

# commission du codex alimentarius



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

ORGANISATION  
MONDIALE  
DE LA SANTÉ



# F

BUREAU CONJOINT: Viale delle Terme di Caracalla 00153 ROME Tél: +39 06 57051 www.codexalimentarius.net Email: codex@fao.org Facsimile: 39 06 5705 4593

Point 14C de l'ordre du jour

CX/CF 07/1/19  
Janvier 2007

**PROGRAMME MIXTE FAO/WHO SUR LES NORMES ALIMENTAIRES  
COMITE DU CODEX SUR LES CONTAMINANTS DANS LES ALIMENTS  
Première session  
Beijing, Chine, 16 - 20 Avril 2007**

**DOCUMENT DE TRAVAIL SUR L'OCRATOXINE A DANS LE CACAO**

Les gouvernements et les organisations internationales sont invités à soumettre leurs observations sur le présent document **au plus tard le 1er mars 2007**, de préférence par courrier électronique, à l'attention de Mme Tanja Åkesson, Secrétariat néerlandais auprès du Comité du Codex sur les contaminants dans les aliments, télécopie: +31 70 3786141 ;courriel: [info@codexalimentarius.nl](mailto:info@codexalimentarius.nl) et d'en adresser une copie au Secrétaire de la Commission du Codex Alimentarius, Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie (télécopie: + 39 06 5705 4593; courriel: [Codex@fao.org](mailto:Codex@fao.org)).

## HISTORIQUE

1. Le comité du Codex sur les additifs et les contaminants (CCFAC) est convenu lors de sa 38<sup>ème</sup> session d'établir un groupe de travail électronique dirigé par Ghana pour développer un document de travail sur la contamination par l'OTA du cacao pour examen lors de sa première session du Comité du Codex sur les Contaminants dans les aliments (voir ALINORM 06/29/12 para.145).
2. Le Groupe de travail électronique a préparé ce document de travail qui constituerait la base pour une décision sur le besoin potentiel d'un code d'usages pour réduire et gérer l'incidence de l'OTA dans le cacao. Le Brésil, la Communauté européenne, Ghana, l'Indonésie, la Suisse, le Royaume-Uni et les États-Unis ont participé au groupe de travail électronique.

## INTRODUCTION

3. Il a été découvert que l'ochratoxine A apparaît naturellement dans des produits à base de plantes tels que les fèves, les céréales, le cacao, le café, les fruits secs, les raisins, le soja, les épices et aussi dans leurs dérivés industriels dans le monde entier<sup>34, 44, 50, 51</sup>. Dans le cacao, l'OTA est généralement associé à la coque de la fève de cacao et les cacaos secs écrémés (cacao en poudre)<sup>2, 30</sup>.
4. Le cacao est un produit à base de fruit sec fermenté. Les champignons et l'OTA peuvent être présentés dans toutes les étapes de la chaîne de production : récolte, fermentation, séchage, entreposage, élaboration, et transport<sup>18, 26</sup>. Les fèves de cacao ne sont pas mangées telles quelles. Elles subissent une conversion industrielle avant la consommation. Le cacao est un ingrédient très important dans différentes sortes d'aliments, tels que les tourteaux, les biscuits, les aliments pour enfants, les glaces ainsi que les sucreries<sup>58</sup>.
5. Durant le processus industriel de cacao les premières étapes consistent en la torréfaction et l'élimination de la partie de l'écorce. Le processus n'est pas à 100% efficace; environ 2% du poids total de l'amande décortiquée est du à la présence de coques durant le processus de fabrication<sup>1</sup>.

6. Environ 71% de l'approvisionnement mondial de fèves de cacao provient de l'Afrique occidentale spécialement de la Côte d'Ivoire, du Ghana et du Nigeria. Le cacao est également produit en Asie et en Amérique latine (voir Annexe 1)<sup>35</sup>. Etant une récolte produite par des petits exploitants, le cacao constitue une culture marchande non-périssable de valeur pour des milliers de fermiers dans les pays producteurs de cacao, et il est également de grande importance pour les économies de ces pays. La plupart des fèves de cacao sont exportées en Europe et en Amérique du Nord pour être transformées en liqueur de cacao, en beurre de cacao et en cacao en poudre.

7. Le cacao croît dans la zone à 20° au Nord et au Sud de l'Equateur. La température minimale moyenne dans la plupart des régions où croît le cacao est de 18°C et la température maximale moyenne est de 32°C. Une forte tombée de pluies de 1000-4000 mm est nécessaire. *Le Theobroma cacao* (cacaoyer) croît bien dans une grande gamme de sols.

## STRUCTURE CHIMIQUE

8. L'ochratoxine A (7-(L-b-phénylalanyle-carbonyle)-carboxyle-5-chloro-8-hydroxy-3,4-dihydro-3R-méthyl isocumarin) est un métabolite secondaire de plusieurs espèces d'*Aspergillus* et de *Penicillium*<sup>50</sup>, qui peut être présente dans une denrée alimentaire même lorsque la moisissure visible n'est pas apparente. L'OTA est un composé cristallin sans couleur qui est soluble dans les solvants organiques polaires et une solution de bicarbonate de sodium dilué et légèrement soluble dans l'eau<sup>55</sup>.

9. L'OTA est produite par un certain nombre d'espèces fongiques de l'*Aspergillus*, notamment l'*A. carbonarius*, et le *Penicillium viridicatum* dans la fève de cacao à une activité d'eau minimale (Aw) de 0.85<sup>3</sup>.<sup>46</sup> L'enzyme de mammifère carboxypeptidase A a la capacité de cliver l'OTA en des produits non toxiques (l'ochratoxine alpha et la phénylalanine)<sup>56</sup>.

10. L'OTA conserve sa stabilité durant la plupart des étapes de la transformation des aliments telles que la cuisson, le lavage, la fermentation à un degré sensible qui peut être détecté dans les produits alimentaires manufacturés<sup>4</sup>. Boudra<sup>9</sup> a montré que l'OTA est résistant à la chaleur et au maximum 20% de l'OTA dans le blé était décomposé par la chaleur sèche à 100°C pour 160 min ou à 150°C pour 32 min. Durant la torréfaction du cacao la température finale de la fève atteint 100 – 120°C et la durée est de 15-70 min<sup>43</sup>. Par conséquent on n'escompte pas que la torréfaction réduise de façon importante les niveaux d'OTA.

