



Journal Homepage: - www.journalijar.com
**INTERNATIONAL JOURNAL OF
ADVANCED RESEARCH (IJAR)**

Article DOI: 10.21474/IJAR01/10144
 DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/10144>



RESEARCH ARTICLE

CONTAMINATION EN MICROPOLLUANTS METALLIQUES D'AGBELIMA, UN DERIVE DU MANIOC (*MANIHOT ESCULENTA* CRANTZ, EUPHORBACEAE) PRODUIT AU SUD-BENIN.

Médécè Romaine Capo-Chichi¹, Antoinette Adjagodo¹, Micheline Agassounon Djikpo Tchiboza¹, Hubert Sagbadja Adoukonou¹, Paul Fidèle Tchobo², Corneille Ahanhanzo¹ and Clément Agbangla¹.

1. Laboratoire des Normes et de Contrôle de Qualité Microbiologique, Nutritionnelle et Pharmacologique (LNCQ^{MNP}), Département de Génétique et des Biotechnologies, Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01BP1636 RB Cotonou, Bénin.
2. Unité de Recherche en Génie Enzymatique et Alimentaire, Laboratoire d'Etudes et de Recherches en Chimie Appliquée, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC).

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 01 October 2019

Final Accepted: 03 November 2019

Published: December 2019

Key words:-

cassava, agbélima, lead, cadmium, aluminum, health security.

Abstract

Contamination of foods with metals may be related to the raw material or the production processing or the environment. The ingestion of metal contaminated products is a public health problem. In order to evaluate the contamination of metal micropollutants in agbelima, lead, cadmium and aluminium were measured in six (06) samples of crude two roots cultures and eighteen (18) samples of agbelima from the same cassava roots by the spectrophotometric molecular absorption method. The results obtained showed lead, cadmium and aluminium levels respectively of 0.93 ± 0.08 ; 0.21 ± 0.1 and 329.03 ± 6.4 mg/kg for roots and 2.5 ± 0.34 ; 0.4 ± 0.11 and 366.02 ± 8.72 mg /kg for agbelima. These values exceed the normative criteria of the European Union regulations which set lead at 0.1 mg/kg and cadmium at 0.1 mg/kg. The results show a the contamination of these metals in lead, cadmium, and aluminum in the agbelima samples of agbelima after Root transformation. To ensure the safety of consumers, it is important that the cassava roots used are of the good chemical quality, and the tools of processing are well maintained.

Copy Right, IJAR, 2019,. All rights reserved.

Introduction:-

De nos jours, les activités agricoles et industrielles sont parfois tributaires des pesticides et des engrais qui ont entraîné des contaminations en métaux lourds et autres composants organiques devenus des polluants pour l'environnement. Le transfert de ces éléments polluants dans les produits agricoles et notamment des métaux lourds fait partie des problèmes graves de santé publique (Kalonda et al., 2015). Ils sont la troisième source de risque pour l'alimentation humaine et animale après les mycotoxines et les microorganismes (Dauguet et al., 2011). Parmi les éléments métalliques, certains sont des oligo-éléments comme le Zinc et le Cuivre, qui deviennent toxiques à de fortes concentrations (Van Oort, 2002). Par ailleurs, le plomb et le cadmium sont toxiques à l'état de trace. La contamination des aliments par les métaux peut être liée à la matière première ou à certains éléments intervenant dans les transformations ainsi qu'au mauvais entretien du matériel de transformation. L'ingestion de ces aliments contaminés peut provoquer des dysfonctionnements dans l'organismes de l'homme et c'est pour cette raison que la sécurité alimentaire contrôle les teneurs en micropolluants métalliques dans les aliments (Li et al., 2012).

Corresponding Author:-Médécè Romaine Capo-Chichi.

Address:-Laboratoire des Normes et de Contrôle de Qualité Microbiologique, Nutritionnelle et Pharmacologique (LNCQ^{MNP}), Département de Génétique et des Biotechnologies, Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01BP1636 RB Cotonou, Bénin.

Au Bénin, les racines de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) constituent une culture de grande importance sur le plan alimentaire (Turyagyenda et al., 2012). A l'origine, étant une culture de subsistance, le manioc tend à devenir une culture contribuant à la réduction de la pauvreté par ses nombreux dérivés (gari, tapioca, lafun, cossette, agbélíma, etc.), qui sont pour la plupart issus des transformations artisanales (Hongbètè et al., 2011; Abraham, 2013). Agbélíma est un de ces dérivés très utilisés au Sud du Bénin dans la préparation de la pâte qui est consommée aussi bien par les enfants que par les adultes. Il est alors important de contrôler la matière première (racines de manioc) et le produit dérivé (agbélíma). Cette étude a été initiée dans la perspective d'évaluer la contamination en plomb, en cadmium et en aluminium d'agbélíma obtenu après transformation des racines de manioc.

Matériel et Méthodes:-

Zone d'étude:

La zone d'étude est le Sud du Bénin qui est caractérisé par un climat tropical humide ou climat subéquatorial (béninien) à quatre saisons d'inégale durée: deux saisons de pluie alternant avec deux saisons sèches. La température moyenne annuelle varie de 25°C à 29°C (Le Barbé et al., 1993). L'humidité atmosphérique est élevée dans cette région et est de l'ordre de 85 % en janvier et février; elle atteint un maximum de 95 % en octobre.

