



Point 10 de l'ordre du jour

CX/CF 13/7/10

Février 2013

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

**Septième session
Moscou, Fédération de Russie, 8 – 12 avril 2013**

**AVANT-PROJET DE LIMITES MAXIMALES POUR L'ACIDE CYANHYDRIQUE DANS LE
MANIOC ET LES PRODUITS À BASE DE MANIOC**

Les membres et les observateurs du Codex qui souhaitent soumettre des observations sur les recommandations énoncées dans les paragraphes 17-23 concernant la révision ou l'établissement de nouvelles LM pour le manioc et les produits dérivés du manioc et dans les paragraphes 30-31 relatifs aux méthodes d'analyse pour la détermination de l'acide cyanhydrique total dans ces produits en vue de déterminer la façon de procéder plus avant avec une activité sur l'établissement des LM pour l'acide cyanhydrique (HCN) dans le manioc et les produits dérivés du manioc ainsi que les méthodes analytiques associées devraient le faire par écrit avant le **25 mars 2013**. Les observations devraient être adressées:

à:

Mme Tanja Åkesson
Service central de liaison avec le Codex
Ministère des Affaires économiques
P.O. Boîte postale 20401
2500 EK La Haye
Pays-Bas
E-mail: info@codexalimentarius.nl

et une copie au:

Secrétariat de la Commission du Codex Alimentarius,
Programme mixte FAO/OMS sur les normes
alimentaires,
Viale delle Terme di Caracalla,
00153 Rome, Italie
E-mail: codex@fao.org

Note: Les informations de support présentées dans l'Appendice I et ses appendices ne sont pas soumises à observations

GÉNÉRALITÉS

1. Lors de la troisième réunion du Comité sur les contaminants dans les aliments en 2009, l'Australie a présenté un document de travail sur les glucosides cyanogéniques¹. Le CCCF est convenu de demander au JECFA d'examiner à nouveau les données disponibles sur les glucosides cyanogéniques et de fournir des conseils sur les implications pour la santé publique des glucosides cyanogéniques et leurs dérivés dans l'alimentation.² En outre, et en prenant en compte toute évaluation du JECFA, le CCCF examinerait le développement d'un Code d'usages pour la production, la transformation et la commercialisation des aliments qui peuvent contenir des glucosides cyanogéniques ou leurs dérivés.

2. Lors de sa soixante-douzième session, le JECFA a conduit une évaluation des risques des glucosides cyanogéniques dans les aliments³. Les glucosides cyanogéniques peuvent provoquer une intoxication aiguë des humains ainsi que différentes maladies chroniques associées à la production inadéquate du manioc. Le JECFA a établi des valeurs indicatives à visée sanitaire (HBGVs) pour les glucosides cyanogéniques; en particulier une dose de référence aiguë (ARfD) de 0,09 mg/kg poids corporel exprimé en tant qu'équivalent du cyanure et une dose journalière maximale tolérable provisoire (DJMTP) de 0,02 mg/kg poids corporel en tant que cyanure.

3. Les estimations de l'exposition alimentaire ont utilisé des estimations prudentes (conversion totale des glucosides cyanogéniques en acide cyanhydrique et sans prendre en compte les effets de la préparation des aliments ou de la transformation dans la plupart des cas). Elles indiquent les éventuels dépassements des doses de référence aiguës et sous-chroniques dans certains groupes de la population.

¹ ALINORM 09/32/41, par. 105-108

² ALINORM 09/32/41, par. 119, ALINORM 10/33/41, par. 100, REP11/CF, par. 92, REP12/CF, par. 40

³ http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_966_eng.pdf

4. Eu égard aux éventuels impacts sur la santé, il est important d'examiner si les limites maximales existantes dans les normes de produits sont protectrices et si les LM dans les autres denrées alimentaires sont justifiées. Il est également approprié de développer une directive afin de réduire les concentrations d'acide cyanhydrique (HCN) dans les aliments.

5. Lors de sa sixième session, le CCCF est convenu d'établir un groupe de travail électronique dirigé par l'Australie et co-présidé par le Nigeria afin de démarrer une nouvelle activité sur un Code d'usages et les limites maximales pour l'acide cyanhydrique dans le manioc et les produits dérivés du manioc pour observations à l'étape 3 et examen lors de la prochaine session dans l'attente de l'approbation par la trente-cinquième session de la Commission du Codex Alimentarius.

6. Afin d'effectuer cette tâche, le Comité est convenu que le groupe de travail:

- entreprendrait une révision des niveaux et des limites maximales pour l'acide cyanhydrique dans les normes de produits Codex en vue d'une révision possible de ces LM et l'établissement de nouvelles LM pour les denrées additionnelles, telles que les cossettes de manioc prêtes à consommer;
- développerait un Code d'usages afin de réduire la présence d'acide cyanhydrique dans le manioc dans lequel les aspects agricoles ainsi que les méthodes de transformation sont abordées; et
- identifierait des méthodes d'analyse adoptées à l'analyse de l'acide cyanhydrique dans les aliments.⁴

7. La Commission lors de sa trente-cinquième session a noté que l'établissement de LM pour l'acide cyanhydrique (HCN) dans le manioc et les produits dérivés du manioc serait limité à la section sur les contaminants afin d'établir des niveaux fiables pour cette toxine naturelle dans les produits précités. Il a été également noté que différentes variétés de manioc contenaient différents niveaux de glucosides cyanogéniques à partir desquels Le HCN se forme, et ceci devrait être pris en compte lors de l'établissement des limites maximales.⁵

8. Cette activité du groupe de travail électronique a été menée comme deux documents:

- La révision des niveaux de HCN dans le manioc amer et doux ainsi que les limites maximales pour les produits dérivés du manioc dans les normes de produits existantes et examen des limites maximales pour les denrées à base de manioc additionnelles (inclut l'identification des méthodes d'analyse du HCN dans les aliments) (CX/CF, 13/7/10).
- Le code d'usages pour la réduction de l'HCN dans le manioc et les produits dérivés du manioc (CX/CF, 13/7/11).

9. La préparation du document de révision des LM a été dirigée par l'Australie et le Code d'usages a été dirigé par le Nigeria. Les membres du groupe de travail étaient le Brésil, le Canada, la Chine, la Colombie, la République Dominicaine, l'Union européenne, (EU), la FAO, les États fédérés de Micronésie, les Fidji, le Ghana, l'Indonésie, l'Organisation internationale de l'industrie des aromatisants, la Jamaïque, le Japon, la Malaisie, la Nouvelle-Zélande, le Nigeria, la Papouasie-Nouvelle-Guinée, les Philippines, la République de Corée, le Samoa, les îles Salomon, le Suriname et Vanuatu (voir Annexe 2, Liste des Participants).

10. Le rapport complet fournissant des informations à l'appui pour les conclusions et recommandations sur la révision et/ou établissement de nouvelles LM pour l'HCN dans le manioc et les produits dérivés du manioc est fourni dans l'Annexe 1 et ses annexes pertinentes. L'examen complet des méthodes d'analyse est indiqué dans l'appendice 5 à l'annexe 1.

Révision de l'établissement de nouvelles LM pour le HCN dans le manioc et les produits dérivés du manioc

Conclusions

11. L'évaluation actuelle des risques du JECFA est prudente parce qu'elle part du principe que tout l'acide cyanhydrique présent en tant que glucosides cyanogéniques dans les aliments sera absorbé par le tube digestif et, dans certains cas, part du principe que les concentrations d'acide cyanhydrique (HCN) dans les aliments sont aux niveaux actuellement utilisés pour définir le manioc doux ou à la LM. Le JECFA a également identifié certaines lacunes importantes des données ce qui a rendu difficile la caractérisation des risques, y compris des données d'occurrence dans le manioc brut et transformé et des données de consommation issues d'une gamme plus large de pays.

12. Des informations très limitées ont été fournies au groupe de travail électronique pour mettre à jour les concentrations d'acide cyanhydrique (HCN) trouvées dans le manioc non transformé et dans les aliments transformés produits à partir du manioc ou sur des modèles de consommation alimentaires. Par conséquent, il reste une incertitude considérable sur les possibilités de déterminer le niveau actuel de l'exposition systémique humaine à l'acide cyanhydrique (HCN).

13. Il est concevable que la diminution des LM ou l'établissement de nouvelles LM n'ait pas d'effet sur les concentrations actuelles de l'acide cyanhydrique (HCN) dérivé du manioc auquel sont exposées les personnes. Dans certaines parties du monde où le manioc constitue un aliment de base du régime, assurer la sécurité alimentaire peut constituer une priorité plus élevée que l'établissement de limites pour l'acide cyanhydrique (HCN) qui en fait ne constitue pas un problème de santé suite à la transformation du manioc. Ceci est particulièrement le cas dans les conditions de sécheresse ou en cas de famine.

⁴ REP12/CF, par. 165/-166:

⁵ REP12/CAC, par. 140-142 et Annexe VI.

14. D'autres options de gestion des risques par ex. l'éducation, le développement, et l'application d'un code d'usages sont probablement plus efficaces.

15. Il existe un besoin de générer des données appropriées pour l'acide cyanhydrique (HCN) total dans le manioc et de fournir des informations sur la consommation afin que des LM puissent être établies (si nécessaires) et que des conseils en matière de gestion des risques soient donnés en ce qui concerne les risques potentiels.

16. Il existe une approche incohérente pour exprimer les niveaux/LM et les descripteurs pour l'acide cyanhydrique (HCN) dans les normes pour le manioc doux et amer, la farine de manioc comestible et le gari. Dans le cas du gari, l'établissement d'une LM sur la base de l'acide cyanhydrique (HCN) ne reflète pas le potentiel des cyanhydrines présentes de générer l'acide cyanhydrique (HCN) *in vivo*.

Recommandations

17. Il est recommandé qu'une approche générale soit utilisée pour exprimer des LM ayant trait à l'acide cyanhydrique (HCN) généré à partir des glucosides cyanogéniques présents naturellement. Le groupe de travail électronique recommande que l'acide cyanhydrique total (HCN) se réfère à tous les glucosides cyanogéniques, les cyanhydrines et l'acide cyanhydrique « libre » dans un aliment comme cela a été décrit dans l'évaluation la plus récente du JECFA de 2012. Ceci demanderait l'amendement de la LM pour le gari pour l'exprimer en termes d'acide cyanhydrique total plutôt qu'en acide cyanhydrique libre. On recommande que la LM pour le gari soit transformée en une valeur reflétant le niveau total d'acide cyanhydrique. Puisque le JECFA n'a pas réussi à caractériser le risque provenant de la consommation de gari, cette conversion pourrait être basée sur le niveau actuel, dans l'attente de la génération de la consommation ultérieure et de données d'occurrence. Le CCCF devrait examiner si une nouvelle activité est proposée sur le descripteur ou si celle-ci devrait être différée jusqu'à l'examen des LM pour les autres produits du manioc à une date ultérieure.

18. Actuellement il n'existe pas de LM pour l'acide cyanhydrique (HCN) dans le manioc dans la Norme générale pour les Contaminants et les Toxines présents dans les produits de consommation humaine et animale (CODEX STAN 193-1995) (NGCTAHA). En revanche, les types de manioc (doux et amer) se distinguent par une concentration en acide cyanhydrique de 50mg/kg dans leurs normes respectives. Il peut être adéquat d'incorporer des LM pour l'acide cyanhydrique dérivé des glucosides cyanogéniques dans la NGCTAHA à un certain point. Toutefois, il serait plus approprié de prendre cette décision une fois que ces informations sont disponibles pour compenser les lacunes des données actuelles.

19. En l'absence de limite maximale Codex pour l'acide cyanhydrique (HCN) pour le manioc amer dans la NGCTAHA, la norme pour le manioc amer autorise l'établissement d'une limite maximale acceptable sur une base fiable par la législation nationale du pays importateur dans l'attente des résultats de l'activité du Comité sur les Contaminants dans les aliments sur les glucosides cyanogéniques. On recommande que cette approche soit maintenue jusqu'à ce que des informations ultérieures soient disponibles sur les effets de la transformation et les niveaux dans les produits finaux dérivés du manioc amer.

20. Pour la farine de manioc, il n'existe pas d'estimations disponibles de l'exposition alimentaire qui excèdent la dose de référence aiguë ou la DJMTP et par conséquent il n'est pas nécessaire d'amender la LM actuelle.

21. Pour les autres produits dérivés du manioc à l'heure actuelle de nouvelles LM ne devraient pas être développées pour cause de prudence et d'incertitude à propos de l'évaluation des risques et le besoin d'informations supplémentaires sur les concentrations d'acide cyanhydrique (HCN) dans les aliments à base de manioc.

22. D'autres stratégies de gestion des risques, en particulier le développement et l'implantation d'un code d'usages (CX/CF 13/7/11) devraient être utilisées en priorité. Des données ultérieures devraient être collectées après la mise en place du code d'usage et son efficacité devrait être évaluée avant que l'examen soit effectué pour l'établissement de nouvelles LM. Ceci devrait être accompagné par d'autres études et initiatives de sensibilisation.

23. Les pays devraient être encouragés à poursuivre la collecte des données sur les concentrations d'acide cyanhydrique (HCN) total dans le manioc et les produits dérivés du manioc, les méthodes de préparation et les quantités de consommation après l'implantation du code d'usages. Des données sont nécessaires sur la quantité consommée de manioc et des produits dérivés du manioc et le niveau des concentrations d'acide cyanhydrique (HCN) présentes dans les différents produits dérivés du manioc consommés dans les différentes régions.

Méthodes d'analyse pour la détermination de l'acide cyanhydrique (HCN) dans le manioc et les produits dérivés du manioc.

Conclusions

24. Tandis qu'il est possible de déterminer l'acide cyanhydrique total dans le manioc en déterminant les composés individuels contributifs, aucune méthode n'a été signalée qui quantifie de manière fiable tous les contributeurs potentiels. Par conséquent, il est préférable que l'acide cyanhydrique total soit déterminé par une technique adaptée qui convertisse tous les contributeurs en acide cyanhydrique (acide ou hydrolyse enzymatique).

25. La détection spectrophotométrique des produits de réaction au cyanure (Guignard ou König) ou l'analyse CLHP (concentration de la solution de référence du glucose) suite à la dérivation post-colonne apparaît être la méthode la plus courante actuellement utilisée pour déterminer l'acide cyanhydrique total provenant des matières végétales cyanogéniques.

26. Les méthodes CLHP sont probablement plus spécifiques et ont manifesté une bonne sensibilité (par ex. la limite de quantification de 2 mg/kg d'acide cyanhydrique (HCN) devrait normalement être obtenue pour la méthode de la norme UE pour l'alimentation normale.)

27. La méthode au picrate apparaît être la meilleure option pour une méthode d'essai sur le terrain et elle a été développée à cette fin. La méthode colorimétrique d'Untang et al. semble aussi être prometteuse comme outil de terrain mais n'a pas été essayée sur le manioc. Pour les analyses de laboratoire de base le papier picrate ou les méthodes d'acide isonicotinique/acide barbiturique semblent appropriées. Les méthodes utilisant la détection spectrophotométrique du cyanure (par ex. la méthode européenne de CLHP pour l'alimentation animale) sont probablement actuellement la « norme d'excellence » à cause de la spécificité de la détection technique.

28. Il existe des informations très restreintes disponibles sur la performance relative des différentes méthodes. Des comparaisons disponibles ont été effectuées dans un laboratoire unique. La définition de la méthode analytique de performance est entravée par l'absence de matériels de référence certifiés et d'essais interlaboratoires collaboratifs.

29. Les limites de détection de la méthode publiée indiquent que le test de sensibilité est généralement adéquat pour soutenir les normes pour la farine de manioc comestible et le manioc sucré mais la plupart des méthodes semblent être insuffisamment sensibles pour tester les niveaux de la norme la plus stricte pour le gari. La méthode européenne du CLHP (Comité européen de la normalisation (CEN), 2012) et la méthode picrate modifiée (Bradbury, 2009; Burns et al., 2012) ont signalé des limites de détection acceptables.

Recommandations

30. Une variété de méthodes appropriées à l'objectif poursuivi peut être utilisée afin de déterminer les niveaux d'occurrence pour l'acide cyanhydrique total dans le manioc et ses produits.

31. De nouveaux travaux de validation sont requis sur les méthodes analytiques utilisées pour mesurer l'acide cyanhydrique total.

Informations complémentaires sur la révision des limites maximales (LM) pour l'acide cyanhydrique (HCN) dans les normes de produits existantes et des LM pour des denrées alimentaires additionnelles

Généralités

Manioc

1. Le manioc est originaire d'Amérique latine et a été introduit plus tard en Asie et en Afrique (FSANZ 2004). Le manioc est connu sous d'autres noms communs: manihot et yucca.
2. Le manioc croît correctement dans un climat tropical et est consommé en Afrique, dans les pays insulaires du Pacifique, en Amérique du Sud et dans les régions d'Asie comprenant l'Indonésie (Knudsen et al 2005). Le manioc est consommé sous un certain nombre de formes: en farine, en tranches de racines, en racine râpée (cuite, à la vapeur ou frite à la poêle) en racine entière cuite à la vapeur et en tapioca à gros grains fabriqué en dessert (Knudsen et al 2005). C'est une plante-racine importante dans beaucoup de pays à la fois pour la sécurité alimentaire et en tant que culture commerciale (Nambisan, 2011). Il peut produire des rendements raisonnables sur un sol relativement infertile. En outre il a une période de récolte flexible et a été traditionnellement utilisé en tant que réserve dans le cas de désastres naturels tels que les cyclones et les sécheresses. Des activités après-récolte comprenant le broyage et le séchage ne sont pas compliquées ou à coût élevé et donc peuvent être conduites au niveau de la ferme ou du village (programme régional FAO pour la sécurité alimentaire, 2011). De plus en plus il a été commercialisé internationalement en partie en tant que résultat de la migration des personnes de pays où c'est un 'aliment de consommation de base à d'autres parties du monde où il n'avait pas d'histoire d'emploi traditionnel.
3. Il existe un certain nombre de variétés de manioc, chacune ayant des concentrations totales de HCN variant selon l'altitude, le site géographique et les conditions saisonnières et de production (Oluwole et al 2007). Celles-ci sont considérées arbitrairement comme étant du manioc doux ou du manioc amer basé sur une teneur totale de HCN de 50mg/kg. Dans des conditions de sécheresse, il existe une teneur totale en HCN augmentée à cause du stress hydrique (Cardoso et al 2005). Par conséquent une variété considérée comme étant « sucrée » dans un ensemble de conditions peut être « amère » dans un site géographique différent ou des conditions climatiques différentes. Des valeurs de 15-400 mg/kg de poids frais du total de HCN dans les racines de manioc ont été reportées dans la littérature (FSANZ 2004), bien qu'il y ait des rapports de niveaux même plus élevés (Oluwole et al, 2007; Cardoso et al 2005) selon la location des cultures.

