

Risques alimentaires liés à la présence des éléments traces métalliques dans les viandes cuites et les peaux décapées avec des combustibles résineux ou en caoutchouc

[Food risks linked to the presence of metallic trace elements in cooked meats and skins pickled with resinous or rubber fuels]

YAYA Coulibaly¹, SORO Donafologo Baba¹, EHOUMAN Ano Guy Serge², ABOUA Kouassi Narcisse¹, KOUADIO David Léonce², DIARRA Moussa², MEITE Ladjji¹, TRAORE Karim Sory¹, and DEMBELE Ardjouma³

¹Laboratory of Environmental Science of University of Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²University Jean-Lorougnon-Guede, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

³National Laboratory of the Support to the Agricultural Development (LANADA), 04 BP 612 Abidjan 04, Côte d'Ivoire

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The preservation and consumption of food of animal origin requires pickling, smoking or cooking techniques. In Côte d'Ivoire, particularly in Abidjan, in the communes of Abobo and Port-Bouët, the stripping of beef hides with fuels such as used tires, rubber debris and rubberwood is a widespread practice. The "kplo" or treated and smoked beef skin is highly prized. The same is true for the "choukouya", beef, sheep or goat meat cooked in artisanal metal ovens fuelled mainly with rubberwood in the communes of Port-Bouët and Yopougon. These practices generate fumes containing entities that are toxic to human food, including trace metal elements (TMEs), which are carcinogenic or mutagenic. The objective of this study is to assess the risks associated with the consumption of meat and offal (skins) contaminated with TMEs. A dietary frequency-based survey was conducted. Sixty (60) skin samples and 120 meat samples were taken. Analysis was performed by atomic absorption spectrophotometry. The results show that rubber wood and used tires are the most commonly used fuels. Among the metals investigated, lead had a daily exposure (6.52 µg/kg bw/d) above its ADI (3.5 µg/kg bw/d). The hazard ratio of 1.86 greater than 1 for lead indicates the occurrence of threshold adverse effects. ERIs greater than 10⁻⁵ indicate the occurrence of carcinogenic or mutagenic effects.

KEYWORDS: meat; skins; choukouya; kplo; ETM; assess risks.

RÉSUMÉ: La conservation et la consommation des denrées d'origine animale nécessitent des techniques de décapage, de fumage ou de cuisson. En Côte d'Ivoire, particulièrement à Abidjan, dans les communes d'Abobo et de Port-Bouët, le décapage des peaux de bœuf avec des combustibles tels que les pneus usagés, les débris de caoutchouc et le bois d'hévéas est une pratique répandue. Le « kplo » ou peau de bœuf traitée et fumée est beaucoup prisée. Il en est de même pour le « choukouya », viande de bœuf, de mouton ou de chèvre cuite dans les fours métalliques artisanaux alimentés essentiellement aux bois d'hévéas dans les communes de Port-Bouët et de Yopougon. Ces pratiques génèrent des fumées renfermant des entités toxiques pour l'alimentation humaine dont les éléments traces métalliques (ETM), cancérigènes ou mutagènes. L'objectif de cette étude est d'évaluer les risques liés à la consommation des viandes et abats (peaux) contaminés par les ETM. Une enquête basée sur la fréquence alimentaire a été menée. Soixante (60) échantillons de peaux et 120 échantillons de viandes ont été prélevés. L'analyse a été effectuée par spectrophotométrie d'absorption atomique. Les résultats montrent que le bois d'hévéas et les pneus usagés sont les combustibles les plus utilisés. Parmi les métaux recherchés, le plomb a présenté une exposition journalière (6,52 µg/kg pc/j) supérieure à sa DJA (3,5 µg/kg pc/j). Le ratio de danger de 1,86 supérieur à 1 pour le plomb indique la survenue d'effets indésirables à seuil. Les ERI, supérieurs à 10⁻⁵, indiquent la survenue d'effets cancérigènes ou mutagènes.

MOTS-CLEFS: viande ; peaux ; choukouya ; kplo ; ETM ; évaluer les risques.

1 INTRODUCTION

Le renforcement de la sécurité alimentaire dans le monde nécessite l'utilisation rationnelle des denrées à travers leur transport ou conservation [1],[2]. Particulièrement pour améliorer les apports en protéine des mécanismes de conservation des aliments sont mis en œuvre, dont le fumage et la cuisson qui figurent parmi les plus anciennes méthodes de conservation des denrées d'origine animale [2], [3].