Collecte des données de terrain:

Elle est basée sur des travaux d'enquêtes effectués au Sud du Bénin. Ces enquêtes ont été réalisées sur les lieux de transformation des racines de manioc en produit agbélíma selon la méthode décrite par Ratier (1998) au moyen d'un guide d'entretien dans le but d'acquérir les connaissances liées aux différentes étapes de production.

Echantillonnage:

Deux (02) cultivars de manioc (agrick et hombètè) et six (06) types d'agbélíma provenant de ces mêmes racines et par trois différentes technologies ont été retenus. Trois échantillonnages ont été effectués pour chaque racine et type d'agbélíma soit un total de six (06) échantillons de racines de manioc et dix-huit (18) échantillons d'agbélíma. Les échantillons d'agbélíma ont été prélevés juste à la fin de la production. Les prélèvements ont été faits de façon à éviter l'utilisation des outils susceptibles de contaminer les échantillons par les métaux.

Dosage des métaux:

Les éléments toxicologiques tels que le plomb, le cadmium et l'aluminium ont été dosés dans les échantillons. Après minéralisation, le plomb et le cadmium ont été dosés dans le minéralisat suivant la méthode de dithizone. Pour chaque dosage, 20 mL du minéralisat ont été prélevés et complétés à 250 mL avec de l'eau distillée dans une ampoule à décanter de 500 mL munie de robinet. Le tampon citrate de sodium, le réactif dithizone, l'hydroxyde de sodium (NaOH, 5N), et le sel de cyanure ont été ajoutés à la solution jusqu'à l'extraction du plomb et du cadmium dans du chloroforme recta pur. Une lecture comparée avec le chloroforme pur a été faite à l'aide du spectrophotomètre d'absorption moléculaire DR 2800. Le dosage d'aluminium a été fait par une lecture comparée avec l'échantillon sans le réactif sur le spectrophotomètre d'Absorption moléculaire. La limite de détection de l'aluminium (Al^{3+}) = 0,001 mg/l.

Traitement statistique des données:

Une analyse de variance est effectuée, et la significativité des différences au seuil de 5 % entre les moyennes obtenues à partir des échantillons est déterminée par le test de Bonferroni avec le logiciel SPSS. L'Analyse en Composante Principale (ACP) a été également réalisée avec le logiciel STATISTICA version 6.

Résultats:-

Technologies de production d'agbélíma:

Les technologies répertoriées sont variables selon la zone de production et couvrent plusieurs étapes regroupées et ordonnées (Figures 1, 2 et 3). Bien que les producteurs aient leur propre méthode d'exécution de chaque opération unitaire, certaines opérations demeurent communes à l'ensemble des producteurs. Après la réception, les racines de manioc subissent l'épluchage, une opération manuelle, qui s'effectue à l'aide de couteaux. Les racines épluchées sont lavées et trempées dans de l'eau pour limiter l'oxydation, puis broyées dans le broyeur afin d'obtenir la pâte. Cette pâte est soumise à l'action d'une presse artisanale et manuelle. Intervient la mouture fine qui se réalise dans un moulin et permet de rendre friable la masse compacte issue du pressage, et surtout d'éliminer les fibres et les fragments de pulpe mal broyés. Ensuite le conditionnement dans des sacs doublés intérieurement par des sachets en polyéthylène (PE) transparents. Et enfin suit la fermentation qui est spontanée.