Glucosides cyanogéniques

4. Il existe au moins 2650 espèces de plantes qui produisent des glucosides cyanogéniques (CGs) et généralement une enzyme hydrolytique correspondante (beta-glycosidase). L'enzyme et les glucosides cyanogéniques s'unissent lorsque la structure cellulaire de la plante est affectée par une décomposition pour libérer l'acide cyanhydrique (HCN) et un aldéhyde ou cétone (Hosel, 1981; Moller et Seigler, 1999). La libération de l'acide cyanhydrique (HCN) issu des glucosides cyanogéniques peuvent aussi résulter des hydrolyses enzymatiques par la flore intestinale (OMS, 1993; EFSA 2004).
5. La linamarine et à un moindre degré la lotaustraline et la linostatine constituent les glucosides cyanogéniques dans le manioc.

Risques pour la santé dus au manioc

6. La toxicité potentielle d'un aliment produite à partir d'une plante cyanogénétique dépend de la probabilité que cette préparation produira une concentration de HCN qui est toxique pour les humains exposés suivant la consommation. Si la plante cyanogénétique est désintoxiquée de façon inadéquate durant la transformation ou la préparation de l'aliment, le glucoside cyanogénétique dans l'aliment peut être toxique selon la concentration de HCN restant. Si la plante cyanogénétique est consommée brute ou est insuffisamment transformée, le bêta-glycosidase peut être libéré et est actif jusqu'à ce que le pH bas de l'estomac désactive l'enzyme, libérant au moins quelque acide cyanhydrique (HCN) du glucoside cyanogénique. Il est possible que la partie de la fraction de l'enzyme puisse être réactivée dans l'environnement alcalin des intestins libérant plus d'acides cyanhydriques (HCN) provenant des glucosides cyanogéniques (OMS, 1993).
7. L'effet toxicologique primaire préoccupant pour l'exposition aiguë au HCN est l'inhibition de l'oxydation mitochondriale via l'acide cyanhydrique (HCN) supprimant la chaîne de transport de l'électron de la membrane intérieure de la mitochondrie (Cheeke, 1989). L'ion cyanure inhibe les enzymes associés à l'oxydation cellulaire et provoque une diminution dans l'utilisation de l'oxygène dans les tissus produisant un état d'hypoxie histotoxique. Les symptômes cliniques associés à une toxicité aiguë peuvent apparaître en quelques minutes et peuvent inclure des maux de tête, des nausées, des vomissements, des étourdissements, des palpitations, de l'hyperpnée puis la dyspnée, la bradycardie, la perte de conscience et des convulsions violentes, suivies de la mort selon la dose de HCN (EFSA 2004).
8. L'exposition chronique aux doses toxiques subaiguës d'acide cyanhydrique (HCN) peut être impliquée dans la pathogénèse de certaines maladies comprenant des troubles de la fonction thyroïdienne en présence d'une déficience en iode et des neuropathies. Les populations humaines consommant du manioc manifestent des symptômes ophtalmologiques et neurologiques associés à l'exposition de l'acide cyanhydrique (HCN) bien qu'il soit probable que les autres déficiences nutritionnelles ou métaboliques affectant le mécanisme de désintoxication du cyanure sont aussi impliquées (par ex. les acides aminés contenant du soufre, la vitamine B12, les déficiences en sulfate et en zinc).

9. Plusieurs études épidémiologiques menées auprès des populations consommant du manioc, qui ont établi une association entre l'exposition au cyanure et la paraparésie spastique, l'amblyopie ataxie ou la neuropathie ataxique tropicale et éventuellement le goitre, ont également été examinées. Toutefois, les données sont hautement faussées par d'autres facteurs nutritionnels et environnementaux.

Examen des glucosides cyanogéniques par le JECFA

10. Le JECFA lors de sa trente-neuvième session a examiné les glucosides cyanogéniques et suite au manque de données, a conclu qu'aucune relation causale pouvait être définitivement établie entre l'exposition chronique aux glucosides cyanogéniques et les diverses maladies chez les humains (OMS, 1993). Le Comité a conclu également que la consommation de farine de manioc en concentration allant jusqu'à 10 mg/kg HCN, comme dans la norme pour la farine de manioc comestible (CODEX STAN 176-1989), n'était pas associée à une toxicité aiguë. Lors de sa troisième session, le CCCF en 2009 a demandé au JECFA de réexaminer les données disponibles sur les glucosides cyanogéniques, de donner des conseils sur les implications pour la santé publique de ceux-ci et leurs dérivés et de décider si une évaluation des risques est faisable et appropriée.
11. Ensuite le JECFA lors de sa soixante-douzième session a examiné la fiabilité de l'exposition alimentaire aux glucosides cyanogéniques issus d'une variété de sources alimentaires, comprenant le manioc et ses produits. Leur évaluation des risques mise à jour a établi une dose de référence aiguë pour les équivalents du cyanure dérivés des glucosides cyanogéniques de 0,9 mg/kg poids corporel (équivalent à 0,09 mg/kg poids corporel en tant que cyanure) et une DJMTP de 0,02 mg/kg pc cyanure (OMS, 2012).
12. Les conclusions sont résumées comme suit:
- Il y avait des dépassements de la dose de référence aiguë chez les adultes pour le manioc brut, le jus de pomme pour les enfants, les graines d'abricot amères et les chips/cossettes de manioc.
 - On risquait d'excéder la DJMTP pour les populations dépendantes et non dépendantes du manioc en tant qu'aliment de base.
 - Toutes les estimations d'exposition alimentaire chronique basées sur les expositions aux agents aromatisants n'excédaient pas la DJMTP.
 - Si les cossettes prêtes à consommer contenaient une concentration équivalente à la LM récemment établie en Australie et en Nouvelle Zélande de 10 mg/kg en tant qu'acide cyanhydrique (HCN), il y avait un dépassement marginal de la dose de référence aiguë pour les enfants. Toutes les expositions alimentaires moyennes étaient en dessous de la DJMTP. mais des expositions à percentile élevé pour les enfants étaient au-dessus de la DJMTP.
 - L'application du niveau de 50 mg/kg comme acide cyanhydrique (HCN) pour le manioc doux pourrait résulter dans des expositions alimentaires qui excèdent la dose de référence aiguë d'au moins de deux fois pour la population générale et allant jusqu'à quatre fois pour les enfants et excède la DJMTP. entre deux et dix fois, selon le groupe de la population évaluée. Ces estimations ne prennent en considération aucune réduction dans la concentration des acides cyanhydriques totaux suite à la préparation ou la transformation des aliments.
 - Pour la LM de 10 mg/kg en tant qu'acide cyanhydrique (HCN) pour la farine de manioc, il n'existe pas d'estimations disponibles de l'exposition alimentaire qui excède la dose de référence aiguë ou la DJMTP.

Normes Codex et internationales actuelles

13. Actuellement il n'existe pas de dispositions dans la Norme générale pour les contaminants et les toxines dans l'alimentation humaine et animale pour les niveaux d'acide cyanhydrique (HCN) dans le manioc et ses produits.
14. La Commission du Codex Alimentarius a développé et publié les normes pour le manioc doux⁶, le manioc amer⁷, la farine comestible du manioc⁸ et le gari⁹ (un produit obtenu à partir de la transformation des tubercules de manioc) (aussi orthographié comme "garri"). Les aspects clés de ces normes sont:
- Le manioc doux est défini en tant que produit brut contenant moins de 50 mg/kg d' «acide cyanhydrique ».
 - La farine de manioc comestible est définie comme un produit approprié à la consommation humaine directe et le niveau de « l'acide cyanhydrique total » dans la farine ne doit pas excéder 10 mg/kg.
 - Pour le gari, un autre produit de consommation humaine directe, l' « acide cyanhydrique total » ne doit pas excéder 2mg/kg en tant qu'acide cyanhydrique libre.

⁶ Norme Codex pour le manioc doux (Codex STAN 238-2003)

⁷ Norme Codex pour le manioc amer (Codex STAN 300-2010)

⁸ Norme Codex pour la farine de manioc comestible (Codex STAN 176-1989)

⁹ Norme Codex pour le gari (Codex STAN 176-1989)

- La norme pour le manioc amer (300-2010) définit les variétés amères de manioc comme celles contenant plus de 50 mg/kg de cyanures exprimés en tant qu'acide cyanhydrique (HCN) (sur la base du poids frais). En l'absence de limite maximale Codex pour l'acide cyanhydrique (HCN) pour le manioc amer dans la Norme générale pour les contaminants et les toxines dans les produits de consommation humaine et animale (CODEX STAN 193-1995) cela permet l'établissement d'une limite maximale acceptable sur une base fiable par la législation nationale du pays importateur dans l'attente du résultat de l'activité du Comité sur les contaminants dans les aliments sur les glycosides cyanogéniques.
15. Les dispositions relatives à l'étiquetage dans la norme pour le manioc doux requièrent une déclaration indiquant que le manioc devrait être pelé et cuit complètement avant d'être consommé.
- Les demandes d'étiquetage pour le manioc amer afin d'alerter les consommateurs des risques de la consommation sont:
- le manioc ne doit pas être mangé cru.
 - Le manioc devra être pelé, il faudra en retirer le centre, coupé en pièces, rincé et complètement cuit avant la consommation.
 - l'eau de cuisson ou de rinçage ne doit pas être consommée ou utilisée à d'autres fins de préparation de l'alimentation.
16. Des LM pour l'acide cyanhydrique (HCN) ont été établies dans quelques pays pour le manioc et les aliments dérivés du manioc incluant les cossettes de manioc prêtes à consommer et celles-ci sont pour une gamme limitée de substances (**Appendice 1**).

Terminologie pour les glucosides cyanogéniques et l'acide cyanhydrique (HCN).

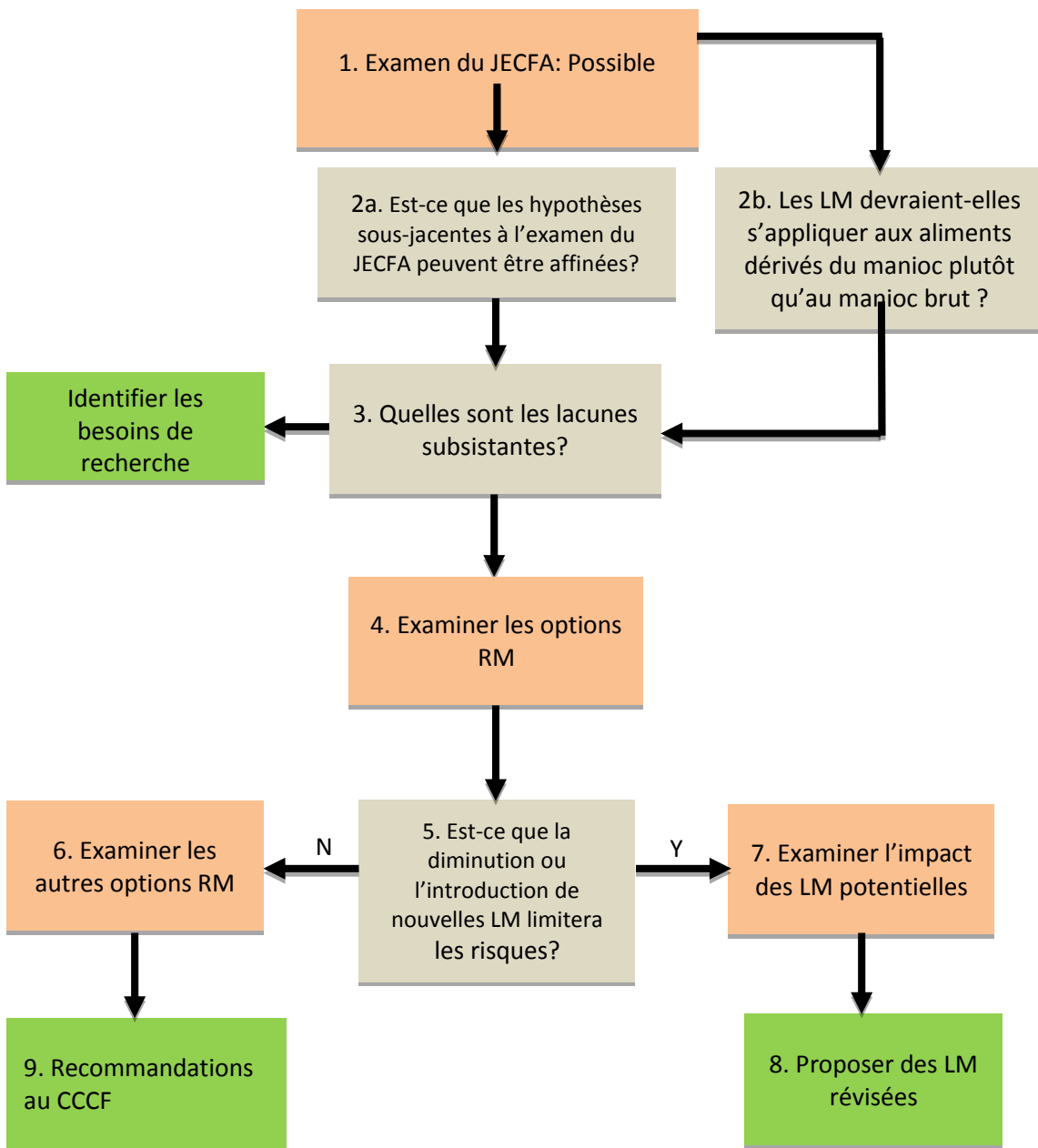
17. La teneur en glucoside cyanogénique des aliments est souvent indiquée en mg/kg de l'acide cyanhydrique (HCN) contenu dans l'alimentation. Ceci reflète la teneur en « acide cyanhydrique total » de l'aliment qui est souvent déterminée en mesurant l'acide cyanhydrique (HCN) libéré suite à l'hydrolyse enzymatique ou acide du glucoside cyanogénique et des cyanhydrines apparentées. Certains textes se réfèrent à l'« acide cyanhydrique total » comme le « potentiel cyanogénique » de l'aliment ou en tant que « lié » ou aussi en tant qu'acide cyanhydrique « libre et combiné ».
18. Le terme d'« acide cyanhydrique » (HCN) est le terme recommandé par l'Union internationale de chimie pure et appliquée pour l'acide cyanhydrique. Les normes pour le manioc « sucré » et « amer » se réfèrent aux niveaux de l'« acide cyanhydrique » dans un aliment brut ou sur la base du « poids frais ». Toutefois, d'autres normes Codex se réfèrent à « l'acide cyanhydrique total » (farine comestible de manioc) et « l'acide cyanhydrique total » déterminé en tant qu'acide cyanhydrique libre * (gari). Par conséquent, même dans les normes Codex, il ne semble qu'il n'y ait pas de terme qui soit utilisé de façon pertinente pour décrire l'acide cyanhydrique total y compris l'acide cyanhydrique issu de tous les glucosides cyanogéniques.
19. Dans l'évaluation la plus récente du JECFA, l'acide cyanhydrique total a été pris au sens de tous les glucosides cyanogéniques, les cyanhydrines et l'acide cyanhydrique « libre » dans l'alimentation (OMS, 2012).

Champ d'application

20. Ce rapport se réfère uniquement à l'examen du manioc et des produits dérivés du manioc et non pas à l'examen d'autres aliments dans lesquels l'acide cyanhydrique peut être produit et pour lesquels le JECFA a indiqué qu'ils pouvaient avoir un effet sur la santé humaine.

Approche pour l'examen des limites maximales

21. La figure ci-dessous présente la logique suivie par le groupe de travail électronique afin de déterminer si les LM ont besoin d'être amendées ou spécifiées pour les aliments dérivés du manioc. Chaque étape est décrite ci-dessous.



22. Les approches adoptées par le JECFA pour l'évaluation alimentaire sont résumées dans l'**Appendice 2**. En se basant sur les données restreintes disponibles, le JECFA a conclu que les dépassements des valeurs directives pourraient conduire à des problèmes de santé aigus et chroniques pour les populations en supposant une complète conversion des glucosides cyanogéniques (CGs) en acide cyanhydrique (HCN) et pour certaines de ces estimations, basées sur le manioc brut sans réduction des niveaux de l'acide cyanhydrique (HCN) suite à la transformation des aliments. En outre, il a été estimé que la dose de référence aiguë et la DJMTP seraient excédées marginalement par les enfants avec un percentile élevé d'exposition alimentaire pour les cossettes de manioc prêtes à être consommées. Aucun excès n'a été trouvé sur la base de la consommation de farine de manioc. Le JECFA a noté que davantage d'estimations détaillées du manioc et de la consommation de la farine de manioc et des concentrations dans l'alimentation pour les communautés mangeant du manioc aideraient à soutenir la conclusion que les expositions alimentaires à l'acide cyanhydrique (HCN) total pourraient excéder les valeurs indicatives à visée sanitaire.

Hypothèses en rapport avec les concentrations dans les aliments

23. Les données utilisées pour évaluer les expositions nationales à l'acide cyanhydrique (HCN) sont fondées sur des données restreintes et pourraient surestimer les risques puisque dans certains cas elles sont désuètes et sont antérieures à l'introduction des LM actuelles et les actions subséquentes prises pour réduire les concentrations en acide cyanhydrique (HCN) dans le matériel brut et dans l'aliment transformé. Les données par conséquent peuvent ne pas refléter les niveaux actuels dans certains aliments. Par exemple, les données australiennes ont inclus des niveaux d'acide cyanhydrique (HCN) apportés par les cossettes de manioc avant la mise en œuvre d'une LM pour ces produits.
24. Puisque les données d'occurrence disponibles pour l'acide cyanhydrique (HCN) dans le manioc et ses produits n'ont pas été considérées comme appropriées pour déterminer les estimations internationales d'exposition chronique et aiguë à l'acide cyanhydrique (HCN), ces estimations se sont appuyées sur le niveau pour le manioc doux et la LM de la farine de manioc. L'**appendice 3** contient des informations sur les concentrations d'acide cyanhydrique (HCN) trouvées dans le manioc brut et dans les aliments transformés de différentes régions. Malgré l'insuffisance actuelle de données, il y a une indication que la transformation du manioc, même des variétés élevées en acide cyanhydrique (HCN) peuvent résulter en des concentrations basses d'acide cyanhydrique (HCN) dans le produit final (par ex le bâton de manioc et fufu au Cameroun, le produit fermenté akyeke au Ghana).

