

## Évaluation de la teneur en éléments traces métalliques (Hg, Cd et Pb) chez deux espèces de poissons fumés *Protopterus dolloi* Boulenger, 1900 (*Protopteridae*) et *Chanallabes sp* (*Clariidae*) vendus dans le marché Baramoto à Kinshasa (RD Congo)

### [ Evaluation of the content of metallic trace elements (Hg, Cd and Pb) in two species of smoked fish *Protopterus dolloi* Boulenger, 1900 (*Protopteridae*) and *Chanallabes sp* (*Clariidae*) sold in the Baramoto market in Kinshasa (RD Congo) ]

Willy LUSASI SWANA<sup>1,2</sup>, Christelle KWELA KUTSATSA<sup>2</sup>, Jeff NAKWETI KUKATULA<sup>1,2</sup>, Jean LUSASI<sup>3,4</sup>, Jeancy MVINDU KIDIMBU<sup>2</sup>, Enoch TCHOMBA ASSANI ONYA<sup>5</sup>, Santos KAVUMBU MUTANDA<sup>1,2</sup>, Ready KONDA KUMBUTA<sup>2</sup>, and Victor PWEMA KIAMFU<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture, Mention Sciences de la Vie, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa (UNIKIN), B.P 190 Kinshasa XI, RD Congo

<sup>2</sup>Mention Sciences de la Vie, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa (UNIKIN), B.P 190 Kinshasa XI, RD Congo

<sup>3</sup>Mention Gestion des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Université de Kinshasa, B.P 117 Kinshasa XI, RD Congo

<sup>4</sup>Section des Technologies et Sciences, Mention Biologie - Chimie, Institut Supérieur Pédagogique de Muanda, Kongo Central, RD Congo

<sup>5</sup>Département de Français, Institut Supérieur Pédagogique de Kibomba, Maniema, RD Congo

Copyright © 2026 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 main objective of this study was to assess the level of mercury, cadmium and lead contamination in two species of smoked fish, *Protopterus dolloi* Boulenger, 1900 and *Chanallabes sp*, sold in the Baramoto market and widely consumed in the city of Kinshasa in the Democratic Republic of Congo. A total of 60 fish samples (30 for *Protopterus dolloi* and 30 for *Chanallabes sp*) were taken and measured using atomic absorption spectrophotometers and molecular absorption spectrophotometers. The results of the toxicological analyses revealed the presence of the three trace elements in the muscles and heads of these two species of fish in varying concentrations. The highest concentrations were found in the *Protopterus dolloi* species (Hg:  $0.79 \pm 0.1$  µg/L, Cd:  $0.41 \pm 0.32$  µg/L, Pb:  $0.33 \pm 0.01$  µg/L). However, the concentrations found in both species of fish were below the maximum limits of the standard recommended by the WHO (Hg < 10 µg/L; Cd < 0.5 µg/L; Pb < 1 µg/L). Despite the low levels found in the muscles and heads of the fish considered in this study, regular consumption of the flesh of these fish represents a public health hazard for the population of Kinshasa, and exposes consumers to multiple risks. Further studies on the quality of smoked fish should be conducted to ensure food safety for consumers.

**KEYWORDS:** trace metals, quality, smoked fish, *Chanallabes sp*, *Protopterus dolloi*, Kinshasa markets, DR Congo.

**RESUME:** L'objectif principal de cette étude est d'évaluer le niveau de contamination en mercure, cadmium et plomb chez deux espèces de poissons *Protopterus dolloi* Boulenger, 1900 et *Chanallabes sp* fumés vendues dans le marché Baramoto et à forte consommation dans la ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo. Au total, 60 échantillons des poissons (30 pour *Protopterus dolloi* et 30 pour *Chanallabes sp*) ont été prélevés et dosés à l'aide de spectrophotomètre d'absorption atomique et spectrophotomètre d'absorption moléculaire. Les résultats d'analyses toxicologiques obtenus révèlent la présence des trois éléments traces dans les muscles et les têtes de ces deux espèces des poissons à des concentrations variables. Les concentrations les plus élevées sont trouvées chez

l'espèce *Protopterus dolloi* (Hg:  $0,79\pm 0,1$  µg/L, Cd:  $0,41\pm 0,32$  µg/L, Pb:  $0,33\pm 0,01$  µg/L). Toutefois, les concentrations trouvées dans les deux espèces des poissons ont été inférieures aux limites maximales de la norme préconisée par l'OMS (Hg < 10 µg/L; Cd < 0,5 µg/L; Pb < 1 µg/L). Malgré ces faibles teneurs relevées les muscles et têtes des poissons considérés au cours de cette étude, la consommation régulière de la chair de ces poissons représente un danger de santé publique pour la population kinoise, et expose les consommateurs à des multiples risques. Il est souhaitable que des études plus approfondies sur la qualité des poissons fumés soient menées pour assurer la sécurité alimentaire des consommateurs.

