naturelle fortement oxygénés et ont des structures étroitement liées. Toutes les aflatoxines contiennent essentiellement un noyau de coumarine associé à un bifuran. Une structure de pentanone est attachée au noyau de coumarine dans le cas des aflatoxines B. Celui-ci est remplacé par une lactone à six membres dans les aflatoxines G (Salunkhe et al., 1987).

ÉVALUATION TOXICOLOGIQUE

15. Les aflatoxines ont fait l'objet d'une évaluation par le JECFA lors de ses trente et unième, quarante-sixième, quarante-neuvième et cinquante-sixième sessions (pour l'aflatoxine M₁ uniquement). À sa quarante-neuvième session en 1997, le JECFA a examiné les estimations du potentiel carcinogène des aflatoxines et des risques possibles associés à leur ingestion. Au cours de cette session, aucune DJT (dose journalière tolérable) n'a été proposée du fait que ces composés sont des cancérogènes génotoxiques, mais les estimations de la capacité à favoriser le développement du cancer du foie chez l'homme due à une exposition à l'aflatoxine B₁ étaient tirées d'études épidémiologiques et toxicologiques. Le JECFA s'est penché sur une vaste gamme d'études conduites tant chez les animaux que chez l'homme qui ont fourni des informations qualitatives et quantitatives sur l'hépatocarcinogénicité des aflatoxines. Il a évalué l'activité de ces contaminants, relié ces activités aux estimations de l'ingestion et examiné l'impact potentiel de deux normes hypothétiques sur les arachides (10 ou 20 µg/kg) sur des populations-types et leur risque global. Il a conclu qu'en réduisant la quantité d'aflatoxines B₁ autorisée dans les arachides de 20 µg/kg à 10 µg/kg, le nombre de cas de cancers du foie ne diminuerait pas (JECFA, 1998).

16. Dans l'évaluation effectuée à sa quarante-neuvième session, le JECFA a noté que l'aflatoxine B₁ a un potentiel carcinogène plus important chez les porteurs du virus de l'hépatite B (environ 0,3 cancers/an/100 000 personnes/ng d'aflatoxine B₁/kg de poids corporel par jour), comme déterminé par la présence dans le sérum de l'antigène de surface de l'hépatite B (individus HBsAg positifs), que chez les individus HBsAg négatifs (quelque 0,01 cancer/an/100 000 personnes/ng d'aflatoxine B₁/kg de poids corporel par jour). Le JECFA a également noté que le vaccin contre le virus de l'hépatite B réduirait le nombre de porteurs du virus, affaiblissant ainsi la puissance des aflatoxines chez les populations vaccinées, conduisant à une réduction du risque de cancer du foie (JECFA, 1998).

ÉCHANTILLONNAGE

17. Malgré la faible fréquence de la contamination des fruits à coque d'espèces arborescentes par les aflatoxines, les concentrations d'aflatoxines sont variables et des concentrations élevées peuvent se développer dans un petit pourcentage de fruits à coque (Schade et al., 1975; Schatzki, 1995; Schatzki, 1996). La répartition des aflatoxines est très hétérogène dans les fruits à coque d'espèces arborescentes, d'où l'importance de bien définir les grandes lignes du plan d'échantillonnage.

18. La grande partie des procédures d'échantillonnage en place pour les aflatoxines dans les fruits à coque (CAC, 2001; EU, 1993; FAO, 1993) est tirée de plans d'échantillonnage établis pour les aflatoxines dans les arachides, produit pour lequel les évaluations ont été les plus nombreuses.

19. Un plan d'échantillonnage est défini uniquement par une procédure d'essai et un niveau d'acceptation des échantillons. La procédure d'essai consiste à spécifier la taille de l'échantillon, la méthode de préparation de l'échantillon (y compris la dimension des particules et la taille des sous-échantillons), ainsi que la méthode d'analyse.

20. On a reconnu l'importance de l'échantillonnage comme contribuant à la variabilité totale pendant de nombreuses années et il a été démontré que la variabilité augmente en même temps que la concentration d'aflatoxines et cela s'applique à toutes les étapes de la procédure d'essai. Par exemple, en testant un lot d'arachides avec des échantillons de 1,1 kg et des sous-échantillons de 50 g, les variances totales, d'échantillonnage, de préparation des échantillons et analytiques étaient de 82,9 pour cent, 73,1 pour cent, 37,5 pour cent et 10,7 pour cent respectivement (Johansson et al., 2000).

21. Une des observations les plus intéressantes concernant l'échantillonnage porte sur l'identification des composantes d'un lot présentant le risque de contamination le plus élevé. Pour des lots d'arachides, on a constaté que lorsqu'on examine des cosses mûres en bon état plus des morceaux sains, d'autres cosses, des cosses décortiquées clairsemées et des cosses endommagées, le risque était plus élevé pour ces trois derniers types (Whitaker et al., 1998). On s'est ensuite servi de cette information pour évaluer la performance des plans d'échantillonnage des aflatoxines fondés sur une analyse préférentielle des fractions triées (Whitaker et al., 1999). Cette approche est intéressante en ce qu'elle comble l'écart entre l'échantillonnage conçu comme mesure « disciplinaire » et les possibilités d'une action corrective moyennant le triage associé au plan d'échantillonnage (Gilbert et Vargas, 2003). La répartition des aflatoxines dans les pistaches et les amandes a fait l'objet d'une étude approfondie aux États-Unis. Les résultats des recherches indiquent que le triage en vue de déterminer la qualité permet d'éliminer une grande partie des aflatoxines présentes dans les pistaches et les amandes au moment de la récolte (Schatzki, 1995, 1996).