En Côte d'Ivoire, les abats telles que les peaux de bœuf appelées « kplo » font l'objet d'une consommation courante. Leur obtention et conservation passent souvent par le décapage au feu fait à partir des débris de caoutchouc, des pneus usagés, des matières plastiques diverses. Selon les décapeurs, cette pratique est motivée par une disponibilité de ces combustibles, une célérité dans le décapage et un enjeu économique.

En outre, dans le pays particulièrement à Abidjan, il est constaté une forte consommation du « choukouya », viande de bœuf, de mouton ou de chèvre cuite dans des fours métalliques artisanaux alimentés essentiellement avec du bois d'hévéas disponible et à coût raisonnable. Ces fours sont fabriqués à l'aide de barriques, grilles ou fûts de récupération.

Les processus de prétraitement et de cuisson des peaux et viandes mis en œuvre sont des sources de fumées toxiques. En effet, ces fumées génèrent des composés toxiques pour l'alimentation humaine parmi lesquels figurent les éléments traces métalliques (ETM), cancérigènes, mutagènes [4],[5]. Leur présence dans l'environnement et particulièrement dans les aliments, pourrait constituer un risque pour la santé humaine. Par ailleurs, il est noté une recrudescence de maladies cancéreuses pour lesquelles l'alimentation mal équilibrée est une cause essentielle [6]. En Côte d'Ivoire il est dénombré entre 15 000 et 20 000 nouveaux cas de cancer par an dont 20% sont liés à l'alimentation [7]. Dès lors, la sécurité sanitaire des aliments se présente comme un impératif pour améliorer la santé des populations. Ainsi, l'État a mis en place des mécanismes de contrôle qualité par l'adoption de limites maximales de résidus (LMR) et des normes de salubrité et d'hygiène. La présente étude s'intéresse à la contamination chimique par les ETM, des viandes et des peaux décapées pour lesquelles il y a peu de données. En outre, bien que l'abattage des animaux soit soumis quelques fois au contrôle des autorités sanitaires, force est de constater que ce contrôle demeure d'ordre biologique, la contamination chimique ne faisant pas l'objet d'analyse. Ainsi, l'objectif général de cette étude est d'évaluer les risques liés à la consommation des viandes et abats contaminés par les ETM.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

L'étude s'est déroulée dans le district d'Abidjan, en République de Côte d'Ivoire. Trois communes du district ont été retenues à savoir Abobo, Port-Bouët et Yopougon. Ce choix a été motivé par l'intensité des activités de décapage et de restauration dans ces communes. En outre, la commune de Port-Bouët abrite l'abattoir de la ville d'Abidjan. Différents sites d'échantillonnage ont été identifiés dans chaque commune. Il s'agit des restaurants de vente de « placaly », pate issue du manioc généralement consommée avec les peaux ; des points de vente de « choukouya » et des lieux de décapage.

2.2 MATÉRIEL UTILISÉ

2.2.1 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Les matrices utilisées sont constituées de peaux de bœuf « kplo » issues du décapage aux pneus ou aux bois d'hévéas et de viandes de bœuf (viande fraîche et viande grillée).

2.2.2 RÉACTIFS ET SOLVANTS

L'acide nitrique (HNO_3) concentré à 65% utilisé a été fourni par Fluka. Le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) à 30% est produit par Merck. Le chlorure d'étain à 25% provient de Merck. Les étalons standards certifiés de cadmium, mercure et plomb ont été fournis par Sigma-Aldrich. Tous les autres produits utilisés sont de pureté supérieure à 98 %. De l'eau bi-distillée a servi à la préparation des solutions.

2.3 MÉTHODES

2.3.1 ENQUÊTE ALIMENTAIRE

Les données étant quasi-inexistantes sur la consommation des aliments par la population ivoirienne, une enquête alimentaire auprès d'une population cible a été menée. La démarche méthodologique de cette enquête repose sur 3 volets principaux : le choix de la population cible, l'administration de l'enquête, la quantité journalière.

Le choix de la population cible a concerné les artisans du décapage ; les artisans de la cuisson à la grille (vendeurs de choukouya), les restauratrices (vendeuses de placaly) et les consommateurs âgés de plus de 10 ans dans les restaurants et lieux de vente de viande grillée ou de peau de bœuf. L'administration de l'enquête a été réalisée par entretien basé sur un questionnaire de fréquence alimentaire. Quant à la quantité journalière consommée, elle est obtenue en calculant la moyenne des quantités individuelles de viande ou de peau consommée par jour.