## EVALUATION TOXICOLOGIQUE

11. L'OTA est catégorisée comme étant vraisemblablement cancérigène pour l'homme (groupe 2B)<sup>19,36</sup>. L'OTA a été signalé comme étant néphrotoxique, immunosuppresseur, cancérigène et tératogène dans les études sur les animaux<sup>38, 39, 48, 54, 59</sup>. L'OTA est considérée comme étant la cause de deux maladies chroniques, la néphropathie endémique balkanique et la néphropathie intestinale chronique (en Afrique du Nord), et des tumeurs urothéliales chez les humains<sup>48</sup>. Un lien entre l'exposition à l'OTA à un stade précoce de la vie et le cancer du testicule a été posé en hypothèse sur la base d'associations épidémiologiques<sup>57</sup>. De précédentes études de programme en toxicologie nationale (NTP) aux États-Unis ont montré que l'OTA peut provoquer des tumeurs rénales chez les rongeurs à des doses élevées<sup>8</sup>.

12. Des arguments scientifiques récents cités par la Commission sur la réglementation 1881/2006<sup>21</sup> ont indiqué que la toxicité régio-spécifique et rénale aussi bien les lésions de DNA ainsi que les effets génotoxiques de l'OTA, mesurés dans différentes études in vivo et in vitro, sont très probablement attribuables à un stress oxydatif cellulaire. Par conséquent, sur la base des plus petites doses induisant un effet néfaste (LOAEL) de 8 ug/kg poids corporel/jour pour les marqueurs précoces de toxicité rénale chez les porcins, et en appliquant un taux d'incertitude composite de 450 afin de prendre en compte à la fois les incertitudes d'extrapolation de résultats expérimentaux de l'animal à l'homme et la variabilité inter-espèces, on obtient une dose journalière tolérable de 120 ng/kg de poids corporel pour l'OTA. Les limites actuelles d'exposition à l'OTA dans les États-membres de l'Union européenne varient entre 15 et 60ng/kg de poids corporel/semaine<sup>22</sup>.

13. le Groupe<sup>21</sup> a également recommandé que des données plus spécifiques relatives à l'exposition soient rassemblées pour certains groupes vulnérables, incluant les nourrissons et les enfants et ceux qui consomment de grandes quantités de certaines spécialités régionales comprenant l'OTA.

## ECHANTILLONNAGE

14. La variabilité dans la production d'OTA, associée à la grande taille des particules de certains des aliments contaminés, compliquent les stratégies d'échantillonnage pour la détection des ochratoxines<sup>15</sup>. Un petit nombre hautement contaminées de graines peut élever le niveau de toute une expédition au-dessus de la limite autorisée, si cette limite est basse. Toutefois, de nombreux plans d'échantillonnages ne sont pas conçus pour détecter ces quelles graines hautement contaminées<sup>15</sup>. Par conséquent, le développement de méthodes peu coûteuses avec des techniques traditionnelles pour la surveillance de la myxocotine est un impératif sanitaire d'ordre mondial<sup>47</sup>.

15. Une directive prescrivant l'échantillonnage ainsi que des méthodes d'analyse, Commission sur la réglementation 401/2006<sup>20</sup>, a été introduite pour différentes denrées alimentaires. Il n'existe pas de plan d'échantillonnage particulier pour le cacao.

16. Des procédures/réglementations sont disponibles en Europe pour l'échantillonnage de produits en vrac et au détail pour les aflatoxines, l'OTA et la patuline<sup>45</sup>; aucune procédure n'est disponible au niveau de transformation primaire dans les pays producteurs.

## MÉTHODES ANALYTIQUES

17. En rapport au contrôle des limites de l'OTA dans les produits cacaotés, très peu de méthodes ont été publiées<sup>27 10-12 14 32 33</sup>.

18. Afin de détecter l'occurrence de l'OTA dans les produits à base de cacao en poudre une méthode analytique rapide, efficace et sensible est nécessaire. Le cacao en poudre est une matrice alimentaire assez différente des fruits frais, des céréales, du café ou du vin et son optimisation de l'étape d'extraction demande une étude spécifique<sup>17 58</sup>.

19. Une étude inter laboratoire<sup>12</sup> visant à évaluer les performances de 18 laboratoires pour la détermination de l'OTA dans des échantillons de cacao en poudre a été décrite. L'étude a conclu que les résultats d'une limite basse (0.19 ug/kg), 10/18, d'une limite moyenne (0.45 ug/kg), 11/18, et d'une limite élevée (1.45 ug/kg), 12/18 rentrent dans les limites acceptables. La principale méthode utilisée était un protocole de chromatographie liquide à haute performance en phase inversée avec purification dans une colonne d'immunoaffinité contenant des anticorps spécifiques à l'OTA et déterminés par détection fluorescente<sup>11</sup>.

20. La divergence parmi les données observées dans la littérature peut être imputée aux différences dans la méthode analytique de détection ainsi que la quantification appliquée<sup>7</sup>.

21. Lorsqu'un grand nombre d'échantillons doivent être examinés pour la production d'OTA, des méthodes rapides, peu coûteuses et faciles à exécuter sont souhaitables, en particulier dans les pays avec des revenus peu élevés dans lesquels la surveillance est moins accessible à cause de contraintes économiques et technologiques<sup>47</sup>. Des résultats fiables ont été obtenus avec des méthodes de chromatographie de surface telles que TLC et HPTLC qui peuvent être une alternative à HPLC, au moins pour la détection de quantités plus élevées d'OTA. Des expériences avec TLC ont montré un LOD de 2.7ug/g<sup>18</sup>.

## OCCURRENCE DE L'OTA DANS LES FEVES DE CACAO

22. Il a été trouvé une contamination à l'OTA dans 17.6% des 56 échantillons de fèves de cacao avec des teneurs entre 100 à 500 ug/kg. En ce qui concerne les fèves de cacao grillés, 3 des 19 échantillons analysés pour l'OTA étaient contaminés (100 ug/kg)<sup>40</sup>.

23. Les teneurs en OTA dans 16 des 21 échantillons de fèves de cacao contaminées de l'Afrique occidentale se situaient entre 0.1 – 3.5 ug/kg<sup>7</sup>.

24. Aucun des 15 échantillons de fèves de cacao issus de Ghana analysés par Honholt<sup>31</sup> ne contenaient aucun niveau détectable d'OTA (LOD=0.1 ug/kg).

25. Les 3 échantillons analysés pour l'OTA dans les coques de cacao brutes étaient positives à l'OTA à des teneurs se situant entre 1.8 – 3.4 ug/kg<sup>10</sup>; Cela était similaire tous les 10 échantillons analysés pour l'OTA entre 2.90 – 23.1 ug/kg<sup>7</sup>.

26. Une étude allemande dans laquelle aucun échantillon de fève de cacao n'excédait 2 ug/kg a également été signalé<sup>10</sup>; CAOBISCO/ECA/FCC<sup>16</sup> trouvait que seulement 14% de 1220 échantillons étaient au-dessus de 2ug/kg.

