

ÉVALUATION DE LA TENEUR EN CADMIUM, PLOMB ET MERCURE AVANT ET APRÈS FUMAGE CHEZ TROIS ESPÈCES DE POISSON À FORTE CONSOMMATION DANS LA ZONE D'ABIDJAN, CÔTE D'IVOIRE

**Urbain Yapo MONNEY^{1*}, Vandjiguiba DIABY²,
Yolande Assi AKE¹, Isiaka SANOGO², Adou Francis YAPO¹
et Joseph Allico DJAMA¹**

¹*Université Félix Houphouët BOIGNY, UFR Biosciences, Laboratoire de Pharmacodynamie-Biochimique, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

²*Laboratoire Central Pour l'Hygiène Alimentaire et l'Agro-Industrie, 04 BP 612 Abidjan 04, Côte d'Ivoire*

(reçu le 10 Novembre 2020 ; accepté le 28 Décembre 2020)

* Correspondance, e-mail : urbainyapo1993@gmail.com

RÉSUMÉ

Les méthodes de transformations pour la conservation du poisson sont nombreuses. Parmi celles-ci se trouve le fumage qui est généralement effectué avant l'acheminement des poissons vers les zones de consommation. Cette étude a été menée dans le but d'évaluer la teneur en cadmium, plomb et mercure avant et après fumage chez le maquereau, la sardine et le thon consommés dans la zone d'Abidjan. Pour ce faire, 180 échantillons de chair ont été prélevés au niveau de la tête, du milieu et de la queue sur chacune des espèces avant et après fumage. Ces échantillons ont ensuite été analysés au moyen d'un Spectrophotomètre d'Absorption Atomique. Les résultats obtenus montrent des augmentations significatives ($p < 0,05$) au niveau des teneurs en Cd et en Pb après fumage des espèces étudiées. Quant au mercure des diminutions significatives ont été observées chez la sardine et le maquereau après fumage, dues à une baisse du taux d'humidité. Il ressort donc de cette étude que le thon, la sardine et le maquereau contiennent des éléments traces métalliques (ETM) à l'état frais et fumé. Toutefois la comparaison des teneurs avant et après fumage permet de conclure que le maquereau fumé est plus intoxiqué en Cd et en Pb. Cette étude montre que la technique utilisée pour le fumage des poissons amplifie significativement le taux en Cd et Pb, et diminue celui du Hg.

Mots-clés : *fumage, maquereaux, sardine, thon, ETM, Côte d'Ivoire.*

ABSTRACT

Assessment of cadmium, lead sinker and mercury inside three species of high consumption before and after their exposition on the smoke, in the area of Abidjan, Ivory Coast

There are many methods of transformation for conserving fish. Among these, the fact of exposing fish on the smoke. That methode is usually done before fishes are being transporting to the consumption areas. This study was carried in order to assess the content of cadmium, lead sinker and mercury inside mackerel, sardines and tuna, before and after their exposition on the smoke. For so doing, 180 flesh sample were taken from the head, middle and queue of each specys ; before and after exposing on the smoke. Then, those samples were analyzed using an atomic absorption spectrophotometer. The results reveal significant increases ($p < 0.05$) of Cd and Pb contents, before and after exposing the studied species on the smoke. Concerning the mercury content inside mackerel, sardines, significant decreases were observed after their exposition on the smoke, and that is due to a drop in humidity. It therefore emerges from this study that, tuna, sardines, mackerel contain Tetal Trace Elements (MTE) in fresh state and when they are exposed on the smoke. However, when comparing the contents, before and after exposing on the smoke, that of mackerel is more intoxicated in Cd and Pb. This study shows that the technique used for exposing fishes on the smoke, significantly amplifies the Cd and Pb rate, and decreases that of Hg.

Keywords : *smoking, mackerel, sardines, tuna, TME, Côte d'Ivoire.*

I - INTRODUCTION

Le poisson est la première commodité alimentaire la plus échangée dans le monde [1]. Environ 143 millions de tonnes de poissons sont destinés à l'alimentation humaine [2]. De nombreuses études ont montré l'action potentielle de la consommation de poissons quant à la prévention des maladies cardiovasculaires et des maladies coronaires [3, 4], des accidents vasculaires cérébraux [5], de certains cancers [6, 7], de la dépression et de certaines maladies neurodégénératives [8, 9]. Plus de 200 millions d'africains consomment régulièrement du poisson soit à l'état frais, soit le plus souvent à l'état fumé ou séché [10, 11]. En Côte d'Ivoire et plus particulièrement dans la ville d'Abidjan, le poisson reste l'aliment le plus accessible à de nombreux ménages même les plus modestes [12]. Ces ressources halieutiques ont l'avantage d'être bon marché que la viande rouge et fournissent près de 70 % des protéines animales consommées par la population [13]. Malheureusement,