22. À sa trente-sixième session, le CCFAC est convenu qu'un groupe de travail dirigé par les États-Unis, avec l'assistance de l'Argentine, du Brésil, de l'Iran, de la Communauté européenne et du Conseil international des fruits secs, préparerait des plans d'échantillonnage pour les aflatoxines dans les amandes, les noix du Brésil, les noisettes et les pistaches.

23. À sa trente-septième session, le CCFAC a décidé qu'un groupe de travail électronique dirigé par les États-Unis réviserait l'avant-projet de plan d'échantillonnage pour la contamination par les aflatoxines des amandes, noix du Brésil, noisettes et pistaches en tenant compte des données récentes présentées à la réunion.

MÉTHODES ANALYTIQUES

24. L'utilisation de méthodes validées, la mise en oeuvre de l'accréditation et la participation à des essais d'aptitude ont toutes été préconisées comme mesures essentielles d'assurance de la qualité pour l'analyse des mycotoxines. Les méthodes analytiques validées sont celles pour lesquelles des caractéristiques de performance ont été établies par des essais interlaboratoires en collaboration et celles-ci sont maintenant généralement reconnues comme étant essentielles à des fins de surveillance et de réglementation (Gilbert, 1999). La méthode officielle AOAC 994.08 pour les aflatoxines dans les noix du Brésil, le blé, les arachides et les pistaches remonte à 1994 (AOAC, 2000), avec des caractéristiques de performance ayant une fourchette d'applicabilité de 5-30 µg/kg, un taux de récupération de 70 à 85 pour cent corrigé par les niveaux de base et une répétabilité avec un écart-type relatif de 8,6 pour cent à 30 µg/kg et une reproductibilité avec un écart-type relatif allant de 12 à 29,5 pour cent dans la fourchette d'applicabilité.

25. Les caractéristiques de performance de la méthode générale pour l'aflatoxine B1 et les aflatoxines totales ont été établies par le Comité européen de normalisation (CEN, 1999).

26. Il existe plusieurs méthodes d'analyse efficaces pour déterminer les concentrations d'aflatoxines dans les noix du Brésil bien qu'il n'y ait pas de méthode d'analyse validée officielle. Dans les pays développés, la plupart des laboratoires emploient l'extraction par solvant, suivie du nettoyage par colonnes d'immunoaffinité et la méthode CLHR (chromatographie liquide à haute résolution) avec détection par fluorescence. Les colonnes d'immunoaffinité sont maintenant fréquemment employées car elles constituent une technique de nettoyage très intéressante encore qu'assez coûteuse (Gilbert et Vargas, 2003).

27. Dans les pays producteurs de noix du Brésil, les méthodes d'analyse utilisées dans les pays développés ne sont pas nécessairement les plus appropriées. En raison du coût élevé de la méthode CLHR et des fournitures non durables, cette technique n'est pas toujours disponible et il y a un réel besoin de méthodes plus faciles à appliquer telles que celles fondées sur la CCM (chromatographie en couche mince) (Gilbert, 1999).

28. Les extraits préparés à l'aide de colonnes d'immunoaffinité sont plus propres que ceux obtenus avec le nettoyage en phase solide plus conventionnel ou le partage liquide-liquide, et peuvent être concentrés; de ce fait la CCM devient une option beaucoup plus intéressante pour la phase chromatographique de l'analyse (Gilbert et Vargas, 2003; Stroka et al., 2000b).

29. Pour les aflatoxines, la spécificité due à leur fluorescence a toujours été considérée adéquate et la confirmation, mise à part la formation de dérivés avec de l'iode ou du brome (STROKA et al., 2000a), n'est généralement pas pratiquée. L'électropulvérisation CPL/SM et le spectre APCI « full scan » utilisant CPL/SM ont été employés pour confirmer la présence d'aflatoxines (Tanaka et al., 2002; Trucksess et Wood, 1994).

30. On trouve dans le commerce une vaste gamme de trousse d'analyse fondées sur des anticorps pour les aflatoxines. Le site web de AOAC International (AOAC, 2005) énumère environ onze types différents de trousse d'analyse proposés par différentes sociétés. Les trousse pour l'aflatoxine B1 et les aflatoxines totales utilisent des anticorps enrobés différemment dans des coupes, les plaques ELISA, des colonnes, cartes et tubes avec différentes méthodes utilisées pour les dispositifs enregistreurs. Bien que dans chaque cas, les fabricants aient beaucoup vanté l'efficacité de ces trousse, quelques-unes seulement ont été validées par une méthode interlaboratoires en collaboration complète (Gilbert et Vargas, 2003).

31. À sa trente-sixième session, le CCFAC a noté qu'il n'était pas nécessaire que le Comité s'emploie à mettre au point des méthodes d'analyse pour déterminer la présence d'aflatoxines dans les fruits à coque d'espèces arborescentes du fait que quelques méthodes ont déjà été mises au point par le Comité du Codex sur les méthodes d'analyse et d'échantillonnage et que l'élaboration de méthodes supplémentaires pourrait être entreprise par ce Comité à la demande du CCFAC.