Les informations recherchées dans l'enquête étaient d'identifier les combustibles utilisés majoritairement par les artisans du décapage et ceux de la cuisson à la grille ; de déterminer le mode de cuisson pratiqué majoritairement par les restauratrices ; de préciser le profil socio-démographique des artisans du décapage et de ceux de la cuisson à la grille et enfin de déterminer la quantité journalière de viandes et de peaux consommées.

2.3.2 NIVEAU DE CONTAMINATION

2.3.2.1 CAMPAGNES D'ÉCHANTILLONNAGE, SITES ET COLLECTE D'ÉCHANTILLONS

De la viande non préparée a été achetée et la moitié a été conditionnée puis gardée en l'état pour les diverses analyses. L'autre moitié a été répartie à des artisans qui font des grillades en fonction des techniques et des combustibles utilisés notamment le bois d'hévéas. Cette expérience a été réalisée deux fois. La première a eu lieu en février 2017 dans la commune de Yopougon où la viande a été confiée à trois artisans installés sur 3 sites différents de grillade de viande. La deuxième s'est effectuée en juillet 2017 dans la commune de Port-Bouët selon la même méthodologie. La collecte des échantillons de peaux a été faite sur 2 sites choisis pour leur intense activité de décapage. L'un est situé dans la commune d'Abobo et l'autre dans la commune de Port-Bouët. Deux campagnes d'échantillonnage ont également été effectuées : la première a eu lieu en mars 2017 et a été consacrée à la collecte des échantillons d'Abobo. Quant à la deuxième, elle a été effectuée en août 2017 dans la commune de Port-Bouët. L'échantillonnage a donc consisté aux prélèvements et conditionnement d'échantillons de viande non préparée, à la collecte d'échantillons de viande grillée confiée aux artisans identifiés sur les différents sites et à la collecte des peaux de bœuf ayant subi des traitements et prêtes à la consommation.

Le **tableau I** ci-dessous présente les coordonnées GPS des 2 sites de décapage (communes d'Abobo et de Port-Bouët) et des 6 sites de cuisson des viandes retenus dans les communes de Port-Bouët et de Yopougon.

Tableau 1. Sites de cuisson des viandes et de décapage des peaux

Sites	Activités	Port-Bouët	Yopougon	Abobo
I	Grillade de viande	5°15'34''N et 3°58'5''W	5°21'18''N et 4°4'45''W	
II		5°15'35''N et 3°58'9''W	5°21'14''N et 4°4'27''W	
III		5°15'33''N et 3°58'8''W	5°20'47''N et 4°3'54''W	
IV	Décapage de peaux	5°15'45''N et 3°58'11''W		5°27'4''N et 3°58'29''W

Sur les sites, le choix des artisans pour le traitement de la viande et pour la collecte des peaux a été fait de façon aléatoire au cours des différentes campagnes.

2.3.2.2 CONSTITUTION ET CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS

ECHANTILLONS DE PEAU

Sur chaque site de décapage, des morceaux de peau provenant du prétraitement aux pneus ont été achetés avec 5 artisans du décapage différents possédant un foyer (aire de combustion). Les échantillons collectés ont été remis aux restauratrices

pour être nettoyés avant la cuisson. Après le nettoyage, les peaux présentent l'aspect indiqué sur la **figure 1** ci-dessous. Après prétraitement à la potasse et cuisson, 30 échantillons de peaux ont été constitués par site de décapage, soit 60 échantillons pour les deux sites. La **figure 2** présente des échantillons de peaux cuites lors de leur conditionnement dans les sachets alimentaires.



Fig. 1. Aspect des peaux après nettoyage



Fig. 2. Mise des échantillons dans les sachets alimentaires

ECHANTILLONS DE VIANDE

Il s'agit des échantillons de viande non préparée (**figure 3**) et de viande grillée. Pour la grillade, la viande a été découpée en morceaux et disposée sur le grillage comme le montre la **figure 4**.



Fig. 3. Viande fraîche



Fig. 4. Viande lors de la cuisson à la grille

Après cuisson et refroidissement, les échantillons de viande ont été constitués et conditionnés dans des sachets alimentaires. Par commune, 30 échantillons de viande non préparée et 30 échantillons de viande grillée sont constitués. Un total de 120 échantillons dont 60 échantillons de chaque type de viande pour les sites a été obtenu.

2.3.2.3 MÉTHODES D'ANALYSE

Pour doser le cadmium et le plomb, la méthode AOAC 999.10 (2000) a été mise en œuvre. Quant au mercure, il a été dosé à l'aide de la méthode AOAC 971.21 (2000). Le principe de ces méthodes consiste d'abord en une minéralisation de l'échantillon à l'acide puis un dosage à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique [8], [9].