le manque d'infrastructures adéquates de conservation et les conditions climatologiques ont une incidence désastreuse sur la conservation du poisson des pêches maritimes et continentales artisanales en Côte d'Ivoire comme dans la plupart des pays chauds [14]. Pour assurer sa conservation et éviter les pertes post captures qui s'élèvent de 20 à 50 % en Afrique et plus particulièrement en Côte d'Ivoire, plusieurs procédés de transformations et de conservation comme le fumage est généralement effectué avant l'acheminement des poissons vers les zones de consommation [15]. Ces techniques permettent de stabiliser ce produit fragile qu'est le poisson, d'assurer sa conservation et d'étaler sa consommation dans le temps [16 - 19]. En effet, le fumage constitue en Côte d'Ivoire, la première méthode de conservation de poisson [20]. Toutefois, cette activité de fumage n'est pas sans conséquences puisqu'elle est effectuée généralement dans des conditions précaires et pénibles à cause des équipements rudimentaires utilisés (fumoires inadaptés, combustibles, etc.) [21]. Ces techniques de fumage, de stockage et de manipulation du poisson posent un véritable problème de santé publique lié à la consommation des poissons fumés [22]. Ces poissons fumés pourraient contenir certains polluants plus particulièrement des éléments traces métalliques (ETM) tels que le cadmium, le plomb et le mercure. Ces métaux non essentiels sont reconnus pour leur toxicité, même à de très faibles concentrations [23 - 25]. Ainsi, cette étude vise à évaluer l'impact du fumage sur l'apport en ETM chez trois espèces de poisson à forte consommation (maquereau, sardine et thon) dans la zone d'Abidjan.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Matériel biologique

Trois espèces de poissons couramment consommées en Côte d'Ivoire et plus précisément dans la ville d'Abidjan, notamment, la sardine (*Sardinella maderensis*), le maquereau (*Scomber scombrus*) et le thon (*Euthynnus alletteratus*) ont été choisies pour cette étude. Ces espèces provenaient des eaux de pêche de la lagune Ebrié à proximité des sites de fumage (Abobo Doumé et Vridi Zimbabwe). Trente (30) poissons frais de chaque variétés (maquereaux, sardine et thon), ont été prélevés au près des pêcheurs et immédiatement stockés dans une glacière contenant des carboglaces. Elles ont servi pour la recherche des éléments traces métalliques (ETM) avant et après fumage.

II-2. Méthodes

II-2-1. Présentation du site d'étude

Les sites de fumage sont situés dans la commune de Port-Bouet au Sud d'Abidjan, plus précisément dans le quartier Vridi-zimbabwé ($5^{\circ}16'42.3696''$ N ; $3^{\circ}59'42.294''$ O) et dans la commune d'Attécoubé au Nord d'Abidjan, plus précisément dans le quartier d'Abobo Doumé ($5^{\circ}18'39.5352''$ N ; $4^{\circ}2'3.8004''$ O) (**Figure 1**). Ces deux fumoirs sont, en effet, les lieux de fumage de la quasi-totalité des poissons fumés vendus à Abidjan [26].

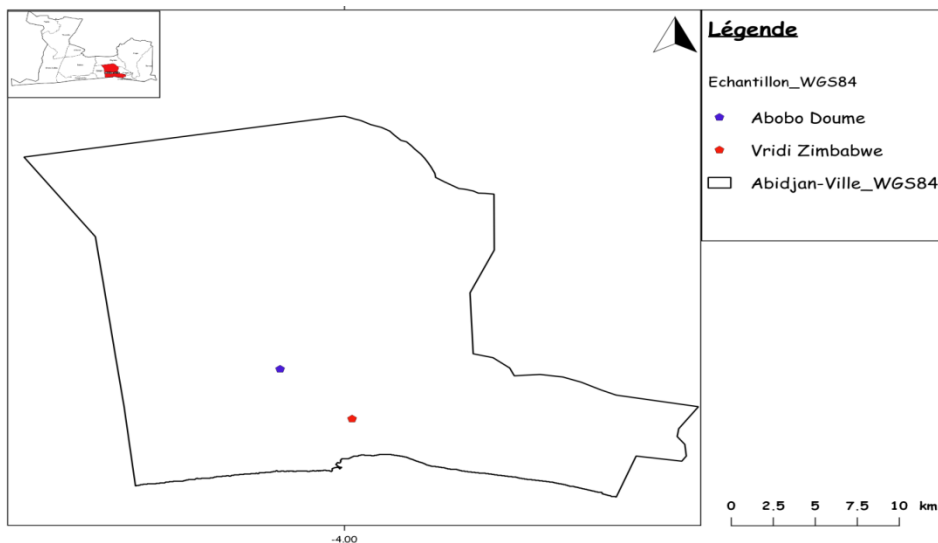


Figure 1 : Cartographie de la zone d'échantillonnage [27]

II-2-2. Collecte des échantillons et transport

La collecte des échantillons s'est effectuée sur les deux sites de fumages que sont Abobo-Doumé et Vridi-Zimbabwe. Elle s'est déroulée durant la période d'Avril 2018 à Août 2019 sur chacun de ces deux sites. Les échantillons de poissons ont été prélevés avant et après fumage pour la recherche des ETM au Laboratoire Central pour l'Hygiène Alimentaire et l'Agro-Industrie.

