



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

**Quatorzième session
Utrecht, Pays-Bas, 20-24 avril 2020**

**DOCUMENT DE DISCUSSION SUR
LES NIVEAUX D'ACIDE CYANHYDRIQUE ET DE CONTAMINATION PAR LES
MYCOTOXINES DANS LE MANIOC ET LES PRODUITS À BASE DE MANIOC**

(Préparé par le groupe de travail électronique
présidé par le Nigéria et co-présidé par le Ghana)

GÉNÉRALITÉS

CCCF11 (2017)

1. Le CCCF11 a examiné une requête du Comité FAO/OMS de coordination pour l'Afrique (CCAFRICA) visant à savoir s'il était approprié d'étendre la limite maximale (LM) existante pour l'acide cyanhydrique (HCN) de 2 mg/kg dans le gari, aux produits fermentés à base de manioc, et si la présence de mycotoxines dans ces produits constituait un problème de santé publique.
2. Sur la base de la demande du CCAFRICA22 (2017), le CCCF11 a recommandé¹ qu'un groupe de travail électronique (GTE) présidé par le Nigéria soit établi, en vue de préparer un document de discussion afin d'aborder les questions suivantes :
 - a. Le besoin et la faisabilité d'établir une ou des LM pour le HCN dans le manioc et les produits à base de manioc et aborder la question de l'harmonisation de l'expression des niveaux de HCN, c'est-à-dire l'acide cyanhydrique libre ou total.
 - b. Source de données sur l'occurrence de mycotoxines dans ces produits, qui permettraient au CCCF de déterminer si la contamination par des mycotoxines constitue un problème de santé publique dans ces produits.

CCCF12 (2018)

3. Le GTE a mené son mandat à bien et a présenté un document de discussion² pour examen par le CCCF12 (2018), lequel n'a toutefois pas pu être abordé en raison de l'absence imprévue du Nigéria, président du GTE. Le document de discussion a été reporté pour présentation au CCCF13 (2019), tandis que les membres du Codex et observateurs ont été encouragés à continuer de soumettre de nouvelles données à la plateforme GEMS/Aliments.³
4. Le document de discussion⁴ a été mis à jour par le Nigéria et les conclusions et recommandations ont été soumises au CCCF13 pour examen.

CCCF13 (2019)

5. Le CCCF a examiné les conclusions et recommandations relativement à l'opportunité et la faisabilité d'établir des LM pour le HCN, ainsi que le développement d'un document d'orientation en matière de gestion des risques, en vue de prévenir et/ou réduire la contamination par les mycotoxines du manioc et des produits à base de manioc, et il a convenu⁵ comme suit :
 - (a) établir un GTE, présidé par le Nigéria et co-présidé par le Ghana, afin de préparer un document de discussion pour examen lors du CCCF14 (2020) :
 - (i) information sur l'image globale des produits fermentés à base de manioc en tenant compte des questions posées dans les observations écrites et les points soulevés dans le cadre du CCCF13 ; et

¹ REP17/CF. par. 14-15

² CX/CF 18/12/13

³ REP18/CF. paragraphe 125

⁴ CX/CF 19/13/14

⁵ REP19/CF. par. 128-145

- (ii) identification de mesures d'atténuation afin d'étayer le développement d'un Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination du manioc et des produits à base de manioc par les mycotoxines, en tenant compte des points soulevés dans le cadre de cette session.
 - (b) informer le CCAFRICA des discussions sur les LM pour le HCN dans les produits fermentés à base de manioc et du possible développement d'un Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination du manioc et des produits à base de manioc par les mycotoxines.
6. Le GTE a revu le document de discussion⁴ présenté lors du CCCF13 sur la base des considérations formulées lors de la session plénière, informations soumises en réponse à la lettre circulaire CL 2019/74-CF réclamant des informations sur les mesures d'atténuation pour la contamination du manioc et des produits à base de manioc par les mycotoxines, ainsi que des informations fournies et de la discussion menée par des membres du GTE. La liste des participants se trouve à l'Appendice III.

CONCLUSIONS

7. Le GTE est parvenu aux conclusions suivantes :

CONTAMINATION DU MANIOC ET DES PRODUITS A BASE DE MANIOC PAR LES MYCOTOXINES

8. Il y a suffisamment de matériaux à partir desquels tirer des informations pour le développement d'un Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination du manioc et des produits à base de manioc par les mycotoxines. Ce n'est pas surprenant, étant donné que les conditions qui font que les champignons, précurseurs des mycotoxines, se développent, sont les mêmes quelles que soient la matrice et leurs sources nutritives. Le Codex en dispose en abondance. Les résultats de certaines des études en cours sur le manioc et les produits à base de manioc, pourraient traiter de l'effet des étapes du processus unitaire sur la réduction ou autre des mycotoxines dans le manioc et les produits à base de manioc.
9. Étant donné que le manioc et les produits à base de manioc continuent à connaître un accroissement au niveau du commerce régional et international, le développement d'un tel Code d'usages peut aider à contenir la contamination par les mycotoxines.
10. Le Code d'usages doit utiliser le format et le contenu figurant dans le *Code d'usage existant pour la réduction du HCN dans le manioc et les produits du manioc* (CXC 73-2013) et il doit également prendre en considération l'application de l'analyse des dangers et points critiques pour leur maîtrise (HACCP) dans la transformation des racines de manioc, en vue d'identifier des points de contrôle critiques dans la prévention de la contamination fongique et du développement subséquent de mycotoxines.
11. Vous trouverez dans l'Appendice I d'autres informations à l'appui de la recommandation ci-dessus.

NIVEAUX DE HCN DANS LE MANIOC ET LES PRODUITS À BASE DE MANIOC

12. Le manioc et les produits à base de manioc ont suscité l'attention accrue des Comités du Codex au fil des ans et il existe des textes du Codex soutenant leur sécurité, leur qualité et leur commerce. Ces textes incluent les *Normes Codex pour le gari* (CXS 151-1985), *la farine comestible de manioc* (CXS 176-1989), *le manioc doux* (CXS 238-2003) et *le manioc amer* (CXS 300-2010), ainsi que le *Code d'usages pour la réduction du HCN dans le manioc et les produits à base de manioc* (CX/C 73-2013). Ils ont fourni une orientation sur les caractéristiques du produit fini comprenant l'étiquetage, la culture, les opérations avant et après récolte, la transformation, le conditionnement et la distribution de manioc et de produits à base de manioc, particulièrement dans la prévention et la réduction de l'acide cyanhydrique.
13. Tandis que les étapes de transformation recommandées par le Codex, une fois adoptées, se sont avérées efficaces dans la réduction de la teneur en cyanure, la promotion délibérée et le remplacement massif des cultivars de manioc amer *Manihot utilissima Pohl* par des cultivars de manioc doux *Manihot esculenta Crantz* pourraient s'avérer comme la solution durable à la probabilité de l'occurrence de la toxicité du cyanure.
14. Alors que le commerce mondial des granulés de manioc pour les usines d'aliments du bétail et autre usage industriel existe depuis des années, le commerce international et régional de tubercules de manioc frais traités et de produits alimentaires dérivés du manioc gagne du terrain et pourrait s'avérer comme procurant un immense avantage économique pour les paysans dans les pays en voie de développement, qui sont les plus gros producteurs de manioc.
15. L'essai analytique constitue le meilleur moyen de déterminer des niveaux de HCN à chaque étape de la chaîne de valeur. L'essai pour le HCN apparaît encore plus prometteur lorsque l'on emploie la

combinaison d'un senseur chimique à base de corrine (pour la détection instantanée de HCN lié) associé à la méthode spectrophotométrique pour une quantification rapide du HCN total, car ceci permet la détermination de différentes formes de HCN - total, lié et libre, à la fois dans les produits de manioc agricoles, alimentaires et industriels.

16. Il est pertinent de noter que depuis l'apparition des documents d'orientation du Codex, les incidences de toxicité du manioc sont devenues progressivement rares dans le monde entier. Cependant, il existe un certain nombre d'études en cours dans certains pays membres (Brésil, Nigéria et probablement d'autres encore) sur les effets des unités de transformation et des conditions sur le HCN résiduel dans les produits de manioc durant divers étapes d'ajout de valeur et dans les produits finis, y compris ceux prêts à être consommés.
17. Il est recommandé d'attendre les résultats de ces études pour une orientation sur l'opportunité de définir une limite maximale de HCN séparée pour chacun des produits à base de manioc, ou autre.
18. Vous trouverez dans l'Appendice II d'autres informations à l'appui de la recommandation ci-dessus.

RECOMMANDATIONS

19. Le CCCF est invité à concentrer sa discussion sur les recommandations ci-dessous, en prenant en considération les conclusions auxquelles est parvenu le GTE et les informations à l'appui fournies dans les Appendices I et II.

Contamination du manioc et des produits à base de manioc par les mycotoxines

20. Développer un Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination du manioc et des produits à base de manioc par les mycotoxines.

Niveaux de HCN dans le manioc et les produits à base de manioc

21. Attendre la disponibilité de données et informations supplémentaires pour réévaluer le besoin et la faisabilité d'établir des LM pour le manioc et les produits à base de manioc.

APPENDICE I

**MESURES POUR PRÉVENIR ET RÉDUIRE LA CONTAMINATION DU MANIOC ET DES PRODUITS À
BASE DE MANIOC PAR LES MYCOTOXINES
(Pour information)**

1.0 Préambule

1. Après la canne à sucre, le maïs, le blé, le riz, les pommes de terre, le soja, les fruits du palmier à huile et la betterave sucrière, le manioc est 9^{ème} culture la plus produite dans le monde. Il est produit dans 102 pays, couvrant 26 342 326 hectares des terres dédiées à la production alimentaire mondiale, et jusqu'à 296 855 459 tonnes ont été produites (FAO, 2017). Les principaux producteurs mondiaux de manioc en 2017, étaient le Nigéria, la République démocratique du Congo, la Thaïlande, l'Indonésie, le Brésil, le Ghana, l'Angola, le Cambodge, le Vietnam, le Mozambique, le Cameroun, la Côte d'Ivoire et la République unie de Tanzanie, avec une contribution de plus de 5 millions de tonnes chacun. Selon la FAO (2014), la valeur de production nette mondiale du manioc en 2014 était de 26,1 milliards de dollars US. Il existe de nombreux cultivars et espèces de manioc ; cependant, elles tombent dans une ou deux catégories, les variétés amères et douces, en fonction des niveaux de glucoside cyanogène. Les variétés amères présentent une teneur élevée (≥ 100 mg/kg) et les variétés douces, une teneur faible (≤ 50 mg/kg). Le manioc est généralement transformé et consommé sous diverses formes qui peuvent être différentes d'un pays à l'autre. Généralement, un objectif de la transformation du manioc est de réduire sa teneur en glucoside cyanogène au niveau le plus bas possible.