Hypothèses relatives à l'exposition alimentaire

25. Les données d'exposition alimentaire utilisées par le JECFA étaient fondées sur les données soumises par l'Australie et la Nouvelle-Zélande et dans la littérature. Les données étaient disponibles d'un petit nombre de pays et ne sont pas représentatives de tous les pays dans lesquels les produits dérivés du manioc constituent une partie considérable du régime. L'acide cyanhydrique (HCN) total a été utilisé et ceci représente une analyse prudente, puisque pas tous les glucosides cyanogéniques dans les matières végétales resteront après la transformation ou seront convertis en acide cyanhydrique *in vivo*. Suite à l'insuffisance de données d'occurrence pour certains aliments, l'absence de données ou de données de concentration adéquates pour les aliments transformés et l'absence d'information sur la consommation, les estimations internationales d'exposition chronique et aiguë n'ont pas été effectuées.
26. En revanche, l'exposition aiguë a été calculée sur la base d'une large portion des données de consommation de l'OMS (97,5 percentile) supposant une concentration d'acide cyanhydrique (HCN) de 50mg/kg pour le manioc. Une large partie des données de consommation sont basées sur les denrées alimentaires brutes. Uniquement Ceci a résulté en une estimation de 150 µg/kg pc par jour pour la population générale et de 330 µg/kg pc par jour pour les enfants et par conséquent a excédé la dose de référence aiguë de 90µg/kg pc.
27. L'exposition chronique alimentaire était fondée sur les régimes alimentaires par module de consommation du GEMS/aliments pour le manioc et en supposant une LM de 50 mg/kg la concentration qui a été trouvée dans l'aliment était consommée telle quelle. Pour les régimes dans les groupes A, I, J et K (incluant principalement les pays africains et de l'Amérique du Sud) des dépassements des valeurs indicatives à visée sanitaire ont été évalués. Toutefois, il n'y avait pas de dépassement évalué pour les autres groupes avec des niveaux de consommation bas. (G, H, L, M). Il n'y avait pas de consommation de manioc ou de farine de manioc pour un certain nombre de groupes, par conséquent ceux-ci n'ont pas été inclus dans l'évaluation (groupes B, C, D, E et F).
28. Certaines estimations de l'exposition alimentaire ont utilisé des données spécifiques du pays pour la consommation de manioc. La consommation de cossettes dans la République démocratique du Congo avec les concentrations analysées ont indiqué que la DJMTP pourrait être excédée. Pour l'Australie et la Nouvelle-Zélande, les quantités de consommation pour le manioc bouilli ou cuit avec les concentrations analysées dans le tubercule brut, et les autres aliments inclus dans l'évaluation ont montré que les valeurs indicatives à visée sanitaire à la fois aiguës et chroniques pouvaient être excédées.

Étape 2a: Affinement des hypothèses

Conversion totale des glucosides cyanogéniques dans l'alimentation en acide cyanhydrique (HCN) dans les intestins.

29. L'hypothèse que la teneur de l'acide cyanhydrique (HCN) total d'un aliment sera convertie en acide cyanhydrique libre dans l'intestin peut surévaluer le risque. La dose de référence aiguë est basée sur une étude développementale de la toxicité qui a administré de la linamarine par gavage. La dose de référence aiguë pour la linamarine a été convertie en une dose équivalente en cyanure. La DJMTP a été basée sur l'administration de cyanure de sodium via l'eau potable. Dans ce dernier cas, une valeur fondée sur le cyanure de sodium peut surévaluer le risque de la consommation des aliments avec des glucosides cyanogéniques (CGs) ou des cyanhydrines puisque différents niveaux de conversion peuvent apparaître *in vivo*. Ainsi que cela a été noté par le JECFA, les résultats de l'exposition alimentaire basés sur les acides cyanhydriques (HCN) représentent le scénario le pire. Le JECFA s'est documenté sur trois études d'humains exposés à la linamarine ou HCN. Suite à la consommation des racines de manioc 28 pour cent de la linamarine ingérée a été excrétée non métabolisée. Dans une deuxième étude 13 pour cent de la teneur en cyanure du gari était absorbée dans le tube digestif. Et dans une troisième étude, là où du porridge (ugali) à base de manioc était consommé, approximativement 21-23 pour cent de la linamarine ingérée était excrétée de façon intacte dans l'urine, principalement durant les premières 24 heures. En se fondant sur les données limitées disponibles, le JECFA a affirmé dans leur résumé qu'entre 8 pour cent et 32 pour cent de la dose de glucoside cyanogénique était absorbée et excrétée non métabolisée (basé sur toutes les études d'une gamme d'aliments contenant du glucoside cyanogénique et non pas uniquement sur le manioc). La fraction résiduelle de glucosides cyanogéniques peut être convertie via des microorganismes pour générer de façon ultime de l'acide cyanhydrique. Aucune donnée ne semble disponible sur l'étendue selon laquelle la conversion apparaît pour les différents aliments dérivés du manioc.

Information ultérieure sur les concentrations dans les aliments.

30. Pour aborder la question si les hypothèses sous-jacentes à la révision du JECFA peuvent être affinées, le groupe de travail électronique a examiné s'il y avait des informations disponibles sur les concentrations dans les aliments transformés et a examiné les effets de la transformation.
31. L'Appendice 3 contient des informations sur les concentrations dans les différents aliments, comme cela est documenté par le JECFA ensemble avec d'autres informations provenant du Brésil, des Îles du Pacifique et des Philippines. Une comparaison de cette compilation avec la collecte du manioc dérivé d'aliments qui sont consommés internationalement indique qu'il semble y avoir une lacune de certains produits par exemple, la bouillie de manioc, gethak, growol, tape, tiwul, ugali. Au sein de ces groupes de catégories, il existe des variations larges par exemple pour les produits dérivés des feuilles de manioc. En outre, là où ils ont signalé des valeurs pour les aliments qui sont consommés dans les différentes parties du monde, ils ne représentent pas des zones géographiques larges et par conséquent des facteurs critiques comme différentes matières brutes et la transformation, pour permettre aux valeurs d'être utilisées plus généralement.
32. La conclusion du JECFA était en partie basée sur certaines estimations d'exposition alimentaire qui étaient fondées sur l'hypothèse que l'aliment consommé contenait de l'acide cyanhydrique (HCN) aux LM dans les normes Codex. Sur la base des dépassements de la dose aiguë de référence pour les enfants pour le manioc noté ci-dessus, calculée en utilisant une portion large de consommation provenant de l'OMS, la transformation réduirait le niveau d'acide cyanhydrique (HCN) approximativement par quatre afin de réduire l'exposition des gros consommateurs de manioc pour diminuer les valeurs indicatives à visée sanitaire.
33. Le groupe de travail électronique a examiné différentes transformations alimentaires du manioc et les données de base pour une réduction dans les concentrations (**Appendice 4**). Un examen ultérieur n'a pas été effectué pour la farine puisque le JECFA a indiqué qu'il n'y avait pas de risque d'excéder les valeurs indicatives à visée sanitaire si la LM du Codex de 10 mg/kg était respectée.

Informations supplémentaires sur la consommation des produits dérivés du manioc.

34. Pour l'évaluation du JECFA basée sur les groupes de régimes alimentaires, les données de consommation sont basées sur l'alimentation disponible à la consommation (c'est-à-dire toutes les productions domestiques moins les exportations, comprenant les importations), non pas sur ce qui est actuellement consommé, par conséquent cela conduirait à une surestimation de l'exposition alimentaire. La consommation la plus élevée dans un groupe était autour de 280 grammes par jour (juste à peine plus d'une métrique d'une tasse à mesurer). Même si la consommation actuelle était de la moitié du niveau dans les groupes de régimes alimentaires, il y aurait toujours un dépassement des valeurs indicatives à visée sanitaire pour les quatre groupes indiqués ci-dessus si la concentration en acide cyanhydrique (HCN) était à la LM.
35. Le groupe de travail électronique n'a obtenu aucune information additionnelle sur les modèles de consommation qui pourraient être utilisés pour affiner les estimations d'exposition alimentaire à l'exception de quelques informations issues du Brésil.

36. En relation avec l'exposition alimentaire aiguë, le Brésil a affirmé qu'un gros consommateur mangerait environ 500 grammes de manioc par jour. A une concentration d'acide cyanhydrique (HCN) de 50 mg/kg ceci conduirait à une exposition alimentaire aiguë 4,5 fois plus élevée que la dose de référence aiguë. À ce niveau de consommation, la concentration en acide cyanhydrique (HCN) dans l'alimentation consommée devrait être de 10 mg HCN / kg ou moins pour l'exposition pour rester en dessous de la dose de référence aiguë. Ce niveau de consommation est plus élevé que la portion large provenant de l'OMS utilisée dans l'évaluation du JECFA d'environ 180 grammes/jour pour les adultes, qui a aussi indiqué un dépassement de la dose aiguë de référence lors de l'utilisation d'une LM de 50 mg/kg.
37. En ce qui concerne l'exposition alimentaire chronique, le Brésil a soumis des données indiquant que la consommation du manioc est de 5,0 grammes/jour pour la population urbaine et de 11,6 grammes/jour pour la population rurale (présupposé être par personne par jour, non par consommateur par jour). Le groupe alimentaire contenant le Brésil avait un niveau de consommation de 57,7 grammes par jour pour le manioc spécifiquement basé sur l'alimentation disponible à la consommation. Comme indiqué ci-dessus ceci serait une surestimation des quantités de consommation actuelles. Sur la base des nouvelles données soumises et d'une concentration de 50 mg/kg, il n'y aurait pas de dépassement de la DJMTP pour la population urbaine ou rurale.

Étape 2b: Adéquation de l'application des LM à la denrée (tubercules de manioc)

38. Actuellement les niveaux Codex et les LM s'appliquent au tubercule de manioc et aux deux produits qui en sont dérivés- la farine et le gari. Les types de produits consommés dans les différentes régions varient considérablement.
39. Les méthodes de préparation de l'alimentation diffèrent et par conséquent les niveaux en acide cyanhydrique (HCN) dans l'aliment final varieront aussi. Par conséquent il faut considérer si le contrôle des LM devrait être effectué au niveau de la denrée alimentaire ou au niveau du type d'aliment générique basé sur la transformation. Le Codex établit des LM sur la base de la protection de la sécurité humaine et également pour appliquer des normes communes aux aliments commercialisés internationalement. L'examen de la nécessité d'établir des LM doit par conséquent prendre en compte quels aliments transformés sont commercialisés, en plus du commerce en manioc brut. Le tableau 1 rassemble des informations sur les types de produits dérivés du manioc et leur distribution et emploi dans le commerce.

Tableau 1: Types et distribution des produits dérivés du manioc

Type de produit	Commercialisé internationalement	Pays/région	Description
Manioc (doux) tubercules (racines)	Non	Australie République centrafricaine République démocratique du Congo Fidji Indonésie Malawi Mozambique, Nigéria Tonga Vanuatu	Les variétés de racines de manioc contiennent moins de 50 mg/kg d'acide cyanhydrique (HCN) (base de poids frais)*
Manioc (amer) tubercules (racines)	Non	République centrafricaine, République démocratique du Congo Fidji Mozambique Nigéria République Unie de Tanzanie Malawi Tonga Vanuatu	Les variétés amères de manioc sont celles qui contiennent plus de 50mg/kg mais moins de 200 mg/kg d'acide cyanhydrique (HCN) (base de poids frais)

Type de produit	Commercialisé internationalement	Pays/région	Description
Feuilles de manioc Par exemple <i>pondu</i>	Non	Brésil République démocratique du Congo	Les feuilles de manioc peuvent être mangées en tant que légume frais, broyées fraîches et congelées dans des sacs en plastique ou séchées et broyées pour la vente dans des sacs en plastique. Les feuilles sont plus équilibrées sur le plan nutritionnel que les racines et peuvent aider à empêcher certaines maladies dues à des carences. Les feuilles toutefois peuvent avoir un taux élevé en acide cyanhydrique (HCN) mais l'acide cyanhydrique peut être réduit à des niveaux fiables dans la plupart des cas lorsque le liquide est éliminé après le broyage et à travers l'évaporation durant la cuisson.
Manioc (racines sèches) par exemple Gapek	Oui	Indonésie	Les racines sèches de manioc sont entreposées ou commercialisées en tant que cossettes, boulettes et farine. Les cossettes et les boulettes sont broyées dans la farine par pilonnage avec un pilon-mortier en préparation d'un repas. il existe deux types larges de racines sèches de manioc: fermentées et non fermentées
Farine de manioc <i>Farinha</i> <i>Garri</i> <i>Casabe</i>	Oui	Brésil République démocratique du Congo Mozambique République Unie de Tanzanie Vanuatu	La farine comestible de manioc (<i>Manihot esculenta Crantz</i>) est le produit préparé à partir des cossettes de manioc sèches ou pâte par un procédé d'écrasement, de broyage ou de mouture, suivi par le criblage pour séparer la fibre de la farine. Dans le cas de la farine comestible de manioc préparée à partir du manioc amer (<i>Manihot utilissima Pohl</i>), la désintoxication est effectuée en trempant les tubercules dans l'eau pour quelques jours, avant qu'ils subissent le séchage sous la forme de pièces entières, tubercule (pâte) pétrie(e) ou en petites pièces. Farine grillée (Brésil) Farine grillée (Afrique occidentale) Pain plat (Caraïbes)
Cossettes de manioc	Oui	Australie Nouvelle-Zélande Fiji Indonésie Philippines	Représentées comme grignotines appropriées à la consommation dans le même état que dans celui dans lequel elles sont vendues, c'est-à-dire avec aucune autre préparation et prêtes à une consommation immédiate. Ces aliments sont souvent présentés comme « chips » « croustillants », « crackers », « crackers végétariens » ou sous d'autres noms de grignotines. Les chips de manioc sont appelées "keripik" tandis que des crackers à base de manioc sont appelés "krupuk" en Indonésie. Les cossettes de manioc peuvent être faites à partir de manioc en tranches ou extrudé ce qui peut avoir un impact sur les concentrations d'acide cyanhydrique (HCN) dans le produit final.

Type de produit	Commercialisé internationalement	Pays/région	Description
Bouillie de manioc (par exemple chickwangue)	Possible	République démocratique du Congo	<p>Pâtes non cuites et à la vapeur. Afin de préparer la pâte non cuite, les racines sont trempées dans l'eau de trois à cinq jours période pendant laquelle les racines ramollissent et fermentent. Les racines trempées sont manuellement broyées et tamisées en agitant la corbeille dans un sac sous l'eau, par conséquent en séparant la pulpe dans le sac tandis que l'on collecte la fibre dans la corbeille.</p> <p>La bouillie cuite à la vapeur est un produit qui peut être entreposé ou commercialisé sous une forme à la vapeur. Pour préparer la bouillie, la fibre est enlevée à la main des racines fermentées par trempage dans l'eau. Les racines sont alors empilées en tas pour fermentation ultérieure. La pulpe est broyée avec une pierre ou pilée dans un mortier. La pulpe fine en résultant est fermement enveloppée dans des feuilles et cuites à la vapeur.</p>
Amidon de manioc	Non	Indonésie	<p>L'amidon de manioc est utilisé directement de différentes façons ou en tant que matériel brut pour une transformation ultérieure. Des caractéristiques spéciales de l'amidon de manioc sont sa viscosité, sa résistance au cisaillement et sa résistance à la congélation.</p> <p>Les catégories principales des produits à base d'amidon sont:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) l'amidon natif et non modifié; ii) les amidons modifiés (physiquement, chimiquement, biologiquement) pour des fins industrielles; iii) les édulcorants, y compris le sirop à fructose élevé, glucose (dextrine, glutamate de monosodium, produits pharmaceutiques, etc.).
Manioc (congelé) à frire	Oui	Brésil	Les racines de manioc doux congelées précuites comme traitement thermique nécessaire avant la consommation
Attieké	Non		Manioc à la vapeur
Akyeke	Non	Ghana	Produit fermenté à la vapeur
Bâton de manioc	Non	Cameroun	Il est fabriqué à partir des tubercules de la plante de manioc. Après la récolte des tubercules, ceux-ci sont trempés dans l'eau, puis cuits, écrasés, enveloppés dans des feuilles et ensuite cuits à la vapeur.
Bila	Non	Fidji	Bâtons de manioc pelés et coupés en cube et trempés dans l'eau pendant 3 jours. Puis écrasés, séchés, mélangés avec du sucre et de la noix de coco, enveloppés dans une feuille et cuits.
Cossettes	Non	République démocratique du Congo	Les tubercules amers de manioc (entiers) sont trempés et fermentés pendant 3 jours puis séchés au soleil.
Fufu	Non	Cameroun Nigéria	Un repas pâteux composé de racines fermentées cuites ou farine.