PRÉSENCE DES AFLATOXINES DANS LES NOIX DU BRÉSIL

32. Plusieurs facteurs environnementaux influent, on le sait, sur la production d'aflatoxines, mais la température et l'humidité relative sont considérées comme les facteurs les plus importants. D'autres facteurs tels que l'activité de l'eau, l'humidité, la composition du substrat, le contact avec le sol, la durée de l'entreposage, les dommages dus aux insectes et la présence d'une coque favorisent aussi la formation de champignons et la production d'aflatoxines (Arrus et al., 2005). Il a été signalé que les noix du Brésil peuvent être infectées par *Aspergillus flavus* et *Aspergillus niger* dès le moment où les coques tombent de l'arbre, tandis que *Fusarium sacchari*, *Fusarium oxysporum* et *Penicillium citrinum* ont été détectés dans les noix du Brésil restées sur le sol de la forêt pendant 30 à 60 jours (Cartaxo et al., 2003). *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* et *Penicillium* sp. ont également été identifiés dans les noix du Brésil durant la transformation (Souza et al., 2003). *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus ochraceus*, *Eurotium* sp. et *Penicillium* sp. ont été isolés dans des noix du Brésil infectées (Brésil – Ministère de l'agriculture, 2003 – données non publiées).

33. On a évalué les effets de l'humidité relative et de la température sur la production d'aflatoxines dans des noix du Brésil précédemment séchées (Arrus et al., 2005). L'étude a conclu que les demi-noix décortiquées contiennent la plus forte concentration d'aflatoxine B1 et d'aflatoxines totales (6817 µg/kg) tandis que les noix entières non décortiquées affichaient la teneur en aflatoxines la plus faible. Le tableau 1 indique la teneur en humidité limitative et les valeurs a_w requises pour maîtriser la production d'aflatoxines (< 4 ng/g).

Tableau 1 – Teneur en humidité des noix du Brésil et activité de l'eau à 60 jours, 30 °C et une humidité relative de 80 pour cent

Noix du Brésil	Jours	Température d'entreposage (°C)	Humidité relative (%)	Teneur en humidité des noix (%) [*]	Activité de l'eau dans les noix (a_w) [*]	Production d'aflatoxines (µg/kg)
Demi-noix décortiquées	60	30	80	4,57	0,70	< 4,0
Noix entières décortiquées	60	30	80	4,50	0,68	< 4,0
Noix entières non décortiquées	60	30	80	5,05	0,75	< 4,0

^{*} Moyenne des deux valeurs

34. Plusieurs pays producteurs et importateurs de noix du Brésil s'inquiètent de la présence des aflatoxines dans les noix du Brésil et l'étudient. En 1993, sur 176 noix du Brésil analysées aux États-Unis, 11 pour cent étaient contaminées par des aflatoxines totales à des concentrations allant de traces jusqu'à 20 µg/kg, et 6 pour cent étaient contaminées à des concentrations dépassant 20 µg/kg. La concentration maximale détectée dans cette étude était de 619 µg/kg (Pohland, 1993).

35. Au Japon, sur 74 échantillons de noix du Brésil analysés, 70 (94,6 pour cent) n'étaient pas contaminés et seulement 2 échantillons contenaient des aflatoxines à des concentrations dépassant 10 µg/kg. La teneur maximale en aflatoxines totales détectée était de 123 µg/kg (JECFA, 1998).

36. La Food Standard Agency du Royaume-Uni a publié de novembre 2003 à mars 2004, les résultats d'une étude des aflatoxines dans un certain nombre de noix et de produits dérivés vendus au détail. Il ressort que 4 échantillons de noix du Brésil sur 21 contenaient des aflatoxines dépassant les limites réglementaires en vigueur dans la CE et au Royaume-Uni de 4 µg/kg pour les aflatoxines totales (Food Standards Agency, 2004).

37. En Suède, une étude effectuée de décembre 2003 à mars 2004 a révélé que la limite médiane et du 95e percentile des aflatoxines totales dans 132 échantillons de noix du Brésil avant le triage étaient de 1,4 et 557 µg/kg et dans les portions comestibles après le triage de 0,4 et 56 µg/kg, respectivement. Les concentrations d'aflatoxines totales dans la plupart des cas étaient plus faibles dans les coques que dans les cosse des mêmes échantillons. Cette étude visait à établir la mesure dans laquelle les consommateurs peuvent séparer les noix très contaminées par les aflatoxines des noix saines. Il a été conclu que les noix du Brésil entières pourraient être l'une des rares espèces de noix que le consommateur peut distinguer par l'examen visuel et ainsi éviter d'ingérer de grandes quantités d'aflatoxines (Marklinder et al., 2005).

38. Dans une étude visant à estimer l'exposition alimentaire aux mycotoxines en France, 25 échantillons de noix et de graines oléagineuses prélevés en 2000-2001 n'ont pas affiché de concentrations détectables d'aflatoxines (Leblanc, 2005).