27. Amezqueta<sup>2</sup> a détecté de l'OTA dans 46 échantillons de fèves de cacao de différentes origines et lots. Un total de 63% des échantillons des fèves de cacao étaient contaminés avec une limite de >LOD (0.04 ug/kg). La moyenne et la médiane obtenues pour les fèves de cacao étaient respectivement de 1.71 et 1.12 ug/kg avec un intervalle de 0.04 à 14.8 ug/kg.

28. Ayant débuté en 1999 l'Industrie européenne a analysé des échantillons de fèves de cacao importées de différentes origines. La figure 1 montre que l'OTA a contaminé les fèves de cacao trouvées dans toutes les régions productrices de cacao. (Les plans d'échantillonnage statistiques n'ont pas été utilisés et tous les pays producteurs n'ont pas été couverts)<sup>30</sup>.

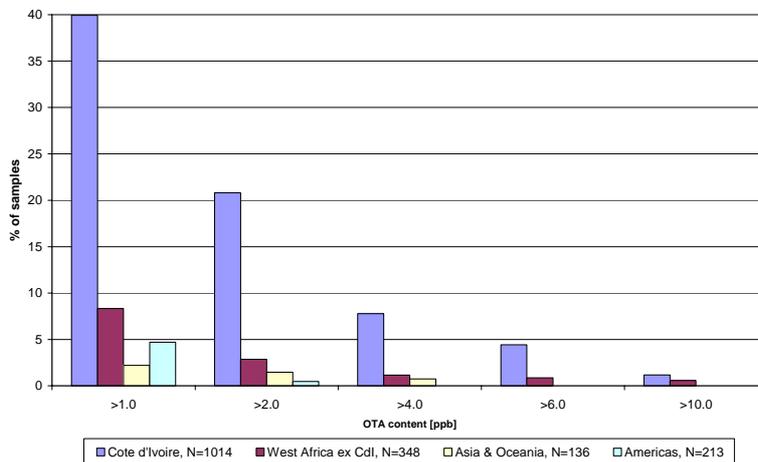


Fig. 1. La distribution de l'OTA dans les pays producteurs

29. De 168 échantillons de fèves de cacao analysés pour l'OTA dans la saison pour le cacao de 2001/2002, 63 échantillons (38%) avaient des teneurs de >0.5 ug/kg, 28 échantillons (17%) avaient des teneurs de >2.0 ug/kg, et seulement 7 échantillons avaient des teneurs au-dessus de 10 ug/kg. Il n'a pas été trouvé d'OTA dans 48 échantillons (26%). Il a aussi été constaté que les teneurs en OTA variaient avec la saison de récolte<sup>30</sup>.

30. On a constaté que l'incidence de l'OTA durant la transformation primaire de cacao variait avec les conditions phytosanitaires de la récolte de la cosse ainsi qu'avec les conditions climatiques au moment de la récolte et de la transformation. Par exemple, la moyenne de la répartition de l'OTA par la condition phytosanitaire de la cosse était la suivante : saine (2.3 ug/kg), gâtée par un organisme nuisible (4.2 ug/kg), abimée (19.8 ug/kg), pourrie (7.2 ug/kg) et desséchée (3.4 ug/kg)<sup>6</sup>

31. Différents efforts ont été effectués pour isoler une ochratoxine A produisant des moisissures issues des fèves de cacao. Des 66 souches isolées durant la fermentation et le séchage des fèves de cacao de Ghana, aucune n'était capable de produire de l'OTA. Un total de 13 souches issues de la Côte d'Ivoire, 16 souches issues du Nigeria et 86 souches issues de Ghana ont été contrôlées pour la production en OTA et seuls deux *Aspergilli* ochratoxigéniques ont été trouvés<sup>18</sup>.

32. Dans une étude brésilienne, 21 échantillons de produits cacaotiers (noix, amandes décortiquées, casca flocada et cacao en poudre) ont été évalués pour la capacité de production d'OTA. Des 123 isolats toxigènes d'*Aspergillus* obtenus de 42.9% des échantillons de cacao, 18.2% *A. niger*, 100% *A. carbonarius* et 100% *A. ochraceus* étaient producteurs d'OTA<sup>23</sup>.

33. L'incidence de l'OTA dans le cacao et les produits cacaotiers issus de différents pays producteurs est tabulée dans l'Appendice 2.

## OCCURRENCE DE L'OTA DANS LES COQUES DE CACAO

34. Une étude<sup>2</sup> a été conduite pour déterminer l'influence de l'écoassage sur la baisse du contenu de l'OTA dans les fèves de cacao. La réduction était de 50 à 100% ce qui indique que la contamination la plus élevée réside dans la coque.

35. L'OTA a été analysée dans 15 paires de coque de cacao et échantillons d'amandes décortiquées<sup>30</sup> Les résultats ont montré qu'en moyenne 48% (gamme 25-72%) de l'OTA dans les fèves était enlevé avec la fraction de la coque. La concentration calculée de l'OTA dans les fèves était de 0.3-3.0 ug/kg.

36. En utilisant un processus d'écoassage du cacao fait à la main, Amezqueta<sup>1</sup> a observé une réduction dans le composant d'OTA de >95% dans 14/22 échantillons, 65-95% dans 6/22 échantillons et uniquement un échantillon a montré une réduction de moins de 50%.

37. L'analyse de 170 échantillons de produits cacaotiers de différentes origines géographiques a indiqué que les niveaux les plus élevés d'OTA ont été détectés dans la coque de cacao et le tourteau au cacao (0.1 à 23.1ug/kg) et seulement une teneur mineure dans les autres produits cacaotiers<sup>7</sup>.

## OCCURRENCE DE L'OTA DANS LES PRODUITS CACAOTES

38. Dans une étude en 2005<sup>42</sup> impliquant 41 chocolats au détail au Japon, tous les échantillons ont montré un certain niveau de contamination à l'OTA. Les teneurs dans 14/41 étaient au-dessous du LOQ, la limite de quantification (0.10 ug/kg), 7/41 étaient au-dessous de 0.20 ug/kg et le reste (25/41) contenait des teneurs au-dessus de 0.20 ug/kg, toute dans la gamme de <0.10 à 0.94 ug/kg.

39. De 170 échantillons de cacao inspectés vingt-six échantillons de cacao et de chocolat étaient exempts d'OTA détectable (<0.10 ug/kg). Dans le cacao en poudre grillé à sec 38.7% des échantillons analysés contenaient des teneurs en OTA allant de 0.1 à 2 ug/kg, et 54.8% étaient contaminés à >2 ug/kg<sup>7</sup>.