Type de produit	Commercialisé internationalement	Pays/région	Description
Gari	Non	Nigéria	Le gari est le produit fini obtenu par une transformation artisanale ou industrielle des tubercules de manioc. La transformation consiste en l'épluchage, le lavage et le râpage des tubercules. La pulpe obtenue est mise dans un sac poreux et lesté avec un objet lourd pendant trois jours à quatre jours pour exprimer l'effluent de la pâte durant la fermentation. La masse de la pulpe déshydratée et fermentée est pulvérisée et tamisée et la pulpe fine en résultant semi-sèche est grillé dans une poêle. Le gari est présenté comme une farine à taille de granule variable.
Gethuk	Non	Indonésie	Les grignotines de l'Indonésie composées de manioc pelé et à la vapeur ou cuit. Après la vapeur, il est broyé et puis poli par le sucre.
Growol	Non	Indonésie	Aliment indonésien traditionnel préparé à partir du manioc. Les racines fraîches de manioc pelées sont trempées dans l'eau pendant trois à cinq jours, suivi par le pressage pour diminuer la teneur en humidité. Alors il est cuit à la vapeur pour le rendre « prêt à consommer ».
Ljapu	Non	Nigéria	Cossettes renforcées.
Maniçoba	Non	Brésil	Les feuilles de manioc moulues et cuites pendant approximativement 1 semaine afin de réduire la teneur en acide cyanhydrique (HCN) en des concentrations fiables.
Makopa	Non	République Unie de Tanzanie	Pièces de tubercule séchées au soleil
Mocaf (farine de manioc modifiée)	Non	Indonésie	Les racines fraîches de manioc sont pelées, lavées et détruites. Le manioc est alors trempé et ajouté aux bactéries lactiques acides (température de la pièce pour 12 heures). L'eau est retirée, suivie par le pressage, séchage, broyage et tamisage.
Multimistura	Non	Brésil	Composé de 5% de feuilles de manioc, de son ou farine et riz, mais et farines de blé et autres ingrédients.
Tapioca	Oui	Brésil Nigéria	Le manioc est râpé et puis mis dans l'eau, pressé et pétri pour libérer l'amidon. L'amidon peut ainsi se déposer au fond du conteneur et l'eau est drainée. L'opération est répétée plusieurs fois afin de préparer un produit de qualité élevée. L'amidon mouillé est étalé dans une poêle et grillé de la même façon que le gari, pour former un produit granulaire grossier.
Ruban	Non		Manioc fermenté avec un goût sucré et acide et un aromatisant alcoolique doux. Les racines de manioc sont pelées, coupées en pièces, lavées, cuites à la vapeur jusqu'à cuisson et refroidissement. Traditionnellement, les racines de manioc cuites sont placées en couches superposées dans des paniers de bambou qui sont couverts avec des feuilles de bananes. L'inoculum (ragi tape) est alors parsemé sur chaque couche.

Type de produit	Commercialisé internationalement	Pays/région	Description
			L'incubation est effectuée à 30°C pendant 48-72 heures. Durant la fermentation, les racines de manioc se ramollissent et développent un arôme doux/amer légèrement alcoolisé. Le produit qui est quelque peu juteux peut être consommé tout de suite.
Tiwul	Non	Indonésie	Le repas traditionnel de Java, l'Indonésie est fait de farine de manioc à racines sèches. L'eau est ajoutée et est cuite à la vapeur pour environ 20 à 30 minutes.
Tucupi	Non	Brésil	Un produit liquide issu de la fermentation de la masse pressée du manioc amer.
Ugali	Non	République Unie de Tanzanie	Bouillie de manioc.
Vakalavalava	Non	Fidji	Manioc râpé, enveloppé dans des feuilles et bouilli ou cuit.

40. L'examen de la gamme des produits qui sont produits à partir du manioc et ceux qui sont commercialisés, indique que les racines sèches, les cossettes de manioc, le manioc congelé, le tapioca et éventuellement la bouillie de manioc sont internationalement commercialisés. Notamment, il n'y a pas de LM pour beaucoup d'entre eux. Le gari a une distribution limitée et n'est pas commercialisé mais une norme existe pour ce produit. Le groupe de travail électronique n'a pas pu établir les raisons pour cette norme bien qu'apparemment elle ait été développée initialement comme norme régionale et probablement abordait des problèmes de santé et de sécurité locaux. Un certain nombre de produits semblables à la farine sont consommés dans différents pays mais actuellement les normes Codex ne couvrent pas ces produits et le JECFA était incapable de caractériser le risque à partir de la consommation de tels produits suite à l'absence de données de consommation et de données sur les concentrations dans l'alimentation.
41. Il peut être possible de contrôler le risque de concentrations inacceptablement élevées d'acide cyanhydrique (HCN) dans différents types de produits en prenant le pire des scénarios et l'établissement des LM les plus prudentes dans la denrée alimentaire brute. Toutefois, une autre approche serait d'établir des limites maximales différentes pour les différents produits alimentaires. Ceci est l'approche suivie à ce jour dans les normes Codex pour le gari et la farine. Cette approche a l'avantage de fournir une mesure plus pertinente afin de réduire les risques que celle basée sur le matériel brut. Toutefois, une considération autre est que la concentration en acide cyanhydrique total dans un produit alimentaire ne reflète pas nécessairement sa toxicité relative puisqu'elle dépend de sa composition par ex. si l'acide cyanhydrique est présent comme le glucoside cyanogénique ou comme les cyanhydrines étant donné qu'ils peuvent présenter des potentiels différents de production de l'acide cyanhydrique (HCN) dans l'intestin. Dans le cas du gari la concentration en cyanohydrine la plus élevée, avec une génération consécutive plus élevée d'acide cyanhydrique (HCN) *in vivo*. (OMS, 2012) justifie le niveau inférieur.
42. Le JECFA a examiné l'effet de la transformation sur l'acide cyanhydrique total pour la farine (HCN). Basé sur une réduction totale d'acide cyanhydrique total (HCN) de 97 pour cent qui peut découler de la méthode de transformation la plus efficace (pilonnage et séchage au soleil) il a été conclu que les concentrations d'acide cyanhydrique dans la racine de manioc source qui étaient bien plus élevées que celles spécifiées dans la norme du manioc doux (c'est-à-dire 330 mg/kg) ne résulteraient pas dans un dépassement de la LM de 10 mg/kg dans la farine de manioc. Ceci suggère par conséquent que d'assurer et d'encourager une transformation efficace de l'alimentation pourrait être une mesure de gestion des risques plus efficace que l'établissement de nouvelles LM.

Étape 3: Quelles sont les lacunes subsistantes?

43. Un certain nombre de lacunes dans les données ont été mises à jour par le JECFA dans leur évaluation des risques et sont confirmées par ce groupe de travail électronique, en particulier:
- l'absence d'informations sur la quantité de manioc consommée.
 - la concentration d'acide cyanhydrique (HCN) qui résulte en des effets indésirables sur la santé des populations exposées.
 - Le métabolisme des glucosides cyanogéniques des différents produits pour affiner l'hypothèse que tous les cyanures sont disponibles pour l'absorption.
 - Les concentrations d'acide cyanhydrique total dans les différents aliments.
 - Comment les facteurs nutritionnels contribuent aux maladies humaines observées dans les populations dont les diètes consistent principalement en du manioc transformé inadéquat qui implique une exposition au cyanure élevée.

Étape 4: Examen des options relatives à la gestion des risques

44. La révision des LM pourrait être justifiée si les estimations de l'exposition à l'acide cyanhydrique (HCN) dans l'alimentation, en prenant en compte des informations autres sur les effets de la transformation ou concentrations trouvées dans les différents aliments dans différentes régions, confirment qu'il y a un risque issu de la consommation des produits dérivés du manioc. En outre l'adoption de cette option requiert des preuves que les LM pour le manioc brut constituent un point critique pour contrôler l'exposition à l'acide cyanhydrique (HCN) pour les humains.
45. Par ailleurs, l'efficacité des options autres que l'amendement des normes Codex pourrait être examinée comme suit:
- développement, implantation et évaluation de l'efficacité d'un code d'usages pour réduire les concentrations afin d'atténuer le risque de dépassement des valeurs indicatives à visée sanitaire.
 - éduquer les populations vulnérables sur la transformation et les pratiques agricoles qui peuvent réduire les concentrations en acide cyanhydrique (HCN).
 - maintenir les limites maximales existantes et promouvoir le développement de limites maximales spécifiques dans les régions individuelles qui prennent en compte les concentrations présentes dans la denrée alimentaire brute et les produits dérivés du manioc spécifique qui sont consommés.

Étape 5: Évaluation de la diminution des LM ou de l'introduction de nouvelles LM

46. L'efficacité de la réduction des LM peut être considérée en consultant la proportion d'échantillons issue des données analytiques qui sont retirées si les LM sont diminuées, puis en effectuant une estimation des expositions alimentaires basées sur la moyenne redérivée ou d'autres concentrations représentatives pour évaluer l'impact sur la santé. Toutefois, il n'existe pas de données distributionnelles disponibles pour les glucosides cyanogéniques afin de permettre au JECFA de faire ce genre d'analyses. Seuls davantage de calculs déterministes simples pourraient être faits, et ceux-ci ne seront pas basés de façon importante sur les données de consommation restreintes pour les différents produits. En outre, il semble y avoir quelques indices que même les LM actuelles ne sont pas respectées dans certains cas. L'établissement de LM sur la base du manioc brut ne constitue peut-être pas le point de contrôle approprié, étant donné l'importance de la transformation dans la réduction des concentrations et la variabilité dans les concentrations en acide cyanhydrique (HCN) dans les différents types de produits. Il existe toutefois des éléments indiquant que certains produits peuvent être produits à partir des tubercules de manioc au-dessus du niveau actuel pour le manioc sucré avec des concentrations en acide cyanhydrique (HCN) qui ne posent pas de risques pour la santé. En outre, le groupe de travail électronique a souscrit à l'évaluation du JECFA sur l'incertitude de l'évaluation des risques suite à la pauvreté des données. À cause de ces facteurs, à cette étape, la diminution des LM, ou le développement de nouvelles, ne semble pas être une mesure de gestion des risques appropriées.

Étape 6: Évaluation des autres options relatives à la gestion des risques

47. En l'absence de LM généralement applicables, l'établissement de niveaux sur la base des types d'aliments individuels pourrait être examiné par pays ou régions individuellement. De telles normes seraient pertinentes pour leurs types d'aliments et modèles de consommation. Ceci est l'approche adoptée à ce jour par l'Australie et la Nouvelle-Zélande (grignotines à base de cossettes de manioc); le Brésil (multiminstre), l'Indonésie (Mocaf) et les Philippines (cossettes et granules)
48. Il semble y avoir suffisamment d'informations pour élaborer un code d'usages qui, s'il est mis en œuvre, pourrait engendrer une réduction de l'exposition à l'acide cyanhydrique (HCN) (voir Annexe 2) Ceci semble constituer la mesure de gestion de risques à préférer à ce jour.
49. En outre, il existe des éléments indiquant que les activités de sensibilisation peuvent être une mesure efficace (Bradbury et al, 2010; Mlingi et al, 2010).
50. Une recherche additionnelle est requise afin de générer davantage de données sur les concentrations dans les aliments finaux et la consommation afin de permettre des estimations des risques plus réalistes avec un réexamen ultérieur par le JECFA.

Étape 7: Analyse de l'impact

51. Si les LM sont révisées ou de nouvelles LM proposées, alors une évaluation doit être faite de l'impact de celles-ci sur la santé humaine, en particulier si les dépassements des valeurs indicatives à visée sanitaire sont retirées suite aux modifications. En outre, en reconnaissance de l'importance du manioc en tant que composante alimentaire de base dans beaucoup de pays et en conséquence de son importance dans la sécurité alimentaire et pour le commerce dans les pays en développement, l'impact potentiel des nouvelles LM sur la disponibilité des aliments et le commerce devra également être abordé. Compte tenu que l'amendement des LM ne constitue pas la mesure de gestion des risques préférés, une analyse de l'impact n'a pas été conduite. Toutefois, il a été noté que vu l'importance du manioc en tant qu'aliment de base durant les périodes de sécheresse et de pénurie alimentaire, les LM ne sont probablement pas une mesure de contrôle efficace en période de stress.

Étape 8: Nouvelles LM

52. Sur la base des considérations susnommées, le développement de nouvelles LM n'est actuellement pas justifié.

BIBLIOGRAPHIE

- Adindu, Olayemi and Nze-Dike (2003). Cyanogenic potential of some cassava products in Port Harcourt markets in Nigeria. *Journal of food Composition and Analysis*, 16:21-24.
- Agbor-Egbe and Lupe Mbome (2006). The effects of processing techniques in reducing cyanogen levels during production of some Cameroonian cassava foods. *Journal of food Composition and Analysis*, 19(4): 354-363.
- Agostini, M.R. (2006). Produção e utilização de farinha de mandioca comum enriquecida com adição das próprias folhas desidratadas para consumo alimentar. Botucatu – SP: Universidade Estadual Paulista (Master thesis), <http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0146.pdf>
- Alonso-Amelot ME, Oliveros A. (2000) A method for the practical quantification and kinetic evaluation of cyanogenesis in plant material. Application to *Pteridium aquilinum* and *Passiflora capsularis*. *Phytochemical Analysis*; 11(5): 309-316.
- Amarowicz R, Wanasundara PKJPD, Shahidi F. (1993) TLC Separation of linamarin, linustatin and neolinustatin. *Food / Nahrung*; 37(1): 88-90.
- Bisset FH, Clapp RC, Coburn RA, Ettlinger MG, Long Jr L. (1969) Cyanogenesis in manioc: Concerning Iotaustralin. *Phytochemistry*; 8(11): 2235-2247.
- Bradbury HJ (2006). Simple wetting method to reduce cyanogen content of cassava flour. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 388-393.
- Bradbury JH. (2009) Development of a sensitive picrate method to determine total cyanide and acetone cyanohydrin contents of gari from cassava. *Food Chemistry*; 113(4): 1329-1333.
- Bradbury JH, Bradbury MG, Egan SV. (1994) Comparison of methods of analysis of cyanogens in cassava. *Acta Horticulturae*; 375: 87-96.
- Bradbury JH, Cliff J and Denton IC. (2011) Uptake of wetting method in africa to reduce cyanide poisoning and konzo from cassava. *Fd Chem toxicol*, 49, 539-542.
- Bradbury JH, Egan SV. (1992) Rapid screening assay of cyanide content of cassava. *Phytochemical Analysis*; 3(2): 91-94.
- Bradbury MG, Egan and Bradbury JH(1999). Picrate paper kits for determination of total cyanogens in cassava roots and all forms of cyanogens in cassava products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(4):593-601.
- Bradbury JH, Egan SV, Lynch MJ. (1991) Analysis of cyanide in cassava using acid hydrolysis of cyanogenic glucosides. *Journal of the Science of Food and Agriculture*; 55(2): 277-290.
- Brimer L, Broegger Christensen S, Moelgaard P, Nartey F. (1983) Determination of cyanogenic compounds by thin-layer chromatography. 1. A densitometric method for quantification of cyanogenic glycosides, employing enzyme preparations (beta-glucuronidase) from *Helix pomatia* and picrate-impregnated ion-exchange sheets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 31(4): 789-793.
- Brimer L, Dalgaard L. (1984) Cyanogenic glycosides and cyanohydrins in plant tissues: Qualitative and quantitative determination by enzymatic post-column cleavage and electrochemical detection, after separation by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*; 303(0): 77-88.
- Brimer L, Rosling H. (1993) Microdiffusion method with solid state detection of cyanogenic glycosides from cassava in human urine. *Food and Chemical Toxicology*; 31(8): 599-603.
- Burns AE, Bradbury JH, Cavagnaro TR, Gleadow RM. (2012) Total cyanide content of cassava food products in Australia. *Journal of Food Composition and Analysis*; 25(1): 79-82.
- Campa C, Schmitt-Kopplin P, Cataldi TRI, Bufo SA, Freitag D, Kettrup A. (2000) Analysis of cyanogenic glycosides by micellar capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*; 739(1): 95-100.
- Cardoso et al (2005). Processing of cassava roots to remove cyanogens. *Journal of food Composition and Analysis*, 18:451-460.
- Carlsson, L., Mlingi, M., Juma, A., Ronquist, G. & Rosling, H. (1999). Metabolic fates in humans of linamarin in cassava flour ingested as stiff porridge. *Fd. Chem. Toxicol.* 37; 307-312.
- Cardoso PA, Mirione E, Ernesto M et al (2005). Processing of cassava roots to remove cyanogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18, 451-460.
- Chadha RK, Lawrence JF, Ratnayake WMN. (1995) Ion chromatographic determination of cyanide released from flaxseed under autohydrolysis conditions. *Food Additives and Contaminants*; 12(4): 527-533.
- Chiwona-Karlun et al, (2004). Bitter taste in cassava roots correlates with cyanogenic glucoside levels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(6):581-590.
- Cheeke PR. (1989). Toxicants of plant origin. Volume II. Glycosides. CRC Press Inc.
- Chiste RC, Cohen KO and Oliveira SS (2005). Determinação de cianeto durante as etapas de processamento da Farinha de mandioca do grupo seca. http://artigoscientifico.uol.com.br/uploads/artc_1166151172_39.pdf
- Chiste RC, Cohen KO and Oliveira SS (2007). Estudo das propriedades físico-químicas do tucupi - Study of tucupi physicochemical properties. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 27(3): 437-440, <http://www.scielo.br/pdf/cta/v27n3/a02v27n3.pdf>
- Codex Alimentarius Commission. (1995a) Codex standard for edible cassava flour. Codex Stan 176-1989. Accessed at: http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of-standards/en/?no_cache=1. Accessed: 4 December 2012.
- Codex Alimentarius Commission. (1995b) Codex standard for gari. Codex Stan 151-1989. Accessed at: http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of-standards/en/?no_cache=1. Accessed: 4 December 2012.
- Codex Alimentarius Commission. (2011) Codex standard for sweet cassava. Codex Stan 238-2003. Accessed at: http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of-standards/en/?no_cache=1. Accessed: 4 December 2012.
- Cooke RD. (1978) An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Journal of the Science of Food and Agriculture*; 29(4): 345-352.
- Cressey P, Saunders D. (2010) Survey of cyanogenic glycosides in plant-based foods. unpublished ESR Client Report FW10037. Christchurch: ESR.
- Curtis AJ, Grayless CC, Fall R. (2002) Simultaneous determination of cyanide and carbonyls in cyanogenic plants by gas chromatography-electron capture/photoionization detection. *Analyst*; 127(11): 1446-1449.
- Djazuli and Bradbury (1999). Cyanogen content of cassava roots and flour in Indonesia. *Food Chemistry*, 65:523-525.