Le mode opératoire mis en œuvre est celui utilisé par YAYA et *al* [10].

Les minéralisats obtenus ont été analysés avec un spectrophotomètre d'absorption atomique de marque VARIAN et de série SPECTRAA 110 équipé d'un four graphite et d'un passeur d'échantillons. Les conditions d'analyse diffèrent en fonction des polluants recherchés. Le dosage a été effectué selon le mode opératoire adopté par YAYA et *al* [10].

2.3.3 EVALUATION DE RISQUES ALIMENTAIRES

Le risque considéré découle uniquement de l'exposition par ingestion des aliments qui sont la peau « kplo », la viande grillée « choukouya » et la viande à cuisiner. La méthode standardisée de la FAO/OMS a été utilisée [11]. Elle se décompose en quatre principales étapes : l'identification des dangers potentiels, la caractérisation des dangers ou choix des valeurs toxicologiques de références (VTR), l'évaluation de l'exposition de la population et la caractérisation du risque alimentaire.

Pour évaluer l'exposition, deux sources de données ont été utilisées : celles apportées par le questionnaire de consommation (quantité de peaux ou de viande et la masse moyenne des personnes enquêtées) et celles apportées par les analyses (quantités des ETM trouvées dans la peau et la viande). En pratique, cette évaluation de l'exposition de la population aux ETM a été réalisée en deux grandes phases : la mesure de la charge globale en ETM dans la ration de peaux et de viande consommées par la population et le calcul des expositions théorique et estimée (AJMT, AJE) aux ETM ayant une charge élevée et/ou reconnus comme dangereux pour la santé humaine.

Une ration alimentaire a été retenue par commune. Celle d'Abobo est constituée de peaux, de viande non préparée. Celle de Port-Bouët comprend les peaux, la viande grillée et la viande non préparée. Quant à la commune de Yopougon, la ration retenue est faite de viande grillée et de viande non préparée.

L'apport journalier maximal théorique (AJMT) est calculé (méthode sécuritaire) selon la relation $AJMT = \sum (LMR_p \times Q_i)$ avec LMR_p la limite maximale de résidus d'un polluant donné et Q_i la masse d'un aliment i .

Quant à l'apport journalier estimé (l'AJE), il est calculé (méthode réaliste) selon la relation $AJE = \sum (C_p \times Q_i)$ avec C_p la concentration réelle d'un polluant donné et Q_i la masse d'un aliment i . Pour obtenir la DJE_{th} ou la DJE il suffit de calculer le quotient de l'AJMT ou celui de l'AJE par la masse corporelle.

Pour caractériser le risque alimentaire, un ratio de danger (R_D) est calculé dans le cas des substances à effets de seuil c'est-à-dire les substances pour lesquelles un effet survient uniquement au-delà d'une dose administrée. Si le $R_D < 1$ la population est théoriquement hors risque, si $R_D > 1$ les effets toxiques sont susceptibles de se produire dans la population exposée.

Pour caractériser le risque alimentaire dû aux composés sans seuil de toxicité, un excès de risque individuel (ERI) est déterminé selon la formule suivante : $ERI = DJE \times \frac{T}{T_p} \times ERU$. L'ERI calculé est comparé à une valeur d'acceptabilité du risque de 10^{-5} . Si l'ERI $< 10^{-5}$, le risque est acceptable ; Si l'ERI $> 10^{-5}$, il y a survenue d'effets cancérigènes ou mutagènes [12]. Dans l'expression de l'ERI, T et T_p désignent respectivement la durée d'exposition et le temps de pondération ; l'ERU est l'excès de risque unitaire.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE ALIMENTAIRE

3.1.1 PROFIL SOCIO-DÉMOGRAPHIQUE

Le profil socio-démographique indique que 70 % à 74 % des décapeurs sont des jeunes hommes âgés de 20 ans à 39 ans. L'activité est menée quotidiennement au rythme de l'abattage des animaux. Près de 400 bœufs sont abattus par jour uniquement à l'abattoir de Port-Bouët [13]. Il est ainsi noté une grande intensité au niveau de l'activité de décapage des peaux. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que les abats sont très sollicités car ayant un coût relativement faible comparé à celui des autres parties (viande). Il faut donc prétraiter l'importante quantité de peaux pour faciliter la conservation avant la consommation. Par ailleurs, l'exclusivité de l'exercice de l'activité de décapage par les hommes pourrait s'expliquer par les conditions de travail très pénibles (intense effort physique de manutention, dégagement de forte chaleur et de fumée...). Les résultats indiquent également que jeunes et adultes s'adonnent à la vente du chokouya.