40. Des échantillons de 547 produits cacaotés analysés de différents aliments issus de pays européens 445 étaient positifs. Le niveau de contamination variait de 0.01 à 3.8 ug/kg, avec 0.23 ug/kg de moyenne<sup>44</sup>

41. Tafuri<sup>58</sup> a analysé 18 échantillons de cacao en poudre (vendus en Italie) sur la présence d'OTA. Neuf échantillons étaient en-dessous de la limite de détection de 0.01 ug/kg; les neuf autres avaient une toxine de 0.22 à 0.77 ug/kg, avec une moyenne de 0.43 ug/kg.

42. Le rapport sur la charge de travail pour la coopération scientifique 3.2.7<sup>44</sup> a montré que 81.3% des produits dérivés du cacao analysés étaient contaminés à l'OTA.

43. Une étude effectuée par Burdaspal et Legarda<sup>14</sup> a rapporté la détection d'OTA dans 99.7% des échantillons de chocolat et produits cacaotés analysés.

44. MAFF<sup>41</sup> a présenté des données en 1997 et 1998 sur des échantillons de cacao en poudre qui indiquaient que 19/20 des échantillons analysés en 1997 contenaient de l'OTA à une limite maximale de 2.4 ug/kg avec une moyenne de 0.68 ug/kg et 20/20 des échantillons analysés en 1998 faisaient ressortir une moyenne de 1.67 ug/kg. Des 40 échantillons de chocolat 30 contenaient moins de 0.6 ug/kg.

45. CAOBISCO/ECA/FCC<sup>30</sup> a lancé un projet de recherche en 1999 "pour indiquer de façon aussi précise que possible l'occurrence de l'OTA et les conditions favorisant la formation d'OTA dans le cacao et les actions dont on pensait qu'elles pouvaient atténuer la formation". L'analyse des produits cacaotés sur le marché européen, dans ce projet, confirme que seuls des niveaux bas d'OTA sont présents dans des produits tels qu'ils sont consommés contenant du cacao. Les moyennes de teneurs en OTA trouvées dans les différents produits étaient les suivantes (les échantillons ont été analysés par différents laboratoires avec une la limite de détermination (LOD) de 0.1, 0.2, ou 0.5 ug/kg):

- chocolat au lait (228 échantillons), 0.16 ug/kg
- chocolat noir (526 échantillons), 0.26 ug/kg
- cacao en poudre à boire (247 échantillons), 0.20 ug/kg
- cacao en poudre (1189 échantillons), 1.0 ug/kg

Des résultats similaires ont été rapportés de l'Espagne et de l'Allemagne<sup>14, 25</sup>.

46. Dans l'étude conduite en Espagne<sup>14</sup>, 296 échantillons de différents types de chocolat et cacao en poudre provenant d'Espagne, de treize pays européens, d'Argentine et du Japon ont été analysés. Les résultats indiquaient que la consommation de chocolat et de produits cacaotés dans des conditions normales contribuait seulement pour une fraction mineure à la dose journalière tolérable ingérée de l'OTA. Les données tabulées ci-dessous sont des valeurs médianes d'OTA trouvées dans les différents produits cacaotés. (LOQ=0.012 ug/kg; nombre d'échantillons dans chaque catégorie en parenthèses).

47. Tableau 1: La teneur médiane en OTA du chocolat et des produits cacaotés provenant d'Espagne et de 15 autres pays.

| Produit cacaoté                 | Teneur médiane en OTA en Espagne | Teneur médiane en OTA dans les pays étrangers |
|---------------------------------|----------------------------------|---|
| Chocolat noir, amer & ordinaire | 0.246 pg/kg (35)                 | 0.268 ug/kg (52)                              |
| Chocolat au lait                | 0.116 pg/kg (47)                 | 0.100 pg/kg (122)                             |
| Chocolat blanc                  | 0.030 pg/kg (5)                  | 0.027 ug/kg (9)                               |
| Cacao en poudre                 | 0.242 ug/kg (21)                 | 0.168 pg/kg (5)                               |

48. Une vue d'ensemble des teneurs en OTA contenues dans les différents produits cacaotés est tabulée dans l'Appendice 3.

### INGESTION ALIMENTAIRE

49. Basée sur une consommation moyenne de 8.6 g de chocolat et produit cacaoté en Espagne une ingestion hebdomadaire d'OTA de 0.252 ng/kg poids corporel a été dérivée.<sup>14</sup>.

50. L'exposition totale maximum hebdomadaire des enfants de moins de 6 ans à l'OTA provenant du chocolat et des produits cacaotés est de 3.7 ng/kg poids corporel basée sur laes données de consommation disponible dans de nombreux pays européens<sup>16</sup>.

51. Des données provenant d'une étude nationale d'exposition effectuée en France en 1999 a montré que le chocolat et les produits cacaotés contribuaient uniquement à un tout petit pourcentage de l'exposition totale à l'OTA même pour les 5% de consommateurs qui avait l'ingestion la plus élevée de chocolats et de produits cacaotés<sup>16</sup>.

52. Le travail 3.2.2 effectué par le SCOOP Task a présenté des données qui ont indiqué qu'une ingestion quotidienne de cacao était de 31g/jour/personne correspondant à une ingestion d'OTA de 21 ng/kg/semaine/personne. Ce rapport a aussi noté que cette quantité de cacao contribuait à 5% de l'ingestion totale d'OTA en comparaison avec les céréales qui contribuaient à un volume de 55%. L'étude complémentaire effectuée par SCOOP Task 3.2.7<sup>44</sup> indiquait que les céréales constituaient toujours le contributeur principal à 50% avec le cacao à 4% de l'ingestion totale.

53. Pour estimer l'exposition alimentaire à l'OTA, Le Département de l'Alimentation et de l'Hygiène environnemental (FEHD)<sup>27</sup> de Hong Kong a effectué une étude en février 2006 qui couvrait 8 groupes alimentaires majeurs y compris le chocolat et les produits cacaotés. Des 287 échantillons alimentaires qui ont été testés pour l'OTA, on a trouvé que l'exposition alimentaire à l'OTA était de 4 et de 9ng/kg pc/semaine pour l'étudiant moyen de l'école secondaire et au-dessus et respectivement au-dessus du consommateur moyen. La source alimentaire principale de l'OTA était les céréales et les produits céréaliers (61% de l'exposition totale), les chocolats contribuaient pour 6% à l'exposition alimentaire totale.