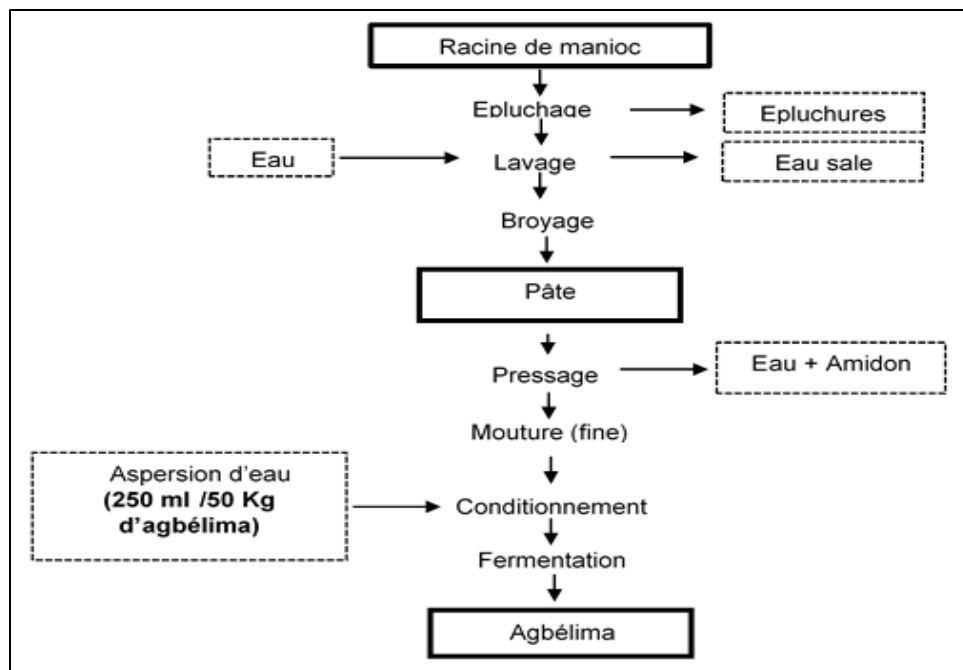


Figure 1:- Diagramme de production d'agbélima suivant la technologie 1

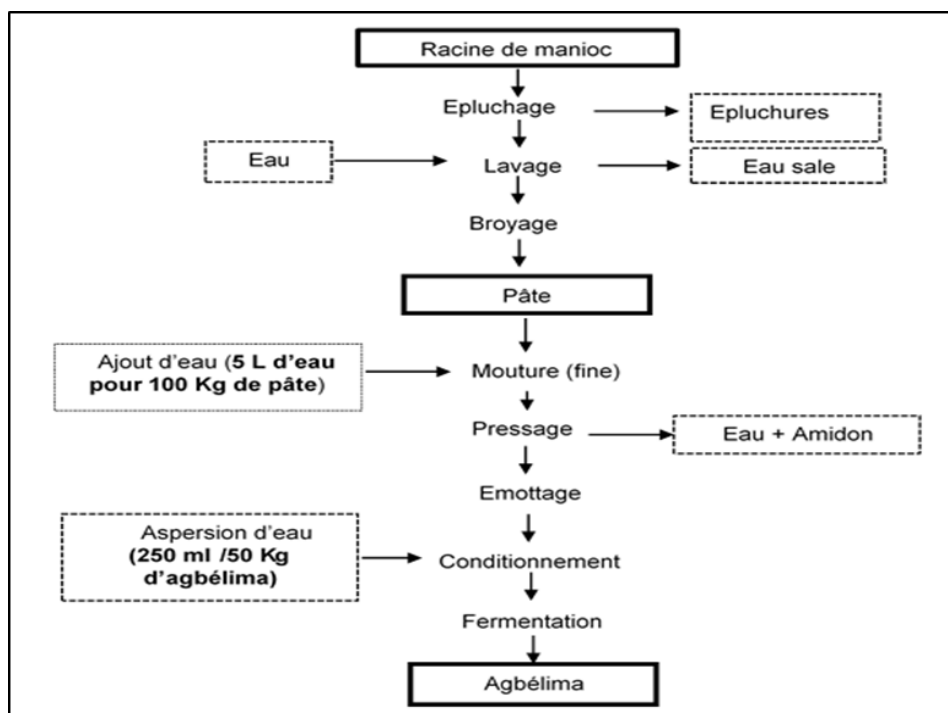


Figure 2:- Diagramme de production d'agbélima suivant la technologie 2

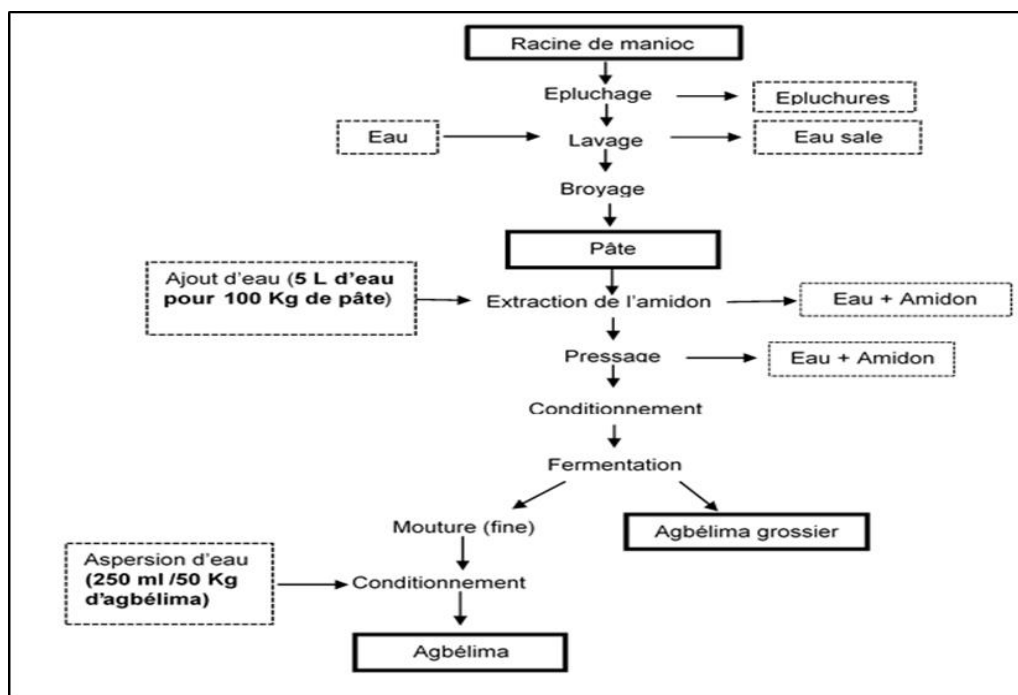


Figure 3:-Diagramme de production d'agbélina suivant la technologie 3

Teneur en métaux lourds des racines de manioc et d'agbélina produit

Les résultats du dosage des métaux lourds dans les racines de manioc et dans agbélina montrent la présence du plomb, du cadmium et d'aluminium (Tableau 1).