Quelques notes d'information sur les mycotoxines :

- i. La présence de toxines fongiques dans les produits de manioc a été examinée dans le document de discussion présenté lors du CCCF13 (2019) (CX/CF 19/13/14). Ces mycotoxines entraînent des conséquences sanitaires et économiques. Parmi le groupe de mycotoxines signalé, les aflatoxines et les ochratoxines apparaissaient le plus souvent.
- ii. Les aflatoxines (AF) sont des toxines très puissantes qui sont signalées dans un large éventail de produits agricoles. Elles sont produites principalement par l'*Aspergillus flavus*, l'*Aspergillus parasiticus* et l'*Aspergillus nomius*. Les aflatoxines sont parmi les composés cancérogènes, tératogènes et mutagènes connus les plus puissants. Les aflatoxines majeures que l'on trouve communément dans les denrées agricoles, sont les aflatoxines B1, B2, G1 et G2, parmi lesquelles l'aflatoxine B1 est la plus puissante et a été classée comme cancérogène de groupe 1 par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). La quantité d'aflatoxines dans les produits de consommation humaine et animale est surveillée et régulée de manière stricte dans la plupart des pays.

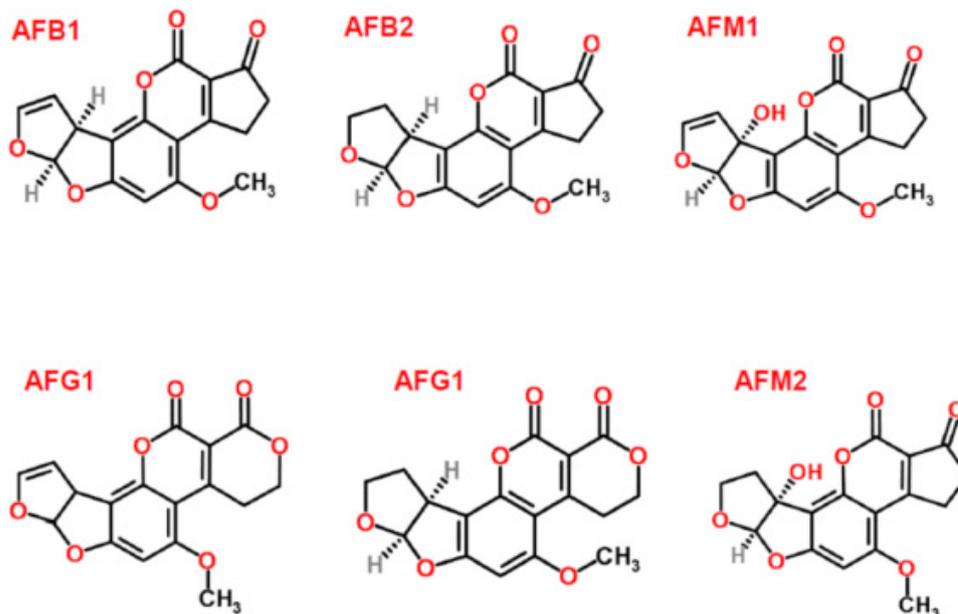


Figure 1. Structures chimiques des aflatoxines

- iii. Les ochratoxines constituent un groupe de toxines produites par l'*Aspergillus ochraceus*, l'*Aspergillus carbonarius* et le *Penicillium verrucosum*, les trois plus importantes étant les ochratoxines A, B et C. Parmi ces trois, l'ochratoxine A est la plus puissante d'un point de vue toxigénique. On trouve les ochratoxines en tant que contaminants naturels dans les arachides, le maïs, les céréales entreposées, les raisins secs et le café entre autres, et elles sont toxiques pour les humains et le bétail. En fonction

des espèces hôtes, ces mycotoxines peuvent agir en tant que néphrotoxines, hépatotoxines, immunotoxines, neurotoxines, tératogènes ou cancérigènes (O'Brien et Dietrich, 2005) ; cependant, les reins représentent la principale cible pour la toxicité.

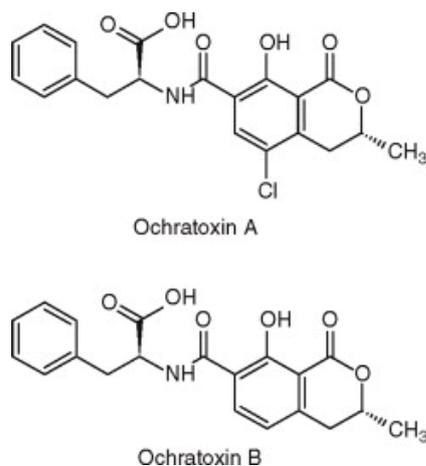


Figure 2. Structures chimiques des ochratoxines

- iv. La présence de moisissures est associée à des régions ayant un climat et des conditions de sol qui permettent la culture du manioc à la fois à petite et à grande échelle. La prédominance de plusieurs espèces de champignons qui sont impliqués dans la production de mycotoxines, diffère généralement d'une région à l'autre. Les champignons qui peuvent être trouvés dans le sol et la poussière, les résidus des plantes cultivées, le manioc et les produits à base de manioc stocké au niveau des installations de transformation ou de stockage, sont généralement associés à la contamination pré-récolte et/ou post-récolte du manioc et des produits à base de manioc.
- v. La gravité de l'infection et la propagation fongiques au stade pré-récolte, dépend largement des facteurs environnementaux et climatiques dominants qui peuvent être différents d'une année à l'autre et d'une région à l'autre. Elle dépend également de la présence d'inoculum, ainsi que de la pratique agricole. Le degré d'endommagement de la culture par les rongeurs, insectes et autres organismes, influence également la gravité de la contamination (*Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination des céréales par les mycotoxines* (CXC 51-2003)). Les bonnes pratiques agricoles (BPA) et les bonnes pratiques de fabrication (BPF) pourraient jouer un rôle majeur dans la réduction de la gravité. Le risque d'infection fongique après la récolte et de production de mycotoxines dans les céréales entreposées, augmente avec la durée de l'entreposage (CXC 51-2003).
- vi. Comme c'est le cas avec d'autres cultures, la prévention totale de la dissémination par des espèces fongiques toxigènes pré-récolte et post-récolte n'est pas réalisable dans la pratique, même lorsque les BPA et les BPF sont respectées. Donc, la présence intermittente de certaines mycotoxines dans le manioc et les produits à base de manioc destinés à l'alimentation humaine ou animale, est inévitable. Par conséquent, il est important de procéder au suivi assidu des produits pour identifier les diverses conditions qui favorisent la contamination fongique et l'accumulation des mycotoxines (CXC 51-2003).
- vii. Cette note d'information est basée sur les connaissances actuelles disponibles concernant la production et la transformation du manioc. Il est important de poursuivre l'examen des informations en vue d'acquérir une connaissance accrue et d'améliorer les pratiques tout au long de la chaîne de valeur, de la ferme à la consommation.

2.0 Pratiques recommandées applicables à la phase de préplantation

Sélection des terres agricoles

2. Ceci est absolument essentiel. Un sol fertile doit être sélectionné. Le sol privilégié est un sol limoneux avec un bon drainage. L'agriculteur doit éviter de planter dans des vallées, afin d'éviter les inondations. L'eau des inondations pourrait transporter un inoculum fongique en provenance d'une ferme infectée (Edia, 2018).

Défrichage et préparation des terres agricoles.

3. Une fois les terres sélectionnées, celles-ci doivent être défrichées et les débris doivent être éliminés correctement. Le sol doit être ameubli par **labourage**, afin de réduire la contrainte au niveau des racines de manioc, particulièrement durant la période de grossissement, et également favoriser le développement de racines saines.

Engrais organiques

4. Ils pourraient être ajoutés durant le labourage, afin d'augmenter la fertilité du sol ou pour traiter des déficiences spécifiques en matière de nutriment du sol. Les **billons ou buttes** doivent être séparés de 0,75 à 1 m. Ceci sera également déterminé par la pratique agricole, avec le manioc seul ou planté avec d'autres cultures (Edia, 2018).

Sélection de la variété (cultivar) de manioc

5. Les éléments suivants doivent être pris en compte lors de la sélection de la variété de manioc : capacité à germer, capacité à bien se conserver dans le sol, capacité à résister aux champignons et autres agents phytopathogènes, résistance aux ravageurs et maladies, longue durée de conservation et teneur en amidon élevée. Lorsque cela est possible, des boutures de manioc qui sont exemptes de champignons toxigènes doivent être plantées.

6. À titre d'exemple, l'Institut International de l'Agriculture Tropicale (IITA) et l'Institut de recherche nationale des plantes-racines nigérian (NRCRI), ont développé tous deux respectivement les variétés de manioc UMUCASS 42 et UMUCASS 43. Ces deux variétés ont de bonnes performances avec un haut rendement et un taux élevé de matière sèche. Les variétés résistent également aux principaux ravageurs et maladies qui affectent le manioc dans le pays, y compris la mosaïque du manioc, la bactériose du manioc, l'antracnose du manioc, la cochenille du manioc et l'acarien vert du manioc (www.iita.org).