### STATUT DE REGULATION

54. Avant la Régulation récente 1881/2006 par la Commission de l'Union européenne, au moins 11 pays européens ont proposé ou édicté des réglementations pour l'OTA dans différentes denrées alimentaires<sup>8, 27, 54, 60, 61</sup>.

55. La CE a maintenant établi des limites maximales qui doivent prendre effet le 1<sup>er</sup> mars 2007, pour les céréales, les produits céréaliers, vin de fruits séchés, café torréfié, vin, jus de raisin et aliments pour les nourrissons et les jeunes enfants basés sur de nouvelles informations scientifiques<sup>21, 22, 49</sup>.

56. Conformément à un document de travail<sup>62</sup> du Comité expert sur les "Contaminants de l'Agriculture" à propos de la régulation de l'OTA, il existe les propositions suivantes pour les réglementations sur le cacao et les produits cacaotés: (a) matières premières pour la transformation des denrées alimentaires (fève de cacao, amandes décortiquées, pâte de cacao, tourteau de cacao et cacao en poudre, 2 ug/kg) et (b) articles de consommation (poudre de chocolat, chocolat en poudre, chocolat, et boisson chocolatée, 1 ug/kg).

57. La FDA des Etats-Unis n'a pas établi des limites consultatives ou des limites d'action pour les ochratoxines dans aucun produit.

58. La dernière révision de l'Union Européenne des limites régulatrices pour l'OTA dans les denrées alimentaires a indiqué qu'aucune limite ne serait établie pour la viande (vu qu'elle ne tend qu'à contenir uniquement des teneurs basses d'OTA), pour le café vert (qui n'est pas consommé dans sa forme crue et vu qu'un haut pourcentage d'OTA peut être éliminé par la torréfaction) et pour les fèves de cacao (qui ne sont pas également mangées sous leur forme brute et que les consommateurs seraient protégés en établissant des limites pour les produits cacaotés)<sup>28</sup>.

## PREVENTION DE L'OTA DANS LE CACAO

59. L'industrie européenne du chocolat et du cacao ainsi que les pays producteurs sont engagés dans des études afin de cerner les sources de contamination et adapter des mesures correctives.

60. La recherche a couvert toutes les étapes de la pousse du cacao à la production de produits finis. Elle a montré que l'OTA peut être trouvée dans les fèves provenant de la plupart des pays producteurs et que l'usage durant les étapes précédentes de transformation à la ferme productrice de cacao est critique. Par conséquent des interventions doivent être effectuées au niveau de la ferme pour arriver à une réduction significative de la contamination par l'OTA<sup>30</sup>.

61. Une majeure partie de l'OTA originairement présente dans les fèves de cacao se trouve dans la fraction de la coque qui est éliminée durant la transformation. D'autres étapes de la transformation des fèves de cacao aux produits finis ne conduit pas à l'élimination ou à la destruction de l'OTA. Par conséquent un processus de contrôle rigoureux de l'écossage pourrait produire une réduction significative dans les teneurs en OTA dans les produits dérivés du cacao<sup>1</sup>.

62. Aucun système de gestion de la qualité n'a été implanté auparavant dans la transformation primaire du cacao. Dahl<sup>24</sup>, travaillant sous le projet fondé par l'EU Cocoqual, a développé un système de gestion de la qualité basé sur ISO 22000 pour la transformation primaire du cacao avec pour but d'assurer une bonne qualité y compris la prévention de l'OTA.

63. D'autres données issues du projet Cocoqual<sup>18</sup> ont montré que 15 différentes souches de *Lactobacillus* isolées du cacao empêchaient le développement de l'OTA produisant des souches de *Penicillium nordicum*. Cette observation a approfondi les implications de la sécurité des aliments qui pourraient être exploitées pour la prévention de l'OTA dans le cacao.

64. Il a été discuté d'une proposition pour une méthodologie afin de réduire la contamination à l'OTA dans le cacao en travaillant avec les fermiers producteurs de cacao<sup>29</sup>.

## CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

65. Le présent document sur l'OTA dans le cacao conduit aux conclusions et aux recommandations étendues suivantes pour examen à la 39<sup>ème</sup> session du CCFAC:

- (a) La production de cacao représente une activité économique importante pour tous les pays producteurs de cacao en Afrique, en Asie et en Amérique latine.
- (b) Le cacao constitue un composant mineur de la diète humaine et apporte une petite contribution à l'ingestion alimentaire totale de l'OTA (4-6 % de l'ingestion totale).
- (c) Une majeure partie de l'OTA originellement présente dans les fèves de cacao se trouve dans la fraction de la coque qui n'est pas consommée.
- (d) Avant qu'un code d'usage pour l'OTA dans le cacao soit examiné, il est recommandé que le CCFAC prenne en considération ce qui suit :
  - (i) Il est recommandé qu'un plan d'échantillonnage international particulier pour le cacao soit développé.
  - (ii) Afin de minimiser les divergences dans les données rassemblées la méthode HPLC avec une colonne d'immun affinité et une détection par fluorescence devrait être adoptée pour l'analyse quantitative du cacao et des produits cacaotés ; La méthode HPTLC documentée dans ce document a été adoptée pour un contrôle à une large échelle de l'OTA dans les pays producteurs.
  - (iii) Les Etats membres du Codex devraient être encouragés à soumettre des données issues des études des teneurs en OTA dans le cacao et les produits cacaotés dans leurs pays, en utilisant des méthodes analytiques validées, et sur une période de plusieurs années afin de refléter les variations saisonnières. Ces données seront utilisées dans le développement d'un code d'usages.
  - (iv) Une recherche sur les méthodes afin de prévenir et/ou réduire la contamination du cacao dans le champ, durant la transformation primaire du cacao devrait être encouragée et poursuivie. On a besoin d'une meilleure compréhension des interactions moisissures-cacao dans des infections symptomatiques et asymptomatiques du cacao dans le champ.