En effet, les teneurs moyennes en plomb (Pb) dans les échantillons analysés varient entre $0,73 \pm 0,157$ mg/kg et $2,5 \pm 0,34$ mg/kg. La plus grande valeur en plomb est obtenue dans agbélina issus de la technologie 1 et provenant des racines du cultivar hombètè (AT₁H) et la plus faible valeur est obtenue dans les racines de manioc du cultivar agrick (RA_g). Les échantillons d'agbélina (AT₁H, AT₂H et AT₃A_g) contiennent plus de plomb que les autres ($2,5 \pm 0,34$ mg/kg pour AT₁H ; $1,32 \pm 0,053$ mg/kg pour AT₂H et $1,820 \pm 0,111$ mg/kg pour AT₃A_g). Ces valeurs sont significativement différentes ($P \leq 0,05$).

En ce qui concerne les teneurs en cadmium (Cd) dans les échantillons prélevés et analysés, elles varient de $0,18 \pm 0,075$ à $0,4 \pm 0,114$ mg/kg. Les plus faibles valeurs en cadmium sont obtenues dans les échantillons des racines de manioc du cultivar hombètè (RH). Quant aux plus fortes valeurs en cadmium, elles sont obtenues dans les échantillons d'agbélina issus de la technologie 3 et provenant des racines de manioc du cultivar agrick (AT₃A_g). Cette valeur est significativement différente des autres ($P \leq 0,05$). AT₃A_g contient plus de plomb ($1,2 \pm 0,125$) et de cadmium ($0,4 \pm 0,114$) que les autres échantillons d'agbélina ($P \leq 0,05$).

Pour les teneurs moyennes en aluminium (Al) dans les échantillons analysés, elles varient de $305,73 \pm 3,41$ à $366,02 \pm 8,72$. La plus grande valeur en aluminium est obtenue dans agbélina issu de la technologie 1 et provenant des racines du cultivar agrick (AT₁A_g) et la plus faible valeur est obtenue dans les racines de manioc du cultivar hombètè (RH). Une différence significative a été notée entre les moyennes ($P \leq 0,05$).

Tableau 1:- Teneurs moyennes en Plomb, en Cadmium et en Aluminium dans les échantillons de racines de manioc et d'agbélina

| Echantillons | Teneur en mg/kg | | |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Pb | Cd | Al |
| RA | $0,730 \pm 0,157^a$ | $0,210 \pm 0,095^a$ | $329,03 \pm 6,4^a$ |
| RH | $0,930 \pm 0,079^a$ | $0,180 \pm 0,075^a$ | $305,73 \pm 3,41^b$ |
| AT ₁ A _g | $1,200 \pm 0,132^a$ | $0,350 \pm 0,050^a$ | $366,02 \pm 8,72^c$ |
| AT ₁ H | $2,500 \pm 0,340^b$ | $0,300 \pm 0,070^a$ | $326,23 \pm 3,59^a$ |

| | | | |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| AT ₂ A _g | 0,900±0,036 ^a | 0,300±0,026 ^a | 351,25±3,17 ^c |
| AT ₂ H | 1,320±0,053 ^c | 0,280±0,010 ^a | 355,52±2,09 ^c |
| AT ₃ A _g | 1,820±0,111 ^d | 0,400±0,114 ^b | 349,15±6,07 ^c |
| AT ₃ H | 1,200±0,125 ^a | 0,310±0,017 ^a | 330,05±0,80 ^a |

Chaque moyenne est issue de trois échantillons. Dans une colonne, les valeurs moyennes suivies de lettres alphabétiques différentes sont statistiquement différentes ($P \leq 0,05$) (tests de Bonferroni, Comparaison multiples) R = racine ; A = agbélíma ; T = technologie ; A_g = agrick ; H = hambètè

Relation entre les échantillons de racines de manioc et d'agbélíma et les métaux

La relation entre les différents échantillons et les métaux a été mise en exergue à travers l'Analyse en Composante Principale (ACP). Les résultats de l'ACP des métaux déterminés dans les échantillons de racines de manioc et d'agbélíma montrent que les deux axes expliquent à 95,15 % toute la variabilité de l'influence des métaux analysés sur ces échantillons (Figure 4). La contribution des paramètres déterminés aux différents axes F1 et F2 montre que le plomb est corrélé négativement avec l'axe F2 et par opposition à l'aluminium qui est corrélé positivement. Par contre, le plomb, le cadmium et l'aluminium sont corrélés négativement avec l'axe F1.