3.0 Pratiques recommandées applicables au stade de plantation et au stade pré-récolte

Plantation

7. Pour obtenir un rendement maximal, les boutures de tiges d'une longueur de 25 cm sont recommandées pour une plantation avec un espace de 1 m x 1 m ; aucune tige morte ne doit être plantée. Cependant, différents producteurs peuvent adopter des pratiques légèrement modifiées, en fonction de la variété de manioc et de la région. Lorsque les boutures de manioc doivent être plantées, la méthode utilisée dépend des conditions climatiques et pluviométriques.

- **La plantation horizontale implique le placement des plants** à une profondeur de 5 à 10 cm dans le sol dans les *climats secs*,
- **La plantation verticale** implique le placement des boutures à la verticale afin d'éviter la pourriture, particulièrement *durant la saison des pluies*, tandis que
- **La plantation inclinée** implique le placement des boutures à 45 degrés, en laissant 2 à 3 nœuds au-dessus du sol. Ceci est recommandé dans les zones avec le *moins de précipitations*. La plantation doit être effectuée lorsque la chaleur du soleil est minimale ou absente, tel que tôt le matin ou dans la soirée.

8. Évitez de planter du manioc sur des terres où des arachides, du maïs, de la canne à sucre ou d'autres cultures hautement susceptibles ont été cultivés l'année précédente, car de tels sols sont vraisemblablement contaminés par *l'Aspergillus flavus*, *l'Aspergillus parasiticus* et les espèces liées. Les agriculteurs doivent planter durant le bon mois, en fonction de l'emplacement géographique.

Contrôle des mauvaises herbes

9. L'utilisation d'herbicide post-émergence est recommandée dès que des mauvaises herbes sont aperçues dans le champ. Dans certains cas, des herbicides pré-émergence pourraient être utilisés avant la plantation, afin de minimiser la pousse des mauvaises herbes. Les petites exploitations pourraient utiliser des binettes et coutelas pour éliminer les mauvaises herbes, mais il convient de veiller à ne pas provoquer de blessure mécanique sur la plante. Un équipement mécanisé pourrait être utilisé dans les grandes exploitations. Notez que la préparation des terres doit être effectuée correctement pour contrôler les mauvaises herbes au moins pendant les 3 premiers mois, afin d'obtenir un rendement optimal.

10. Certaines mauvaises herbes peuvent abriter des champignons toxigènes. Les mauvaises herbes peuvent également accroître le stress de la plante lorsqu'elles sont en compétition pour les nutriments, durant le développement de la plante. Les approches soit manuelle, soit mécanique, peuvent être utilisées pour le contrôle des mauvaises herbes ; les herbicides approuvés pourraient également être utilisés.

Application d'engrais

11. Le type et la quantité d'engrais à utiliser, sont basés sur la variété de manioc et la nature du sol. Des engrais pourraient être appliqués autour de 4 à 8 semaines après la plantation et 16 semaines après la plantation, et être appliqués à 6 cm en largeur et à 10 cm des tiges ou des feuilles de la plante de manioc. De même, il est conseillé d'effectuer une analyse du sol afin de déterminer quel type d'engrais appliquer.

Utilisation de pesticides

12. Des pesticides approuvés pourraient être utilisés afin de minimiser l'endommagement par les insectes et l'infection fongique autour de la culture. Des modèles prédictifs pourraient être utilisés pour planifier la meilleure période d'application et la meilleure méthode d'utilisation des pesticides.

Irrigation

13. Si l'irrigation est pratiquée, s'assurer que l'eau est répartie de façon régulière et que chaque plante en reçoit une quantité suffisante. L'irrigation est une méthode utile pour réduire le stress causé aux plantes dans certaines conditions de croissance. Les précipitations excessives pendant l'anthèse (floraison) favorisent la dissémination et l'infection par *Fusarium* spp.; par conséquent, l'irrigation devrait être évitée durant l'anthèse et durant le mûrissement des cultures.

4.0 Pratiques recommandées applicables au stade de récolte

Récolte mécanique / manuelle

14. Si du matériel de transformation mécanisé est disponible, il est conseillé de récolter le manioc dès que les racines sont arrivées à maturité. La récolte à la main est effectuée en soulevant la portion inférieure de la tige du plant de manioc et en coupant une partie en laissant une petite portion à la base de la plante, qui doit servir de poignée pour tirer la racine de manioc hors du sol. Ici, les tiges sont conservées pour être réutilisées lors de la prochaine saison de plantation, ou vendues à d'autres cultivateurs de manioc. Les feuilles peuvent également servir à l'alimentation animale.

Moyens de convoyage

15. Les conteneurs et les moyens de transport (p.ex. camions) à utiliser pour la collecte et le transport des racines récoltées du champ jusqu'aux installations de transformation, et aux installations de stockage, devraient être propres, secs et exempts de résidus de récolte, insectes et moisissures avant l'utilisation et la réutilisation.

Conditions de conservation

16. Préalablement à l'étape de transformation, les racines de manioc ne doivent pas être exposées au soleil, à des températures élevées, à des dommages mécaniques, etc., étant donné que les racines présentent encore une forte activité de l'eau, ce qui favorise le développement microbien. À ce stade, l'activité de l'eau varie entre 0,922 et 0,996 (Ono, 2020). Un flux continu doit être planifié de la récolte jusqu'au produit fini, afin que les racines ne soient pas entreposées pendant une longue période. La durée idéale s'établit autour de 2 à 3 jours, et l'excédent doit être emporté vers un lieu d'entreposage de matière première adapté (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2006).

5.0 Pratiques recommandées applicables aux stades post-récolte

Produits à base de manioc

17. Les racines de manioc peuvent être transformées en des produits à base de manioc fermenté et non fermenté. Ces produits, qui dépendent de la région, ont un large éventail d'applications, dont l'alimentation humaine, l'alimentation animale, les usages industriels tels que l'utilisation en tant que matière de remplissage et d'amidon pour vêtements, entre autres. Les étapes de transformation par l'intermédiaire desquelles ces divers produits sont obtenus, diffèrent et figurent dans le *Code d'usages pour la réduction du HCN dans le manioc et les produits à base de manioc* (CXC 73-2013). L'approche ici consiste à discuter des diverses étapes individuellement, mais non sous un nom de produit spécifique.

Lavage

18. Après la récolte, si la racine de manioc doit être transformée immédiatement, elle doit être lavée pour éliminer la saleté de sa surface ainsi que les microbes acquis par le sol. La source d'eau est un facteur important à ne pas négliger.

Épluchage

19. Les racines de manioc épluchées doivent être transformées immédiatement et elles ne doivent pas être entreposées non transformées. L'épluchage est effectué soit manuellement à l'aide d'un couteau, soit mécaniquement. Il est effectué pour retirer la portion extérieure non comestible des racines de manioc. L'épluchage doit être effectué dans un environnement propre, et non dans un environnement où d'autres récoltes ont été entreposées ; autrement, celles-ci serviront de sources de spores pour le manioc.

Cuisson par ébullition

20. Pour les variétés douces de racines de manioc qui peuvent être consommées après épluchage ou cuisson par ébullition, il est recommandé d'ébouillanter les racines immédiatement après l'épluchage. Ceci exposera tout champignon à des températures auxquelles il ne peut survivre.

Râpage et dépulpage

21. En fonction de la taille des racines qui doivent être transformées, ainsi que de l'équipement disponible, le râpage des racines de manioc peut être effectué manuellement ou à l'aide d'une râpe. Dans de nombreuses parties de l'Afrique, une plaque de métal perforée est utilisée pour le râpage manuel. Durant le râpage, les glycosides cyanogènes sont hydrolysés par l'enzyme, la linamarase. Des pratiques non hygiéniques à ce stade pourraient servir de source d'inoculation. L'environnement doit être maintenu dans un état propre et la râpe doit être lavée après chaque utilisation et entreposée au sec.

Fermentation

22. Le but de la fermentation dans la transformation du manioc, est l'élimination du cyanure, le développement de l'arôme et la stabilité du produit. La fermentation du manioc pour une transformation alimentaire traditionnelle, suit généralement un cours naturel. Une certaine recherche d'optimisation a été effectuée, en vue d'utiliser des cultures de ferments sélectionnés ; cependant, cette méthode n'est pas très répandue. Le sac ou le conteneur dans lesquels respectivement la pulpe râpée et la racine épluchée seront conservées, permettant une fermentation de 2 à 5 jours, seront maintenus dans un état propre à tout moment et particulièrement bien nettoyés avant utilisation, afin d'éviter qu'il soient une source naturelle d'inoculum.

Déshydratation

23. Ce processus consiste à éliminer l'eau des racines de manioc râpées et il est généralement effectué par pression. Le processus de déshydratation peut durer jusqu'à deux jours. La déshydratation peut être effectuée avant ou après la fermentation. L'élimination de l'eau doit être optimale et il convient de veiller à ne pas utiliser de matériels de transformation contaminés, car ils peuvent devenir des sources d'inoculation fongique.

Séchage

24. Il s'agit d'une phase importante. La pulpe de manioc fermenté est généralement étalée à l'air libre pour être séchée dans des conditions non-aseptiques, l'exposant donc aux insectes et rongeurs ainsi qu'aux impuretés véhiculées dans l'air. Chacun de ces éléments peut constituer une source d'inoculation fongique. De ce fait, le séchage doit s'effectuer dans un environnement contrôlé. Le séchage doit être effectué de manière correcte afin d'éviter l'humidité.

Tamisage

25. Le tamis devant être utilisé pour les prochaines étapes de transformation, doit être entreposé correctement et nettoyé avant utilisation.

Friture

26. La friture du gari, parmi d'autres produits à base de manioc fermenté, contribue à la siccité du produit fini, dissuadant ainsi toute autre prolifération fongique.

Entreposage

27. Les installations d'entreposage doivent être nettoyées avant d'y déposer les matières, pour éliminer la poussière, les spores fongiques, les résidus de cultures, les excréments d'animaux et d'insectes, la saleté, les insectes, les corps étrangers comme les cailloux, métaux et bris de verre, et autres sources de contamination. Les hangars, silos, bacs et autres matériaux de construction destinés à l'entreposage de manioc et de produits à base de manioc, doivent être secs et bien aérés. Ils doivent fournir une protection contre les nappes phréatiques, la condensation de l'humidité, la pluie, la pénétration de rongeurs, et les insectes dont l'activité rend les denrées alimentaires plus sensibles aux moisissures. Dans l'idéal, il devraient être en mesure de prévenir les larges fluctuations de température.