**REFERENCES**

1. Amezcua, S., Gonzalez-Penas, E., Murillo, M., & Lopez de CERFIN, A (2005) Occurrence of ochratoxin A in cocoa beans: effect of shelling. *Food Additives and Contam.* 22: 590 - 595
2. Amezcua, S., Gonzalez-Penas, E., Murillo, M., & Lopez de CERFIN, A (2004) Validation of a high performance liquid chromatography analytical method for ochratoxin A quantification in cocoa beans. *Food Additives and Contam.* 21: 1096 -1106
3. Aydin, G., Ozcelik, N., Cicek, E., Soyoz, M (2003) Histopathologic changes in liver and renal tissues by ochratoxin A and melatonin in rats. *Hum. Exp. Toxicol.* 22: 383 - 391
4. Bakker, M., Pieters, M. N. (2002) Risk assessment of ochratoxin A in the Netherlands. RIVM report 388802025/2002
5. Bankole, S. A. and Adebajo, A (2003) Mycotoxins in food in West Africa: current situation and possibilities of controlling it. *African J. Biotechnol.* 2: 254 – 263
6. Bastide, P., Fourny, G., Durand, N., Petithuguenin, P., Guyot, B., Gilmour, M and Lindblom, M (2006) Identification of Ochratoxin A sources during cocoa post-harvest processing: influence of harvest quality and climatic factors. 15<sup>th</sup> Intl Cocoa Res. Conf., San Jose, Costa Rica, 9-17 October 2006
7. Bonvehi, S. J. (2004) Occurrence of ochratoxin A in cocoa products and chocolate. *J. Agric. Food Chem.* 52: 6347 - 6352
8. Boorman, G. A. (1989) Toxicology and carcinogenesis studies of ochratoxin A in F344/N rats. NTP Technical Report NTP TR 358
9. Boudra, H., Le Bars, P, and Le Bars, J. (1995) Thermostability of Ochratoxin A in wheat under two moisture conditions. *Appl. Environ. Microbiol.* 61:1156-1159
10. Brera, C., Grossi, S., De Santis, B., Miraglia, M (2003) High performance liquid chromatographic method for the determination of ochratoxin A in cocoa powder. *J. Liq. Chromatog. Related Technologies* 26: 585 - 598
11. Brera, C., Grossi, S., Miraglia, M (2005) Interlaboratory study for ochratoxin A determination in cocoa powder samples. *J. Liq. Chromatog. Related Technologies* 28: 35 - 61
12. Brera, C., Grossi, S., Debegnach, F., De Santis, B., Minardi, V., Miraglia, M (2006) Proficiency testing as a tool for implementing internal quality control: the case of ochratoxin A in cocoa powder. *Accred. Qual. Assur.* 11: 349 - 355
13. Britannia Food Ingredients Ltd (1999) Ochratoxin A in cocoa and chocolate products. Technical Communication 5 (September 1999) <http://www.britanniafood.com/english/tc05.htm>
14. Burdaspal, P. A., and Legarda, T. M. (2003). Ochratoxin A in samples of different types of chocolate and cacao powder, marketed in Spain and fifteen foreign countries. *Alimentaria* 40: 143-153
15. Campbell, B. C., Molyneux, R. J., Schatzki, T. F.(2003) Current research on reducing pre- and post-harvest aflatoxin contamination of US tree nuts. *J. Toxicol. Toxin Rev.* 22: 225 - 266
16. CAOBISCO/ECA/FCC (2003) Joint CAOBISCO/ECA/FCC updated position on ochratoxin A in cocoa and chocolate products. CAOBISCO/ECA/FCC 725: 1 -752: 1 - 6
17. CEN Standard 13505 (1999) Food analysis – biotoxins – criteria of analytical methods of mycotoxins
18. COCOQUAL (2006). Unpublished work: Developing biochemical and molecular markers as indices for improving quality assurance in the primary processing of cocoa in West Africa. Fourth Annual Report. Individual Partner Annual Reports. (Analysis of the mycological status of cocoa beans with emphasis on ochratoxigenic fungi) Project No.ICA4-CT-2002-10040 (EU 5<sup>th</sup> FP INCO-DEV Project)
19. Codex Alimentarius Commission (1998) Position paper on ochratoxin A. FAO/WHO, Rome, Italy. [http://www.who.int/fsf/chemicalcontaminants/ochratoxinpp99\\_14.pdf](http://www.who.int/fsf/chemicalcontaminants/ochratoxinpp99_14.pdf)

20. Commission Regulation (EC) No. 401/2006 (23 February 2006) Laying down the methods of sampling and analysis for the official control of the levels of mycotoxins in foodstuffs. Official Journal of the European Union L70/12
21. Commission Regulation No. 1881/2006 (19 December 2006) Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union, L 364/4-364/24 .
22. CONTAM (June 2006) Mechanism of ochratoxin A induced carcinogenicity as a basis for an improved risk assessment. Ochratoxin A – Risk assessment Project No. QLK-2001-01614. <http://www.uni.wuerzburg.de/toxikologie/EU-OTA/ochratoxinA.html>
23. Copetti, M. V., Iamanaka, B. T., and Taniwaki, M. H. (2006) Toxigenic fungi in cocoa and cocoa products. A Joint Symposium of ICFM and ICIF at the 8<sup>th</sup> International Mycological Congress, Cairns, August 19-20, 2006.
24. Dahl, M. W. (2006) Development of a management system for the primary processing of cocoa – based on quality and food safety. MSc. Thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University, Dept of Dairy and Food Science, Frederiksberg, Denmark.
25. Engel, G. (2000) Ochratoxin A in sweets, oil seeds and dairy products. Arch. Lebensmittelhygiene 51: 98-101
26. FAO/WHO/UNEP (1999) Mycotoxin prevention and decontamination. Corn: a case study. Third Joint FAO/WHO/UNEP Intl. Conf. Mycotoxins 6b: 2 - 11
27. FEHD Report (2006) LegCo Panel (9 May 2006) LegCo Panel on Food Safety and Environmental Hygiene (Hong Kong). <http://www.legco.gov.hk/yr05-06/english/panels/fseh/paper/fe0509cb2-1905-04-e.pdf>
28. FSA Update (26 October 2006) CONTAMINANTS – October 2006 update on chemical contaminants legislation: mycotoxins. <http://www.foodlaw.rdg.ac.uk/news/eu-06107.htm>
29. Gilmour, M and Lindblom, M (2005) Management of ochratoxin A in the cocoa supply chain. MYCO-GLOBE Conference: Reducing Impact of Mycotoxins in Tropical Agriculture with Emphasis on Health and Trade in Africa. Accra, Ghana, 13 – 16 September 2005 <http://www.iita.org/mycotoxinconf/index.htm>
30. Gilmour, M and Lindblom, M (2006) Management of ochratoxin A in the cocoa supply chain. Summary of work by CAOBISCO/ECA/FCC Working Group on OTA. 15<sup>th</sup> International Cocoa Research Conference, San Jose, Costa Rica, 9-17 October 2006
31. Honholt, S (2003) Cocoa Processing – control of ochratoxin A as a potential risk factor, MSc Thesis. The Royal Veterinary and Agricultural University, Department of Food Science, section for Quality and Technology, Denmark.
32. Hurst, W. J., Martin, R. A.(1998) High performance liquid chromatographic determination of ochratoxin A in artificially spiked cocoa beans using automated sample clean-up. J. Chromatog. A 810: 89 – 94
33. Hurst, W. J., Snyder, K. P., Martin, R. A. (1987) High performance liquid chromatographic determination of the mycotoxins patulin, penicillic acid, zearlenone and sterigmatocystin in artificially contaminated cocoa beans. J. Chromatog. 392: 389 - 396
34. Iavicoli, I., Brera, C., Carelli, G, Caputi, R., Marinaccio, A., Miraglia, M. (2002) External and internal dose in subjects occupationally exposed to ochratoxin A. Intl. Archive Occupationally Environment Health 75: 381 -386
35. ICCCO (2006) Production of Cocoa Beans. Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics. <http://www.icco.org/statistics/production.aspx> (posted 20 December 2006)
36. International Agency for Research on Cancer (IARC) (1993). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans; IARC Working Group, WHO: Lyon, France, vol. 56
37. JECFA (1991) Evaluation of certain food additives and contaminants. Thirty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series, No. 806, 1991 and corrigenda