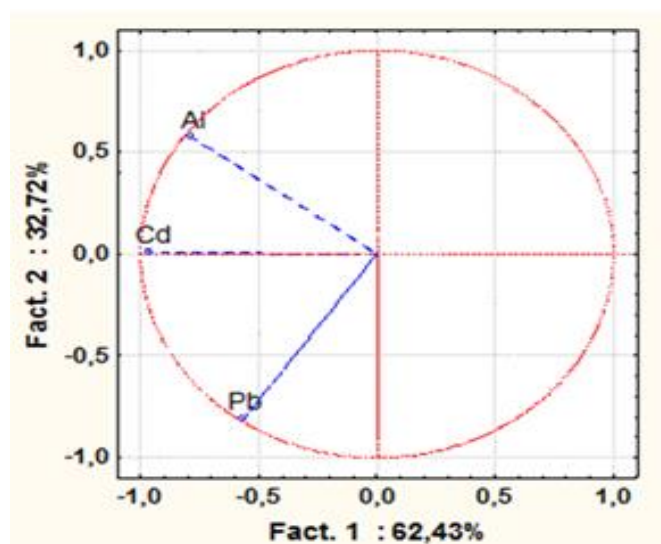


Figure 4:-Projection des variables (métaux) sur le plan factoriel F1-F2

L'analyse de la projection des individus (racines de manioc et agbélíma) sur le plan factoriel F1-F2 (Figure 5) permet de mettre en évidence trois regroupements. Le premier regroupement prend en compte les échantillons RA_g et RH qui sont respectivement des racines des cultivars agrick et de hambètè contiennent moins de plomb, de cadmium et d'aluminium. Le deuxième regroupement prend en compte les échantillons de AT₃H, AT₂H, AT₁A_g et AT₂A_g qui sont respectivement les échantillons d'agbélíma issus de la technologie 3 et provenant des racines du cultivar hambètè, technologie 2 et provenant des racines du cultivar hambètè, technologie 1 et provenant des racines du cultivar agrick et technologie 2 et provenant des racines du cultivar agrick. Ils contiennent plus d'aluminium et moins de plomb. Le troisième regroupement prend en compte les échantillons de AT₁H et AT₃A_g respectivement agbélíma issus de la technologie 1 et provenant des racines du cultivar hambètè et technologie 3 et provenant des racines du cultivar agrick. Ils contiennent plus de plomb mais moins d'aluminium.

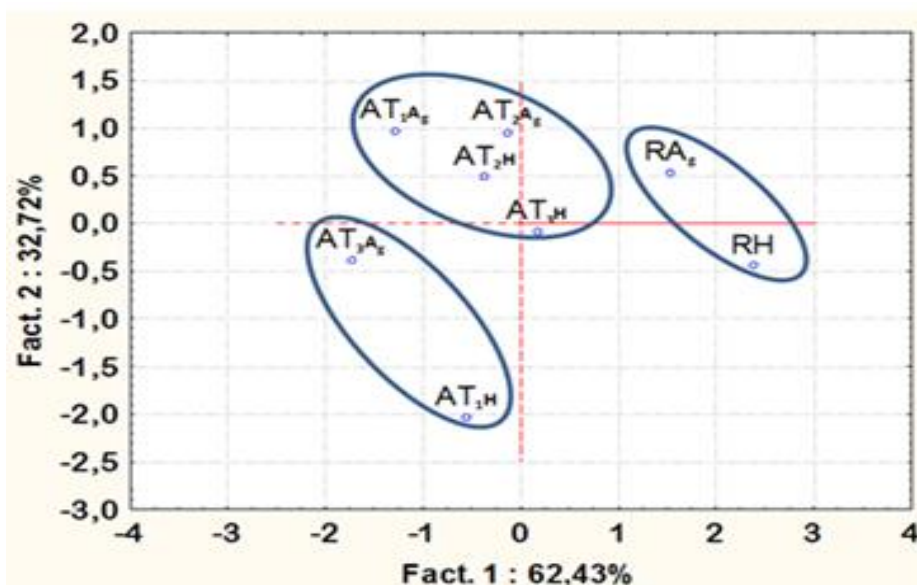


Figure 5:-Projection des individus (racines de manioc et d'agbélina) sur le plan factoriel F1-F2

Discussion:-

Technologies de production d'agbélina:

Les différentes technologies de productions d'agbélina sont purement artisanales et varient d'une zone à une autre, ce qui confère une diversité à la qualité du produit. Chacune des opérations unitaires contribue à la spécification des diagrammes de production d'agbélina. Ainsi la technologie 1 est composée de sept (07) étapes (épluchage, lavage, broyage, pressage, mouture fine, conditionnement et fermentation). Dans la technologie 2, la mouture fine suit directement la mouture grossière. Dans ce cas, au cours du pressage, le jus du pressage est plus important que dans la technologie 1. Ce jus entraîne une élimination partielle des métaux (Kouamé, 2013). Dans la technologie 3, l'extraction de l'amidon se fait à volonté par l'ajout d'eau. La fermentation est l'étape la plus importante de la production d'agbélina (Capo-Chichi et al., 2013). Celle-ci aussi conduit à une élimination partielle des métaux par l'activité microbienne. Selon Brown et al. (2000), pendant la fermentation, certains microorganismes peuvent utiliser certains métaux lourds soit comme catalyseurs, soit en les combinant à d'autres produits.

Contamination des racines de manioc par les métaux:

Les résultats issus des analyses chimiques révèlent la présence de dangers chimiques de par les concentrations hors normes (normes de l'Union Européenne (Règlement (CE) n° 466/2001)) en métaux dosés. En effet, les métaux (plomb, cadmium et aluminium) sont présents à des taux élevés dans les racines de manioc destinées à la production d'agbélina. Des résultats similaires ont été obtenus pour le plomb et le cadmium par Kouamé (2013) dans les racines de manioc destinées à la production d'attiékè en Côte-d'Ivoire.