28. Pour les denrées ensachées, veiller à ce que les sacs soient propres, secs et empilés sur des palettes ou intercaler une couche imperméable à l'eau entre les sacs et le sol. Les sacs devraient faciliter la ventilation et être fabriqués avec des matériaux non toxiques de qualité alimentaire, qui n'attirent pas les insectes et les rongeurs et sont suffisamment solides pour résister à l'entreposage pendant des périodes plus longues (CXC 51-2003).

29. Déterminez la teneur en humidité du lot, et si nécessaire, séchez la récolte jusqu'à la teneur en humidité recommandée pour l'entreposage. La croissance fongique est étroitement liée à l'activité de l'eau (a_w), couramment définie dans les aliments comme l'eau qui n'est pas liée aux molécules des aliments qui peut soutenir la croissance des bactéries, des levures et des champignons. Bien que la teneur en humidité

appropriée pour la croissance fongique dans diverses cultures soit différente, la valeur a_w maximale pour éviter la croissance fongique est fondamentalement la même. Il est reconnu que la croissance fongique est inhibée lorsque la valeur a_w est inférieure à 0,70. Par ailleurs, des conseils sur l'entreposage sans risque peuvent être fournis pour refléter la situation environnementale dans chaque région.

Conditionnement

30. Dans certaines parties du monde, les produits à base de manioc principalement sous forme de farine ou de granulés, sont stockés dans des sacs puis sont exposés à l'air libre sur le marché.

Transport

31. Les conteneurs de transport, les véhicules tels les camions et les wagons de train, et les bateaux et les navires devraient être secs et exempts de poussière d'ancienne récolte, de prolifération fongique visible, d'odeur de moisissures, d'insectes et de toute matière contaminée qui pourrait contribuer aux niveaux de mycotoxines dans les lots et les cargaisons de manioc et de produits à base de manioc. Si nécessaire, les conteneurs de transport devraient être nettoyés et désinfectés avec des substances appropriées (qui ne devraient pas dégager d'odeur désagréable, d'arôme ou contaminer le manioc et les produits à base de manioc), avant l'utilisation et la réutilisation et être adaptés à la cargaison prévue. L'utilisation de fumigateurs et d'insecticides agréés pourrait s'avérer utile. Au moment du déchargement, le conteneur de transport doit être vidé de toute sa cargaison et nettoyé de manière appropriée.

32. Les cargaisons de manioc et de produits à base de manioc doivent être protégées de tout surcroît d'humidité en utilisant des conteneurs couverts ou étanches ou des bâches. Minimisez les fluctuations de température et les mesures qui pourraient provoquer une condensation à la surface du manioc et des produits à base de manioc, susceptible de conduire à la formation d'humidité localisée et favoriser la croissance de moisissures et la formation de mycotoxines.

33. Évitez l'infestation par les insectes, les oiseaux et les rongeurs durant le transport en utilisant des conteneurs à l'épreuve des insectes et rongeurs ou des traitements chimiques anti-insectes et rongeurs, s'ils sont approuvés pour l'utilisation finale prévue du manioc et des produits à base de manioc.

6.0 Conclusion et recommandations

34. Reportez-vous aux conclusions et recommandations ci-dessus.

BIBLIOGRAPHIE

Code d'usages en matière de prévention et réduction de la contamination des céréales par les mycotoxines (CXC 51-2003)

Code d'usages pour la réduction de l'acide cyanhydrique (HCN) dans le manioc et les produits à base de manioc (CAC/RCP 73-2013)

Document de discussion sur l'établissement de limites maximales pour le HCN dans le manioc et les produits à base de manioc et sur l'occurrence de mycotoxines dans ces produits (CX/CF 19/13/14). Programme mixte FAO/OMS pour les normes alimentaires, Commission du Codex Alimentarius, Comité du Codex sur les contaminants dans les aliments (13ème session, Yogyakarta, Indonésie, du 29 avril au 3 mai 2019 (Préparé par le groupe de travail électronique présidé par le Nigéria)

Edia, H. (2018). A Step by Step Guide On How To Start A Cassava Farm and Its Benefits. Publié dans Farming Inspiration, le 4 août 2018. <https://blog.farmcrowdy.com/cassava-farm/>

O'Brien, E., & Dietrich, D. R. (2005). Ochratoxin A: the continuing enigma. *Critical reviews in toxicology*, 35(1), 33-60.
<https://www.iita.org/news-item/Nigeria-releases-improved-cassava-varieties-boost-productivity/>

EMBRAPA - Société de recherches agricoles brésilienne. Effect of the Cassava Flour Manufacturing Process. Belém, 2006.

Ono, L.T. 2020. Evaluation of mycobiota, presence of aflatoxin and effect of cooking in samples of cassava (*Manihot esculenta Crantz*). Mémoire de maîtrise. Graduate program in Food Science and Technology. Campinas: Institut de technologie alimentaire (in press.)

APPENDICE II

**DOCUMENT DE DISCUSSION SUR
LES NIVEAUX D'ACIDE CYANHYDRIQUE DANS LE MANIOC ET LES PRODUITS A BASE DE MANIOC
(Pour information)**

Introduction

1. Le manioc (*Manihot esculenta Crantz*), est une culture qui est très tolérante à la sécheresse, au stress thermique, et qui pousse bien sur des sols marginaux (Alves, 2002; Calle *et al.*, 2005; Dixon *et al.*, 2008). Il sert de culture d'aliment de base dans diverses parties du monde dont l'Afrique - Nigéria, Ghana, Kenya, Cameroun, Côte d'Ivoire, Tanzanie ; les Amériques – Brésil, Colombie, Paraguay, Costa Rica ; et l'Asie - Indonésie, Thaïlande, Inde, Cambodge, Philippines, Vietnam, Malaisie et Chine.

2. Les principaux producteurs de manioc et de produits à base de manioc, sont le Nigéria, la Thaïlande, l'Indonésie, le Ghana, le Kenya et le Brésil. Mis à part la Thaïlande, ces principaux producteurs ne sont pas de grands exportateurs, en raison de la forte consommation domestique du produit, particulièrement au Nigéria, le plus grand producteur de manioc. Le manque de cohérence et l'absence de volonté politique pour mettre en œuvre des politiques de production de manioc et d'ajout de valeur ; une conversion inadéquate du manioc brut en un produit industriel et des produits de consommation finis avec une longue durée de conservation : voici certains des facteurs responsables.

3. Le commerce mondial du manioc a pris son essor dans les années 80, avec l'introduction sur les marchés européens de formes de granulés pour l'alimentation animale, en provenance d'Asie. Il a commencé à décliner avec l'introduction de réformes des marchés céréaliers de l'Union européenne (UE). Ce déclin a conduit au développement du commerce intrarégional en Asie du Sud-Est et vers la Chine. Alors que les signes de commerce non interrégional du manioc sont importants en Afrique, il existe cependant des signes émergents de commerce intrarégional du manioc et des produits à base de manioc. Dans certaines autres régions du monde où le manioc n'est pas cultivé, les produits à base de manioc, p.ex. les chips de manioc et l'amidon ou la farine de tapioca, les amidons non modifiés et modifiés, l'éthanol, le sirop de glucose utilisés en tant qu'ingrédients alimentaires, sont importés pour la vente au détail et/ou la transformation.

4. Les produits à base de manioc sont nombreux et du fait de leur consommation locale, il existe différents noms pour des produits identiques ou similaires et il existe des variantes qui sont spécifiques à certaines localités. Le tableau 1 décrit certains de ces produits locaux et certaines formes de produits à base de manioc bien connues au niveau international.

Tableau 1 : Noms et classification des divers types de produits du manioc dans le monde entier

N°	Région	Nom(s) local (locaux)	Description du produit	Pays de localisation	Zones de commercialisation
1.		Gari	Flocons de manioc fermentés séchés	Nigéria Ghana Cameroun Côte d'Ivoire	Domestique Régionale Internationale
2.		Lafun	Farine de manioc séchée au soleil non fermentée	Nigéria	Domestique Régionale Internationale
3.	Afrique	Fufu	Pâte de manioc fermentée ou peut être séchée et broyée en poudre	Nigéria	Domestique
		Variantes de Fufu		Ghana	
4.		Makopa	Manioc séché	Tanzanie	Domestique
5.		Attieke	Granulés de manioc fermentés cuits à la vapeur	Côte d'Ivoire	Domestique
6.		Kirinde / Kondowole			Domestique

N°	Région	Nom(s) local (locaux)	Description du produit	Pays de localisation	Zones de commercialisation
7.		Chikwangue	Manioc cuit fermenté	Kenya	Domestique
8		Ebobolo	Manioc cuit fermenté	Cameroun	Domestique Régionale
9		Mangbere	Manioc cuit fermenté	République démocratique du Congo	Domestique Régionale
10		Miondo sawa	Manioc cuit fermenté		Domestique Régionale
11		Meedo	Manioc cuit fermenté		Domestique Régionale
12		Nyange			Domestique
13		Bada			Domestique
14		Ntobambodi	Soupe de feuilles de manioc fermenté semi-solide	Congo	Domestique
15		Farine de manioc de haute qualité (HQCF)		Nigéria Côte d'Ivoire	Domestique
16		Chips Granulés		Nigéria	Internationale
17		Sour Pan deynca Pan de bono	Farine de manioc Chips de manioc Chips secs	Colombie	Domestique
18		Bammy Casabe	Galette de manioc cuite Pain au manioc	Jamaïque Pays du bassin des Caraïbes	Domestique
19	Amérique latine / Caraïbes	Farinha de mesa		Brésil	Domestique Internationale
20		Polvilho azedo		Brésil	Domestique
21		Pao de gneijo		Brésil	Domestique
22		Chipa	Pain au manioc	Paraguay	
23		Casareep	Jus transformé de manioc amer	Guyane	Domestique Régionale
24		HQCF			
25		Sagou de manioc		Inde	Domestique
26		Amidon de manioc			Domestique
27	Asie	Racines cuites			Domestique
28		Amidon grillé			Domestique
29		Gaplek		Indonésie	Domestique
30		Amidon			Domestique
31		Amidon		Malaisie	Domestique