II-2-3. Méthode de détermination de la teneur en ETM

II-2-3-1. Minéralisation

Les téflons (bombes de minéralisation) ont été nettoyés en les immergeant dans une solution d'acide nitrique à 10 % pendant 48 heures et rincés vigoureusement avec l'eau distillée puis séchés. La minéralisation a été

réalisée par des acides forts permettant la destruction totale de la matière organique. Les échantillons de poissons décongelés ont été broyés et homogénéisés. Une prise d'essai de $0,5g \pm 0,001$ a été mise dans les téflons en ajoutant 5 ml d'acide nitrique pur 65 %. Après 1h de digestion, 2mL d'eau oxygénée 30 % a été ajouté au mélange. Les Téflons ont été fermés hermétiquement puis placés sur une plaque chauffante à $120^{\circ}C$ pendant 2h. A la fin de la minéralisation, après refroidissement, le contenu de chaque téflon (minéralisât) a été transvasé dans des tubes à essai puis complété à 25mL avec de l'eau distillée. La solution est prête pour lecture au Spectrophotomètre d'Absorption Atomique (SAA).

II-2-3-2. Calcul des concentrations en Cd, Pb et Hg dans les échantillons

La concentration C (mg /kg) en Cd, Pb ou Hg sont exprimées en mg/kg de poids frais ou fumé. Elle est calculée selon la **Formule 1** suivante :

$$c = (c_s - c_b)f * V/m \quad (1)$$

C étant la concentration finale en $mg.kg^{-1}$; C_s , la concentration brute dans l'échantillon en $mg.L^{-1}$; C_b , concentration dans le blanc en $mg.L^{-1}$; f, facteur de dilution et V, volume final mL ; m, la masse de l'échantillon (g)

II-2-4. Détermination de la teneur en eau

II-2-4-1. Prise d'essai et dessiccation

Une mince couche de sable lavé préalablement à l'acide et une baguette en verre ont été placées dans un récipient en métal non attaquable muni d'un couvercle. Le récipient avec son contenu (couche de sable et la baguette) et son couvercle ont été séchés à l'étuve électrique à $103^{\circ}C$ pendant $30 \text{ min} \pm 1$. Après séchage, le récipient avec son contenu muni de son couvercle a été refroidi dans le dessiccateur puis pesés à l'aide d'une balance analytique à 1mg près. Une prise d'essai de $10g \pm 0,001g$ de l'échantillon (poissons frais et fumés) a été transférée dans le récipient et mélangée soigneusement avec le sable à l'aide de la baguette en verre puis le tout séché à nouveau à l'étuve réglée à $103^{\circ}C$ pendant $4h \pm 0,1h$. Après environ 4 h de séchage, le récipient avec son contenu (sable, baguette et échantillon) muni de son couvercle a été refroidi dans le dessiccateur puis pesés à nouveau [28].

II-2-4-2. Calcul du taux d'humidité

La teneur en eau et en matières volatiles de l'échantillon pour essai, W_1 , en pourcentage, est donnée à l'aide de la **Formule 2** [28] :

$$W_1 = \frac{m_2 - (m_3 - m_4)}{m_2} \times 100 \quad (2)$$

où, m_2 , masse en grammes de la prise d'essai; m_3 , masse en grammes du récipient (sable et baguette y compris); m_4 , masse en grammes du récipient

II-3. Traitement des données

Les tests statistiques utilisés sur les données ont été réalisés au moyen du logiciel GrapPhad.Prism 5.01. Ce logiciel a permis de réaliser les calculs des moyennes et des écart-types. Les multiples comparaisons ont été réalisées par le test ANOVA One-Way.

III - RÉSULTATS

III-1. Distribution du Cd, Pb et Hg avant et après fumage à Abobo Doumé

La **Figure 2** montre les concentrations moyennes en ETM (Cd, Pb et Hg) dans le thon, la sardine et le maquereau avant et après fumage en provenance du site d'Abobo Doumé. Les teneurs moyennes en cadmium et en plomb dans le thon augmentent significativement ($p < 0,001$) après fumage en passant respectivement de $0,005 \pm 0,001$ à $0,042 \pm 0,007$ mg.kg⁻¹ et de $0,023 \pm 0,006$ à $0,115 \pm 0,016$ mg.kg⁻¹ (**Figure 2a**). Par contre, la teneur en mercure dans le thon diminue après fumage de $0,062 \pm 0,012$ à $0,039 \pm 0,007$ mg.kg⁻¹. Cette diminution est par ailleurs non significative. Les teneurs moyennes en cadmium et en plomb dans la sardine augmentent après fumage en passant respectivement de $0,031 \pm 0,007$ à $0,051 \pm 0,008$ mg.kg⁻¹ et de $0,043 \pm 0,007$ à $0,081 \pm 0,011$ mg.kg⁻¹. Toutefois ces augmentations sont non significatives (**Figure 2b**). Quant au mercure, elle diminue significativement ($p < 0,0001$) de $0,376 \pm 0,09$ à $0,156 \pm 0,006$ mg.kg⁻¹. Concernant le maquereau, les teneurs moyennes en Cd et en Pb augmentent significativement ($p < 0,001$) après fumage en passant respectivement de $0,024 \pm 0,007$ à $0,073 \pm 0,01$ mg.kg⁻¹ et de $0,015 \pm 0,003$ à $0,058 \pm 0,018$ mg.kg⁻¹. Quant au mercure, la teneur moyenne dans le maquereau diminue significativement de $0,071 \pm 0,014$ à $0,025 \pm 0,006$ mg.kg⁻¹ après fumage (**Figure 2c**).