En ce qui concerne les teneurs en plomb (Pb), les moyennes obtenues dans les racines sont supérieures aux normes de l'Union Européenne qui fixent le plomb à 0,1 mg/kg. Les résultats des teneurs en cadmium (Cd) dosées dans les échantillons de racine de manioc analysés ont montré des teneurs supérieures à la limite 0,1 mg/kg fixée par l'Union Européenne. La contamination des racines de manioc par le plomb a été montrée par les travaux de plusieurs auteurs (Osabohien et Otuya, 2006 ; Adebayo et Rapheal, 2011; Addo et al., 2013 ; Křibek et al., 2014; Anses, 2015). Cette présence des métaux lourds dans les racines de manioc peut provenir des sols via l'altération de la roche mère du sous-sol, et/ou de l'environnement immédiat dans lequel s'effectue la production (Bolan et al., 2003). Les travaux de Adjagodo (2018) ont révélé une forte contamination en éléments toxicologiques (plomb et cadmium) dans des échantillons de sols agricoles de la Basse Vallée de l'Ouémé. Selon l'auteur, les teneurs en plomb et en cadmium obtenues dans ces sols agricoles sont dues à l'utilisation des engrais phosphatés. De plus, selon Pereira et Sonnet (2007), le plomb et le cadmium sont présents en forte concentration dans les engrais phosphatés. Les zones contaminées par des métaux lourds constituent des sources de risque en raison des émissions des polluants secondaires et de la lixiviation des métaux (Kalonda et al., 2015). Ainsi les cultures de manioc installées sur ces types de sol peuvent favoriser l'accumulation des métaux lourds dans les racines de manioc. L'utilisation des engrais

chimiques pour la fertilisation des sols ainsi que les boues d'épuration sont aussi des sources de contamination par les métaux lourds (Bolan et al., 2003 ; Kouamé, 2013). La présence des métaux lourds dans les racines de manioc est aussi associée aux différents transports humains surtout le transport terrestre (Huss, 2011). Certains champs de manioc sont situés en bordure de route, exposant les plantes de manioc à la poussière, aux gaz d'échappement des automobiles et des motos qui sont très riches en métaux lourds (plomb...) (Kunwar et al., 2004 ; Mohamed et Ahmed, 2006).

La présence d'aluminium dans les racines de manioc provient des sols. En effet, d'après Gargominy et Astier-Dumas (1995), l'aluminium dans les aliments provient des sources naturelles. Selon ces auteurs, pratiquement toutes les denrées contiennent l'aluminium de façon naturelle.

Le plomb, le cadmium et l'aluminium qui contaminent les sols constituent une source de contamination des cultures voire la santé humaine car ces métaux passent assez facilement dans la chaîne alimentaire. Ainsi, pour mieux suivre la traçabilité ascendante, la contamination d'agbélina par le plomb, le cadmium et l'aluminium est aussi appréciée.

Contamination du produit fini (agbélina) par les métaux:

Les teneurs en plomb obtenues dans les échantillons d'agbélina varient de 0,9 à 2,5 mg/kg. Ces teneurs dépassent largement les critères normatifs de la réglementation de l'Union Européenne qui sont de 0,1 mg/kg. Les teneurs en plomb des échantillons d'agbélina AT₁H, AT₂H et AT₃A_g sont significativement différentes des autres échantillons. AT₁H a le plus fort taux de plomb, suivi de AT₃A_g puis AT₂H. Les teneurs en cadmium obtenues dans les échantillons d'agbélina varient de $0,28 \pm 0,01$ à $0,4 \pm 0,114$ mg/kg. Ces teneurs sont supérieures aux critères normatifs de la réglementation de l'Union Européenne qui sont de 0,1 mg/kg. Les teneurs en cadmium de l'échantillon AT₃A_g sont les seules à être significativement différentes. Des auteurs ont montré la contamination de certains dérivés de manioc par les métaux. Celle de couac (semoule sèche) de manioc en plomb a été signalée par Anses (2015), et celle en plomb et cadmium par Kouamé (2013) dans du attièkè.

Plusieurs facteurs constituent la cause de la contamination en métaux lourds dans ces produits (agbélina) par rapport aux racines. L'eau utilisée pour le lavage du manioc, pour le broyage et le conditionnement d'agbélina constitue une importante source de contamination par les métaux lourds. En effet, Hounsounou et al. (2018) ont montré dans leurs travaux, la contamination des échantillons d'eau de puits à usage domestique dans le sixième arrondissement de Cotonou par les métaux lourds tels que le plomb et le cadmium. De plus, les sites de production d'agbélina se trouvent dans ces zones. Ces eaux de puits sont les sources d'eau utilisées dans l'opération de lavage, et du conditionnement. Les broyeurs et les moulins sont mal entretenus, ils contaminent la pâte broyée et la mouture à travers des fuites de carburant au cours du broyage et de la mouture fine.