3.1.2 MODE DE PRÉTRAITEMENT DE DÉCAPAGE OU DE CUISSON

Pour ce qui est du mode de prétraitement de décapage ou de cuisson, il ressort que le décapage utilise en majorité du bois d'hévéas (à plus de 50%) et des pneus enfouis (entre 30% et 40%) (Abobo et Port-Bouët) ; la préparation du chokouya se fait majoritairement (à environ 70% en moyenne) au bois d'hévéas dans les communes de Port-Bouët et de Yopougon. L'utilisation de ces combustibles pourrait s'expliquer par leur coût relativement moindre et le pouvoir calorifique inférieur (PCI) important du caoutchouc (40 000 kJ/kg) [14]. La cuisson des peaux se fait à l'eau bouillante additionnée de potasse par plus de 90 % des restauratrices. Ce résultat s'expliquerait par l'aptitude de la potasse à faciliter la cuisson de la peau. En effet, les ions hydroxydes OH^- provenant de la dissolution de la potasse agissent principalement sur les protéines et rendent le milieu plus homogène [15].

3.1.3 CONSOMMATION JOURNALIÈRE DE PEaux ET DE VIANDE

La consommation moyenne de peaux par personne, par jour a été déterminée et est de 70 g par commune (Abobo et Port-Bouët). Celle de la viande grillée par personne, par jour a été également déterminée par commune. Les résultats obtenus sont de 80 g et 70 g respectivement à Port-Bouët et à Yopougon. Concernant la viande fraîche, l'enquête préliminaire a donné une consommation journalière de 20 g pour chacune des trois communes retenues.

3.2 NIVEAU DE CONTAMINATION

Les teneurs en ETM des peaux et de la viande grillée obtenues par YAYA et al (2019) [10] sont consignées dans les **tableaux 2 et 3**.

Tableau 2. Teneurs moyennes et maximales en mg/kg des ETM dans les peaux

Echantillons de peaux	Commune d'Abobo			Commune de Port-Bouët		
	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)
Moyenne	0,605	0,012	0,077	1,457	0,011	0,128
Maximum	3,196	0,026	0,148	4,701	0,027	0,243

Tableau 3. Teneurs moyennes et maximales en mg/kg des ETM dans les viandes grillées

Echantillons de viandes grillées	Commune de Yopougon			Commune de Port-Bouët		
	Pb(mg/kg)	Cd(mg/kg)	Hg(mg/kg)	Pb(mg/kg)	Cd(mg/kg)	Hg(mg/kg)
Moyenne	0,446	0,005	0,083	0,490	0,008	0,089
Maximum	1,870	0,027	0,136	0,923	0,014	0,152

Les résultats obtenus indiquent que le plomb présente les teneurs les plus élevées, supérieures à sa LMR (0,1 mg/kg) [16]. Le cadmium et le mercure ont des teneurs en dessous de leurs LMR respectives (0,05 mg/kg et 0,5 mg/kg) [16],[17], quelle que soit la matrice ou la commune.

Ces teneurs ont été comparées à celles de la viande fraîche (**tableau 4**) provenant d'un même lieu d'approvisionnement (abattoir de Port-Bouët).

Tableau 4. Teneurs en mg/kg des ETM dans la viande fraîche

Echantillons de viande fraîche	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)
Moyenne	0,467	0,011	0,044
Maximum	1,060	0,020	0,130

Le dépassement de la LMR pour le plomb (0,1 mg/kg) et le caractère cumulatif des ETM, ont conduit à évaluer les risques liés à la consommation des viandes et peaux.

3.3 EVALUATION DE RISQUES ALIMENTAIRES

3.3.1 IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DU DANGER

Les ETM retrouvés dans les matrices (cadmium, mercure, plomb) sont susceptibles de présenter aussi bien des effets néfastes à seuil que des effets sans seuil. Parmi les effets à seuil figurent les douleurs abdominales, les vomissements, les troubles neurologiques, les œdèmes pulmonaires [18], [19]. Dans le cas des effets sans seuil, le danger peut se manifester par la survenue du cancer et de la mutation génétique [4], [5].

Le cadmium et le mercure ont des teneurs inférieures à leurs LMR. Cependant, le plomb a des teneurs hors normes [10].