39. À sa trente-septième session, le CCFAC a présenté les résultats d'une étude approfondie conduite au Brésil entre 1998 et 2004 portant sur 500 échantillons de noix du Brésil (302 décortiquées et 198 entières) cueillies sur différents sites au Brésil pour les aflatoxines B1, B2, G1 et G2. L'étude a révélé que la fréquence de la contamination par l'aflatoxine B1 inférieure à la limite de détection de la méthode (0,6 µg/kg) était de 71,8 pour cent et 41,4 pour cent pour les noix du Brésil décortiquées et entières (telles qu'échantillonnées), respectivement. Les concentrations d'aflatoxine B1 étaient inférieures à 2 µg/kg et 10 µg/kg dans 69,4 pour cent et 80 pour cent des échantillons (noix décortiquées et entières), respectivement. Quant aux aflatoxines totales, 70 pour cent et 79,8 pour cent des échantillons (noix décortiquées et entières) étaient contaminés, respectivement, à des concentrations inférieures à 4 µg/kg et 20 µg/kg. Les données sur la répartition de l'aflatoxine B1 et des aflatoxines totales dans les noix du Brésil (décortiquées et entières) sont présentées à la figure 1 et à la figure 2. Comme prévu, le mode de contamination par les aflatoxines ne suit pas une distribution normale. Les concentrations médianes d'aflatoxines totales étaient de 1,85 et 0,8 (µg/kg) dans les échantillons de noix du Brésil entières et décortiquées, telles qu'échantillonnées, respectivement. L'étude a également conclu que la contamination des noix du Brésil entières était supérieure à celle des noix du Brésil décortiquées. Il apparaît que la coque elle-même pourrait contribuer à la contamination des noix du Brésil par les aflatoxines et que l'on ne peut supposer que la contamination ne se produise que dans la cosse. Il est donc nécessaire d'effectuer d'autres études afin d'élucider et de confirmer ces conclusions (CAC, 2005b).

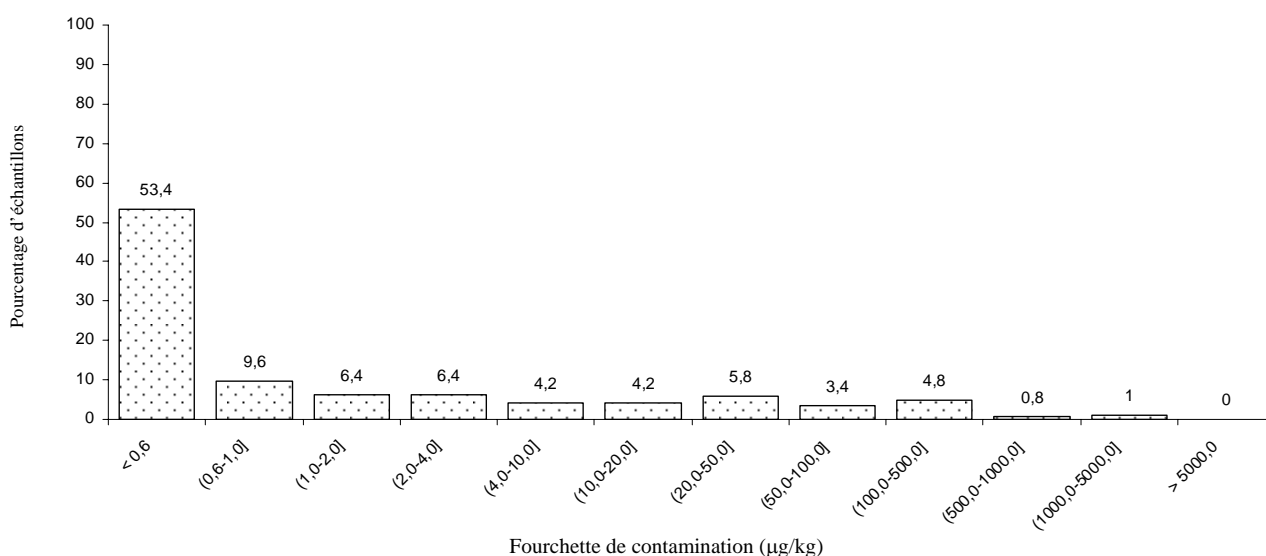


Figure 1 – Distribution d'échantillons de noix du Brésil (%) par fourchette de contamination par l'aflatoxine B₁

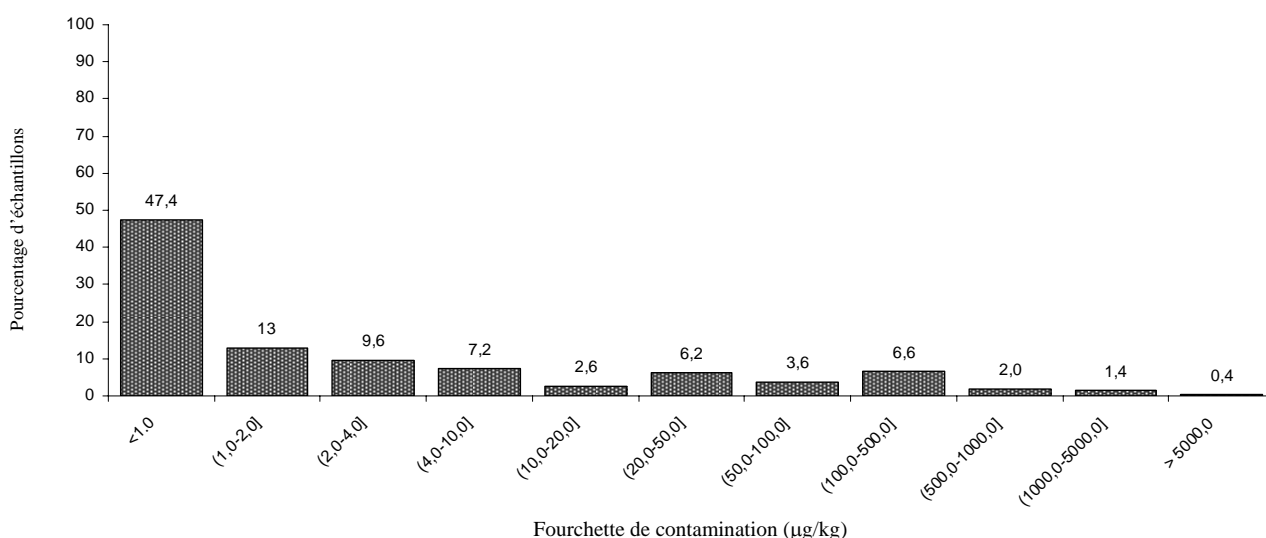


Figure 2 – Distribution d'échantillons de noix du Brésil (%) par fourchette de contamination par les aflatoxines totales