Les différentes opérations se déroulent sur les sites malsains de production et à l'air libre. Ces métaux lourds peuvent contaminer les produits. En effet, l'atmosphère constitue également une source de pollution de ces produits par ces métaux à cause des activités industrielles, agropastorales et du parc automobile vieillissant du Bénin. Les travaux de Mama et al., (2013) ont montré la pollution atmosphérique en plomb dans la ville de Cotonou au Bénin. D'après Semdé (2005), l'essentiel des métaux est d'abord émis dans l'atmosphère avant de rejoindre le sol et les eaux. Ces résultats obtenus s'expliquent par une contamination croisée issue des opérations unitaires (lavage, broyage, mouture fine et conditionnement) et aussi de l'environnement de la transformation.

Le taux d'aluminium dans les différents échantillons d'agbélina est supérieur à celui des racines de manioc utilisées. Pour l'alimentation, il existe une Dose Hebdomadaire Tolérable Provisoire (DHTP) d'aluminium établie par l'Organisation mondiale de la santé et validée par l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments en 2008. Elle est fixée à un mg par kg (1 mg/kg) de poids corporel par semaine, soit en moyenne 8,5 mg/jour pour un adulte d'une soixantaine de kilos. De façon générale, les teneurs en aluminium des échantillons sont largement supérieures à celle recommandée. L'aluminium dans les différents échantillons d'agbélina provient des racines de manioc utilisées, de l'eau utilisée dans la production et des ustensiles utilisés lors de la production.

L'Analyse en Composante Principale (ACP) des métaux déterminés dans les échantillons de racines de manioc et d'agbélina montre la relation entre les différents échantillons et leur contamination en Métaux. Cette analyse confirme les résultats des métaux obtenus. Il faut noter que l'ACP révèle que les racines de manioc appartiennent au premier regroupement du fait qu'elles sont moins contaminées par rapport aux échantillons d'agbélina issus de leur

transformation à l'égard de tous les métaux considérés. Cette différence est due au fait que les échantillons d'agbélina au cours de leur production subissent une autre contamination par ces métaux.

Par conséquent agbélina ainsi contaminé peut causer des problèmes de santé pour le consommateur.

Conclusion:-

Cette étude qui a pour objectif d'évaluer la contamination en plomb en cadmium et en aluminium d'agbélina obtenu après transformation des racines de manioc, a permis de mettre en évidence leur niveau de contamination en ces micropolluants métalliques. Ces métaux sont présents dans les racines ainsi que dans les produits transformés à différentes concentrations et supérieurs aux valeurs normatives. La transformation des racines en agbélina a entraîné une augmentation des teneurs des métaux dans les produits finis. Cette contamination peut être à la base de diverses maladies chez les consommateurs. Les mesures préventives doivent être appliquées pour que les racines de manioc et l'eau utilisées soient de qualité chimique acceptable. Ainsi faut-il que les outils de transformations soient bien entretenus, suivant les normes des Bonnes Pratiques d'Hygiène (BPH) et de Fabrication/Production (BPF/P) en vigueur sur toute la chaîne de production.

Références:-

1. Abraham, N. (2013). Characterisation of a subgenomic molecule associated with South African cassava mosaic virus," <http://hdl.handle.net/10539/12365> Consulté le 17/12/2018.
2. Addo, M., Darko, E., Gordon, C., Nyarko, B. (2013). Heavy metal contaminations in soil and cassava harvested near a cement processing facility in the Volta Region, Ghana: Implications of health risk for the population living in the vicinity. *e-Journal of Science & Technology*, 8(3): 71-83
3. Adebayo, K.S., Rapheal, O. (2011). Survey of Heavy metal contaminations of Cassava mash and Maize corns dried along highways in some selected States in Northern part of Nigeria. *Journal of Advances in Applied Science Research*, 2(5) : 561-571.
4. Adjagodo, A. (2018). Influence des activités anthropiques sur la qualité des ressources en eau de surface dans la Basse Vallée du fleuve Ouémé. Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Abomey-calavi, 289p.
5. Anses. (2015). Demande d'appui scientifique et technique concernant le signalement d'une contamination au plomb de tubercules de manioc et des produits dérivés consommés en Guyane. Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, 47p.
6. Bolan, N.S., Adriano, D.C., Duraisamy, P., MANI, A., Arulmozhiselvan, K. (2003). Immobilization and phytoavailability of cadmium in variable charge soils. Effect of phosphate addition. *Plant and Soil*, 250: 83-94.
7. Brown, G.G., Barois I, Lavelle, P. (2000). Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *European Journal of Soil Biology*, 36 : 177-198.
8. Capo-Chichi, R., Agassounon Djikpo Tchibozo, M., Adoukonou-Sagbadja, H., Anago, D.G., Ayi-Fanou, L., Karou, S.D., Ahanhanzo, C., De Souza, C. (2013). Evolution du pH et des microflores fermentaires de l'agbélina produit à Pahou, au Bénin. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 15 (2) : 1-11.
9. Dauguet, S., Denaix, L., Nguyen, C., Royer, E., Levasseur, P., Potin-Gautier, M., Lespes, G., Parat, C., Héroult, J., Coudure, R., Chéry, P., Devert, M., Robert, N., Pouech, P. (2011). Mesure des flux d'éléments traces (Pb, Cd, As, Cu, Zn) dans les sols, végétaux, porcs et lisiers des exploitations porcines du Sud-Ouest. *Innovations Agronomiques*, 17 :175-190.
10. Gargominy, N., Astier, D. (1995). Teneur en aluminium des aliments : aliments crus, aliments en conserve dans les canettes en acier ou en aluminium contamination des aliments," *Médecine et nutrition*, 31(5) : 253-256.
11. Hongbètè, F., Mestres, C., Akissoé, N., Pons, B., Hounhouigan, D., Cornet, D., Nago, C.M. (2011). Effects of cultivar and harvesting conditions (age, season) on the texture and taste of boiled cassava roots. *Food Chemistry*, 126 (1) : 127-133.
12. Hounsounou, E.O., Ayi-Fanou, L., Guidi, T.C., Chégnimonhan, V.K., Agassounon Djikpo Tchibozo, M., Agbossou, E. (2018). Pollution of well water with some nitrogenous pollutants and toxic micropollutants in the sixth district of Cotonou In South-Benin. *Revue Astrakha*, 1(65): 110-120.
13. Huss, M.J. (2011). Les risques sanitaires des métaux lourds et d'autres métaux. Rapport sur la commission des questions sociales, de la santé et de la famille, 13p.
14. Kalonda, D.M., Tshikongo, A.K., koto, F.K.K., Busambwa, C.K., Bwalya, Y.K., Cansa, H.M., Kahambwe Tambwe, J.L., Kalala, Z.L., Otshudi, A.L. (2015). Profil des métaux lourds contenus dans les plantes vivrières