38. JECFA (1995) Evaluation of certain food additives and contaminants. Forty-fourth Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series No. 859, 1995
39. JECFA (2001) Safety evaluation of certain mycotoxins in Food. Fifty-sixth Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Food Additives Series 47 – FAO Food and Nutrition Paper –IPCS- International Programme on Chemical Safety, WHO, Geneva, 2001
40. Krogh, P. (1987): Ochratoxins in food. In: P. Krogh: Mycotoxins in food. Academic Press. pp. 97-121.
41. MAFF (1999) Ministry of Agriculture and Fisheries and Food. Survey of Aflatoxins and ochratoxin A in cereals and retail product. Food Surveillance information Sheet No.130. <http://www.archive.food.gov.uk/maff/food/infsheet/1999/no185/185ochra.htm>
42. Matsuoka, T (2006) OTA contamination in retail chocolate in Japan in 2005. Standards and Evaluation Division, Department of Food Safety, Ministry of Health, Labour & Welfare, Tokyo, Japan. (Personal Communication).
43. Minifie, B. W. (1982) In B. W. Minifie (ed), Chocolate, cocoa and confectionery: Science and Technology, 2<sup>nd</sup> ed. AVI Publishing Company, Westport, Connecticut.
44. Miraglia, M., Brera, C. (2002) Assessment of dietary intake of ochratoxin A by the population of EU member states, Reports on tasks for scientific cooperation, task 3.2.7., 69-86. Publisher: SCOOP Directorate-General Health and Consumer Protection. [http://www.europa.eu.int/comm/food/fs/scoop/3.2.7\\_en.pdf](http://www.europa.eu.int/comm/food/fs/scoop/3.2.7_en.pdf)
45. Miraglia, M., De Santis, B., Minardi, V., Debegnach, F., and Brera C. (2005) An update on sampling methods for mycotoxin evaluation. MYCO-GLOBE Conference: Reducing Impact of Mycotoxins in Tropical Agriculture with Emphasis on Health and Trade in Africa. Accra, Ghana, 13 – 16 September 2005 <http://www.iita.org/mycotoxinconf/index.htm>
46. Moss, M.O. (1996): Mode of formation of ochratoxin A. Food Additives and Contaminants. 13 (suppl.), 5 - 9
47. Murphy P. A., Hendrich, S., Landgren, C., Bryant, C. M.(2006) Food Mycotoxins: An Update. J. Food Sci. 71: R51 – R65
48. O'Brien, E., Dietrich, D. R. (2005) Ochratoxin A: The continuing enigma. Crit. Rev. Toxicol. 35: 33 - 60
49. Opinion of the Scientific Panel on contaminants in the Food Chain of the EFSA on a request from the Commission related to ochratoxin A in food.(4 April 2006) [http://www.efsa.europa.eu/etc/medialib/efsa/science/contam/contam\\_opinions/1521.Par.0001.File.dat/contam\\_op\\_ej365\\_ochratoxin\\_a\\_food\\_en1.pdf](http://www.efsa.europa.eu/etc/medialib/efsa/science/contam/contam_opinions/1521.Par.0001.File.dat/contam_op_ej365_ochratoxin_a_food_en1.pdf)
50. Pittet, A., Royer, D. (2002) Rapid, low cost thin-layer chromatographic screening method for the detection of ochratoxin A in green coffee at a control level of 10 ug/kg. J. Agric. Food Chem. 50: 243 - 247
51. Pohland, A. E., Nesheim, S and Friedman, L (1992) Ochratoxin A: A Review. Pure & Appl. Chem., 64: 1029 -1046
52. Ratters, M and Matissek, R (2000) Ochratoxin A in cocoa and human health aspects. 13<sup>th</sup> Intl. Cocoa Research Conf., Kota Kinabalu, Sarba, Malaysia, p1429 – 1438, 9 -14 October 2000.
53. Russo, A., La Fauci, L., Acquaviva, R., Campisi, A., Racita, G., Scifo, C., Renis, M., Galvano, G., Vanilla, A., and Galvano, F (2005) Ochratoxin A-induced DNA damage in human fibroblast: protective effect of cyanidin 3-O-b-D-glucoside. J. Nutrit. Biochem 16: 31- 37
54. SCF (1998) Opinion of the Scientific Committee for Food on OTA expressed on 17 Sep 1998. [http://www.europa.eu.int/contam/food/fs/sc/scf/out14\\_en.html](http://www.europa.eu.int/contam/food/fs/sc/scf/out14_en.html)
55. Scott, P.M. (1996): Effects of processing and detoxification treatments on ochratoxin A. In: C.P.Kurtzman & J.W. Fell: Food Additives and Contaminants. Fourth edition. Elsevier, Amstersam. pp.214-220.
56. Stander, M.A., Steyn, P.S., van der Westhuizen, F.H. and Payne, B.E. (2001). A kinetic study into the hydrolysis of the ochratoxins and analogues by carboxypeptidase A. Chemical research in Toxicology, 14: 302-304.