- Drochioiu G, Arsene C, Murariu M, Oniscu C. (2008) Analysis of cyanogens with resorcinol and picrate. *Food and Chemical Toxicology*; 46(11): 3540-3545.
- Essers AJA, Alink GM, Speijers GJA, Alexander J, Bouwmeister P-J, van den Brandt PA, Ciere S, Gry J, Herrman J, Kuiper HA, Mortby E, Renwick AG, Shrimpton DH, Vainio H, Vittozzi L, Koeman JH. (1998) Food plant toxicants and safety: Risk assessment and regulation of inherent toxicants in plant foods. *Environmental Toxicology and Pharmacology*; 5(3): 155-172.
- Essers AJA, Bosveld M, van der Grift RM, Voragen AGJ. (1993) Studies on the quantification of specific cyanogens in cassava products and introduction of a new chromogen. *Journal of the Science of Food and Agriculture*; 63: 287-296.
- European Committee for Standardization (CEN). (2012) Animal feeding stuffs - Determination of hydrocyanic acid by HPLC. EN 16160: 2012.
- Ernesto et al (2000). Cyanogens in cassava flour and roots and urinary thiocyanate concentration in Mozambique. *Journal of Food Composition and Analysis*, 13:1-12.
- Eyjólfsson R. (1970) Recent advances in the chemistry of cyanogenic glycosides. *Fortschritte der Chemie Organischer Naturstoffe*; 28: 74-108.
- FAO Regional Programme for Food Security (Draft 2011). A study on cyanide levels in cassava and some of its products in selected Pacific Island Countries. Institute of Applied Science, University of the South Pacific.
- Feigl F, Anger V. (1966) Replacement of benzidine by copper ethylacetoacetate and tetra base as spot-test reagent for hydrogen cyanide and cyanogen. *Analyst*; 91(1081): 282-284.
- FSANZ (2004). Cyanogenic glycosides in cassava and bamboo shoots. A Human Health Risk Assessment. Technical report Series No. 28, http://www.foodstandards.gov.au/_srcfiles/28_Cyanogenic_glycosides.pdf
- FSANZ (2008). Proposal P1002 hydrocyanic acid in ready-to-eat cassava chips. <http://www.foodstandards.gov.au/foodstandards/proposals/proposalp1002hydrocy3848.cfm>
- FSANZ (2009) Final assessment report proposal P1002. Hydrocyanic acid in ready-to-eat cassava chips. First review report. Report Number 2-09. Canberra: FSANZ.
- Gomez G and Valdivieso M (1985). Cassava foliage: chemical composition, cyanide content and effect of drying on cyanide elimination. *Journal of Food and Agriculture*, 36: 433-441.
- Haque RM and Bradbury HJ (2002). Total cyanide determination of plants and foods using the picrate and acid hydrolysis methods. *Food Chemistry*, 77, 107-114.
- Hosel, W. (1981). The enzymatic hydrolysis of cyanogenic glucosides. In B. Vennesland, E. E. Conn, C. J. Knowles, J. Westley, & F. Wissing (Eds.), *Cyanide in biology* (pp. 217-232). London: Academic Press.
- Kaminski T.A. et al. (2006). Avaliação dos elementos tóxicos, antinutricionais e patógenos em multimisturas. *Alim Nutr.*, 17(2): 171-179.
- Kemdirim OC, Chukwu OA, Achinewhu SC (1995) Effect of traditional processing of cassava on the cyanide content of gari and cassava flour. *Plant Foods Hum Nutr.* 48(4):335-9.
- Keusgen M, Kloock JP, Knobbe DT, Jünger M, Krest I, Goldbach M, Klein W, Schöning MJ. (2004) Direct determination of cyanides by potentiometric biosensors. *Sensors and Actuators B: Chemical*; 103(1-2): 380-385.
- Knudsen I, Søborg I, Eriksen F, Pilegaard K, Pedersen J. (2005). Risk assessment and risk management of novel plant foods. Concept and principles. *Tema Nord 2005*: 588. pp. 47-49.
- Kobaisy M, Oomah BD, Mazza G. (1996) Determination of cyanogenic glycosides in flaxseed by barbituric acid-Pyridine, Pyridine-Pyrazolone, and High-Performance Liquid Chromatography Methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 44(10): 3178-3181.
- Kupchella L, Syty A. (1984) Determination of cyanogenic glycoside in seeds by molecular absorption spectrometry in the gas phase. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*; 67(1): 188-191.
- Lambert JL, Ramasamy J, Paukstelis JV. (1975) Stable reagents for the colorimetric determination of cyanide by modified Koenig reactions. *Analytical Chemistry*; 47(6): 916-918.
- Laurena AC, Revilleza MJR, Mendoza EMT. (1994) Polyphenols, phytate, cyanogenic glycosides, and trypsin inhibitor activity of several Philippine indigenous food legumes. *Journal of Food Composition and Analysis*; 7(3): 194-202.
- Mak KW, Law AC, Tokuda S, Yanase H, Renneberg R. (2005) Application of cyanide hydrolase from *Klebsiella* sp. in a biosensor system for the detection of low-level cyanide. *Applied Microbiology and Biotechnology*; 67(5): 631-636.
- Mariscal, et al., (2009) Recommended Cassava Varieties in the Philippines. Unpublished Report. Philippine Root Crop Research and Training Center, Visayas State University, Visca, Baybay City, Philippines. (Accessed 22 January 2009).
- Mezzete T.F. (2009). Seleção de clones-elite de mandioca de mesa visando a características agrônômicas, tecnológicas e químicas. *Bragantia*, 68(3): 601-609.
- Mkumbira et al, (2003). Classification of cassava into "bitter" and "cool" in Malawi: from farmers' perception to characterisation by molecular markers. *Euphytica*, 132(1):7-22.
- Miles D, Jansson E, Mai MC, Azer M, Day P, Shadbolt C, Stitt V, Kiermeier A, Szabo E. (2011) A survey of total hydrocyanic acid content in ready-to-eat cassava-based chips obtained in the Australian market in 2008. *Journal of Food Protection*; 74(6): 980-985.
- Mlingi et al (1998). Low cyanide exposure from consumption of cassava in Dar es Salaam, Tanzania. *Natural Toxins*, 6:67-72.
- Mlingi NLV, Nkya S, Tatala SR, Rashid S and Bradbury JH. (2010) Recurrence of konzo in southern Tanzania: rehabilitation and prevention using the wetting method. *Fd. Chem. Toxicol.* 49, 673-677.
- Moller, B.L. and Seigler, D.S. (1999). Biosynthesis of cyanogenic glycosides, cyanolipids and related compounds. In B.K. Singh (Ed.), *Plant amino acids biochemistry and biotechnology* (pp. 563-609) Marcel Dekker.
- Nagashima S. (1978) Spectrophotometric determination of cyanide with sodium isonicotinate and sodium barbiturate. *Analytica Chimica Acta*; 99(1): 197-201.
- Nambisan B (2011). Strategies for elimination of cyanogens from cassava for reducing toxicity and improving food safety. *Food and Chemical Toxicology*, 49, 690-693.
- Ngudi DD, Kuo Y-H, Lambein F.(2002). Food safety and amino acid balance in processed cassava "cosettes". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 3042-3049.

- Obile, Tano-Debrah and amoa-Awua (2004). Souring and breakdown of cyanogenic glycosides during the processing of cassava into akyeke. *International Journal of food Microbiology*, 93(1):115-121.
- Oliveira L.A. et al. (2009) Avaliação do conteúdo de carotenóides e compostos cianogênicos em híbridos de mandioca. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, 5: 805-809.
- Oluwole et al, (2000). Low prevalence of ataxic polyneuropathy in a community with high exposure to cyanide from cassava foods. *Journal of Neurology*, 249:1034-1040.
- Oluwole OSA, Onabolu AO, Mtunda K and Mlingi N (2007). Characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties in Nigeria and Tanzania and farmers perception of toxicity of cassava. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 559-567.
- Onabolu AO, Oluwole OS, Bokanga M. (2002) Loss of residual cyanogens in a cassava food during short-term storage. *Int J Food Sci Nutr*. 53(4):343-9.
- Padmaja G. (1995.) Cyanide detoxification in cassava for food and feed use. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35 (4): 229-339.
- Ravi S, Padmaja G.(1997). Mechanism of cyanogen reduction in cassava roots during cooking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 75: 427-432.
- Rimoldi F. et al. (2005). Teores de amido, de HCN e tempo de cozimento de raízes tuberosas de cultivares de mandioca-de-mesa coletadas no paraná. In: XI Congresso Brasileiro de Mandioca, 2005, Campo Grande - MS. Ciência e Tecnologia para a Raiz do Brasil. Campo Grande - MS, v.1, <http://www.cpao.embrapa.br/11cbm/html/trabalhos/arquivoPDF/pasta49a.PDF>
- Saka JDK, Mhone ARK, Brimer L. (1998) An improved microdiffusion method with solid-phase detection for the determination of total cyanogens in fresh cassava. Comparison to the method of Cooke (1978). *Journal of the Science of Food and Agriculture*; 76(3): 334-340.
- Sano A, Takimoto N, Takitani S. (1992) High-performance liquid chromatographic determination of cyanide in human red blood cells by pre-column fluorescence derivatization. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*; 582(1-2): 131-135.
- Sant'Ana A.F. and Domene S.M.A. (2008). Teores de glicos deos cianog nicos em derivados de mandioca determinados por protocolo adaptado ao laboratório de micronutrientes – IC PUC-CAMPINAS. In: *XIII Encontro de Inicia o Científica da PUC-Campinas, Anais., Campinas – SP*, <http://www.puc-campinas.edu.br/websist/portal/pesquisa/ic/pic2008/resumos/Resumo/%7B9CFE52AC-6CEA-4567-8530-B9DBE094A65F%7D.pdf>
- Silva G.G.C. et al. (2004). Toxicidade cianogênica em partes da planta de cultivares de mandioca cultivados em Mossoró-RN. *Revista Ceres*, 51 (293): 57-66.
- Sokari and Karibo (1992). Changes in cassava toxicity during processing into gari and ijapi-two fermented food products. *Food Additives and Contaminants*, 9(4):379-384.
- Sornyotha S, Kyu KL, Ratanakhanokchai K. (2007) Purification and detection of linamarin from cassava root cortex by high performance liquid chromatography. *Food Chemistry*; 104(4): 1750-1754.
- Untang M, Shiowatana J, Siripinyanond A. (2010) A simple cyanide test kit for water and fruit juices. *Analytical Methods*; 2(11): 1698-1701.
- WHO (1993). Cyanogenic glycosides. In: *Toxicological evaluation of certain food additives and naturally occurring toxicants*. Geneva, World Health Organization, 39th Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (WHO Food Additives Series 30). Available at <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v30je18.htm>.
- WHO (2012). Cyanogenic glycosides. In: *Safety evaluation of certain food additives and contaminants*. Geneva, World Health Organization, 74th Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (WHO Food Additives Series 65). Available at: WHO Food Additives Series No. 65, 2012.

Appendice 1

Normes nationales et/ou exigences pour le manioc dans l'alimentation

Pays	Aliment	Concentration en acide cyanhydrique (HCN) (mg/kg)	Autres informations
Australie et Nouvelle Zélande ¹⁰	Cossettes de manioc prêtes à consommer	10 (HCN total)	La norme 1.4.1 du Code des Normes alimentaires provenant de l'Australie la Nouvelle Zélande établit la limite maximale de 10mg/kg d'acide cyanhydrique total dans les cossettes de manioc.
	Manioc doux brut	50 (HCN total)	Norme 1.4.4 – Interdit la vente de manioc autre que le « manioc doux ». Correspond à la norme Codex existante (CODEX STAN 238-2003), le manioc doux est défini dans le Code (Norme 1.1.2 – Définitions supplémentaires pour les aliments) comme « ces variétés de racines de manioc issues de <i>Manihot esculenta</i> Crantz de la famille <i>Euphorbiaceae</i> qui contiennent moins de 50 mg par kg d'acide cyanhydrique (HCN) (sur la base du poids frais) ». Norme 1.2.6 – Les instructions relatives à l'emploi et à l'entreposage indiquent pour le manioc sucré brut l'obligation d'étiquetage ou d'accompagnement d'une déclaration indiquant que le manioc sucré devrait être pelé et cuit complètement avant d'être consommé.
Brésil ¹¹	Multimistura	5	Multimistura est composée de 5% de feuilles de manioc, de son ou farine et riz, maïs et farines de blé et autres ingrédients.
Indonésie	Farine de manioc	40	
	Mocaf (farine de manioc modifiée)	10	
Les Philippines ¹²	Cossettes de manioc sec et granules	10 (acide cyanhydrique (HCN) total sur une base de poids sec)	Se réfère à l'acide cyanhydrique total qui inclut l'acide cyanhydrique qui peut être libéré de façon enzymatique à partir du glucoside cyanogénique ainsi que tout acide cyanhydrique libéré ou délié dans le manioc, exprimé en milligrammes d'acide cyanhydrique par kilogramme de sous-produits de manioc (mg/kg)
	Manioc doux	<50	Le manioc sucré contient <50 mg d'acide cyanhydrique par kg de racine de manioc (base de poids frais) et doit être pelé et cuit complètement avant d'être consommé

¹⁰ Australie/Nouvelle Zélande <http://www.comlaw.gov.au/Series/F2008B00618> et <http://www.comlaw.gov.au/Series/F2008B00621>

¹¹ Brésil Resolução RDC n.53 de 15/06/2000. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Mistura à base de Farelos de Cereais. Aprovado pelo Decreto 3.029, de 16 de abril de 1999. Diário Oficial da União. 2000 19 juin.

¹² Norme nationale philippines pour les cossettes et granules de manioc sec PNS/BAFPS 29:2010 ICS 67.080 et Norme nationale philippine pour le manioc sucré PNS/BAFPS 119:2013

Évaluation de l'exposition alimentaire du JECFA

1. Les estimations d'exposition alimentaire évaluées par le JECFA y compris celles soumises au JECFA pour l'Australie et la Nouvelle-Zélande et d'autres informations trouvées dans la littérature (originellement pour l'Afrique et l'Europe). Les estimations aiguës et chroniques de l'exposition alimentaire ont été toutes deux examinées. Les expositions alimentaires évaluées ont généralement été exprimées en tant qu'exposition à l'acide cyanhydrique total (HCN), puisque ceci était la forme enregistrée dans la plupart des occurrences des données analytiques. Toutefois, l'exposition alimentaire peut être aux glucosides cyanogéniques, cyanhydrines ou à l'acide cyanhydrique (HCN), selon la transformation de l'aliment. L'emploi de l'acide cyanhydrique total (HCN), pour les estimations d'exposition alimentaire représente l'exposition possible maximale au cyanure provenant de substances dérivées des glucosides cyanogéniques dans les aliments.
2. Les expositions alimentaires aiguës à l'acide cyanhydrique (HCN), ont été évaluées en utilisant les concentrations moyennes, maximales ou au percentile élevé (par exemple 95 pour cent) de l'acide cyanhydrique total (HCN) issu des données analytiques. Les données de consommation utilisées pour les estimations étaient des quantités par jour ou des aliments individuels pour les consommateurs avec une consommation maximale ou élevée aux 97,5^{ème}, 95^{ème} ou 90^{ème} centiles lorsque disponibles.
3. Les expositions alimentaires aiguës estimées pour l'acide cyanhydrique total (HCN) pour une gamme d'aliments issue d'un petit nombre de pays où les informations étaient disponibles étaient comprises entre 1 et 1044 µg/kg pc par jour selon l'aliment et les groupes de population évalués. Les estimations d'exposition les plus élevées aux concentrations d'acide cyanhydrique (HCN) issues des aliments dérivés du manioc étaient pour le manioc (300 µg/kg pc par jour pour les adultes en Nouvelle-Zélande), les cossettes de manioc prêtes à consommer (jusqu'à environ 1000 µg/kg pc par jour pour les enfants et jusqu'à 370 µg/kg pc par jour pour les adultes en Australie et Nouvelle-Zélande).
4. Les estimations nationales de l'exposition alimentaire chronique à l'acide cyanhydrique total (HCN)¹³ étaient disponibles pour l'Australie, la République démocratique du Congo, l'Europe, la Nouvelle-Zélande, la Norvège, et le Royaume-Uni. Ces estimations sont basées sur différentes sources alimentaires, y compris les aliments bruts et transformés et les aliments dans lesquels les glucosides cyanogéniques apparaissent sous l'effet des emplois en tant qu'aromatisant.
5. Les expositions alimentaires chroniques estimées à l'acide cyanhydrique total des pays pour lesquels des informations étaient disponibles se situaient entre moins de 1 et 60 µg/kg pc par jour pour les consommateurs avec une exposition moyenne et entre 2 et 150 µg/kg pc par jour pour les consommateurs avec une exposition élevée.
6. Les données d'occurrence disponibles pour les glucosides cyanogéniques étaient considérées comme non appropriées pour la détermination des estimations internationales de l'exposition alimentaire à l'acide cyanhydrique total en association avec les régimes alimentaires par module de consommation de GEMS/aliments pour une exposition alimentaire chronique ou avec une large portion de données au 97,5^{ème} percentile de l'OMS pour une exposition alimentaire aiguë. Il y avait insuffisamment de données d'occurrence pour certains aliments ou aucune donnée sur la concentration dans les aliments préparés ou transformés qui sont plus représentatifs des concentrations dans les aliments tels qu'ils sont consommés. En outre, les glucosides cyanogéniques sont présents dans beaucoup d'aliments transformés et les données de consommation pour beaucoup de ces aliments ne sont pas incluses dans les régimes alimentaires par module de consommation ou dans les données sur une large portion. Par conséquent, aucune estimation internationale de l'exposition alimentaire chronique ou aiguë n'a été préparée.