- consommées couramment dans quelques zones minières de la province du Katanga. Journal of Applied Biosciences, 96 : 9049 – 9054.
15. Kouamé, K.A. (2013). Identification des dangers et des points critiques de contrôle pour la mise en place d'un système HACCP pour la production de l'attiéké en Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat l'Université Nangui Abrogoua en Côte d'Ivoire, 191 p
 16. Křibek B, Majer V, Kněsl I, Nyambe I, Mihaljevič M, Ettler V, Sracek O. 2014. Concentrations of arsenic, copper, cobalt, lead and zinc in cassava (*Manihot esculenta*) growing on uncontaminated and contaminated soils of the Zambian Copperbelt. Journal of African Earth Sciences, 99 : 713-723
 17. Kunwar, P.S., Dinesh, M., Sarita, S., Dalwani, R. (2004). Impact assessment of treated/untreated wastewater toxicants discharged by sewage treatment plants on health, agricultural and environmental quality in the wastewater disposal area. Chemosphere, 55: 227-255.
 18. Le Barbé, G., Alé, G., Millet, B., Texier, H., Boret, Y., Gualde, R. (1993). Les ressources en eaux superficielles de la République du Bénin, 540 p.
 19. Li, Q.S., Chen, Y., Fu, H.B., Cui, Z.H., Shi, L., Wang, L., Liu, Z.F. (2012). Health risk of heavy metals in foodcrops grown on reclaimed tidal flat soil in the pearl River Estuary, China. J Hazard Mater, 227-228 (7):148-54.
 20. Mama, D., Dimon, B., Aina, M., Adoukpè, J., Ahomadégbé, M., Youssao, A., Kouazounde, J., Pédro Kouanda, S., Moudachirou, M. (2013). Transport urbain au Bénin et pollution atmosphérique: évaluation quantitative de certains polluants chimiques de Cotonou. Int. J. Biol. Chem. Sci, 7(1): 377-386.
 21. Mohamed, A.R., Ahmed, K.S. (2006). Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. Food and chemical toxicology, 44: 1273-1278.
 22. Osabohien E, Otuya O. 2006. Heavy metals in soils, tubers and leaves of cassava plants grown around some oil-spill and gas flaring zones in Delta State, Nigeria. European. Journal. Scientific . Research, 13(1), 53-57. 13 (1): 53-57
 23. Pereira, B., Sonnet, P. (2007). La contamination diffuse des sols par les éléments traces métalliques en Région wallonne. Rapport analytique 2006-2007 sur l'état de l'environnement wallonne 27p.
 24. Ratier, C. (1998). Conseils pour mener une enquête par questionnaire Version : 1.1 Diffusion : CNRS/DSI/PQUAL, Paris France, 24 p
 25. Semdé I. (2005). Rapport sur la « Contribution du Burkina Faso à l'étude sur le plomb et le cadmium » Ministère de l'Environnement et du Cadre de vie, Direction Générale de l'Amélioration du Cadre de Vie, Octobre 2005, 26 p.
 26. Turyagyenda, L.F., Kizito, E.B., Ferguson, M.E., Baguma, Y., Harvey, J.W., Gibson, P., Wanjala, B.W., Osiru, D.S.O. (2012). Genetic diversity among farmer-preferred cassava landraces in Uganda. African Crop Science Journal, 20 (1) : 15 – 30.
 27. Van Oort, F., Gaultier, J. P., Hardy, R., Bourennane, H. (2002). Distributions spatiales de métaux et stratégies d'échantillonnage dans les sols du périmètre agricole d'une friche industrielle. In: Les Eléments métalliques dans les sols-Approches fonctionnelles et spatiales. INRA-Editions, 281-297 p.