**MOTS-CLEFS:** éléments traces métalliques, qualité, poissons fumés, *Chanallabes sp*, *Protopterus dolloi*, marchés de Kinshasa, RD Congo.

## 1 INTRODUCTION

La consommation de poisson fait depuis quelques années l'objet d'une attention particulière en raison des avantages qu'il offre à la santé humaine, tels que les acides gras essentiels, les protéines, les vitamines A, D et E et les minéraux [1]. L'action potentielle de la consommation de poissons dans la prévention des maladies cardiovasculaires et coronaires [2], [3], des accidents vasculaires cérébraux [4], de certains cancers [5], [6], de la dépression [7], [8] et de certaines maladies neurodégénératives [9], [10]. Toutefois, ils peuvent aussi être à l'origine de certains polluants toxiques de l'environnement, comme les éléments traces métalliques (ETMs), qui se rassemblent dans leurs tissus et se propagent dans la chaîne alimentaire jusqu'à l'être humain [1].

Les ETMs sont considérés comme des polluants majeurs de l'environnement, à la fois en raison de leur présence constante dans la biosphère et de leur toxicité et de leur potentiel de bioaccumulation dans diverses espèces aquatiques, ce qui entraîne des conséquences dévastatrices [11]. Ces éléments ont des effets néfastes sur les organismes vivants en raison de leur non biodégradabilité et de leur persistance dans l'environnement [12]. Les poissons sont fréquemment utilisés par les populations en Afrique pour satisfaire leurs besoins et garantir leur sécurité alimentaire [13]. Selon [14], plus de 200 millions d'Africains consomment régulièrement du poisson, qu'il soit frais ou souvent fumé ou séché.

La majorité des poissons capturés dans le système fluvial du pays sont vendus frais, tandis que le reste est conservé pour une vente ultérieure en République Démocratique du Congo. Différentes méthodes classiques sont employées afin de maintenir la stabilité de ce produit halieutique, garantir sa préservation, sa disponibilité sur le marché et prolonger sa consommation dans le temps.

La méthode la plus couramment employée est le fumage [15], [16]. Cependant, elle n'est pas exempte de conséquences, car elle peut être responsable de diverses contaminations, notamment chimiques, en raison de l'utilisation de combustibles d'origines différentes, dont certains contiennent des ETMs, qui se libèrent dans le gaz de combustion et se rassemblent dans le muscle des poissons. Ce phénomène peut poser un véritable défi pour la santé publique. L'objectif de cette étude était d'évaluer le niveau de contamination en ETMs (Pb, Cd et Hg) chez deux espèces de poissons, à savoir *Protopterus dolloi* Boulanger, 1900 et *Chanallabes sp* fumés, qui sont vendus sur le marché Baramoto et sont très consommés dans la ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 CADRE DE L'ÉTUDE

Les échantillons des poissons fumés *Protopterus dolloi* et *Chanallabes sp* étudiés ont été récoltés dans le marché Baramoto situé dans la commune de la Gombe dans la ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo (figure 1). Le choix de ce site se justifie par le fait que ce dernier reçoit des grandes quantités des poissons fumés provenant des différentes provinces de la République Démocratique du Congo, et constitue l'un de plus grand fournisseur des poissons fumés vendus dans plusieurs autres marchés de la ville de Kinshasa.