57. Schwartz, G. G. (2002) Hypothesis: Does ochratoxin A cause testicular cancer? *Cancer Causes Control* 13: 91 - 100
58. Tafuri, A., Ferracane, R., Ritieni, A (2004) Ochratoxin A in Italian marketed cocoa products. *Food Chem.* 88 487 - 494
59. Tsubouchi, H., Terada, H., Yamamoto, K., Hisada, K., Sakabe, Y. (1995) Caffeine degradation and increased ochratoxin production by toxigenic strains of *Aspergillus ochraceus* isolated from green coffee beans. *Mycopathologia* 90: 181 – 186
60. Van Egmond, H. P. (1999) Worldwide regulation of ochratoxin A. *IARC Sci. Publ. No. 115*, 331 – 336
61. WHO (1996) Evaluation of certain food additives and contaminants. 44<sup>th</sup> Report of JECFA; WHO Technical Report series 859; WHO: Geneva, Switzerland.
62. Working Document of the Expert Committee “Agricultural Contaminants” of the European Commission Scientific Committee for Food. Council Meeting of 18 November 2003

## ANNEXE 1

## Production mondiale de fèves de cacao (2003-2006)

| Pays                      | 2003/2004   |             | 2004/2005   |             | 2005/2006   |             |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Afrique</b>            | <b>1250</b> | <b>72.1</b> | <b>2379</b> | <b>70.3</b> | <b>2577</b> | <b>71.7</b> |
| Cameroun                  | 162         |             | 184         |             | 168         |             |
| Côte d'Ivoire             | 1407        |             | 1286        |             | 1387        |             |
| Ghana                     | 737         |             | 599         |             | 740         |             |
| Nigéria                   | 180         |             | 200         |             | 170         |             |
| Autres                    | 64          |             | 110         |             | 112         |             |
| <b>Amérique</b>           | <b>462</b>  | <b>13.1</b> | <b>443</b>  | <b>13.1</b> | <b>447</b>  | <b>12.4</b> |
| Brésil                    | 163         |             | 171         |             | 162         |             |
| Equateur                  | 117         |             | 116         |             | 115         |             |
| Autres                    | 182         |             | 156         |             | 170         |             |
| <b>Asie &amp; Océanie</b> | <b>525</b>  | <b>14.8</b> | <b>560</b>  | <b>16.6</b> | <b>568</b>  | <b>15.8</b> |
| Indonésie                 | 430         |             | 460         |             | 470         |             |
| Autres                    | 95          |             | 100         |             | 98          |             |
| <b>Monde total</b>        | <b>3537</b> |             | <b>3382</b> |             | <b>3592</b> |             |

Source ICCO Bulletin trimestriel des statistiques du cacao

Vol. XXXII. No. 4. Cacao année 2005/2006

## ANNEXE 2:

Incidence de l'ochratoxine A dans le cacao et les produits cacaotés de différents pays producteurs

| Origine  | No. de positives/<br>No. d'échantillons | Gamme d'<br>OTA (ug/kg)  | Cacao ou produit<br>cacaoté    |
|--|---|--------------------------|--------------------------------|
| <b>Afrique</b> (Côte d'Ivoire, Cameroun, Guinée, Nigeria, Sénégal)   | 16/21                                   | 0.1 – 3.5                | Fève de cacao                  |
| <b>Afrique</b> (Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria);<br><b>Asie</b> (Indonésie, Malaisie); <b>Amérique Latine</b> (Equateur, Honduras, Pérou) | 74/80                                   | 0.1 – 9                  | Tourteau de cacao              |
| <b>Afrique</b> (Côte d'Ivoire, Cameroun)   | 4/8                                     | 0.1 – 3.5                | Pâte de cacao                  |
| <b>Afrique</b> (Côte d'Ivoire, Cameroun, Nigeria)  | 3/3                                     | 1.8 – 3.4                | Coque brute de cacao           |
| <b>Afrique</b> (Côte d'Ivoire, Cameroun)   | 10/10                                   | 2.9 – 23.1               | Coque grillée de cacao         |
| <b>Afrique</b> (Côte d'Ivoire, Nigeria)  | 0/2                                     | <0.1 <sup>a</sup>        | Amandes décortiquées grillées. |
| <b>Afrique</b> (Côte d'Ivoire, Cameroun)   | 0/4                                     | <0.1                     | Beurre de cacao                |
| <b>Afrique</b> (Côte d'Ivoire, Cameroun, Guinée, Nigeria)  | 29/31                                   | 0.1 – 4.4                | Cacao en poudre                |
| Inconnu  | 8/11                                    | 0.1 – 1.59               | Chocolat et crème au chocolat  |
| Côte d'Ivoire  | 24/33                                   | 0.04 <sup>a</sup> – 14.8 | Fève de cacao                  |
| Cameroun   | 3/7                                     | 0.04 <sup>a</sup> – 3.88 | Fève de cacao                  |
| Guinée équatoriale   | 29/46                                   | 0.04 <sup>a</sup> – 0.42 | Fève de cacao                  |

<sup>a</sup>Correspond à la méthode de LOD

Données de Bonvehi (2004) et Amezqueta et al (2004)

## Teneurs en OTA dans les fèves de cacao et les produits cacaotés

| Produit                                     | No. de positive/<br>No. d'échantillons <sup>a</sup>        | Gamme d'OTA (ug/kg)   |
|---|--|---|
| Cacao                                       | 0/15<br>10/56<br>16/21                                     | <LOD=0.1<br>100-500<br>0.1-3.5  |
| Fèves de cacao grillées                     | 3/19   | 100   |
| Cotylédon grillé                            | 0/2  | <LOD=0.1  |
| Coque de cacao brute                        | 3/3  | 1.8-3.4   |
| Coque de cacao grillée                      | 10/10  | 2.90-23.1   |
| Tourteau de cacao                           | 74/80  | 0.1-9   |
| Pâte de cacao                               | 4/8<br>0/1   | 0.1-3.5<br><LOD=0.25  |
| Beurre de cacao                             | 0/4<br>0/4   | <LOD=0.1<br><LOD=0.25   |
| Poudre de cacao                             | 40/40<br>29/31<br>20/20<br>0/6<br>39/40<br>344/733<br>9/18 | 0.09-1.80<br>0.1-4.4<br>1.3-2.4<br><LOD=0.25<br>0.2-2.4<br>-<br>0.22-0.77 |
| Cacao en poudre (commercial)                | 26/26<br>9/18<br>0/115                                     | 0.05-0.93<br>0.22-0.77<br>-   |
| Boissons aux cacao prêtes à la consommation | 34/34  | 0.005-0.054   |
| Boissons chocolatées                        | 51/56  | <0.01-0.63  |
| Chocolat                                    | 295/352<br>30/40<br>0/8<br>18/40                           | 0.01-3.6<br>0.1-0.6<br><LOD=0.25<br>0.10-0.6                              |
| Chocolat noir                               | 87/87<br>9/295   | 0.02-4.29<br>-  |
| Chocolat au lait                            | 169/169  | 0.02-0.70   |
| Chocolat blanc                              | 13/14<br>1/119   | 0.02-0.19<br>-  |
| Chocolat et crème au chocolat               | 8/11   | 0.1-1.59  |

<sup>a</sup>Source: citée de Dahl (2006): Données issues de Honholt (2003), Krogh (1987), Bonvehi (2004), Brera et al (2003), Tafuri et al (2004)