N°	Région	Nom(s) local (locaux)	Description produit	du Pays localisation	de Zones de commercialisation
32		Nouilles, galettes et pâtisseries à base de manioc		Thaïlande	Domestique
33		Granulés			Internationale
34		Nouilles		Chine Vietnam	Domestique
35		MSG			Domestique Régionale Internationale
36		Glucose médical			Domestique Régionale Internationale
37		Sirop de glucose			Domestique Régionale Internationale
38		Kanoleng kahoy		Philippines	

Types of manioc

5. Les cultivars de manioc sont généralement classifiés comme amer (teneur élevée en cyanure) ou doux (faible teneur en cyanure) en fonction du niveau des deux glucosides cyanogènes (CG) (linamarine, qui compte pour 80 % de CG et lotaustraline) présents dans les parties de la plante (Siritunga et Sayre, 2003) ; suite à l'hydrolyse enzymatique, ces composés libèrent de la cyanohydrine et de l'acide cyanhydrique libre (HCN) (Cardoso *et al.*, 2005; Njoku et Ano, 2018). La valeur du manioc en tant qu'aliment est fortement compromise par le niveau d'HCN toxique qu'il contient (Akely *et al.*, 2007; Adepoju *et al.*, 2010). Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), le niveau sans risque pour le cyanure dans la farine de manioc est de 10 ppm ou 10 mg HCN kg⁻¹ (FAO/WHO, 1991; Cardoso *et al.*, 2005).

6. Les agriculteurs en Afrique cultivent plusieurs variétés de manioc. Par exemple, les chercheurs de la Collaborative Study of Cassava in Africa (COSCA) ont identifié plus de 1000 variétés locales de manioc dans six pays de l'étude, à savoir le Congo, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Nigéria, la Tanzanie et l'Ouganda. Les agriculteurs regroupent les variétés de manioc locales en variétés amères et douces.

Manioc doux

7. Les variétés douces sont les plus populaires en Côte d'Ivoire, au Ghana et en Ouganda. Les agriculteurs cependant, plantent des variétés douces plus dans la zone forestière que dans les zones de transition et de savane, car la lumière du soleil limitée en zone forestière rend difficile le séchage au soleil des racines après qu'elles ont été trempées pour éliminer les cyanogènes. Les arboriculteurs également plantent des variétés douces, qu'ils mangent sans trempage ni séchage au soleil (et sans craindre l'empoisonnement au cyanure). Les racines de manioc doux (faible teneur en cyanure) sont transformées simplement en les épluchant et en les cuisant par ébullition ou en les grillant, et elles ont une faible teneur en cyanure, environ 15 à 50 mg de HCN par kilogramme de poids frais de racines (Irtwange et Achimba, 2009 ; Njoku et Ano, 2018).

Manioc amer

8. Les variétés amères de manioc sont plus courantes que les variétés douces au Congo, Nigéria et en Tanzanie. Les agriculteurs du COSCA ont signalé que les variétés amères sont plus résistantes aux ravageurs, elles ont un rendement supérieur et elles se conservent mieux dans le sol non récoltées, que les variétés douces. Les racines de manioc amères (teneur élevée en cyanure) nécessitent une méthode de transformation plus approfondie qui se déroule comme suit par ordre chronologique : épluchage, lavage, râpage, fermentation, séchage ou friture, entre autres pour réduire la teneur en HCN jusqu'à un niveau acceptable pour la consommation humaine. Parmi les deux principaux groupes de manioc, le manioc amer se caractérise par ses teneurs élevées en CG (15 à 400 mg de HCN par kilogramme de poids frais de racines) (Irtwange et Achimba, 2009 ; Njoku et Ano, 2018).

9. Il existe par conséquent un besoin de mettre en œuvre des pratiques et processus qui élimineront le HCN du manioc et des produits à base de manioc destinés à la consommation humaine et animale, en raison de sa toxicité et de certains effets résultants sur la santé, qui incluent sans s'y limiter, la neuropathie ataxique tropicale et la paraparésie spastique épidémique.

Pratiques et processus utilisés pour la prévention et la réduction de la contamination

10. Il existe des textes du Codex abordant les pratiques et processus pour la prévention et la réduction des occurrences de HCN dans le manioc et les produits à base de manioc. Certains des textes incluent le Code d'usages pour la réduction de l'acide cyanhydrique dans le manioc et les produits à base de manioc (CX/C 73-2013).

11. *Normes Codex pour le gari* (CXS 151-1985), *la farine comestible de manioc* (CXS 176-1989), *le manioc doux* (CXS 238-2003) et *le manioc amer* (CXS 300-2010). Les textes abordent diversement les étapes avant la culture, la préparation des terres, les conditions climatiques durant la culture, les processus de récolte et post-récolte, qui garantiront la production sûre de produits à base de manioc.

Principales méthodes de transformation utilisées dans le monde entier

Cuisson par ébullition

12. La cuisson par ébullition n'est pas une méthode efficace pour éliminer le cyanure (50 %). L'inefficacité de cette méthode de transformation est due aux températures élevées. À 100 °C, la linamarase, une β -glucosidase thermolabile, est dénaturée et la linamarine ne peut alors pas être hydrolysée en cyanohydrine. Cooke et Maduagwu (1978) ont rapporté que les glucosides liés étaient réduits à 45 à 50 % après 25 minutes de cuisson par ébullition. Dans les racines de manioc bouillies, on trouve le cyanure libre et la cyanohydrine à de très faibles concentrations. Nambisan (1994) a rapporté une teneur en cyanohydrine et en cyanure libre de 6 % de la teneur totale en cyanogènes dans 50 g de racines de manioc bouillies, et seulement 3 % dans les petits morceaux (2 g).

13. Par ailleurs, Oke (1994) a rapporté que la cyanohydrine et le cyanure libre étaient volatilisés durant la cuisson par ébullition, ce qui réduisait la teneur dans les racines de manioc bouillies. Cependant, l'utilisation de morceaux de manioc de petite taille ou l'augmentation du volume d'eau dans lequel les racines de manioc sont bouillies, peut augmenter l'efficacité de la méthode de cuisson par ébullition (Tableau 2). Par exemple, en réduisant la taille des chips de manioc, Nambisan et Sundaresan (1985) ont démontré que la cuisson par ébullition de morceaux de 2 g et 50 g de racine de manioc pendant 30 minutes, avait pour résultat une réduction de respectivement 75 % et 25 % de la teneur en cyanure.

14. De même, en augmentant de 1 à 5 fois le volume d'eau, la rétention de cyanogène était réduite de 70 à 24 %. Oke (1994) a rapporté que la solubilisation de glucosides cyanogènes à partir des petites chips de manioc dans le grand volume d'eau, semblait mieux expliquer l'élimination des cyanogènes que la dégradation enzymatique.

Tableau 2 : Effets de différentes méthodes de transformation et variations de technique de cuisson sur la teneur en glucoside cyanogène des racines de manioc.^a

Processus	% de rétention	Glucoside cyanogène Mg CHN/kg
Racine fraîche	100	140
Cuisson par ébullition	55,5	77,6
Cuisson au four	87,1	122
Cuisson vapeur	86,5	121
Changement de taille cuisson par ébullition (30 min)		
Racine fraîche	100	160
Morceau 2 g	25,6	41
Morceau 5 g	50	80
Morceau 50 g	75	120
Changement de volume d'eau cuisson par ébullition (30 min) ^b		
Racine fraîche	100	165
Racine : eau (1:1)	69,6	115
Racine : eau (1:2)	36,7	60,5
Racine : eau (1:5)	24,2	40,1
Racine : eau (1:10)	22,3	36,8

^aAdapté à partir de Nambisan et Sundaresan (1985).

Exprimé en μ g cyanure/g poids frais en référence.

^bdes morceaux de 2 g ont été utilisés durant l'essai.

Cuisson vapeur, cuisson au four et friture

15. La perte de cyanure résultant de la cuisson vapeur, de la cuisson au four ou de la friture est faible (Tableau 2) en raison des températures de traitement de plus de 100 ° et de la stabilité de la linamarine dans des conditions neutres ou faiblement acides (Nambisan et Sundaresan 1985 ; Bradbury et autres 1991). Ces méthodes conviennent uniquement pour le manioc doux, commun dans le Pacifique sud, car il contient une faible teneur en cyanure (Bradbury et Holloway 1988).

Méthodes de séchage

16. Deux sortes de séchage sont utilisées pour le manioc : le séchage mécanique, comme dans un four, et le séchage naturel par le soleil (Tableau 3). Durant le processus de séchage, la linamarase endogène contrôle l'élimination du glucoside cyanogène et elle est donc responsable de l'accumulation de cyanohydrine et de cyanure libre dans le manioc séché. Durant le séchage au four, une augmentation de la température de séchage s'accompagne d'une augmentation de la rétention du cyanure.

17. En effet, Cooke et Maduagwu (1978) ont observé une réduction du cyanure de 29 % à 46 °C et de 10 % à 80 °C. Dans les chips de 10 mm, Nambisan (1994) a observé des réductions du cyanure similaires de 45 à 50 % et de 53 à 60% à 50 et 70 °C, respectivement. À des températures de séchage supérieures à 55 °C , l'activité de la linamarase est inhibée et, par conséquent, la linamarine commence à s'accumuler dans le manioc séché. Nambisan (1994) a montré qu'à températures égales, une diminution de la taille du manioc était associée à une augmentation de la rétention de cyanure dans les processus de séchage au four. En effet à 50 °C , les chips d'une épaisseur de 10 mm retenaient 45 à 50 % des glucosides cyanogènes, et les chips d'une épaisseur de 3 mm retenaient 60 à 65 %. Les chips fines séchent plus rapidement, laissant ainsi moins de temps à la linamarase pour agir sur les glucosides. À 70 °C, l'effet de la taille des chips sur l'élimination des glucosides cyanogènes était minime, mais la rétention de cyanogènes était plus importante, en raison d'une température de séchage plus élevée. La rétention de cyanure durant le séchage au soleil est inférieure au séchage au four, car les températures restent bien en-deçà de 55 °C.