40. La contamination par les aflatoxines est un problème potentiel dans les fruits à coque d'espèces arborescentes et autres denrées. La fréquence des noix contaminées et la concentration d'aflatoxines dans les noix contaminées dépendent des conditions environnementales, des cultivars, des méthodes agricoles/d'extraction et de production, ainsi que de la capacité technique de trier les noix endommagées ou contaminées durant la transformation après récolte.

41. La formation de moisissures et la production de toxines exigent, on le sait, une activité de l'eau critique dans une matrice particulière. En réduisant la période de temps pendant laquelle la denrée reste dans ces conditions critiques, on diminue le risque de contamination étant donné que les sources de contamination fongique initiale sont réduites. Cela revient à réduire la teneur en humidité du produit pour abaisser celle requise pour l'activité fongique dans le laps de temps le plus bref possible.

42. En raison des effets carcinogènes et génotoxiques des aflatoxines chez l'être humain, cette contamination est une préoccupation majeure concernant la santé publique. Quarante-deux (42) pays ont mis en place une réglementation pour la présence d'aflatoxines dans les aliments (FAO, 2004).

INGESTION ALIMENTAIRE

43. Les produits comportant le plus haut risque de contamination par les aflatoxines comprennent le maïs, les arachides, les graines de coton, les noix du Brésil, les pistaches, les figues, les épices et le coprah. Les sources alimentaires d'aflatoxines les plus importantes sont le maïs et les arachides ainsi que leurs dérivés, qui peuvent constituer une partie essentielle du régime alimentaire dans certains pays (CAC, 2005a). Dans beaucoup de pays, la consommation de fruits à coque d'espèces arborescentes ne constitue qu'un faible pourcentage du régime alimentaire total des consommateurs.

44. Peu de données sont disponibles concernant la consommation de noix du Brésil et donc sur l'ingestion d'aflatoxines due à la consommation de noix du Brésil. L'ingestion alimentaire d'aflatoxines par la population suédoise a été estimée à 0,6 et 0,7 ng/kg de poids corporel pour une consommation moyenne et élevée (95e percentile), respectivement (Thuvander, 2001). Dans cette étude, la consommation de noix du Brésil a été estimée à environ 0,3 g/ jour pour une consommation moyenne comme pour une consommation du 95e percentile. Dans une autre étude menée en Suède, dans laquelle on a supposé qu'une personne pesant 70 kg consommait 300 g de noix du Brésil par an, l'ingestion médiane d'aflatoxines serait de 0,73 ng/kg de poids corporel et le 95e percentile de 110 ng/kg de poids corporel (Marklinder et al., 2005).

45. En vue d'élaborer des données sur l'ingestion pour d'autres régions, on peut adopter l'approche qui consiste à estimer la contribution des noix du Brésil comme source d'aflatoxines dans le régime en utilisant les données sur la production mondiale d'aliments dans lesquels la contamination par les aflatoxines a été signalée, et les données sur la production mondiale de noix du Brésil concernant la production totale de fruits à coque d'espèces arborescentes et en combinant ensuite ces données avec les valeurs pour la consommation de fruits à coque dans les cinq régimes régionaux GEMS/Food, qui ont été développés à partir des bilans alimentaires établis par la FAO. Étant donné que ces bilans sont disponibles pour la plupart des pays, ils fournissent une série de données qui sont comparables d'un pays à l'autre et d'une région à l'autre (OMS, 2000).

46. Le tableau 2 présente des données sur la production mondiale (2004) de denrées qui peuvent être considérées comme étant des sources potentielles d'exposition aux aflatoxines et le tableau 3 indique le pourcentage de la production totale de fruits à coque d'espèces arborescentes (2004) représentée par les noix du Brésil.

Tableau 2 - Comparaison de la production mondiale (2004) de fruits à coque d'espèces arborescentes avec la production d'autres aliments pouvant être des sources potentielles d'aflatoxines

Produit	Production (t)*	%
Céréales	2 264 030 480	98,09
Arachides entières	35 723 285	1,55
Fruits à coque (total)	8 416 402	0,36
Total	2 308 170 167	100

Source: FAOSTAT, 2005

* tonne métrique

Tableau 3 - Comparaison de la production mondiale (2004) de noix du Brésil avec la production totale de fruits à coque d'espèces arborescentes

Produit	Production (t)*	%
Pistache	549 837	6,53
Noisettes	680 580	8,08
Noix du Brésil	72 450	0,86
Autres fruits à coque	7 113 535	84,52
Total	8 416 402	100

Source: FAOSTAT, 2005

* tonne métrique

47. Les données du tableau 2 montrent que la production de fruits à coque d'espèces arborescentes ne représente que 0,36 pour cent de la production totale de denrées qui sont des sources potentielles d'exposition aux aflatoxines, tandis que le tableau 3 indique que 0,86 pour cent de la production totale de fruits à coque concerne les noix du Brésil. Cela démontre clairement que la production mondiale de noix du Brésil est très inférieure à celle d'autres denrées alimentaires importantes dans lesquelles on a détecté des aflatoxines.