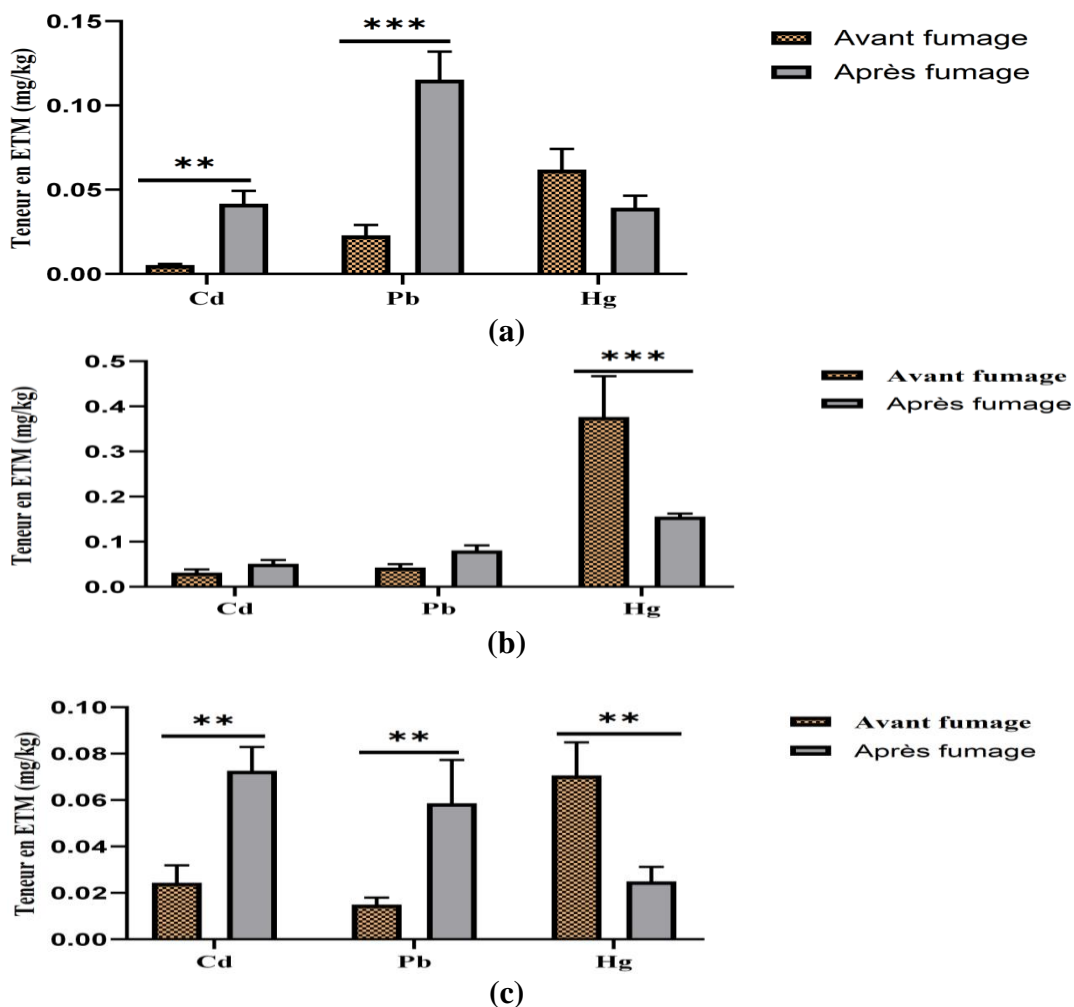


Figure 2 : Teneur moyenne en ETM (Cd, Pb et Hg) sur le site d'Abobo Doumé avant et après fumage dans (a) le thon, (b) la sardine et (c) le maquereau

Les niveaux de significativité sont exprimés par : * = $p < 0,05$;
 ** = $p < 0,001$; *** = $p < 0,0001$

III-2. Distribution du Cd, Pb et Hg avant et après fumage à Vridi Zimbabwe

La **Figure 3** présente les concentrations moyennes en ETM (Cd, Pb et Hg) dans le thon, la sardine et le maquereau avant et après fumage en provenance du site Vridi Zimbabwe. Les teneurs moyennes en Cd et en Hg dans le thon diminuent non significativement après fumage respectivement de $0,026 \pm 0,003$ à $0,017 \pm 0,007$ et de $0,153 \pm 0,012$ à $0,087 \pm 0,011$ mg.kg⁻¹ (**Figure 3a**).

Cependant, la teneur en Pb augmente significativement ($p < 0,0001$) dans le thon après fumage en passant de $0,002 \pm 0,001$ à $0,24 \pm 0,072$ mg.kg⁻¹. Les teneurs en Cd et en Pb dans la sardine augmentent non significativement après fumage et passent respectivement de $0,004 \pm 0,001$ à $0,012 \pm 0,002$ mg.kg⁻¹ et de $0,002 \pm 0,001$ à $0,004 \pm 0$ mg.kg⁻¹ (**Figure 3b**). Quant au mercure, elle diminue significativement ($p < 0,0001$) après fumage de $0,280 \pm 0,029$ à $0,128 \pm 0,019$ mg.kg⁻¹. Les teneurs en Pb retrouvées dans le maquereau augmentent significativement ($p < 0,0001$) après fumage de $0,005 \pm 0,001$ à $0,438 \pm 0,061$ mg.kg⁻¹. Pour le Cd, les teneurs augmentent non significativement après fumage de $0,01 \pm 0,005$ à $0,032 \pm 0,008$ mg.kg⁻¹. Par contre, la teneur en mercure retrouvée dans le maquereau diminue significativement ($p < 0,0001$) après fumage de $0,346 \pm 0,073$ à $0,151 \pm 0,022$ mg.kg⁻¹ (**Figure 3c**).