Évaluation des LM existantes en relation avec l'exposition alimentaire aux glucosides cyanogéniques

7. Des LM pour l'acide cyanhydrique total ont été établies par le Codex et dans un certain nombre de pays pour les aliments comprenant du manioc sucré, de la farine de manioc, du gari et des cossettes de manioc prêtes à consommer et pour beaucoup d'aliments contenant des agents aromatisants.
8. Les estimations de l'exposition alimentaire chronique et aiguë à l'acide cyanhydrique total ont été calculées pour l'Australie et la Nouvelle-Zélande pays pour lesquels les données d'étude analytiques pour les cossettes de manioc prêtes à consommer (collectées avant que la LM de FSANZ soit établie) ont été remplacées par la LM de 10 mg/kg. Ceci a donné des expositions alimentaires chroniques moyennes de 10 µg/kg pc par jour pour les enfants et de 2–11 µg/kg pc par jour pour les adultes et des expositions au 90^{ème} percentile de 10–40 µg/kg pc par jour pour les enfants et de 10–12 µg/kg pc par jour pour les adultes. Ces estimations d'exposition chronique sont environ 2–5 fois inférieures aux expositions alimentaires évaluées sur la base des valeurs moyennes des études sur les cossettes de manioc.
9. Si toutes les cossettes de manioc avaient une LM de 10 mg/kg, les expositions alimentaires aiguës estimées pour l'acide cyanhydrique total iraient jusqu'à un maximum de 100 µg/kg pc par jour pour les enfants et de 25 µg/kg pc par jour pour les adultes. Ces estimations d'exposition aiguës sont environ 4-14 fois inférieures aux expositions alimentaires estimées sur la base des valeurs moyennes des études sur les cossettes de manioc.

¹³ Inclut de toutes les sources alimentaires, pas uniquement des produits du manioc.

10. Les expositions alimentaires aiguës basées sur une large portion de données de consommation de l'OMS pour le manioc sucré utilisant une concentration en acide cyanhydrique (HCN) de 50 mg/kg étaient de 150 µg/kg pc par jour pour la population générale et de 330 µg/kg pc par jour pour les enfants. Il n'y avait pas de valeur de consommation pour la farine de manioc dans la large portion de série de données, mais on a supposé que la consommation de farine de manioc est équivalente à celle du manioc, l'exposition estimée à l'acide cyanhydrique (HCN) basée sur la LM du Codex de 10 mg/kg serait de 30 µg/kg poids corporel par jour pour la population générale et 70 µg/kg pc par jour pour les enfants.
11. Les expositions alimentaires chroniques à l'acide cyanhydrique (HCN) issues du manioc sucré et de la farine de manioc ont été estimées en se basant sur des quantités de consommation issues des régimes alimentaires par module de consommation de GEMS/aliments et les LM. Pour le manioc sucré à une concentration maximale en acide cyanhydrique (HCN) de 50 mg/kg (niveau Codex pour le manioc sucré), les expositions alimentaires estimées allaient entre 1 et 235 µg/kg pc par jour pour les modules évalués. Pour la farine de manioc, basée sur la LM du Codex de 10 mg/kg en tant qu'acide cyanhydrique (HCN) total, les expositions allaient entre moins de 0,1 et 14 µg/kg pc par jour.

Comparaison de l'exposition alimentaire avec les valeurs indicatives à visée sanitaire

12. À partir des estimations d'exposition alimentaires aiguës nationales dont disposait le comité, la dose de référence aiguë était dépassée de trois fois pour le manioc pour les adultes (basées sur des échantillons bruts) et de jusqu'à dix fois pour les cossettes de manioc prêtes à consommer selon le groupe de population. Si les cossettes prêtes à consommer contenaient 10 mg/kg en tant qu'acide cyanhydrique (HCN) équivalent à la LM établie en Australie et en Nouvelle-Zélande, il y avait un dépassement marginal de la dose de référence aiguë pour les enfants. Ces résultats sont basés sur une exposition alimentaire à l'acide cyanhydrique (HCN) total qui représente l'exposition maximale possible pour les aliments contenant des glucosides cyanogéniques.
13. En se basant sur des estimations nationales de l'exposition alimentaire chronique à l'acide cyanhydrique (HCN) total, il y a aussi le potentiel d'excéder la DJMTP de 0,02 mg/kg poids corporel en tant que cyanure pour les populations dépendantes du manioc comme aliment de base: entre une et trois fois pour les enfants et entre une et deux fois pour les adultes. Il existe également la possibilité pour ces populations non dépendantes du manioc d'excéder la DJMTP: entre une et cinq fois pour les enfants et entre une et trois fois pour les adultes. Pour l'Australie et la Nouvelle-Zélande, les cossettes prêtes à consommer constituaient les contributeurs majeurs à l'exposition alimentaire à l'acide cyanhydrique (HCN) ((84–93%). Lorsque les cossettes de manioc contiennent une concentration équivalente à la LM de 10 mg/kg en tant qu'acide cyanhydrique (HCN), toutes les expositions alimentaires moyennes étaient en dessous de la DJMTP. Les expositions au percentile élevé pour les enfants étaient entre une et deux fois au-dessus de la DJMTP.
14. Le JECFA a signalé que l'application du niveau de 50 mg/kg comme acide cyanhydrique (HCN) pour le manioc doux pourrait résulter en des expositions alimentaires qui excèdent la dose de référence aiguë de moins de deux fois pour la population générale et allant jusqu'à quatre fois pour les enfants et excède la DJMTP entre deux et dix fois, selon le groupe de population évaluée. Ces estimations ne prennent en considération aucune réduction dans la concentration des acides cyanhydriques totaux par suite de la préparation ou de la transformation des aliments. Pour la LM de 10 mg/kg en tant qu'acide cyanhydrique (HCN) pour la farine de manioc, il n'existe pas d'estimations disponibles de l'exposition alimentaire qui excède la dose de référence aiguë ou la DJMTP. Ceci est soutenu par la quantité maximale d'aliments qui peut être consommée sur la base des LM existantes du Codex avant que les valeurs indicatives à visée sanitaire soient excédées, qui est aussi faible que 25 g/jour pour le manioc pour une exposition chronique.
15. Davantage d'estimations détaillées du manioc et de la consommation de la farine de manioc et des concentrations dans l'alimentation pour les communautés consommatrices de manioc aideraient à soutenir la conclusion que les expositions alimentaires à l'acide cyanhydrique (HCN) total pourraient excéder les valeurs indicatives à visée sanitaire.
16. Le niveau pour le manioc doux est pour le produit brut. Si la concentration de départ de l'acide cyanhydrique (HCN) dans le manioc brut sucré était de 50 mg/kg en tant qu'acide cyanhydrique (HCN), la transformation efficace minimale résulterait en une concentration de 15 mg/kg en tant qu'acide cyanhydrique (HCN) et la transformation la plus efficace donnerait une concentration en acide cyanhydrique (HCN) de 2 mg/kg.
17. Les estimations de l'exposition du JECFA étaient basées sur des données d'exposition alimentaire limitées, dont les données fournies par l'Australie et la Nouvelle-Zélande.

Appendice 3

Concentrations de l'acide cyanhydrique (HCN) dans le manioc et les aliments dérivés du manioc
(Extrait de l'OMS (2012) à l'exception des références pour le Brésil, les Îles du Pacifique et les Philippines)

Pays	Aliment	Concentration moyenne en acide cyanhydrique (HCN) ou (fourchette) (mg/kg)	Information complémentaire	Référence
Australie	Tubercules de manioc Cossettes de manioc	5-67 27 55,8(<10-145)	Celles-ci reflètent les concentrations trouvées avant l'introduction d'une LM en Australie et en Nouvelle-Zélande.	Bradbury (2006) Hague et Bradbury (2002) FSANZ (2008)
Brésil	Tubercules de manioc Farine de manioc Feuilles de manioc Farine de manioc (brut) Farine de manioc (grillé) Tapioca (doux) Tapioca (amer) ¹ Feuilles de manioc (jeunes)	(55 – 76) (26 – 451) (27,8 – 160,1) (43,5 – 300) 32 3,5 (0,24 – 14,45) (0,20 – 26,14) (0,12 – 6,10) (0,08 – 4,16) 239,19	 Tapioca fermenté jusqu'à 5% d'acidité	Rimoldi et al., (2004) Silva et al., (2004) Mezzete et al., (2009) Oliveira et al., (2009) Agostini, (2006) Sant'Ana et Domene, (2008)

Pays	Aliment	Concentration moyenne en acide cyanhydrique (HCN) ou (fourchette) (mg/kg)	Information complémentaire	Référence
	Feuilles de manioc (vieilles) Feuilles de manioc Tucupi Multimistura	339,81 (112 – 518) (55,58 – 157,17) (9,47 – 46,86) <0,3	Acide cyanhydrique total Acide cyanhydrique libre	Silva et al., (2004) Chisté et al., (2007) Kaminski et al., (2006)
Cameroun	Tubercules de manioc Bâton de manioc Fufu	197-951 2,5-6,4 13-27,5		Agbor-Egbe et Lupe Mbome (2006)
République démocratique du Congo (DRG)	Racines transformées de manioc (cossettes)	<10	Exprimé en tant que cyanogènes totaux, sur la base de poids sec	Ngudi, et al., (2002)
Ghana	Manioc frais Akyeke	69,3 (100, 3 sur une base de poids sec) 1,4 à 2,8	Akyeye – un produit fermenté cuit à la vapeur	Obile, et al., (2004)
Indonésie	Tubercules de manioc Amidon et produits relatés Farine, cossettes, gapek.	19 5 (max 19) 54		Djazuli et Bradbury (1999)

Pays	Aliment	Concentration moyenne en acide cyanhydrique (HCN) ou (fourchette) (mg/kg)	Information complémentaire	Référence
Malawi	Tubercules de manioc: Doux Amer Manioc doux Manioc amer	29 (1-123) 153 (22-661) 30 (15-93) 153 (43-251)		Chiwona-Kartun et al, (2004) Mkumbira et al, (2003)
Mozambique	Farine de manioc	41 (26-57)		Ernesto et al (2000); Cardoso et al (2005)
Nigéria	<i>Manioc:</i> Doux Amer Manioc brut Ljapu (Cossettes renforcées) Garri Fufu Tapioca	105 (8-1064) 103 (27-543) 76,1 11,8 25,4 (20-30) 20 (10-30) 17,5 (10-20)	sur la base du poids sec cyanogènes totaux	Oluwole et al, (2007) Sokari et Karibo (1992) Adindu, et al., (2003)
Les îles du Pacifique Fidji Tonga	Manioc brut Cossettes Bila Vakalavalava Manioc brut Manioc brut	35 (13 – 92) 18 (14-21) <0,1 7 (6-8) (bouilli) 14 (10-16) (bouilli) 58 (18 – 151) 47 (26-78)	Bâtons Bila de manioc pelés et coupés en cube et trempés dans l'eau pendant 3 jours. Puis écrasés, séchés, mélangés avec du sucre et de la noix de coco, enveloppés dans une feuille et cuits. Vakalavalava- Manioc râpé, enveloppé dans des feuilles et bouilli ou cuit.	Programmes régionaux de la FAO pour la sécurité alimentaire (2011)

Pays	Aliment	Concentration moyenne en acide cyanhydrique (HCN) ou (fourchette) (mg/kg)	Information complémentaire	Référence
Vanuatu Samoa Îles Cook	Farine		[Source et traitement de la farine non détaillé dans le rapport]	
Philippines	Variétés de manioc	2,3 à 4 (bas) 4,1 à 6,8 (modéré) 8 à 8,2 (élevé)	<p>La teneur en acide cyanhydrique (HCN) du manioc aux Philippines est classée semi-quantitativement comme hautement, moyennement ou faiblement sur la base de la méthode d'analyse au picrate utilisée par le Centre International d'agriculture Tropicale (CIAT) et adoptée par des programmes de sélection des plantes pour environ 20 ans.</p> <p>Les variétés recommandées de manioc sont celles approuvées par le Conseil industriel national des semences (NSIC) pour la commercialisation basée sur des critères telles que la résistance aux ravageurs, au rendement élevé, etc.</p> <p>Les variétés de manioc avec une teneur basse en acide cyanhydrique (HCN) sont uniquement recommandées pour la consommation humaine et animale. Elles sont aussi recommandées pour l'amidon et la production de farine. Les variétés avec une teneur moyenne en acide cyanhydrique (HCN) sont recommandées pour l'amidon, la farine et la production d'aliments pour animaux. Les variétés avec une teneur élevée en acide cyanhydrique (HCN) sont recommandées uniquement pour les produits hautement transformés comme l'amidon et la farine. Les variétés de manioc avec une teneur élevée en acide cyanhydrique (HCN) sont de même recommandées pour la production d'éthanol puisque une teneur élevée en acide cyanhydrique (HCN) correspond généralement à une teneur élevée en amidon.</p>	Mariscal, et al., (2009)
République Unie de Tanzanie	Manioc doux Amer Makopa Farine de manioc	105 (8-1064) 103 (27-543) 9,4 (0-79) 83,7	Pièces de tubercule séchées au soleil	Oluwole et al, (2000) Mlingi et al (1998) Carlsson et al (1999)

*se réfère à une fourchette de concentration équivalente moyenne en acide cyanhydrique (HCN) sur la base du poids frais, sauf indication contraire.

Transformation du manioc visant à réduire la teneur en acide cyanhydrique total (HCN)

1. La transformation adéquate des aliments contenant du glucoside cyanogénique réduira les risques pour les consommateurs. En ce qui concerne le manioc, la concentration totale en acide cyanhydrique (HCN) dépend de la variété de tubercule de manioc, des conditions de croissance et les méthodes de transformation. La quantité relative de chaque composant cyanogénique en retour dépend de la trajectoire de la réaction cyanogénique aux différentes étapes du processus, comme cela est illustré dans la figure 1. La cyanogénèse est initiée lorsque le tissu végétal est abimé. Si une des étapes de la transformation n'a pas lieu ou est interrompue, le manioc final peut contenir des concentrations élevées inacceptables en acide cyanhydrique total.

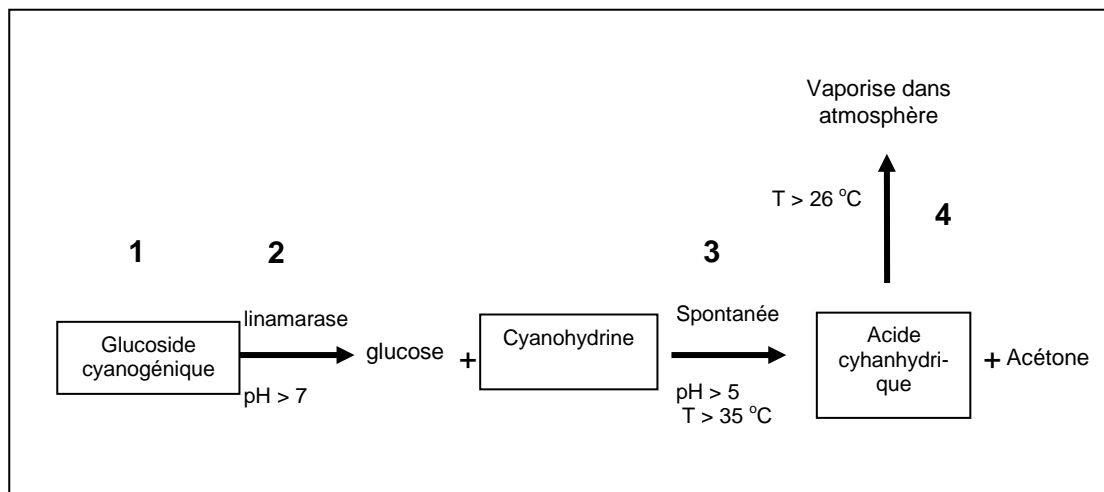


Figure 1: voie de réaction de la cyanogénèse et étapes de la transformation du manioc. 1: nature du tubercule; 2: râpage, trempage, fermentation; 3: séchage au soleil/f au four; 4: séchage solaire, procédé de fabrication à la chaleur (vapeur, friture).

2. **Étape 1 :** Nature du tubercule de manioc Les concentrations élevées en glucosides cyanogéniques requièrent un niveau plus élevé de réduction de l'acide cyanhydrique total pour résulter en une concentration acceptable à travers les produits transformés de manioc typique.
3. **Étape 2 :** râpage, trempage et fermentation. La libération d'enzymes (par exemple la linamarase) à partir des parois cellulaires écrasées et les conditions appropriées pour que les enzymes réagissent aux glucosides cyanogéniques est critique. Si cette étape de la transformation est raccourcie ou modifiée, par exemple afin de prévenir la croissance microbienne ou le brunissement du manioc brut, des concentrations élevées de glucosides cyanogéniques peuvent rester dans les produits.
4. Par conséquent la taille du manioc râpé ou en tranches, la durée autorisée pour la fermentation ou pour que le trempage ait lieu et la température et le PH du produit détermineront chacun combien du glucoside cyanogénique a été réduit. Si un feu vif est utilisé immédiatement après le découpage en tranches ou le râpage, par exemple dans les cossettes de manioc en friture ou en tranches ou séchant dans des fours chauds, l'enzyme sera désactivé et les produits au manioc cuits contiendront des concentrations élevées de glucosides cyanogéniques. Si des conservateurs en PH bas tels que l'acide acétique et les métabisulfites de sodium doivent être utilisés à cette étape, il est possible qu'ils affectent la conversion des glucosides cyanogéniques.
5. **Étape 3 :** Séchage au soleil/au four Les tubercules de manioc, une fois récoltés sont généralement fermentés ou séchés afin d'entraver les modifications physiologiques dégénératives et la croissance microbienne. L'action des enzymes est poursuivie ici, ainsi que la décomposition spontanée en acide cyanhydrique à un pH au-dessus de 5 et des températures au-dessus de 35°C. Le produit final de cette voie de la cyanogénèse est l'acide cyanhydrique (HCN) volatil qui se vaporise à 26°C. Par conséquent, si les gruaux/la pâte/les tranches de manioc sont petits et étalés finement à l'étape du séchage, l'acide cyanhydrique (HCN) peut s'échapper plus aisément dans l'atmosphère. L'emploi de fours chauds pour accélérer le processus de séchage ou lorsque le séchage au soleil n'est pas disponible peut dénaturer l'enzyme ou piéger l'enzyme dans la matrice du manioc séché et empêcher la conversion des glucosides cyanogéniques en acide cyanhydrique (HCN) volatil. Par conséquent les produits dérivés du manioc qui ont été séchés trop rapidement auront des composants en cyanogénique, cyanohydrine et cyanure piégés dans la matrice du manioc.