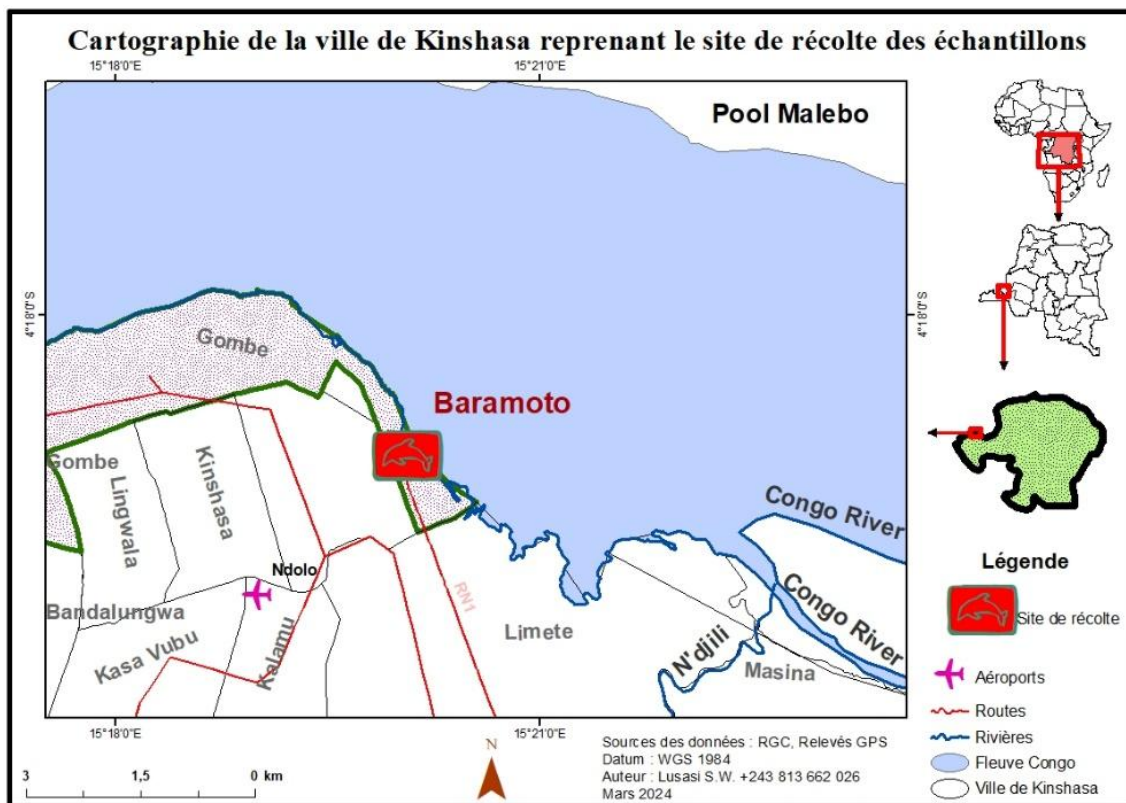


Fig. 1. Cartographie de la ville de Kinshasa reprenant le point de collecte des spécimens de poissons fumés dans le marché de Baramoto dans la commune de la Gombe

## 2.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique utilisé dans cette étude est constitué de deux espèces de poissons fumés notamment: *Protopterus dolloi* Boulenger, 1900 (A) et *Chanallabes sp* (B) (figure 2) vendues dans le marché de Baramoto à Kinshasa. Le choix de ces poissons a été fait suite aux résultats d'investigations menées par [16], [17], qui ont indiqué que ces deux espèces font partie de poissons fumés le plus échangés et consommés dans la ville Kinshasa.



Fig. 2. Spécimens de poissons *Protopterus dolloi* (A) et *Chanallabes sp* (B) (©Lusasi S.W., 2024)

## 2.3 MÉTHODOLOGIE

### 2.3.1 ECHANTILLONNAGE ET TRANSPORT DES POISSONS

La collecte des échantillons a été effectuée entre les mois de juin et octobre 2023. Les poissons ont été obtenus par des achats auprès de vendeurs des poissons fumés du marché Baramoto. Quelques spécimens des espèces étaient prélevés chaque mois, conservés immédiatement dans de sachets en polyéthylène bien fermés, puis transporter au laboratoire pour les analyses appropriées.

### 2.3.2 ANALYSES TOXICOLOGIQUE

Les analyses toxicologiques d'échantillons ont été réalisées au Coalex Water Analysis Laboratoire, situé dans le quartier Yolo-Nord dans la commune de Kalamu à Kinshasa en République Démocratique du Congo.

#### 2.3.2.1 PRÉPARATION ET TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS DES POISSONS

Les échantillons ont été d'abord séchés à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures pour éliminer complètement l'eau. Dix (10) grammes de matière sèche (MS) ont été prélevés puis broyés à l'aide d'une moulinette électrique afin de les réduire en farine. La farine recueillie a été ensuite introduit dans un creuset en porcelaine et calciner à 450 °C pendant minimalement 1h au four à moufle (Hobersal).