3.3.2 EVALUATION DE L'EXPOSITION

3.3.2.1 APPORT JOURNALIER MAXIMAL THÉORIQUE (AJMT) ET POURCENTAGE DE DJA

L'AJMT et le pourcentage de DJA sont mentionnés dans les tableaux 5 (a),(b),(c) suivants :

Tableau 5. (a),(b),(c) : Apport journalier maximal théorique (AJMT) et pourcentage de DJA

(a) ABOBO		Cd	Pb	Hg	Cd	Pb	Hg
Matrice	Masse moyenne d'aliment Q_i (g/pers/j)	LMR _p (µg/kg) [16],[17]			Apport/produit : LMR _p × Q _i (µg/pers/j)		
Peaux	70	50	100	500	3,5	7	35
Viandes (np) *	20	50	100	500	1	2	10
AJMT=Σ (LMR_p × Q_i) (µg/pers)					4,5	9	45
DJE_{théorique} = AJMT/PC (µg/kg/ pc)					0,075	0,15	0,75
%DJA					7,5	4,28	105,63

(b) PORT-BOUËT		Cd	Pb	Hg	Cd	Pb	Hg
Matrice	Masse moyenne d'aliment Q_i (g/pers/j)	LMR _p (µg/kg) [16],[17]			Apport/produit : LMR _p × Q _i (µg/pers/j)		
Peaux	70	50	100	500	3,5	7	35
Viandes (np) *	20	50	100	500	1	2	10
Viandes grillées	80	50	100	500	4,00	8,00	40
AJMT=Σ (LMR_p × Q_i) (µg/pers)					8,5	17	85
DJE_{théorique} = AJMT/PC (µg/kg/ pc)					0,131	0,261	1,328
%DJA					13,10	7,45	187,04

(c) YOPOUGON		Cd	Pb	Hg	Cd	Pb	Hg
Matrice	Masse moyenne d'aliment Q_i (g/pers/j)	LMR _p (µg/kg) [16],[17]			Apport/produit : LMR _p × Q _i (µg/pers/j)		
Viandes (np) *	20	50	100	500	1	2	10
Viandes grillées	70	50	100	500	3,5	7	35
AJMT=Σ (LMR_p × Q_i) (µg/pers)					4,5	9	45
DJE_{théorique} = AJMT/PC (µg/kg/ pc)					0,069	0,138	0,692
%DJA					6,9	3,94	97,46

Viandes (np)* : viandes non préparées

D'après ces résultats, seul le mercure présente un ratio supérieur à 100% de la DJA à Abobo et à Port-Bouët. Il a été ainsi choisi pour le calcul de l'AJE. Toutefois, compte tenu de la présence hors norme du plomb dans les aliments, cet ETM a été retenu également pour le même calcul afin d'apprécier au mieux les risques. Par ailleurs, la commune de Port-Bouët avec la ration alimentaire comprenant les trois matrices, présente l'AJMT le plus élevé. Ainsi, elle a été retenue pour le reste de l'étude.

3.3.2.2 APPORT JOURNALIER ESTIMÉ (AJE) ET CALCUL DE LA DJE

Le **tableau 6** donne l'AJE et la DJE correspondant à la ration alimentaire constituée des trois matrices. Il tient compte des teneurs maximales trouvées lors de l'analyse instrumentale et de la masse corporelle (PC=65kg), valeur issue de l'enquête alimentaire.

Tableau 6. AJE et DJE correspondant à la ration alimentaire

Matrice	Masse moyenne consommée : Q_i (g/pers/j)	Pb	Hg	Pb	Hg
		Concentration du polluant : C_p ($\mu\text{g}/\text{kg}$)		Apport/produit : $C_p \times Q_i$ ($\mu\text{g}/\text{pers}/\text{j}$)	
Peaux	70	4701	243	329,07	17,01
Viandes (np)	20	1060	130	21,2	2,6
Viandes grillées	80	923	152	73,84	12,16
AJE = $\sum (C_p \times Q_i)$ ($\mu\text{g}/\text{pers}$)				424,11	31,77
DJE = AJE/PC ($\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$)				6,5248	0,4888
%DJA = (DJE/DJA) × 100				186,422	68,845

Il apparaît dans ce tableau qu'à partir de l'absorption journalière de 424,11 μg de plomb, il résulte une exposition journalière au plomb de 6,52 $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$ pour l'adulte de 65 kg. Cette valeur est nettement supérieure à l'exposition au plomb de 0,017 $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$ trouvée par KOFFI et al [20] à travers la consommation de viandes et abats de bœuf et porc importés en Côte d'Ivoire. La consommation quotidienne du mercure à travers les aliments incriminés est de 31,77 μg , correspondant à une dose journalière d'exposition (DJE) de 0,49 $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$, inférieure à la DJA fixée à 0,71 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$ [21]. Dans le cas du plomb, la DJE (6,52 $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$) est nettement plus élevée que la DJA (3,5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$) [22].