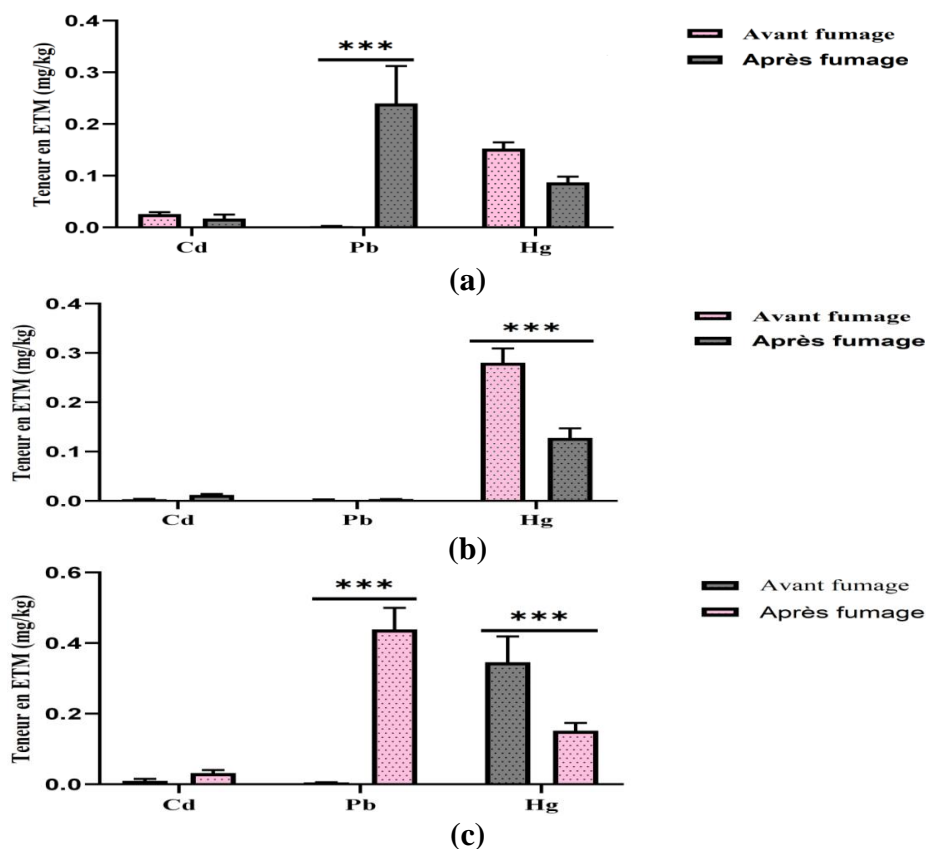


Figure 3 : Teneur moyenne en ETM (Cd, Pb et Hg) sur le site Vridi Zimbabwe avant et après fumage dans (a) le thon, (b) la sardine et (c) le maquereau

Les niveaux de significativité sont exprimés par : * = $p < 0,05$;

** = $p < 0,001$, *** = $p < 0,0001$

III-3. Taux d'humidité dans les variétés de poissons étudiées

III-3-1. Taux d'humidité dans le thon, la sardine et le maquereau à Abobo Doumé

La **Figure 4** compare les différents taux d'humidités dans chacune de ces variétés avant et après fumage provenance du site d'Abobo Doumé. Il convient de constater une diminution significative ($p < 0,05$) du taux d'humidité dans le thon après fumage qui passe de $71,23 \pm 1,33$ % à $64,78 \pm 1,63$ %. Les taux d'humidités aussi bien dans la sardine que dans le maquereau diminuent après fumage respectivement de $66,71 \pm 2,22$ % à $62,55 \pm 2,71$ % et de $70,98 \pm 1,97$ % à $66,1 \pm 2,1$ %.

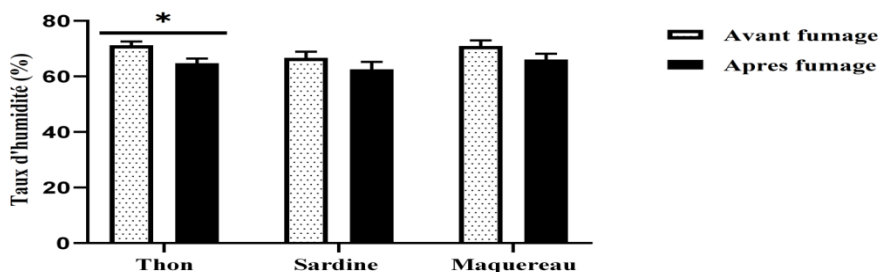


Figure 4 : Taux d'humidité des variétés de poissons étudiées avant et après fumage à Abobo Doumé. Les niveaux de significativité sont exprimés par : * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,001$; *** = $p < 0,0001$