48. Selon les données fournies par les régimes alimentaires régionaux GEMS/FOODS (OMS, 2003) résumées au tableau 4, la consommation journalière de fruits à coque d'espèces arborescentes dans les cinq régions varie de 1,1 g/personne/jour au Moyen-Orient à 17,8 g/personne/jour en Amérique latine, soit 0,082 et 1,31 pour cent de la consommation totale dans les régions considérées, respectivement.

Tableau 4 – Consommation de fruits à coque d'espèces arborescentes (g/personne/jour) par rapport au régime alimentaire total dans différentes régions du monde

Denrées	Moyen-Orient	Extrême-Orient	Afrique	Amérique latine	Europe
Fruits à coque	1,1	13,5	4,5	17,8	4,6
Régime total	1 342,5	1 083,5	1 018,1	1 355,5	1 896,4
Fruits à coque/ Régime total (%)	0,082	1,25	0,44	1,31	0,24

Source: GEMS/FOODS

49. Compte tenu du fait que la production de noix du Brésil ne représente que 0,86 pour cent de la production totale de fruits à coque d'espèces arborescentes, on peut estimer que la consommation totale de noix du Brésil dans les cinq régions géographiques varie de 0,0095 g/personne/jour au Moyen-Orient à 0,153 g/personne/jour en Amérique latine.

50. Afin d'évaluer l'ingestion d'aflatoxines due à la consommation de noix du Brésil, la concentration médiane (0,8 µg/kg) d'aflatoxines totales dans les 198 échantillons de noix du Brésil décortiquées a été associée à la consommation de noix du Brésil tirée de la base de données GEMS/FOOD. Du fait que la concentration d'aflatoxines et la fréquence de la contamination par les aflatoxines reflètent celles relevées dans les données sur le Brésil, elles ont été considérées aux fins de cette analyse comme représentatives des noix du Brésil disponibles dans le commerce mondial.

51. Lorsqu'on utilise des valeurs de concentrations médianes, les estimations de l'ingestion d'aflatoxines totales due à la consommation de noix du Brésil vont de 0,0072 ng/personne/jour dans le régime alimentaire au Moyen-Orient à 0,1224 ng/personne/jour dans le régime alimentaire en Amérique latine (Tableau 5).

Tableau 5 – Ingestion journalière d'aflatoxines due à la consommation de noix du Brésil considérant les valeurs moyennes

Régime	Consommation noix du Brésil (g/jour)	Médiane* (µg/ Kg)	Ingestion d'aflatoxines	
			ng/personne et par jour	ng/kg de poids corporel par jour
Europe	0,039	0,8	0,0312	0,00052
Amérique latine	0,153	0,8	0,1224	0,00204
Extrême-Orient	0,116	0,8	0,0928	0,00155
Moyen-Orient	0,009	0,8	0,0072	0,00012
Afrique	0,039	0,8	0,0312	0,00052

*Source: Étude brésilienne (COMMISSION DU CODEX ALIMENTARIUS, 2005b)

52. En utilisant les limites réglementaires en vigueur pour les aflatoxines dans les noix du Brésil dans différentes régions associées aux régimes régionaux GEMS/FOOD, il est possible d'étudier différents scénarios et d'estimer l'ingestion correspondante (Tableau 6).

Tableau 6 – Comparaison de l'ingestion d'aflatoxines due à la consommation de noix du Brésil dans les cinq régions géographiques considérant différentes limites maximales

Régime GEMS FOOD RÉGION	Consommation de noix du Brésil (g/jour)	Ingestion d'aflatoxines considérant différentes LM (ng/personne par jour)			
		4 µg/ kg	10 µg/ kg	20 µg/ kg	30 µg/ kg
Europe	0,039	0,156	0,390	0,78	1,17
Amérique latine	0,153	0,612	1,530	3,06	4,59
Extrême-Orient	0,116	0,464	1,160	2,32	3,48
Moyen-Orient	0,009	0,036	0,090	0,18	0,27
Afrique	0,039	0,156	0,390	0,78	1,17

53. Selon un scénario dans lequel les données sur la consommation de noix du Brésil estimée pour les pays d'Amérique latine (la valeur la plus élevée) sont associées à une concentration d'aflatoxines totale de 20 µg/kg (80 pour cent des échantillons de noix du Brésil analysés ont affiché un niveau de contamination inférieur à cette valeur, selon les données sur la distribution des concentrations d'aflatoxines), l'ingestion d'aflatoxines irait de 0,18 ng/jour/personne dans le régime alimentaire au Moyen-Orient à 3,06 ng/jour/personne dans le régime alimentaire en Amérique latine (Tableau 6).