3.3.3 CARACTÉRISATION DU RISQUE ALIMENTAIRE

Dans le cas des effets à seuil, les ratios de danger figurent dans le **tableau 7** :

Tableau 7. Ratios de danger théorique et réel dus aux ETM

	Plomb	Mercure
	DJA = 3,5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$	DJA = 0,71 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$
DJE ; DJE _t	6,525 ; 0,261	0,489 ; 1,328
R _D = DJE/DJA	1,864	0,689
R _D théorique = DJE _t /DJA	0,074	1,870

Le ratio de danger est supérieur à 1 pour le plomb (1,86) et inférieur à 1 pour le mercure (0,69). La survenue d'effets indésirables liés aux toxiques notamment le plomb est possible. Ces effets peuvent être des douleurs abdominales, des vomissements des troubles neurologiques (céphalées, hallucinations, agitation, délire, convulsions) [16]. Pour le mercure le ratio de danger théorique est supérieur à 1 (R_D = 1,87). En comparant le R_Dthéorique et le R_D, il ressort que les valeurs théoriques sont surestimées pour le mercure par rapport aux valeurs observées.

Dans le cas des effets sans seuil, les excès de risque individuels (ERI) figurent dans le **tableau 8**. La durée d'exposition considérée est T=5ans et le temps de pondération T_p=70 ans.

Tableau 8. Excès de risque individuels (ERI) dus aux ETM

Métaux	ERU($\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j})^{-1}$ [23]	DJE($\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$)	ERI
Plomb	8,5	6,525	0,396
Mercure	0,3	0,489	0,010

Les ERI calculés sont supérieurs à 10^{-5} , ce qui indique qu'il y a survenue d'effets cancérigènes ou mutagènes [12]. Il convient de noter que même si les apports (AJMT) en cadmium ont été faibles, ses propriétés cancérigènes ou mutagènes sont réelles. Son caractère cumulatif peut aussi conduire à un excès de risque.

4 CONCLUSION

L'enquête alimentaire a indiqué que le décapage des peaux se fait majoritairement aux bois d'hévéas suivis des pneus enfouis. Ces bois sont les combustibles les plus utilisés dans la préparation du choukouya. Le décapage et la préparation du choukouya sont des activités exclusivement masculines, essentiellement menées par les jeunes. En outre, plus de 90 % des restauratrices optent pour le ramollissement des peaux à l'eau bouillante additionnée de potasse.

Les niveaux de contamination montrent un dépassement de la LMR pour le plomb, dans les deux matrices (peau et viande) quelle que soit la commune. Cependant, le cadmium et mercure ont des teneurs moyennes en dessous de leurs LMR respectives quelle que soit la matrice ou la commune. L'exposition au plomb de 6,52 $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$ supérieure à sa DJA, est la plus élevée. L'exposition globale aux ETM (cadmium, mercure, plomb) à travers les peaux décapées est supérieure à celle de la viande cuite. La caractérisation du risque alimentaire indique qu'il y a survenue aussi bien des effets à seuil que des effets sans seuil (cancérigènes ou mutagènes) liés aux ETM.

En perspectives, il s'agira de mener des campagnes répétées de sensibilisation de la population sur les dangers de certaines pratiques culinaires.

REMERCIEMENTS

Les remerciements sont adressés aux artisans du décapage, de la cuisson à la grille et aux restauratrices qui ont facilité l'échantillonnage des peaux et des viandes. Ils sont également exprimés à l'endroit des autorités du Laboratoire National d'Appui au Développement Agricole (LANADA) et de l'Université Nangui Abrogoua qui ont apporté leur aide matérielle.