18. Ces températures sont optimales pour l'activité de la linamarase, résultant en une meilleure dégradation des cyanogènes. Des teneurs en cyanure libre de 30 % du total des cyanogènes dans le manioc séché au four et de 60 % dans le manioc séché au soleil, ont été rapportées (Gomez et al., 1984 ; Gomez et Valdivieso 1984). Étant donné que l'activité de la linamarase est plus importante dans le processus de séchage au soleil, plus de linamarine est déglycosylé en cyanohydrine et, par conséquent, la cyanohydrine et le cyanure libre s'accumulent. Cependant, l'épaisseur des chips peut s'avérer encore un facteur important dans l'élimination des cyanogènes durant le séchage au soleil, car les chips fines séchent plus rapidement. Nambisan et Sundaresan (1985) ont rapporté une rétention des glucosides cyanogènes de 52 à 58 % dans les chips d'une épaisseur de 3 mm, et une rétention des glucosides cyanogènes de 27 à 33 % dans les chips d'une épaisseur de 10 mm.

19. Généralement, le séchage n'est pas un moyen efficace de détoxification, particulièrement pour les variétés de manioc avec une forte teneur initiale en glucoside cyanogène. En Tanzanie, le séchage au soleil de racines entières en *makopa* a réduit les niveaux de cyanure de 751 à 254 mg d'équivalents HCN/kg DW, ce qui correspond à 66 % du total des cyanogènes qui ont été éliminés (Mlingi et Bainbridge 1994). La décomposition des glucosides cyanogènes durant le séchage au soleil dépend de l'hydrolyse enzymatique et de la désintégration graduelle des cellules de la racine. Les morceaux plus fins de manioc séchent plus rapidement, et à de faibles taux d'humidité (13 %), la linamarase est inactivée et la décomposition des glucosides cyanogènes cesse (Mlingi et Bainbridge 1994). L'élimination de la cyanohydrine est augmentée avec un séchage au soleil complet. Une explication possible serait que la déshydratation des racines et la perte d'humidité ont pour résultat des changements de pH, ce qui affecte la stabilité de la cyanohydrine (Mlingi et Bainbridge 1994).

20. Étant donné que les températures de séchage sont supérieures au point d'ébullition du HCN (26 °C) et que le cyanure libre est facilement libéré dans l'atmosphère, le cyanure libre peut être facilement éliminé (Mlingi et Bainbridge 1994). Meuser et Smolnick (1980) ont rapporté que la lyophilisation de la pulpe et le séchage éclair des tranches de manioc permettaient d'éliminer 51 à 52 % de cyanogènes, et que ces 2 sortes de séchage avaient tendance à éliminer uniquement le cyanure libre, qui était le plus vraisemblablement produit pendant la courte durée de la transformation. Oke (1994) a conclu que le cyanure libre représente uniquement une petite fraction du total des cyanogènes et que, par conséquent, la lyophilisation et le séchage éclair doivent être considérés comme inefficaces.

Tableau 3 : Effets des processus de séchage sur la teneur en cyanogène des racines de manioc

Méthodes de transformation	Rétention de cyanure (%)	CHN total (mg CHN/kg)
Séchage au four ^a		
Racine fraîche	100	140
50 °C , chips de 10 mm	46,4	65
50 °C , chips de 3 mm	64,2	89,5
70 °C , chips de 10 mm	60	84,5
70 °C , chips de 3 mm	74,2	104
Séchage au soleil ^a		
Racine fraîche	100	140
Chips de 10 mm	27,8	39
Chips de 3 mm	53,1	75
Broyage et séchage au soleil ^a		
Racine fraîche	100	165
	2,1	3,5
Séchage au soleil par durée ^b		
Racine fraîche	100	1090
8 j de séchage au soleil	54,2	591
17 j de séchage au soleil	36,8	401
Pilonnage répété + séchage au soleil ^b		
Racine fraîche	100	513
	14,6	75

^aAdapté à partir de Nambisan et Sundaresan (1985).

Exprimé en µg cyanure/g poids frais en référence et dénommé glucoside de cyanure.

^bAdapté à partir de Mlingi et Bainbridge (1994).

Fermentation

21. La fermentation par bactéries d'acide lactique est une méthode de transformation couramment utilisée en Afrique. La fermentation est initiée avec des racines de manioc râpées ou trempées (Tableau 4) et elle a pour résultat une diminution de la valeur du pH. L'efficacité des 2 sortes de fermentation diffère en raison des mécanismes de l'élimination des cyanogènes. Les microorganismes dans le procédé de fermentation traditionnel de racines râpées ont été caractérisés (Coulin *et al.*, 2006).

22. La fermentation de racines de manioc râpées est efficace dans l'élimination des glucosides cyanogènes. Westby et Choo (1994) ont rapporté que 95 % de la linamarine était éliminée dans les 3 h de râpage. Vasconcelos *et al.*, (1990) a montré que les microorganismes jouaient seulement un rôle mineur dans la réduction des cyanogènes et que le râpage était principalement responsable de l'hydrolyse de la linamarine. Bien que la linamarine soit éliminée rapidement par râpage, la rétention de cyanure demeure élevée dans les produits de racines de manioc râpées et fermentées. En effet, au bout de 3 et 80 h de fermentation de manioc râpé, 74 % et 40,3 % du total de cyanogènes respectivement, étaient retenus. Vasconcelos *et al.*, (1990) ont rapporté que des concentrations élevées de cyanohydrine et de cyanure libre subsistaient dans la pâte fermentée. Ceci pourrait être expliqué par la stabilité des cyanohydrines à un pH acide (Cooke, 1978). Donc, les opérations post-fermentation sont importantes et elles doivent être efficaces pour réduire les niveaux de cyanohydrine et de cyanure libre dans des produits finis tels que le lafun, le fufu, le gari et le pupuru.

23. Le processus de grillage après fermentation du manioc râpé, qui est utilisé pour le *gari*, est relativement efficace car le HCN et la cyanohydrine sont éliminés facilement dans l'atmosphère, laissant de faibles niveaux de HCN libre (3,4 mg/kg DW) et de cyanohydrine (2,2 mg/kg DW) (Vasconcelos *et al.*, 1990) dans les produits finis. La teneur en cyanure du *gari* continue à décroître durant l'entreposage. En effet, Mahungu *et al.*, (1987) a montré qu'un *gari* âgé de 4 mois (2,9 mg d'équivalents HCN/kg) a une teneur en cyanogènes 9 fois inférieure à sa teneur initiale (26,6 mg d'équivalents HCN/kg), et après 2 ans d'entreposage, le *gari* semblait être un produit exempt de cyanogène ; à savoir que dans 57 échantillons analysés, aucun cyanogène n'a pu être détecté.

24. La fermentation de racines trempées dans l'eau est beaucoup plus efficace que celle de racines râpées, en termes de réduction des cyanogènes. En effet, plus de 90 % du total de cyanogènes étaient éliminés au bout de 3 jours de fermentation et environ un tiers de la linamarine initiale était trouvé dans l'eau. Aucune

accumulation significative de cyanohydrine ou de cyanure libre a été constatée (Westby et Choo, 1994). Dans ce cas, la croissance microbienne est essentielle pour éliminer les cyanogènes. Le processus d'élimination de cyanogènes peut être amélioré en augmentant les temps de trempage et de fermentation (Oke, 1994) et en épluchant et en râpant les racines de manioc entre les stades de trempage et de fermentation. Dufour (1994) a montré que le trempage de racines de manioc pendant 6 jours, en les râpant le 6ème jour, et que la fermentation de la purée obtenue pendant 4 jours en *farina*, permettait une élimination de 98 % du cyanure. Le trempage pendant de longues périodes peut introduire des champignons (Thambirajah, 1989), des spores de moisissure, et des bactéries indésirables dans les produits finis (Hakimjee et Lindgren 1988). La moisissure est en général non toxique et elle contribue à une viscosité réduite dans les aliments de sevrage. Les bactéries indésirables sont censées être détruites durant le processus de cuisson (Hakimjee et Lindgren 1988).

25. La fermentation sèche peut également être utilisée pour éliminer les cyanogènes. Gidamis *et al.*, (1993) a montré que 89,6 % du total des cyanogènes étaient perdus dans *l'ugali* après une fermentation sèche (fermentation à l'état solide) de racines de manioc. De même, une rétention de cyanure allant de 12,5 à 16,5 % dans les racines de manioc qui ont subi une fermentation en tas, a été rapportée (Essers *et al.*, 1995 ; Cardoso *et al.*, 1998 ; Ernesto *et al.*, 2000, 2002a, b).

Tableau 4 : Effets de la fermentation sur la teneur en cyanure des racines de manioc.^a

	Rétention de cyanure %	CHN total Mg CHN/kg
Fermentation		
Racines râpées		
0 j	100	170
1 j	53	90
3 j	42	70
Racines trempées		
0 j	100	850
1 j	110	950
3 j	6	50

^aAdapté à partir de Westby et Choo (1994).

Tableau 4 : Classification des attributs des transformateurs de manioc

Transformateurs individuels/domestiques	Transformateurs d'échelle moyenne (PME)	Transformateurs industriels
<ul style="list-style-type: none"> • Artisanal. Techniques manuelles et technologies rudimentaires 	Techniques semi-automatisées Nouvelles technologies	Techniques automatisées et nouvelles technologies
<ul style="list-style-type: none"> • Achètent souvent du manioc à de petits exploitants agricoles 	Coopératives pour la plupart qui transforment le manioc en gari, ou des individus qui s'approvisionnent en produits alimentaires à base de manioc auprès de transformateurs basés dans la communauté.	Opérations principalement intégrées, avec des exploitations de manioc commerciales et des équipements de transformations automatisés.
<ul style="list-style-type: none"> • Transforment en produits alimentaires pour la consommation domestique et quelques ventes sur des marchés ouverts 		Transforment le manioc en amidon industriel, HQCF, éthanol, chips et sirops
<ul style="list-style-type: none"> • 95 % de la population des transformateurs 		

Source : Sahel capital agribusiness managers limited 2016

Méthode d'essai pour le HCN (HCN total)

26. Il existe des méthodes analytiques disponibles pour surveiller et vérifier si le manioc et le produit à base de manioc est en conformité avec la limite maximale de HCN. Certaines de ces méthodes sont des tests de dépistage sans équipement de laboratoire tel qu'un senseur chimique ; d'autres méthodes incluent la méthode au picrate, les techniques de spectrophotométrie/ colorimétriques, la méthode d'hydrolyse enzymatique utilisant la linamarase, la méthode d'hydrolyse acide, la méthode électrochimique utilisant une électrode au cyanure, la méthode de titrage alcalin et les méthodes sur banc d'essai.