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS:

54. Le présent document de travail sur les aflatoxines dans les noix du Brésil porte aux conclusions et recommandations générales suivantes qui seront examinées par le CCFAC à sa trente-huitième session:

- I) La production de noix du Brésil est une activité économique importante dans la forêt pluviale amazonienne, contribuant à sa conservation.
- II) L'établissement de normes concernant la contamination des noix du Brésil par les aflatoxines à des concentrations inférieures à celles exigées pour la protection de la santé humaine peut causer une catastrophe dans le commerce des noix du Brésil.
- III) Bien que la contribution des noix du Brésil à l'ingestion journalière d'aflatoxines soit faible, il est nécessaire de fixer une limite réglementaire internationale pour les aflatoxines dans les noix du Brésil du fait que des concentrations d'aflatoxines très restrictives ont été imposées sur les noix du Brésil dans certaines régions.
- IV) Un Code d'usage pour la prévention et la réduction de la contamination des fruits à coque d'espèces arborescentes par les aflatoxines a été adopté par la Commission du Codex Alimentarius à sa vingt-huitième session et une annexe au code portant sur des mesures supplémentaires pour les noix du Brésil est en cours d'élaboration. Les résultats de la mise en oeuvre des mesures recommandées seront disponibles dans quelques années et porteront certainement à un abaissement des limites en vigueur concernant la contamination des noix du Brésil par les aflatoxines.
- V) Avant d'établir une limite pour les aflatoxines dans les noix du Brésil, il est recommandé au CCFAC de tenir compte des éléments ci-après:
 - a) Des données supplémentaires sur la présence d'aflatoxines dans les noix du Brésil sont nécessaires pour compléter celles contenues dans le présent document et pour mieux clarifier l'influence de la coque dans les résultats d'analyse. Il est en outre recommandé que de nouvelles courbes de distribution soient élaborées après la mise en oeuvre des bonnes pratiques d'extraction actuellement en cours d'élaboration.
 - b) D'autres aliments dans lesquels se développent communément des champignons producteurs d'aflatoxines sont consommés couramment et contribuent davantage à l'ingestion d'aflatoxines que les noix du Brésil, néanmoins, les limites maximales d'aflatoxines les concernant sont moins restrictives que celles actuellement appliquées aux noix du Brésil.
 - c) Il y a une différence non négligeable entre la limite de contamination par les aflatoxines dans les noix décortiquées et les noix entières. Selon la norme CODEX STAN 193, les limites maximales devraient être établies de préférence sur la base de la partie comestible du produit.
 - d) Il est recommandé d'élaborer un plan d'échantillonnage spécifique international pour les noix du Brésil.
- VI) Dans les cas où des limites maximales différentes pour les aflatoxines dans les noix du Brésil sont proposées, il est recommandé que le CCFAC demande au JECFA d'évaluer l'impact des normes hypothétiques sur la réduction du cancer et l'ampleur de cette réduction.

RÉFÉRENCES

1. AOAC – Association of Official Analytical Chemist. Natural Toxins. Official Methods of AOAC International. Volume 2, Chapter 49, 1-64. 17th Edition. Edited by William Horwitz. 2000.
2. AOAC International. Available in: <http://www.aoac.org>. Access at: Sep. 6, 2005.
3. Arrus. K.; Abramson, D.; Clear, R.; Holley, R.A. Aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in Brazil nuts. *Journal of Stored Products Research*. 41: 513-527. 2005.
4. BRAZIL – MINISTRY OF AGRICULTURE, National Department of Vegetal Defense, Laboratory for Quality Control and Food Safety/ LACQSA, Data on Brazil nuts. 2003 (unpublished data).
5. Cartaxo, C. B. C.; Souza, J. M. L.; Corrêa, T. B.; Costa, P.; Freitas-Silva, O. 2003. Occurrence of aflatoxin and filamentous fungi contamination in brazil-nuts left inside the forest. In: IV Congreso Latinoamericano de Micotoxicología. Anais eletrônicos. Havana, Centro Nacional de Sanidad Agropecuária, 2003. CD.
6. CEN – European Committee for Standardisation. CEN Report: Food Analysis – Biotoxins – Criteria of analytical methods for mycotoxins. February 1999. 8p.
7. COMMISSION DU CODEX ALIMENTARIUS. Vingt-quatrième session de la Commission du Codex . Alinorm 01/41, paragraphe 138. 2001.
8. COMMISSION DU CODEX ALIMENTARIUS, Comité du Codex sur les additifs alimentaires et les contaminants, trente-septième session. Document de travail sur les aflatoxines dans les noix du Brésil. CX/FAC 05/37/24, décembre 2004, La Haye, Pays-Bas, 25-29 avril, 2005a.
9. COMMISSION DU CODEX ALIMENTARIUS, Comité du Codex sur les additifs alimentaires et les contaminants, trente-septième session du Comité du Codex sur les additifs alimentaires et les contaminants CRD 17, Données sur la présence des aflatoxines dans les noix du Brésil, au Brésil, de 1998 à 2004, 2005b.
10. COMMISSION DU CODEX ALIMENTARIUS, Comité du Codex sur les additifs alimentaires et les contaminants, trente-septième session du Comité du Codex sur les additifs alimentaires et les contaminants, ALINORM 05/28/12, 2005c.
11. COMMISSION EUROPÉENNE, 1998. Directive 98/53/CE de la Commission du 16 juillet 1998, portant fixation de modes de prélèvement d'échantillons et de méthodes d'analyse pour le contrôle officiel des teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. *Journal officiel des Communautés européennes* L201: 93-101.
12. FAO – Food and Agriculture Organization/ World Health Organization. Sampling plans for aflatoxin analysis in peanuts and corn. *FAO Food and Nutrition Paper*, 55, Rome, Italy, (1993).75pp.
13. FAO – Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2004. Réglementations relatives aux mycotoxines dans les produits d'alimentation humaine et animale, à l'échelle mondiale en 2003, Étude FAO Alimentation et Nutrition, 81, Rome, 2004.
14. FAO Statistical Databases. Available in: <http://faostat.fao.org>. Access at: Sep. 6, 2005.
15. Food Standards Agency. 2004. Survey of Edible Nuts for Aflatoxins. Available in: <http://www.foodstandards.gov.uk>. Access at: Sep. 6, 2005.
16. Gilbert J. 1999. Quality assurance in mycotoxin analysis. *Food Nutr. Aric*. 23: 33-36.
17. Gilbert, J. and Vargas, E.A. Advances in Sampling and Analysis for Aflatoxins in Food and Animal Feed. *Toxin Reviews (formerly Journal of Toxicology: Toxin Reviews)*, Volume 22, Number 2&3, 381-422. 2003.
18. JECFA. Forty-ninth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. 1998.
19. Johansson, A.S., Whitaker, T.B., Hagler, W.M., Giesbrecht, F.G., Young, J.H., and Bowman, D.T., Testing Shelled Corn for Aflatoxin, Part I: Estimation of Variance Components. *Journal of AOAC Internat.*, 83:1264. 2000a.
20. Leblanc, J.-C.; Tard, A.; Volatier, J.-L.; Verger, P. Estimated dietary exposure to principal food mycotoxins from The First French Total Diet Study. *Food Add. Cont.* 22 (7): 652-672. 2005.