6. Il a été suggéré que le séchage au soleil et la fermentation en tas étaient inadéquats afin de réduire les concentrations en acide cyanhydrique contenu dans le manioc utilisé pour la farine dans la Province de Nampula au Mozambique au niveau fixé par l'OMS de 10 ppm (Cardoso et al 2005). Ces auteurs ont signalé que le séchage au soleil et la fermentation en tas résultent jusqu'à 30 pour cent de l'acide cyanhydrique (HCN) original total restant dans la farine de manioc tandis que le trempage et le pilonnage préalables au séchage au soleil ou torréfaction résultaient uniquement en 3 pour cent de la subsistance d'acide cyanhydrique (HCN) original total.
7. Le processus de séchage semble réduire la concentration en cyanure en plus d'affecter l'activité enzymatique. Le séchage au soleil était plus effectif dans la diminution du cyanure en comparaison au séchage au four à 60°C. (82 à 94 pour cent versus 68 à 76 respectivement). Il a été observé que la plus grande part du cyanure présent dans les feuilles séchées au soleil se composait de cyanure libre (62 à 77 pour cent) tandis que pour les feuilles séchées à 60°C, il n'y avait uniquement que 24 à 36 pour cent de cyanure libre (Gómez et Valdivieso 1985). Une autre étude a évalué l'effet de trois températures de séchage (45°C, 60°C et 75°C) sur la concentration de cyanure contenu dans les feuilles de cinq variétés de manioc. Il a été noté que les concentrations les plus basses ont été trouvées dans les feuilles séchées à 60°C, allant de 7,7 à 15 mg/100g des matières sèches (Padmaja, 1989).
8. **Étape 4:** Processus de transformation du produit alimentaire final. si l'acide cyanhydrique (HCN) est piégé dans les produits dérivés du manioc séché (amidon, farine, ou cossettes brutes), une transformation ultérieure de ces produits peut autoriser l'acide cyanhydrique (HCN) à s'échapper (si la température de traitement est plus élevée que 26°C). Si le cyanure est toujours sous la forme du glucoside cyanogénique un traitement à la vapeur d'eau à une température de moins de 100°C autorise les enzymes (par exemple Linamarase) à être réactivés et à hydrolyser les glucosides, libérant de l'acide cyanhydrique. Toutefois, si le produit à base de manioc (tranches ou cossettes) est soumis à une chaleur élevée dans la friture, le glucoside cyanogénique restera dans le produit.
9. Les méthodes de transformation adoptées généralement pour le manioc comprennent l'épluchage, le trempage, la fermentation, la cuisson à l'eau bouillante ou la cuisson, le séchage et le concassage/broyage (Padmaja 1995). Toutefois, on a constaté que les différentes variétés de manioc affichaient différents profils d'élimination du cyanogène durant la cuisson des racines de manioc. Il existe également des différences de stabilité thermique de l'activité du β -glucosidase contenu dans les racines de manioc qui protège l'enzyme contre la désactivation totale durant la cuisson ((Ravi et Padmaja 1997).
10. « Les cossettes » (racines de manioc transformées), un des produits dérivés du manioc les plus populaires dans la République démocratique du Congo sont transformées par trempage ou immersion des racines de manioc amer frais (entier ou pelé) dans l'eau stagnante ou courante pendant au moins trois jours pour leur permettre de fermenter jusqu'à ce qu'elles se ramollissent. Les racines fermentées sont alors retirées de l'eau, épluchées et séchées au soleil sur des claies ou toits des maisons ce qui peut prendre de deux à cinq jours (Hahn; cité dans Ngudi et al 2002).
11. Les réductions de concentrations en acide cyanhydrique dans le manioc ont été accomplies par le mélange minutieux de la farine de manioc avec de l'eau et en laissant le manioc reposer dans un récipient ouvert pendant cinq heures avant la cuisson, bien que cette méthode soit dépendante d'une quantité adéquate de linamarase afin que la décomposition de la linamarine puisse avoir lieu. (Bradbury 2006).
12. La production type de la farine ou de l'amidon de manioc, en particulier dans les entreprises commerciales à grande échelle, a garanti que les étapes de la transformation et les paramètres sont effectifs dans l'élimination de l'acide cyanhydrique total du manioc. L'amidon de manioc, également connu comme amidon de tapioca est un des amidons les plus communément utilisés dans l'industrie alimentaire en tant qu'épaississant, émulsifiant ou ingrédient de confiserie. Les concentrations d'acide cyanhydrique total dans certains amidons modifiés pourraient être aussi basses que 0,01 mg/kg. Des concentrations moyennes de 5 mg/kg ont été signalées par Djazuli et Bradbury (1999).
13. Le tableau ci-dessous offre une compilation des étapes de la transformation et des concentrations en acide cyanhydrique observées qui résultent de chacune. Il serait possible de prévoir les concentrations probables en acide cyanhydrique dans les différents produits en l'absence de valeurs mesurées.

Réduction de l'acide cyanhydrique durant la transformation des produits dérivés du manioc.

Procédé de fabrication	Mécanisme de retrait#	% de réduction de l'acide cyanhydrique	Référence
Trempage 24 h	lessivage	13-52%	Agbor-Egbe et Lape Mbone, 2006 Kemdirim et al, 1995
Trempage 48 h.	“	73-75%	Agbor-Egbe et Lape Mbone, 2006 Kemdirim et al, 1995
Trempage 72 h.	“	90%	Agbor-Egbe et Lape Mbone, 2006 Kemdirim et al, 1995
Brassage et broyage	Désintégration et action enzymatique	75%	
Pressage	Lixiviation et action enzymatique	57%	Chisté et al., (2005)
Fermentation 4-5d	Désintégration et action enzymatique	52-63	Kemdirim et al, 1995; Obilie et al, 2004
Séchage, soleil	Enzyme	82-86% 80%	Gomez et Valdiviesco, 1985 Nambisan et al, 2011
Séchage, four 60°C	Enzyme	68-76%	Gomez et Valdiviesco, 1985
Entreposage (farine de gari) 4w	Action enzymatique possible et évaporation	50-64%	Onabolu et al, 2002
Cuisson	Lixiviation (avec une activité enzymatique initiale jusqu'à désactivée)	96-99% 80%	Obile, et al., (2004) Nambisan, 2011
Cuisson, friture, cuisson à la vapeur	Dégradation thermique	20%	Nambisan, 2011
Cuisson bâton de manioc, fufu		32-55%	Agbor-Egbe et Lape Mbone, 2006
cuisson à la vapeur akyeke		74-80%	Obile, et al., (2004)
Garification*		90-93%	Agbor-Egbe et Lape Mbone, 2006
Rapage, écrasement, séchage au soleil		95%	Nambisan, 2011
produit final à base de farine		92%	

*Pâte de manioc fermentée et sèche, cuite et sèche

Basé sur le Nambisan, 2011

MÉTHODES D'ANALYSE DE L'ACIDE CYANHYDRIQUE TOTAL DANS LE MANIOC ET LES PRODUITS DÉRIVÉS DU MANIOC*Généralités*

1. Les glucosides cyanogéniques présents dans le manioc (*Manihot esculenta*) peuvent être convertis en acide cyanhydrique hautement toxique durant la transformation ou dans le tube digestif par des enzymes avec une activité β -glucosidase. L'enzyme peut être originaire de la matière végétale et entrer en contact avec le glucoside durant le découpage, le broyage ou la macération ou peut être associé à la flore bactérienne normale de l'intestin.
2. Trois espèces chimiques sont généralement reconnues dans l'analyse des composés cyanogéniques du manioc; les glucosides cyanogéniques intacts, la linamarine et la lotaustraline, les produits primaires de déglycosylation, la cyanhydrine d'acétone et la cyanhydrine de butanone et l'acide cyanhydrique.
3. L'acide cyanhydrique total dans les produits dérivés du manioc peut être défini en tant que "tous les acides cyanhydriques évolués issus de la linamarine, la lotaustraline, la cyanhydrine d'acétone ou la cyanhydrine de butanone durant ou suivant l'hydrolyse enzymatique ou l'hydrolyse acide, exprimées comme milligrammes d'acide cyanhydrique par kilogramme" (FSANZ, 2009).
4. Le potentiel cyanogénique total du manioc ou des produits dérivés du manioc ou l'acide cyanhydrique total peuvent être évalués par l'analyse directe des composants du cyanogénique potentiel (glucosides, cyanohydrines et acide cyanhydrique libre) ou par l'analyse de l'acide cyanhydrique générée dans des conditions expérimentales particulières. Dans la matière végétale intacte sensiblement tous les cyanogéniques potentiels seront sous la forme de glucosides cyanogéniques intacts, tandis que certains produits transformés peuvent contenir une quantité importante de cyanohydrine.
5. Actuellement il n'existe pas de méthodes définies d'analyse pour l'acide cyanhydrique dans les normes Codex.

Analyse des composés contribuant à l'acide cyanhydrique total.

6. Les glucosides cyanogéniques individuels présents dans le manioc ont été analysés comme suit:
 - La chromatographie en phase gazeuse (GC) (Bisset *et al.*, 1969);
 - la chromatographie liquide (LC) (Brimer et Dalgaard, 1984; Sornyotha *et al.*, 2007); ou
 - la chromatographie en couche mince (TLC) (Eyjólfsson, 1970; Brimer *et al.*, 1983; Amarowicz *et al.*, 1993).
7. Des comparaisons de l'acide cyanhydrique total calculé à partir des concentrations en glucosides cyanogéniques individuelles ont été signalées comme conformes à l'acide cyanhydrique total mesuré par l'hydrolyse suivie par la détermination colorimétrique du cyanure dans les graines de lin (Kobaisy *et al.*, 1996). Toutefois, le calcul de l'acide cyanhydrique total issu de la détermination des glucosides cyanogéniques individuels n'a pas acquis de popularité pour la détermination du cyanogénique potentiel total.
8. Tandis que certaines méthodes chromatographiques ont indiqué la capacité à détecter à la fois les glucosides cyanogéniques et les cyanohydrines, la détection des cyanohydrines était uniquement qualitative (Brimer et Dalgaard, 1984). Les méthodes chromatographiques actuellement disponibles mesurant les composants individuels du cyanogénique potentiel peuvent ne pas être adéquates pour déterminer l'acide cyanhydrique total dans les aliments transformés, dans lesquels des cyanohydrines peuvent être présentes.

Analyse directe de l'acide cyanhydrique total.

9. Les méthodes qui déterminent le potentiel total de cyanogénique par la conversion des glucosides et les cyanohydrines en acide cyanhydrique peuvent être examinées selon trois aspects clés:
 - Extraction ou broyage de la matière végétale
 - Hydrolyse des glucosides et cyanohydrines; et
 - Quantification du cyanure en résultant.
10. Les méthodes qui déterminent l'acide cyanhydrique dans un extrait liquide requièrent une optimisation de l'extraction des composés cyanogéniques de la matrice de la plante pour assurer une extraction complète. Les méthodes qui autorisent l'évolution de l'acide cyanhydrique gazeux effectuent souvent une hydrolyse de la matière végétale entièrement broyée. Il a été indiqué que les deux approches offraient des résultats similaires (Djazuli et Bradbury, 1999; Haque et Bradbury, 2002).

11. L'agent d'extraction le plus commun pour les méthodes mesurant l'acide cyanhydrique est 0,1 M d'acide phosphorique bien que les concentrations d'acide phosphorique allant de 0,02 M (European Committee for Standardization (CEN), 2012) à 0,2 M (Drochioiu *et al.*, 2008) aient été indiquées. L'acide hydrochlorique (0.1 N) a également été utilisé (Laurena *et al.*, 1994). dans ces conditions acides, la linamarase, l'enzyme naturelle β glucosidase qui hydrolyse les glucosides cyanogéniques de manioc, est inactive (Bradbury *et al.*, 1994). L'extraction acide requiert une concentration acide basse et les températures d'extraction bases (<26°C) pour éviter l'hydrolyse des glucosides et la perte de l'acide cyanhydrique.

Hydrolyse

12. La libération des cyanohydrines et de l'acide cyanhydrique provenant des glucosides cyanogéniques peut être accomplie par hydrolyse enzymatique ou acide. Tandis que certaines méthodes ont utilisé l'enzyme endogène (linamarase) présent dans le tissu du manioc (Curtis *et al.*, 2002), un procédé connu en tant qu'autolyse, celui-ci n'est généralement pas recommandé puisque différents cultivars de manioc sont connus pour varier considérablement dans leur activité en linamarase. La transformation des aliments peut résulter en la dénaturation de la linamarase endogène. La linamarase exogène autorise une standardisation plus importante de la méthode mais l'enzyme est assez coûteux lorsque obtenu de sources commerciales (Cooke, 1978; Essers *et al.*, 1993; Essers *et al.*, 1998; Saka *et al.*, 1998; Bradbury *et al.*, 1999; Haque et Bradbury, 2002; Bradbury, 2009; Miles *et al.*, 2011; Burns *et al.*, 2012). On devrait noter que ces observations s'appliquent à l'analyse du manioc et des produits dérivés du manioc. Il a été indiqué qu'une préparation enzymatique commerciale issue de *Helix pomatia* (escargot des vignes) avait une activité hydrolytique à travers une gamme large de glucosides cyanogéniques, incluant ceux provenant du manioc (Brimer *et al.*, 1983).
13. Il existe une diversité considérable dans les durées d'incubation utilisées pour l'hydrolyse enzymatique des glucosides cyanogéniques du manioc. Des durées d'incubation de 16 à 48 heures à des températures de 21-37°C ont été signalées dans certaines études (Brimer et Rosling, 1993; Bradbury *et al.*, 1994; Saka *et al.*, 1998; Bradbury, 2009; Miles *et al.*, 2011), alors que d'autres chercheurs ont indiqué qu'une durée d'incubation de 15 minutes à 30°C est adéquate (Cooke, 1978; Essers *et al.*, 1993). Une méthode standard récemment publiée par l'Union européenne emploie l'hydrolyse pendant la nuit à 38°C (European Committee for Standardization (CEN), 2012).
14. L'hydrolyse acide est comparativement pas chère mais requiert une incubation à des températures élevées et un soin extrême doit être porté afin d'éviter les pertes simultanées d'acide cyanhydrique. L'hydrolyse est généralement effectuée dans 2M d'acide sulfurique à 100°C (Bradbury *et al.*, 1991; Bradbury *et al.*, 1994; Haque et Bradbury, 2002; Drochioiu *et al.*, 2008).
15. La durée d'incubation requise pour l'acide cyanhydrique dépend des glucosides cyanogéniques particuliers à analyser (Haque et Bradbury, 2002). Des durées d'incubation de 50 minutes ont été signalées pour l'analyse du manioc (Bradbury *et al.*, 1991). Toutefois, une méthode plus généralisée, utilisant une méthode d'extrapolation pour corriger les pertes de cyanure, utilise des durées d'incubation allant jusqu'à SIX heures (Haque et Bradbury, 2002; Cressey et Saunders, 2010).

Mesure du cyanure – techniques spectrophotométriques

16. La méthode de loin la plus courante pour mesurer l'acide cyanhydrique élaboré à partir de la matière végétale est la spectrophotométrie, à la suite de la réaction du cyanure pour produire un chromophore stable. Les réactions colorées les plus courantes sont:
- La réaction Guignard. La réaction de l'ion cyanure avec le picrate alcalin afin de produire une coloration rouge brique. Une variante de cette méthode implique une autre réaction du picrate avec le résorcinol (Drochioiu *et al.*, 2008).
 - Réaction de König la conversion de l'ion de cyanure en halogénure de cyanogène, habituellement par addition de la chloramine T ou N-chlorosuccinimide, suivie par la réaction avec la pyridine ou composé relaté pour former une dialdéhyde, qui est associée aux amines primaires ou composés avec un groupe méthylene actif (RH₂) (Lambert *et al.*, 1975; Bradbury *et al.*, 1994).
 - La réaction de l'ion de cyanure avec la *p*-nitrobenzaldéhyde et puis *o*-dinitrobenzaldéhyde afin de générer un dianion de couleur violette de *o*-nitrophenyl hydroxylamine (Untang *et al.*, 2010).
 - Réaction de l'ion de cyanure avec l'acétate de benzidine et de cuivre. Cette méthode a été largement abandonnée suite à la nature carcinogénique de la benzidine (Bradbury et Egan, 1992) et a été remplacée par une réaction du cyanure à base tétrae (4,4'-méthylenebis-(*N*, *N*-diméthylaniline) et acétate de cuivre (Feigl et Anger, 1966; Bradbury et Egan, 1992).

17. La réaction Guignard peut former sa couleur caractéristique de produit avec des produits chimiques autres que le cyanure (Bradbury *et al.*, 1991; Alonso-Amelot et Oliveros, 2000). L'évolution de l'acide cyanhydrique dans un flux de gaz et le piégeage de carbonyles volatils interférents dans la solution acide de 2,4-dinitrophénylhydrazine a été employée (Alonso-Amelot et Oliveros, 2000). La méthode papier au picrate alcalin communément employée implique l'hydrolyse enzymatique des glucosides cyanogéniques dans un tube scellé et la détection de l'acide cyanhydrique élaboré par réaction avec le picrate alcalin imprégné du papier suspendu au-dessus du mélange de la réaction afin de mesurer la phase gazeuse de l'acide cyanhydrique. Il n'est pas certain dans quelle mesure le papier picrate alcalin évite les réactions avec des espèces non-cyanure. Il devrait être noté que l'acide picrique utilisé dans la préparation du papier au picrate alcalin, est hautement explosif et la préparation du papier au picrate alcalin devrait être effectuée dans des conditions de laboratoires définies.
18. La réaction de König n'est pas spécifique au cyanure et réagira aussi au thiocyanate (Curtis *et al.*, 2002). Un nombre de réactifs peut être utilisé avec la réaction de König. Des études antérieures ont utilisé un réactif pyridine/pyrazolone (Cooke, 1978). Il a été constaté que l'acide pyridine/barbiturique était moins cher et plus stable (Bradbury *et al.*, 1991). La pyridine est un produit chimique à l'odeur désagréable avec des effets potentiellement nocifs sur la santé humaine. Un réactif de coloration alternatif basé sur l'acide isonicotinique/barbiturique a été proposé qui évite l'emploi de la pyridine, sans aucune perte de la sensibilité (Nagashima, 1978). Ce réactif de coloration a été ensuite employé pour l'analyse de l'acide cyanhydrique dans la matière végétale (Essers *et al.*, 1993; Haque et Bradbury, 2002; Cressey et Saunders, unpublished). Il devrait être noté que l'acide barbiturique est répertorié en tant que narcotique dans certains pays, ce qui peut compliquer l'accès à ce réactif.