- **Taux d'humidité dans le thon, la sardine et le maquereau à Vridi Zimbabwe**

La **Figure 5** présente les différents taux d'humidités dans le thon, la sardine et le maquereau avant et après fumage en provenance du site Vridi Zimbabwe. La teneur en eau et en matière volatile trouvée dans le thon à l'état frais a été de $69,8 \pm 1$ % et celle trouvée dans le thon à l'état fumé a été de $63,7 \pm 1,57$ %. Pour le maquereau cette teneur a été de $70,89 \pm 1,71$ % avant fumage et de $65,09 \pm 1,13$ % après fumage. Une différence significative ($p < 0,05$) a été observée en comparaison des teneurs trouvées dans le thon et le maquereau avant et après fumage. Concernant la sardine une différence significative ($p < 0,001$) a été observée entre le taux d'humidité du thon à l'état frais ($72,38 \pm 0,52$ %) et celui trouvé à l'état fumé ($66,4 \pm 0,56$ %).

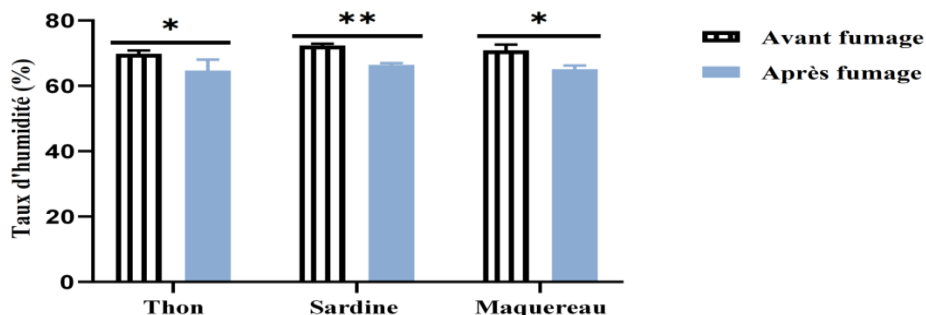


Figure 5 : Taux d'humidité des variétés de poissons étudiées avant et après fumage à Vridi Zimbabwe. Les niveaux de significativité sont exprimés par : * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,001$; *** = $p < 0,0001$

IV - DISCUSSION

La présente étude a montré la présence d'ETM notamment le Cd, le Pb et le Hg retrouvés dans la chair des trois espèces étudiées (thon, sardine et maquereau) à des proportions variables avant et après fumage, débarqués sur les sites de fumage (Abobo Doumé et de Vridi Zimbabwe). Les teneurs en Cd, Pb et Hg retrouvées dans chacune des espèces étudiées à l'état frais et fumé sur les deux sites de fumage ont montré une variabilité significative au niveau des teneurs de chaque métal. La comparaison des ETM entre les espèces étudiées avant et après fumage, a révélé que le maquereau est le poisson le plus intoxiqué en ETM notamment en Cd et en Pb, suivi de la sardine puis du thon. En effet, le taux d'intoxication au niveau de ces métaux lourds augmente significativement après fumage. Ceci s'expliquerait sous deux aspects selon l'état des poissons étudiés (poissons frais et fumé). D'une part, la différence de significativité des ETM chez les espèces étudiées à l'état frais serait due essentiellement au niveau de contamination variable du milieu de vie de chacune de ces espèces. En effet, les poissons thon, sardine et maquereau, pêchés dans les eaux de la lagune Ebrié à proximité des sites de fumage sont fortement pollués par les rejets industriels [29]. En effet, les industries alimentaires et textiles produisent approximativement 85 % du volume des déchets et 95 % des charges polluantes [30]. Ainsi, le niveau de contamination varie en fonction de la nature et de la quantité des déchets déversés dans les eaux de la lagune Ebrié. D'autre part, l'augmentation significative des ETM chez les espèces étudiées après fumage pourrait s'expliquer par le matériel de fumage utilisé par les fumeuses mais aussi par le phénomène de la bioaccumulation. En effet, le bois d'hévéa utilisé comme principale source de combustible combiné souvent à la coque de coco par les fumeuses pour fumé les poissons aussi bien à Abobo Doumé qu'à Vridi Zimbabwe pourraient

expliquer cette augmentation significative. A cela s'ajoute le grillage disposé sur la barrique circulaire utilisé lors du fumage qui pourrait éventuellement être une source d'apport intrinsèque et/ou extrinsèque de Cd et de Pb. La bioaccumulation est le processus d'assimilation et de concentration des ETM dans les tissus de l'organisme [31]. C'est donc la possibilité pour une espèce donnée de concentrer un toxique donné à partir du milieu extérieur. En effet, le même phénomène pourrait avoir lieu lors du fumage ce qui provoquerait une augmentation systématique du Cd et du Pb fixés dans les tissus musculaires des poissons thon, sardine et maquereau. Des études ont montrées que, au sein des poissons, le cadmium s'accumule en majorité dans les viscères (intestin, foie, reins) et très peu dans les muscles seulement 2 à 6 % du cadmium ingéré par le poisson se concentre dans la chair [31]. Des travaux assez similaires réalisés au Mali [32], ont montrés la présence de Pb et Hg dans les poissons frais et fumé analysés. Une diminution significative des teneurs moyennes en mercure a été observée dans pratiquement toutes les espèces. Cette diminution du mercure retrouvée après fumage dans les poissons étudiés comparativement aux poissons frais est liée à ses propriétés physico-chimiques. En effet, le Mercure (Hg) est le seul métal qui demeure sous forme liquide à la température ambiante [33]. Il peut facilement passer à l'état gazeux ou de vapeur [34]. Ainsi, au cours du processus de fumage l'eau et les matières volatiles notamment le mercure, s'évaporent sous forme de vapeur et/ou de gouttelette d'eau. Ce phénomène pourrait expliquer les diminutions significatives du taux d'humidité déterminé dans les poissons étudiés après fumage comparativement aux poissons frais.