Les cendres obtenues ont été minéralisées avec des acides forts permettant la destruction totale de toute matière organique de l'échantillon, afin de rendre les éléments minéraux dans un état soluble et propre au dosage. Ensuite, un (1) gramme de cendre a été mis dans un bécher de 50 ml et mélanger avec 10 ml d'acide chlorhydrique (HCl) concentré. Le bécher a été porté sur une plaque chauffante électrique (de marque Stuart hotplate) à 120°C jusqu'à la dissolution complète. Après 1 heure de digestion, 50 ml d'eau distillée ont été ajoutés. La solution a été filtrée à l'aide de papier filtre et jaugée dans une fiole de 100 ml. Cette solution nous a servi pour le dosage des éléments Cd, Pb et Hg au spectrophotomètre. Deux organes ont été ciblés pour les analyses, le muscle et tête. Quatre paramètres physico-chimiques ont été mesurés pendant la manipulation notamment le potentiel d'hydrogène (pH), la teneur des ions sous forme de la conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), l'humidité relative (%) ainsi que la cendre totale (%) en vue de déterminer la qualité physico-chimique des échantillons dosés.

#### 2.3.2.2 DOSAGE DES MÉTAUX LOURDS

Les concentrations en ETMs ont été déterminées par les spectrophotomètres en comparaison à la gamme étalon. L'analyse d'Hg a été effectuée par SAA sans flamme, à l'aide du spectrophotomètre Perkin Elmer. La lecture sur le spectrophotomètre a été effectuée sur une longueur d'onde spécifique de 253,7 nm. Les concentrations en Cd et Pb ont été réalisées par spectrophotométrie d'absorption moléculaire à l'aide du photomètre Palintest 8000 suivant une longueur d'ondes de 518 nm pour le Cd et 283,3 nm pour le Pb. Le Cd a été coloré par une réaction de complexation avec la dithizone, et le Pb avec une solution de Cyanure de Potassium. Quant au mercure, il a été libéré de la solution après minéralisation par le permanganate de potassium et le persulfate.

### 2.3.3 ANALYSES STATISTIQUES ET TRAITEMENT DES DONNÉES

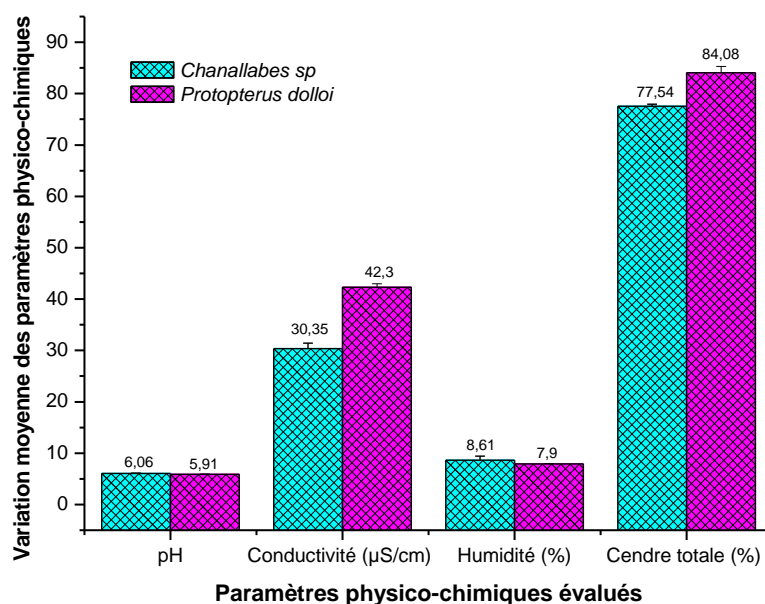
Les valeurs obtenues lors des différentes analyses des échantillons des poissons fumés ont été encodées et traitées sur le logiciel Excel 2013. Pour chaque paramètre, la moyenne et l'écart-type ont été calculés. L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) utilisant le test de Fisher [18] ainsi que le LSD test à l'intervalle de 95% de confiance [19] a été appliquée pour relever la plus petite différence significative entre les valeurs moyennes d'ETMs de chaque élément grâce au logiciel Statistix (version 10,8) au seuil de probabilité de 95% de confiance. Les résultats obtenus sont présentés sous forme des tableaux et graphiques. Le logiciel Origin version 6,1 a été utilisé pour générer les graphiques et la cartographie du site d'échantillonnage a été dressée avec le logiciel ArcGIS version 10,8 grâce aux coordonnées géographiques (longitude et latitude) relevées à l'aide d'un GPS de marque Garmin Etrex 64s.