Mesure du cyanure -autres techniques

19. Des techniques de biocapteur ont été développées pour détecter du cyanure (Keusgen *et al.*, 2004; Mak *et al.*, 2005). Ces techniques emploient des biocapteurs pour détecter la dégradation des produits (formiate et ammoniac) formés par l'hydrolyse du cyanure par une enzyme hydrolase de cyanure. Ces techniques ont été développées pour une surveillance environnementale et ne semblent pas avoir été développées dans des applications commerciales.
20. Le Comité européen de normalisation (CEN) a récemment publié une norme pour la détermination de l'acide cyanhydrique dans les aliments destinés aux animaux, incluant le manioc (European Committee for Standardization (CEN), 2012). L'acide cyanhydrique est quantifié par une phase inversée HPLC de taurine/2,3-naphtalène dicarboxy-d'aldéhyde (NDA) d'acide cyanhydrique dérivé. La norme inclut également les résultats d'un essai interlaboratoires collaboratif. Le composant HPLC de la méthode est basée sur une méthode antérieurement développée pour déterminer le cyanure dans les globules rouges (Sano *et al.*, 1992).
21. Une autre technique HPLC a été développée pour la détermination de l'acide cyanhydrique total provenant de l'huile de lin. (Chadha *et al.*, 1995) La méthode implique la chromatographie en ion de la matière végétale autolysée avec détection ampèremétrique. Des échantillons ont été nettoyés en les faisant passer à travers un filtre de masse moléculaire avant l'analyse.
22. L'acide cyanhydrique total issu des graines a été déterminé par autolyse suivie de la distillation dans une solution de base forte. Le cyanure a été converti en ammonium par excès de permanganate de potassium et déterminé par spectrométrie d'absorption de moléculaire en phase gazeuse en utilisant un spectrophotomètre d'absorption atomique modifié (Kupchella et Syty, 1984)

Détermination de la performance des méthodes d'analyse

23. Il existe une variation considérable du degré selon lequel différentes études ont défini la performance de leur méthode analytique.
24. Les limites de détection ne sont pas souvent signalées et dans certains cas lorsqu'elles sont signalées elles semblent être les limites de détectabilité du matériel (Campa *et al.*, 2000; Curtis *et al.*, 2002; Drochioiu *et al.*, 2008), plutôt que les limites de détection de la méthode. Les limites de détection de la méthode pour le manioc et les produits dérivés du manioc semblent être approximativement dans la gamme de 1 à 10 mg/kg poids humide. Ces limites de détection sont adéquates pour soutenir les normes actuelles pour la farine de manioc comestible et le manioc sucré avec des niveaux pour l'acide cyanhydrique total de 10 et 50 mg/kg, respectivement (Commission du Codex Alimentarius, 1995a; 2011). Toutefois dans de nombreux cas ils sont adéquats pour soutenir la norme actuelle pour le gari, avec un niveau pour l'acide cyanhydrique libre de 2 mg/kg (Commission du Codex Alimentarius, 1995b).
25. L'établissement de la précision des méthodes est entravé par l'absence de documents de référence normalisés ou certifiés pour l'acide cyanhydrique total dans le manioc et les produits dérivés du manioc. Un essai interlaboratoires collaboratif a été signalé, qui fournit des informations utiles sur la performance d'une méthode unique (voir paragraphe 19 ci-dessus) (European Committee for Standardization (CEN), 2012).
26. Des études comparant différentes études analytiques ont dans l'ensemble indiqué un bon accord pour la détermination de l'acide cyanhydrique total (Kobaisy *et al.*, 1996; Djazuli et Bradbury, 1999; Haque et Bradbury, 2002). Toutefois ces études ont été effectuées dans un laboratoire unique et ont réalisé uniquement des comparaisons qualitatives entre les méthodes plutôt que d'appliquer les tests statistiques permettant d'identifier les écarts (par exemple le test t de Student)

Évaluation

27. Tandis qu'il est possible de déterminer l'acide cyanhydrique total dans le manioc en déterminant les composés individuels de contributions, aucune méthode n'a été signalée qui quantifie de manière fiable tous les contributeurs potentiels. Il est préférable que l'acide cyanhydrique total soit déterminé par une technique adaptée qui convertisse tous les contributeurs en acide cyanhydrique.
28. Il n'est pas recommandé que les glucosides cyanogéniques soient hydrolysés par autolyse (incubation des échantillons pour utiliser des enzymes β -glucosidase endogènes), puisque les niveaux d'enzyme dans les aliments peuvent être variables ou les enzymes peuvent avoir été dénaturés par la transformation des aliments.
29. L'hydrolyse acide est moins coûteuse que l'utilisation de préparations enzymatiques commerciales et est applicable à toute matière végétale cyanogénique. Toutefois, l'hydrolyse acide est probablement plus exigeante sur le plan technique que l'hydrolyse enzymatique.
30. La détection spectrophotométrique des produits de réaction au cyanure (Guignard ou König) ou l'analyse CLHP (concentration de la solution de référence du glucose) suivant la dérivation postcolonne apparaît être la méthode la plus courante actuellement utilisée pour déterminer l'acide cyanhydrique total à partir des matières végétales cyanogéniques.
31. Les méthodes HPLC requièrent une étape de nettoyage additionnel afin de préparer les échantillons pour la chromatographie. L'investissement du capital dans le matériel sera aussi plus grand. Toutefois les méthodes utilisant la détection CLHP du cyanure sont probablement plus spécifiques et ont manifesté une bonne sensibilité (par ex. une limite de quantification de 2 mg/kg d'acide cyanhydrique (HCN) devrait normalement être obtenue pour la méthode standard de l'Union européenne pour l'alimentation animale.)
32. La méthode au picrate apparaît être la meilleure option pour une méthode d'essai sur le terrain et elle a été développée à cette fin. La méthode colorimétrique d'Untang *et al.* semble aussi être promise comme un outil de terrain mais n'a pas été essayée sur le manioc. Pour les analyses de laboratoire de base le papier de picrate ou les méthodes d'acide isonicotinique/d'acide barbiturique semblent être appropriées et la majorité des études récentes sur l'acide cyanhydrique total dans le manioc et les produits dérivés du manioc ont utilisé l'une ou l'autre de ces méthodes. Les méthodes utilisant la détection spectrophotométrique du cyanure (par exemple la méthode européenne de CLHP pour l'alimentation animale) sont probablement actuellement la « norme d'excellence » à cause de la spécificité de la détection technique.
33. Les informations disponibles sont très limitées sur la performance relative des différentes méthodes. Les comparaisons disponibles ont été effectuées dans un laboratoire unique.
34. Une seule étude interlaboratoires collaborative a été signalée en Europe pour la méthode HPLC mentionnée ci-dessus. Aucune autre étude collaborative sur les méthodes pour l'acide cyanhydrique total n'a été trouvée et aucune étude collaborative qui examine la gamme des méthodes n'a été trouvée.
35. Les limites de détection de la méthode publiées indiquent que le test de sensibilité est généralement adéquat pour soutenir les normes Codex pour la farine de manioc comestible et le manioc sucré mais la plupart des méthodes semblent être insuffisamment sensibles pour tester les niveaux les plus stricts dans la norme pour le gari. La méthode HPLC de l'Union européenne (European Committee for Standardization (CEN), 2012) et la méthode picrate modifiée (Bradbury, 2009; Burns *et al.*, 2012) ont signalé des limites de détection acceptablement basses.
36. La définition de la méthode analytique de performance pour différentes méthodes est entravée par l'absence de matériaux de référence certifiés et d'essais interlaboratoires collaboratifs. Il existe aussi une variation considérable du degré auquel les différentes études ont signalé la performance de la méthode analytique (par exemple limite de détection, coefficient de variation, taux de récupération).

Annexe 2: Liste des Participants

Australie

Dr Leigh Henderson (Chair)
Food Standards Australia New Zealand (FSANZ)
PO Box 10559
Wellington
NEW ZEALAND
Email: leigh.henderson@foodstandards.govt.nz

Dr Glenn Stanley
Food Standards Australia New Zealand (FSANZ)
55 Blackall Street
Barton ACT 2600
AUSTRALIA
Email: glenn.stanley@foodstandards.gov.au

Brésil

Lígia Lindner Schreiner
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
(INMETRO)
Email: ligia.schreiner@anvisa.gov.br

Canada

Ms Roni Bronson
Chemical Health Hazard Assessment Division
Bureau of Chemical Safety, Food Directorate
Health Products and Food Branch
Health Canada
Email: roni.bronson@hc-sc.gc.ca

Chine

Dr Dawei Chen
Department of Chemical Lab
Key Lab of Food Safety Risk Assessment, Ministry of Health
(CFSA)
China National Center for Food Safety Risk Assessment (CFSA)
7 Panjiayuan Nanli, Beijing 10021
Tel: 86-10-67776789
Fax: 86-10-67776789
Email: dila2006@163.com

Ms Shao Yi
National Committee Secretariat for Food Safety Standard
China National Center for Food Safety Risk Assessment (CFSA)
7 Panjiayuan Nanli, Beijing 10021
Tel: 86-10-67776790
Fax: 86-10-67776790
Email: sy1982bb@yahoo.com.cn

Professor Dr Yongning WU
China National Center for Food Safety Risk Assessment (CFSA)
Key Lab of Food Safety Risk Assessment, Ministry of Health
(CFSA)
7 Panjiayuan Nanli, Beijing 10021
Tel: 86-10-67776790
Fax: 86-10-67776790
Email: china_cdc@yahoo.cn wuyncdc@yahoo.com.cn

Colombie

Mónica Sofia Cortes Muñoz
Email: monica.cortes@minagricultura.gov.co

Gustavo Alvaro Wills
Email: Gawillsf@unal.edu.co

Sandra Nayibe Vega
Email: svega@ins.gov.co

République dominicaine

Dr. Matilda Vasquez
Ministry of Public Health
Ministerio de Salud Pública (MSP)
Tel. (Direct): + 809-541-0382
Other Tel. +809-541-3121, ext. 2382
Email: codexsespas@yahoo.com; codexsespas@gmail.com;

Union européenne

Bernadette Klink-Khachan
European Union Codex Contact Point
European Commission
DG Health and Consumers Directorate-General
Unit G06: Multilateral International Relations
Tel: +32-2-295 79 08
Email: codex@ec.europa.eu

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

Fidji

Mr Samuela BOLALILAI
Ministry of Health
P. O. Box 2223
Government Buildings
Suva, FIJI
Tel: +679 330 6177
Fax: +679 333 1434
Email: samuella.bolalilai@health.gov.fj

Mrs Miliakere NAWAIKULA
Department of Agriculture, Ministry of Primary Industry
Koronivia Research Station, P.O. Box 77
Nausori
FIJI
Tel: +679 347 7738
Fax: +679 347 7546
Email: miliakere.nawaikula@govnet.gov.fj

FSM –États Fédérés de Micronésie

Mr Moses PRETRICK
 Environmental Health & Preparedness Unit
 Division of Health Services
 FSM Dept. of Health & Social Affairs
 PO Box PS-70
 Palikir, Pohnpei FM 96941
 Federated States Of Micronesia
 Tel: +691 320 8300
 Fax: +691 320 8460
 Email: mpretrick@fsmhealth.fm

Mr John P. WICHEP
 FSM Department of Resources & Development
 P. O. Box PS-12
 Palikir, Pohnpei FM 96941
 Palikir, Pohnpei,
 Federated States Of Micronesia
 Tel: +691 320 5133 2646
 Fax: +691 320 5854
 Email: jwickep@fsmrd.fm

Ghana

Mr. Kwamina Van-Ess
 Kwamina Van-Ess and Associates
 Accra
 Ghana
 Tel: +233 244 653 167
 Email: kwaminav@yahoo.com

Joyce Okoree
 Codex Contact Point
 Ghana Standards Authority
 P. O. Box MB 245
 Accra
 Ghana
 Tel: +233 243 785 375
 Email: codex@gsa.gov.gh

Indonésie

Tetty H Sihombing
 National Agency of Drug and Food Control
 Indonesia
 Email: tettyhelfery@yahoo.com, codexbpom@yahoo.com

Jamaïque

Ms. Chanoya Kidd
 Regulatory Division
 Bureau of Standards Jamaica
 Email: ckidd@bsi.org.jm

Dr. Dwight Ramdon
 Chemistry Department
 Bureau of Standards Jamaica
 Email: dramdon@bsi.org.jm

Japon

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

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

Dr Takashi SUZUKI
 Standards and Evaluation Division,
 Department of Food Safety,
 Ministry of Health, Labour and Welfare
 1-2-2 Kasumigaseki, Chiyoda-ku Tokyo 100-8916, Japan
 Email: codexj@mhlw.go.jp

Dr Tomoaki TSUTSUMI
 Division of Foods
 National Institute of Health Sciences
 1-18-1 Kamiyoga, Setagaya-ku, Tokyo 158-8501, JAPAN
 Email: tutumi@nihs.go.jp

Mr. Tetsuo URUSHIYAMA
 Food Safety and Consumer Policy Division Ministry of Agriculture,
 Forestry and Fisheries
 1-2-1 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo, 100-8950 Japan
 Email: tetsuo_urushiyama@nm.maff.go.jp,
codex_maff@nm.maff.go.jp

Malaisie

Ms Fauziah Arshad
 Standard and Codex Branch
 Food Safety and Quality Division
 Ministry of Health Malaysia
 Tel: +603 8885 0794
 Email: fauziaharshad@moh.gov.my

Codex Contact point
 Email: ccp_malaysia@moh.gov.my

Ms Maria Afiza Omar
 Email: maria.afiza@moh.gov.my

Ms Raizawanis Abdul Rahman
 Contaminant Section
 Food Safety and Quality Division
 Tel: +603 8885 0783
 Email: raizawanis@moh.gov.my

Nouvelle-Zélande

Mr John Reeve
Ministry for Primary Industries
Wellington
NEW ZEALAND
Email: john.reeve@mpi.govt.nz

Dr Peter Cressey
ESR (Institute of Environmental Science and Research Ltd)
Christchurch Science Centre
27 Creyke Road
PO Box 29-181
Christchurch 8540
NEW ZEALAND

Nigéria

Dr Abimbola O. ADEGBOYE (Co-Chair)
NAFDAC, Lagos, Nigeria.
Tel: +234 805 317 0810 +234 813 797 9705
Email: bimbostica@yahoo.com

Dr Adeyinka Oludiran
SIDHAS-FCT
Zonal Manager, NC Zonal Office.
Abuja, Nigeria
Email: aoludiran@sidhas.org
adeyinkaoludiran@yahoo.com

Dr Olatunde Oluwatola
Nigeria Institute of Food Science and Technology
NIFST
Email: pacetola@yahoo.com

Prof Oluleye
Registrar
Institute of Public Analysts of Nigeria
Email: dsoluleye@gmail.com

Prof L. O. Sanni
President NIFST
Department of Food Science and Technology
University of Agriculture Abeokuta
lsanni@cgjar.org lateef_2@yahoo.com
Email: nifstoffice@yahoo.com info@nifst.org

Dr E. Okorono
National Root Crops Research Institute
Umudike Abia State Nigeria
Email: ekeokorono@yahoo.com

Dr. O. Fayinminu
Department of Environmental Biology
University of Ibadan
Email: Olorijkb2008@yahoo.com

Mr. M George
Standards Organisation of Nigeria
SON, Abuja, Nigeria
Email: bob_king_george@yahoo.com

Mrs Jane Omojokun
National Agency for Food and Drug Administration and Control
445 Herbert Macaulay Way Yaba Lagos Nigeria
Email: omojokun.j@nafdac.gov.ng

Dr. M. Eimunjeze
National Agency for Food and Drug Administration and Control
445 Herbert Macaulay Way Yaba Lagos Nigeria
Email: eimunjeze.m@nafdac.gov.ng

Dr. M. A. Abubakar
National Agency for Food and Drug Administration and Control
445 Herbert Macaulay Way Yaba Lagos Nigeria
Email: abubakarma62@yahoo.com

Dr O. Oluwole
Federal Institute for Industrial Research Oshodi
FIIRO
Oshodi
Lagos
Email: toyinoluwole2@yahoo.com

Philippines

Mary Grace Gabayoyo
Laboratory Services Division, Food and Drug Administration,
Department of Health - Philippines
Civic Drive, Filinvest Corporate City, Alabang, Muntinlupa City,
Philippines
Tel: +6328571900 local 8201
Email: mggabayoyo@yahoo.com

Karen Kristine Roscom
Standards Development Division, Bureau of Agriculture and
Fisheries Product Standards,
Department of Agriculture - Philippines
BPI Compound, Visayas Ave. Diliman, Quezon City, Philippines
Tel: +6324552858 Telefax no.: +6329206131
Email: kroscom@yahoo.com

Papouasie-Nouvelle-Guinée

Codex Contact Point
Email: codexcontactpoint.png@gmail.com

République de Corée

Kil-jin Kang
Korea Food & Drug Administration
Email: catharina@korea.kr gjgang@korea.kr

Samoa

Codex Contact Point
Email: codex.samoa@mcil.gov.ws

Ms Julia PETELO
Email: julia.petelo@mcil.gov.ws

Mr Dirk SCHULZ
FAO Sub-Regional Office for the Pacific (SAP)
Apia, SAMOA
Tel: +685 22127
Fax: +685 22 126
Email: dirk.schulz@fao.org

Îles Solomon

Ethel Lano Mapolu
Email: emapolu@moh.gov.sb

Suriname (République du Suriname)

Mr. Robert, K.Kross PhD
Email address: robert.kross@uvs.edu
robert_kross@hotmail.com

Vanuatu

Mrs Ruth AMOS - SECONDARY
Food Technology Development Centre & Analytical Unit
Email: ramos@vanuatu.gov.vu

Mrs Tina Soaki-La'au
Food Technology Development Centre & Analytical Unit
Email: tsoaki@vanuatu.gov.vu

Mr Tekon Timothy TUMUKON
National Market Access Coordinator Vanuatu
Email: t.tumukon@phama.com.au

Organisation internationale de l'industrie des produits aromatiques (IOFI)

Dr T. Cachet
IOFI
6, Avenue des Arts
B-1210 Brussels
BELGIUM
Email: tcachet@iofiorg.org