V - CONCLUSION

En définitive, cette étude permet de dire que le thon, la sardine et le maquereau contiennent des éléments traces métalliques (ETM) à l'état frais et fumé. Toutefois les teneurs en Cd et Pb augmentent significativement après fumage dans la chair de ces espèces et plus particulièrement dans le maquereau. Le maquereau apparait donc comme l'espèce la plus intoxiquée en Cd et en Pb. Cette étude confirme d'une part, l'état de pollution des eaux de la lagune en ETM tel que mentionné par d'autres auteurs et d'autre part, montre que la technique de fumage utilisée par les fumeuses de poissons d'Abobo Doumé et de Vridi Zimbabwe a des effets négatifs sur la santé des consommateurs via l'apport en Cd et en Pb. Il serait intéressant, d'élaborer une étude de toxicité sur le rat WISTAR en utilisant comme source toxicologique le maquereau fumé enrichi en ETM afin d'évaluer ses effets sur l'organisme.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Laboratoire Central pour l'Hygiène Alimentaire et l'Agro-industrie (LCHAI) pour l'assistance technique ainsi que le Laboratoire de Pharmacodynamie-Biochimique, de l'Université Félix Houphouët BOIGNY-Abidjan pour leur étroite collaboration dans la réalisation de ce travail.

RÉFÉRENCES

- [1] - WORLD FISH CENTRE (WFC), Le poisson et la sécurité alimentaire en Afrique. Egypte, (2005) 2 p.
- [2] - O. H. ABDOULLAHI, T. FRANÇOIS, G. FLIBERT, Z. CHEIKNA, I. A. LAWANE, T. ABDELSALAM and S. ALY, Technologies, qualité et importance socioéconomique du poisson séché en Afrique. *Synthèse : Revue des Sciences et de la Technologie*, 37 (2018) 49 - 63
- [3] - A. EL HRAIKI, Assessment of Chlorinated Hydrocarbons and trace metal contamination of Moroccan Marine Species., A thesis submitted to Oregon State University, (1993) 177 p.
- [4] - C. VIEIRA, S. MORAIS, S. RAMOS, C. DELERUE-MATOS and M. B. P. P. OLIVEIR, Mercury, cadmium, lead and arsenic levels in three species from the Atlantic Ocean: Intra- and inter- specific variability and human health risks for consumption. *Food and chemical Toxicology*, 49 (2011) 923 - 932
- [5] - G. CANO-SANCHO, I. SIOEN, G. VANDERMEERSCH, S. JACOBS, J. ROBBENS, M. NADAL and J. L. DOMINGO, Integrated risk index for seafood contaminants (IRISC) : Pilot study in five European countries. *Environmental Research*, In Press., 143 (2015) 109 - 15
- [6] - M. EL MORHIT, M. FEKHAOUI, A. EL ABIDI and A. YAHYAOUI, Contamination métallique des muscles de cinq espèces de poissons de l'estuaire du bas Loukkos (Côte Atlantique Marocaine) *Science Lib*, 4 (2012) 2111 - 4706
- [7] - P. OLMEDO, A. PLA, A. F. HERNANDEZ, F. BARBIER, L. AYOUNI and F. GIL, Determination of toxic elements (mercury, cadmium, lead, tin and arsenic) in fish and shellfish samples. Risk assessment for the consumers. *Environmental International*, 59 (2013) 63 - 72
- [8] - T. GUÉRIN, R. CHEKRI, C. VASTEL, V. SIROT, J. L. VOLATIER, J. C. LEBLANC and I. NOËL, Determination of 20 trace elements in fish and other seafood from the French market. *Food chemistry*, 127 (3) (2010) 934 - 942
- [9] - M. TUZEN, Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 47 (8) (2010) 1785 - 1790
- [10] - M. TUZEN, Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, 80 (2003) 119 - 123