21. Marklinder, I.; Lindblad, M.; Gidlund, A.; Olsen, M. Consumers' ability to discriminate aflatoxin-contaminated Brazil nuts. *Food Add. Cont.* 22 (1): 56-64. 2005.
22. OMS – Organisation mondiale de la santé. Consommation régionale par habitant de produits agricoles bruts et semi-transformés. Régimes alimentaires régionaux GEMS/Food (Système mondial de surveillance de l'environnement/Programme de surveillance et d'évaluation de la contamination des produits alimentaires), révision septembre 2003.
23. OMS – Organisation mondiale de la santé. Rapport de l'atelier mixte FAO/OMS sur la méthodologie en matière d'évaluation de l'exposition aux contaminants et aux toxines, 7-8 juin 2000, Genève.
24. Pohland A. E. Mycotoxins in review. *Food Add. Cont.* 10:17-28. 1993.
25. Salunkhe D. K.; Adsule R. N.; Padule D. N. Aflatoxins in foods and feeds, Metropolitan, Book Co. Pvt. Ltd., New Delhi, India, p. 18. 1987.
26. Schade J. E.; McGreevy K.; King A. D. Jr.; Mackey B.; Fuller G. Incidence of aflatoxin in California almonds. *Appl Microbiol* 29 (1): 48-53. 1975.
27. Schatzki T. F. Distribution of Aflatoxin in pistachios. 2. Distribution in freshly harvested pistachios. *J. Agric. Food. Chem.* 43: 1566-1569. 1995.
28. Schatzki T. F. Distribution of aflatoxin in almonds. *J. Agric. Food Chem.* 44 (11): 3595-3597. 1996.
29. Souza, J. M. L.; Cartaxo, C. B. C.; Leite, F. M. N.; Reis, F. S. Avaliação microbiológica de castanha-do-brasil em usinas de beneficiamento no Acre. In: XLIX Reunião Anual da Sociedade Interamericana de Horticultura Tropical. Anais. Fortaleza, 2003, p. 201 (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 67).
30. Stroka, J.; Anklam, E.; Joerissen, U.; Gilbert, J. Immunoaffinity Column Cleanup with Liquid Chromatography Using Post-Column Bromination for Determination of Aflatoxins in Peanut Butter, Pistachio Paste, and Paprika Powder: Collaborative Study. *Journal of AOAC Internat.*, 83:320. 2000a.
31. Stroka, J.; van Otterdijk, R.; Anklam, E. Immunoaffinity column clean-up prior to thin-layer chromatography for the determination of aflatoxins in various food matrices. *J. Chromatography A.* 904: 251. 2000b.
32. Tanaka, T.; Yoneda, A.; Sugiura, Y.; Inoue, S.; Takino, M.; Tanaka, A.; Shinoda, A.; Suzuki, H.; Akiyama, H.; Toyoda, M. An application of liquid chromatography and mass spectrometry for determination of aflatoxins. *Mycotoxins*, 52: 107. 2002.
33. Thuvander, A.; Möller, T.; Enghardt Barbieri, H.; Jansson, A.; Salomonsson, A.-C.; Olsen, M. Dietary intake of some important mycotoxins by the Swedish population. *Food Add. Cont.* 18 (8): 696-706. 2001.
34. Trucksess M. W.; Wood G. E. Recent methods of analysis for aflatoxins in foods and feeds, In: The Toxicology of Aflatoxins: Human Health Veterinary and Significance. Groopman J D (Ed.) Eagan Press, 409-431. 1994.
35. Wadt., L. H. O.; Kainer, K. A.; Gomes-Silva, D. A. P. Population structure and nut yield of a *Bertholetia excelsa* stand in southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management.* 211, 371-384. 2005.
36. Whitaker, T.B., Hagler, W.M, Giesbrecht, F.G., Dorner, J.W., Dowell, F.E., and Cole, R.J. Estimating Aflatoxin in Farmers' Stock Peanut Lots by Measuring Aflatoxin in Various Peanut-Grade Components. *Journal of AOAC Internat.*, 81:61. 1998
37. Whitaker, T.B., Hagler, W.M, and Giesbrecht, F.G., Performance of Sampling Plans to Determine Aflatoxin in Farmers' Stock Peanut Lots by Measuring Aflatoxin in High-Risk-Grade Components. *Journal of AOAC Internat.*, 82:264. 1999.