Détermination de la teneur en cyanure des produits à base de manioc

Prélèvement d'échantillon :

- Peser 5 g d'échantillon dans un flacon de 250 ml
- Ajouter 50 ml d'eau distillée et laisser reposer une nuit
- Filtrer pour collecter le FILTRAT

Préparation d'une solution de picrate alcalin

- Peser 25 g de carbonate de sodium anhydre dans un gobelet et 5 g d'acide picrique anhydre dans un autre gobelet
- Dissoudre dans une quantité minimale d'eau distillée chaude séparément
- Les transférer dans un flacon volumétrique de 1000 ml
- Remplir jusqu'à la marque des 1000 ml

Construction d'une courbe standard pour le cyanure en utilisant une solution de picrate alcalin :

- Peser 200 mg de cyanure de potassium (KCN) dans un gobelet.
- Dissoudre avec de l'eau distillée
- Transférer dans un flacon volumétrique de 1000 ml Remplir jusqu'à la marque des 1000 ml avec de l'eau distillée
- Ceci donne une concentration de 200 mg/l (200 PM) de SOLUTION MÈRE DE KCN
- Préparer 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm 20 ppm et 25 ppm

Analyse quantitative :

- Mesurer 20 ml de l'échantillon d'extrait (filtrat) dans un flacon volumétrique de 100 ml
- Ajouter 40 ml de solution de picrate alcalin
- Incuber dans un bain d'eau à 95 °C pendant 5 minutes
- Laisser refroidir à température ambiante
- Régler le spectrophotomètre à UV sur 490 nm
- Exécuter les critères (1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm et 25 ppm) et les échantillons pour obtenir des absorbances
- La concentration de cyanure est extrapolée à partir de la courbe d'étalonnage de l'absorbance par rapport la concentration

Réf. : Babalola Olabukola Omolara. Cyanide Content of Commercial Gari from different areas of Ekiti State, Nigéria. World Journal of Nutrition and Health, Vol. 2, No 4 (2014): 58 - 60

Diagram 1: A Simplified Example of the Cassava Value Chain

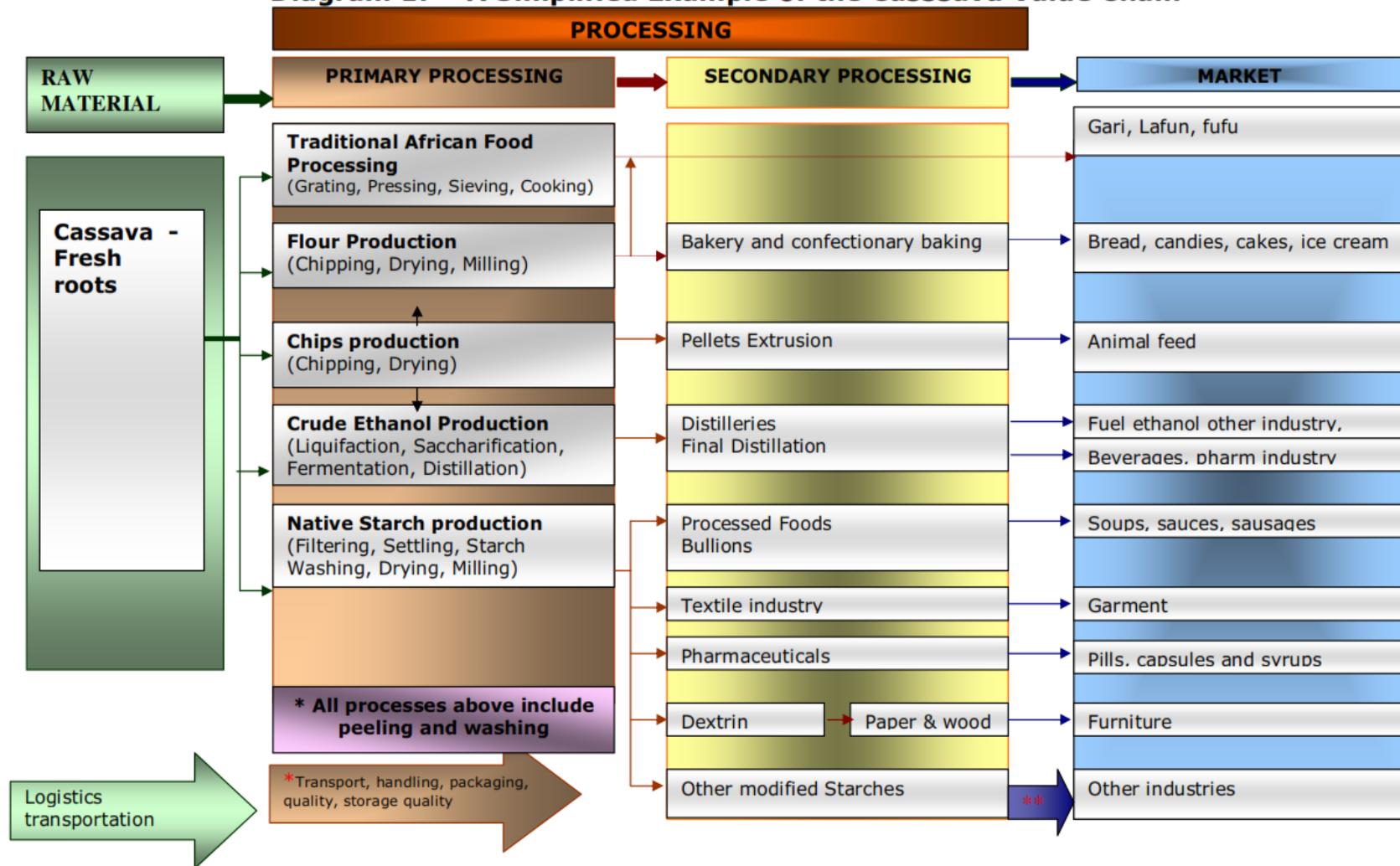


Diagramme 1 : exemple simplifié de la chaîne de valeur du manioc

MATIÈRE PREMIÈRE	TRANSFORMATION		MARCHÉ	
	TRANSFORMATION PRIMAIRE	TRANSFORMATION SECONDAIRE		
Racines fraîches de manioc	Transformation africaine traditionnelle des aliments (râpage, pressage, tamisage, cuisson)		Gari, lafun, fofou	
	Production de farine (tranchage, séchage, broyage)	Boulangerie et confiserie/pâtisserie	Pain, bonbons, gâteaux, crème glacée	
	Production de cossettes (tranchage, séchage)	Extrusion en granules	Aliments pour animaux	
	Production d'éthanol brut (liquéfaction, saccharification, fermentation, distillation)	Distilleries Distillation finale	Éthanol carburant, autres industries Boissons, industrie pharmaceutique	
	Production d'amidon natif (filtrage, décantation, lavage de l'amidon, séchage, broyage)	Aliments transformés Bouillons		Soupes, sauces, saucisses
Industrie textile			Vêtements	
Produits pharmaceutiques			Comprimés, gélules et sirops	
	* Tous les processus de transformation ci-dessus incluent l'épluchage et le lavage.	Dextrine	Papier & bois	Meubles
Logistique et transport	* Transport, manutention, emballage, qualité, qualité d'entreposage	Autres amidons modifiés		Autres industries

Conclusion et recommandations

27. Reportez-vous aux conclusions et recommandations ci-dessus.

BIBLIOGRAPHIE

Adepoju, O.T., Adekola, Y.G., Mustapha, S.O., Ogunola, S.I., 2010. Effect of processing methods on nutrient retention and contribution of local diets from cassava (*Manihot spp*) to nutrient intake of Nigerian consumers. *Afri. J. Food Agric. Nutr. Dev.* (AJFAND) 10 (2), 2099–2111.

Akely, P.M.T., Amani, N.G., Azouma, O., Nindjin, C., 2007. Effect of squeezing force of fermented cassava mash (*Manihot esculenta* CRANTZ) on Attieke physico-chemical and sensory qualities. Dans : Proceedings of the Actes of Conference on Potentiel de Transformation du Manioc en Afrique de l'Ouest. Abidjan, Côte d'Ivoire, pp. 150–153.

Alves, A.A.C., 2002. Cassava botany and physiology. Dans : Hillocks, R.J., Thresh, J.M., Bellotti, A.C. (Eds.), Cassava: Biology, Production and Utilization. CAB International, Wallingford, pp. 67–89.

Bradbury JH, Egan SV, Lynch MJ. 1991. Analysis of cyanide in cassava using acid hydrolysis of cyanogenic glucosides. *J Sci Food Agric* 55:277–90.

Bradbury JH, Holloway WD. 1988. Cassava, *M. esculenta*. Chemistry of tropical root crops: significance for nutrition and agriculture in the Pacific. Australian Centre for International Agricultural Research, monograph no. 6, Canberra, Australia, p 76–104.

Calle, F., Perez, J.C., GaitAan, W., Morante, N., Ceballos, H., Llano, G., and Alvarez, E., 2005. Diallel inheritance of relevant traits in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) adapted to acid-soil savannahs. *Euphytica* 144, 177–186.

Cardoso, A.P., Mirione, E., Ernesto, M., Massaza, F., Cliff, J., Haque, M.R., Bradbury, J.H.,

2005. Processing of cassava roots to remove cyanogens. *J. Food Compos. Anal.* 18.

451-460.