- [11] - D. MENDIL, Z. DEMIRCI, M. TUZEN and M. SOYLAC, Seasonal investigation of trace element contents in commercially valuable fish species from the Black sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48 (3) (2010) 865 - 870
- [12] - R. COULIBALY, Analyse de la contribution de la pêche à l'économie ivoirienne. Mémoire de Master. Abidjan, Côte d'Ivoire, (2010) 28 p.
- [13] - KOULAI-DJEDJE and ADOU, Commercialisation et distribution du poisson fumé à partir de la communauté des pêcheurs de Vridi Zimbabwe (Côte d'Ivoire). *RSS-PASRES*, 5^{ième} Année, N°14 (2017) 92 - 105
- [14] - V. H. ANIHOUVI, J. P. HUONHOUIGAN and G. S. AYERNOR, La production et la commercialisation du landouin un condiment à base de poisson fermenté du Golfe du Benin *Cahier agri*, Vol. 4 (3) (2005) 323 - 330
- [15] - FAO, La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous. Rome, (2016) 224 p.
- [16] - M. SAINCLIVIER, L'industrie alimentaire halieutique. Deuxième volume : des techniques ancestrales à leurs réalisations contemporaines. *Bulletin Scientifique et Technique*, (1985) 366 - 45
- [17] - M. B. DIOP, R. DUBOIS-DAUPHIN, J. DESTAIN, E. TINE and P. THONART, La conservation du poisson au Sénégal : utilisation d'une souche locale de *Lactococcus lactis*. *Cah Agric*, 18 (4) (2009) 337 - 342
- [18] - P. DOSSOU-YOVO, G. JOSSE ROGER, I. BOKOSSA and I. PALAGUINA, Survey of the improvement of fish fermentation for landouin production in Benin. *Afr J Food Sci*, 5 (17) (2011) 878 - 883
- [19] - A. C. KOUAKOU, M. CISSE, E. KOSSONOU, K. D. BROU, K. D. MARCELLIN and D. MONTET, Identification of yeasts associated with the fermented fish, adjuevan, of Ivory Coast by using the molecular technique of PCR-denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE). *Afr J Microbiol Res.*, 6 (19) (2012) 4138 - 4145
- [20] - K. P. ANOH, Contribution à l'étude du réseau de distribution des ressources halieutiques marines en Côte d'Ivoire. Thèse 3^{ième} cycle : géographie : Université de Côte d'Ivoire, faculté des arts et sciences humaines, département de géographie, (1998) 323 p.
- [21] - M. S. AKMEL, Impact socioéconomique et risques sanitaires liés au fumage du poisson à Bouaké (Côte d'Ivoire). *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 4 (9) (2017) 105 - 112
- [22] - F. NDOYE, P. MOITY-MAÏZY and C. BROUTIN, Le poisson fumé sur la petite côte sénégalaise. De la pirogue au plat. CIRAD, Dakar, Sénégal, (2002) 89 p.
- [23] - D. MOHAN, K. P. SINGH, Single- and multi-component adsorption of cadmium and zinc using activated carbon derived from bagasse-an agricultural waste. *Water Research*, 36 (9) (2002) 2304 - 2318
- [24] - A. ALTINDAG and Y. SIBEL, Assessment of heavy metal concentrations in the food web of lake Beysehir, Turkey. Elsevier, *Chemosphere*, 60 (2005) 552 - 556
- [25] - D. MOHAN, C. U. PITTMAN and P. H. STEELE, Single, binary and multi-component adsorption of copper and cadmium from aqueous solutions on Kraft lignin--a biosorbent. *Journal of Colloid and Interface Science*, 297 (2) (2006) 489 - 504

- [26] - K. T. S. N'GUESSAN, Inventaire et quelques parametres halieutiques des thonides débarques au quai piroguier d'abobo-doume. Mémoire de Master, Université Nangui Abrogoua, production animale, (2014) 48 p.
- [27] - U. Y. MONNEY, Cartographie de la zone d'échantillonnage. Available : <http://www.diva-gis.org/> [Accessed: 09-Novembre-2020]
- [28] - ISO 6496:1999, Aliments des animaux -Détermination de la teneur en eau et en d'autres matières volatiles
- [29] - A. A. ADINGRA and A. M. KOUASSI, Pollution en lagune Ebrié et ses impacts sur l'environnement et les populations riveraines. *F. Tech. & Doc. Vulg.*, (2011) 48 - 53
- [30] - A. M. KOUASSI, N. KABA and B. S. MÉTONGO, Land-based sources of pollution and environmental quality of the Ebrié lagoon waters. *Mar. Pollut. Bull.*, 30 (5) (1995) 295 - 300
- [31] - N. FRERY, A. SAOUDI, R. GARNIER, A. ZEGHNOUN and G. FALQ, "Exposition de la population française aux substances chimiques de l'environnement - Tome 1 - Présentation générale de l'étude - Métaux et métalloïdes," (2011). [Online]. Available: [http://invs.santepubliquefrance.fr/Publications-et-outils/Rapports-et-syntheses/Environnement-et-sante/2011/Exposition-de-la-population-francaise-aux-substances-chimiques-de-l-environnement-Tome-1-Presentation-generale-de-l-etude- Metaux et-metalloides](http://invs.santepubliquefrance.fr/Publications-et-outils/Rapports-et-syntheses/Environnement-et-sante/2011/Exposition-de-la-population-francaise-aux-substances-chimiques-de-l-environnement-Tome-1-Presentation-generale-de-l-etude-Metaux-et-metalloides). [Accessed: 17-Jul-2017]
- [32] - Y. KONATE, S. COULIBALY, A. HARBY, F. MAIGA, D. DIARRA, M. SAKO, M. S. TRAORE and M. COULIBALY, Etude de deux métaux lourds dans le poisson de fleuve au mali. Tome xxxi, (2) (2016) 10 p.
- [33] - M. J. OLIVIER, Chimie de l'environnement, 6ème édition, Québec, Les productions Jacques Bernier, (2009) 368 p.
- [34] - L. BENSEFAT-COLAS, P. ANDUJAN and A. DESCATHAR, Intoxication au mercure. *Rev Med Inter*, 32 (7) (2011) 416 - 42