REFERENCES

- [1] FAO, Produits alimentaires destinés aux consommateurs : Commercialisation, transformation et distribution. Documents d'information technique, Sommet Mondial de l'Alimentation, 13-17 Novembre 1996, Rome, Italie, 41p, 1996.
- [2] FAO, Conservation traditionnelle des aliments d'origine animale, Atelier FAO, Dakar 5-7 novembre 2014, 20p, 2014.
- [3] C. Laurent, Conservation des produits d'origine animale en pays chauds. ACCT, Paris, 157 p, 1981.
- [4] INERIS, Métaux-mercure. Rapport final. DRC -02-39266- AIRE /étude 10- 782 fmr., 87p, 2002.
- [5] Aliapur, Extrait du document de référence ALIAPUR R&D 2009 sur l'utilisation des pneus usagés comme combustible alternatif : valeurs de référence et protocoles de caractérisation. Aliapur – R&D – juillet 2009 15p, 2009.
- [6] OMS, Rapport annuel intermédiaire du CIRC. SC /47/2 -GC 532, 2010.
- [7] ALIAM/AILC, Alliance des ligues francophones africaines et méditerranéennes. Association Ivoirienne de Lutte Contre le Cancer. Interview intitulé « manger de la viande braisée est un risque de cancer » 6p, 2014.
- [8] AOAC 999.10. Official Method 999.10. Official methods for chemical elements in food of animal origin. Lead, cadmium, zinc, copper and iron in foods. *J. AOAC International*, 83, 1189p, 2000.
- [9] AOAC 971.21. Official Method 971.21, Mercury in Foods, Flameless Atomic Absorption Spectrophotometric Method (17th ed.) AOAC : Washington, DC, 2000.
- [10] C. Yaya, D. B. Soro, M. Diarra., K. N. Aboua, D. L. Kouadio, A. G. S. Ehouman, L.Meite, K. S. Traore and A.Dembele. Contamination of meat and offal (skin) by the trace elements metals during the cooking grid or following pre-treatment of stripping to tires. *International Journal of Advanced Research*. 7(9), pp.1020-1025, 2019b.
- [11] FAO/OMS, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et l'Organisation mondiale de la Santé. Environmental Health Criteria; 240, Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. ISBN 978 92 4 157240 8. (http://whqlibdoc.who.int/ehc/WHO_EHC_240_6_eng_Chapter3.pdf), 2009.

- [12] INERIS, Polychlorobiphenyles. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. DRC-02-25590-00DF045.doc. Version N°2-1 -novembre 2005. 70p, 2005 c.
- [13] UOAMIB, Union Ouest Africaine des Marchands et Importateurs de Bétail (UOAMIB). Abattoir de Port-Bouët, Le communicateur, N° 39, 4p, 2015.
- [14] G. Chanclou, Rupture de chaînes polymères par oxydation contrôlée : Application au recyclage de déchets élastomères. Thèse de doctorat, Université du Maine, Le Mans 208p, 2000.
- [15] G.A.Gross, *Carcinogenesis*, 11, pp.1597-1603, 1990.
- [16] CE, Règlement (UE) N°835/2011 de la Commission du 19 août 2011 modifiant le règlement (CE) no1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les denrées alimentaires. *Journal officiel de l'Union européenne* L 215, 8p, 2011.
- [17] Y.Thibaud, Teneur en mercure dans quelques poissons de consommation courante. *Sciences et Pêche, Bull. Znst. Pêches marit., no 209*, décembre 1971, 10p, 1971.
- [18] C.Bismuth, F.Baud, F.Conso, S.Dally, J.-P.Fréjaville, R.Garnier, and A.Jaeger, "Toxicologie clinique ". Flammarion Médecine-Sciences, 5ème édition, Paris, 1092p, 2000.
- [19] C.D.Klassen, J.B.Watkins, *Essentials of toxicology Casarett and Doull's*. USA: The McGraw-Hill Companies, 544p, 2003.
- [20] M.K. Koffi, A.Y. Assi, J.S. Saki et G. A. Biego, Évaluation de l'exposition de la population aux métaux traces (cadmium, mercure, plomb) à travers la consommation des viandes et abats de bœuf et de porc importés. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(4), pp1594-1603, 2014.
- [21] AFSSA, Agence française de sécurité sanitaire des aliments. Avis relatif à la réévaluation des risques sanitaires du méthylmercure liés à la consommation des produits de la pêche au regard de la nouvelle dose hebdomadaire tolérable provisoire (DHTP), 13p, 2004.
- [22] INSERM, Plomb dans l'environnement - Quels risques pour la santé ? Expertise Collective. Les Editions ISBN 2 85598-745-8. Rapport, Paris, XIV, 461p, 1999.
- [23] BURGEAP, Conseil Général des Yvelines ; Direction de l'Environnement. Parc paysager et récréatif à Carrières-sous-Poissy (78). Evaluation des risques sanitaires. Rapport RSSPIF01255-03 du 04/06/2012, 36p, 2012.