Cardoso AP, Ernesto M, Cliff J, Egan SV, Bradbury JH. 1998. Cyanogenic potential of cassava flour: field trial in Mozambique of a simple kit. *Int J Food Sci Nutr* 49:93–9.

- Cooke RD, Maduagwu E. 1978. The effects of simple processing on the cyanide content of cassava chips. *J Food Technol* 13:299–306.
- Cooke RD. 1978. An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *J Sci Food Agric* 29:345–52.
- Coulin P, Farah Z, Assanvo J, Spillmann H, Puhan Z. 2006. Characterisation of the microflora of attiék'ée, a fermented cassava product, during traditional small-scale preparation. *Int J Food Microbiol* 106:131–6.
- Dixon, A.G.O., Akoroda, M.O., Okechukwu, R.U., Ogbe, F., Ilona, P., Sanni, L.O., Ezedinma, C., Lemchi, J., Ssemakula, G., Yomeni, M.O., Okoro, E., Tarawali, G., 2008. Fast track participatory approach to release of elite cassava genotypes for various uses in Nigéria's cassava economy. *Euphytica* 160, 1–13.
- Dufour DL. 1994. Cassava in Amazonia: lessons in utilization and safety from native peoples. *Acta Hort* 375:175–82.
- Essers AJ, Ebong C, van der Grift RM, Nout MJR, Otim-Nape W, Rosling H. 1995. Reducing cassava toxicity by heap fermentation in Uganda. *Int J Food Sci Nutr* 46:125–36.
- Ernesto M, Cardoso AP, Cliff J, Bradbury JH. 2000. Cyanogens in cassava flour and roots and urinary thiocyanate concentration in Mozambique. *J Food Comp Anal* 13:1–12.
- Ernesto M, Cardoso AP, Nicala D, Mirione E, Massaza F, Cliff J, Haque MR, Bradbury JH. 2002a. Persistent konzo and cyanide toxicity from cassava in Northern Mozambique. *Acta Tropica* 82:357–62.
- Ernesto M, Cardoso AP, Nicala D, Mirione E, Massaza F, Cliff J, Haque MR, Bradbury JH. 2002b. Strategy for the elimination of konzo in Mozambique. *Roots* 8:8–11.
- FAO/OMS (Organisation de l'Alimentation et l'Agriculture/Organisation mondiale de la santé), 1991. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Co34. Commission du Codex Alimentarius XII FAO, Rome, Italie Supplément 4
- Gidamis AB, O'Brien GM, Poulter NH. 1993. Cassava detoxification of traditional Tanzanian cassava foods. *Int J Food Sci Technol* 28:211–8.
- Gomez G, Valdivieso M, De la Cuesta D, Kawano K. 1984. Cyanide content in whole root chips of ten cassava cultivars and its reduction by oven drying or sun drying on trays. *J Food Technol* 19:97–102.
- Gomez G, Valdivieso M. 1984. Effects of sundrying on a concrete flour and oven drying on trays on elimination of cyanide from cassava whole-root chips. *J Food Technol* 19:703–10.
- Hakimjee M, Lindgren S. 1988. Fermented cassava products in Tanzania. Dans : Alnwick D, Moses S, Schmidt OG, editors. Improving young child feeding in eastern and southern Africa. Household-level food technology. Proceedings of a workshop held in Nairobi, Kenya, 12–16 Octobre 1987. Ottawa, Canada : Intl. Development Research Centre. p 220–8.
- Irtwange, S.V., Achimba, O., 2009. Effect of fermentation on the quality of gari. *Curr. Res. J. Biol. Sci.* 1 (3), 150–154.
- Zelder F and Tivana L. 2015: Corrin-based chemosensors for the ASSURED detection of endogenous cyanide. *Org. Biomol. Chem.*, 2015, 13, 14
- Mahungu NM, Yamaguchi Y, Alamazan AM, Hahn SK. 1987. Reduction of cyanide during processing of cassava into some traditional African foods. *J Food Agric (Nigéria)* 1:11–5.
- Meuser F, Smolnick HD. 1980. Processing of cassava to gari and other foodstuffs. *Starch/Starke* 32:116–22.
- Mlingi NLV, Bainbridge Z. 1994. Reduction of cyanogen levels during sun-drying of cassava in Tanzania. *Acta Hort* 375:233–9.
- Nambisan B, Sundaesan S. 1985. Effect of processing on the cyanoglucoside content of cassava. *J Sci Food Agric* 36:1197–203.
- Nambisan B. 1994. Evaluation of the effect of various processing techniques on cyanogen content reduction in cassava. *Acta Hort* 375:193–201.
- Njoku, D.N., Ano, C.U.C., 2018. Cyanide in cassava: a review. *Inter. J. Genomics and Data Mining*. 2018 (1), 1–10.
- Oke OL. 1994. Eliminating cyanogens from cassava through processing: technology and tradition. *Acta Hort* 375:163–74.
- Otegunrin, O. A., and Sawicka, B. 2019. Cassava, a 21st Century Staple Crop: How can Nigéria Harness Its Enormous Trade Potentials?. *Acta Scientific Agriculture*, 3, 194-202.
- Siritunga, D., Sayre, R.T., 2003. Generation of cyanogen-free transgenic cassava. *Planta* 217, 367–373.
- Thambirajah JJ. 1989. Safety evaluation of cassava fermented with micro-fungi. *Trop Agric (Trinidad)* 66:326–8.
- Vasconcelos AT, Twiddy DR, Westby A, Reilly PJA. 1990. Detoxification of cassava during gari preparation. *Int J Food Sci Technol* 25:198–203.
- Westby A, Choo BK. 1994. Cyanogen reduction during lactic fermentation of cassava. *Acta Hort* 375:209–15.

APPENDICE III**Liste des participants**

Présidence du Nigéria
 Dr Abimbola Opeyemi Adegboye
 National Agency for Food and Drug Administration and Control
 NAFDAC Nigéria
adegboye.a@nafdac.gov.ng
 +2348053170810

Co-présidence du Ghana
 Mr Ebenezer Kofi Essel
 Food and Drugs Authority (FDA)
 P. O. Box CT 2783 Cantonments, Accra Ghana
kooduntu@yahoo.co.uk
 +233 244 655943

AUSTRALIE

D^e Matthew O'Mullane
 Section Manager Standards & Surveillance
 Food Standards Australian New Zealand
 Australie

BRÉSIL

Ligia Lindner Schreiner
 Health Regulation Specialist
 Brazilian Health Regulatory Agency

Carolina Araújo Viera
 Health Regulation Specialist
 Brazilian Health Regulatory Agency

Ana Claudia Marquim Firmo de Araújo
 Specialist on Regulation and Health Surveillance
 Brazilian Health Regulatory Agency

UNION EUROPÉENNE

M. Frans Verstraete
 Commission européenne

INDONÉSIE

Mrs Yusra Egayanti
 Deputy Director Certain Food Standardization
 Indonesia Food and Drug Authority

JAMAÏQUE

Dr Linnette Peters
 Director, Ministry of Health
 Veterinary Associate Professor Public Health

KENYA

Dr. George Ooko Abong'
 Senior Lecturer/Consultant
 Department of Food Science, Nutrition and Technology
 University of Nairobi

CORÉE (RÉPUBLIQUE DE)

Point de contact du Codex
 Ministry of Food and Drug Safety (MFDS)
 Republic of Korea

Yeji Seong
 Codex Researcher
 Food Standard Division,
 Ministry of Food and Drug Safety (MFDS),

Miok Eom
 Senior Scientific Officer
 Residues and Contaminants Standard Division,
 Ministry of Food and Drug Safety (MFDS),

NIGÉRIA

Professor Hussain Makun
 Head of Africa Centre of Excellence in Mycotoxin and
 Food Safety
 Federal University of Technology,

Dr. Obadina Adewale Olusegun
 Head of Department (Food Science and Technology),
 Federal University of Agriculture Abeokuta

Dr. Daniel Ojochenemi Apeh
 Department of Biochemistry,
 Federal University of Technology,

Dr. Maimuna Abdulahi Habib
 Director Projects Coordination
 FMARD Abuja

Mrs Zainab Ojochenemi Towobola
Deputy Director (Nutrition & Food Safety)
Federal Ministry of Agriculture and Rural Development
FMARD

Mrs Amalachukwu Ufondu
Assistant Chief Regulatory Officer NAFDAC

Mrs Victoria Iyabode Oye
Senior Scientific Officer
Quality Assurance and Development
FCCPC Abuja

Point de contact du Codex
SON Nigéria National Codex Committee Secretariat
SON Abuja

Mrs. Mopelola Olubunmi Akeju
Director FCCPC, Abuja Nigéria
Quality Assurance & Development

PARAGUAY

Ing. Agr. Mónica Gavilán Giménez
Specialist in Public Health Nutrition and Food Safety -
Post-harvest Specialist
Facultad de Ciencias Agronómica de la Universidad
Nacional de Asunción

Ing. Agr. Dionisia Carballo
Research Professor
Department of Research and Toxicology
Faculty of Agronomic Sciences
National University of Asunción

PÉROU

Javier Aguilar Zapata
Agrifood Safety Specialist /
Lead Coordinator of the Food Contaminants Committee
SENASA

Jorge Pastor Miranda
Agrifood Safety Specialist /
Alternate Coordinator of the Food Contaminants
Committee
SENASA

Juan Carlos Huiza Trujillo
Dirección General de Salud Ambiental DIGESA
Minsa / Perú

POLOGNE

Point de contact du Codex pour la Pologne
Main Inspectorate
International Cooperation Department
Pologne
kodeks@ijhars.gov.pl

THAÏLANDE

Chutiwan Jatupornpong
Standards officer
Office of Standard Development
National Bureau of Agricultural Commodity and Food
Standards

Mme Korwadee Phonklang
Standards officer
Office of Standard Development
National Bureau of Agricultural Commodity and Food
Standards,

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Henry Kim
Center for Food Safety and Applied Nutrition
Food and Drug Administration

Anthony Adeuya
Center for Food Safety and Applied Nutrition
Food and Drug Administration