## 3 RESULTATS

### 3.1 PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DES POISSONS FUMÉS

La figure 3 présente les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques prélevés des échantillons des muscles des poissons étudiés. Les muscles de deux espèces des poissons sont légèrement acides avec respectivement  $6,06 \pm 0,02$  pour le *Chanallabes sp*, et  $5,91 \pm 0,1$  pour *Protopterus dolloi*. La conductivité mesurée dans cet organe indique une valeur légèrement élevée des ions chez l'espèce *P. dolloi* soit  $42,3 \pm 1,07 \mu\text{S}/\text{cm}$  que chez l'espèce *C. sp* avec  $30,35 \pm 0,6 \mu\text{S}/\text{cm}$ . La teneur en eau résiduelle enregistrée a fluctué très

légèrement entre les deux espèces soit  $8,61 \pm 0,03$  % pour *C. sp* et  $7,9 \pm 0,04$  % pour *P. dolloi*. La plus grande teneur en cendre totale a été enregistrée chez *P. dolloi* tandis que la plus faible teneur a été relevée chez *C. sp*.



**Fig. 3.** Variation moyenne des paramètres physico-chimiques dans les muscles de poissons *Chanallabes sp* et *Protopterus dolloi* analysés

### 3.2 TENEURS DES ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES DANS LES POISSONS

#### 3.2.1 TENEURS GLOBALES

La teneur globale moyenne des différents éléments traces métalliques dosés dans les spécimens de poissons *Chanallabes sp* et *Protopterus dolloi* est reprise au tableau 1.

**Tableau 1.** Teneurs moyennes des ETMs dans les poissons *Chanallabes sp* et *Protopterus dolloi*

ETM	Espèces des poissons						Normes (OMS)
	<i>Chanallabes sp</i>			<i>Protopterus dolloi</i>			
	Min	Max	Moyenne	Min	Max	Moyenne	
Mercuré (µg/L)	0,58	0,74	$0,64 \pm 0,06^b$	0,69	0,95	$0,79 \pm 0,1^b$	< 10 <sup>a</sup>
Cadmium (µg/L)	0,11	0,16	$0,13 \pm 0,01^c$	0,9	0,19	$0,41 \pm 0,32^b$	< 0,5 <sup>a</sup>
Plomb (µg/L)	0,21	0,31	$0,25 \pm 0,03^c$	0,31	0,36	$0,33 \pm 0,01^b$	< 1 <sup>a</sup>

Légende: ETM = Eléments Traces métalliques, Min = Minimum et Max = Maximum

Il ressort de ce tableau que d'une manière générale, la teneur des ETMs varie d'une espèce à l'autre avec des différences statistiques significatives d'un métal à l'autre où la teneur de ces éléments est plus élevée chez l'espèce de poisson *Protopterus dolloi*:

- ✓ Le mercure est l'élément le plus accumulé avec des teneurs moyennes comprises entre de  $0,64 \pm 0,06^b$  µg/L chez le poisson *Chanallabes sp* et  $0,79 \pm 0,1^b$  µg/L chez le poisson *Protopterus dolloi* avec une différence statistique très hautement significative ( $F = 6242$ ;  $p = 0,0000$ ;  $LSD = 0,0377$ ) entre les différentes valeurs moyennes;
- ✓ L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) appliquée aux données de teneurs moyennes en plomb met en évidence une différence très hautement significative ( $F = 239$ ;  $p = 0,0000$ ;  $LSD = 0,0659$ ) entre les concentrations relevées dans les deux espèces de poissons où l'espèce *Protopterus dolloi* avec  $0,33 \pm 0,01^b$  µg/L présente une teneur moyenne plus élevée que celle de poisson *Chanallabes sp* avec  $0,25 \pm 0,03^c$  µg/L;
- ✓ Le poisson *Protopterus dolloi* avec  $0,41 \pm 0,32^b$  µg/L présente une teneur élevée en cadmium avec une différence significative ( $F = 1,22$ ;  $p = 0,0387$ ;  $LSD = 0,4912$ ) celle relevée chez le poisson *Chanallabes sp* ( $0,13 \pm 0,01^c$  µg/L).

### 3.2.2 CONCENTRATION DES MÉTAUX DANS LES MUSCLES DE POISSONS

La variation de la teneur en mercure, cadmium et plomb dans les muscles des poissons *Chanallabes sp* et *Protopterus dolloi* est consignée au tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2. Variation de la teneur d'ETMs dans les muscles de poissons fumés étudiés

ETM	Espèces des poissons						Normes (OMS)
	<i>Chanallabes sp</i>			<i>Protopterus dolloi</i>			
	Min	Max	Moyenne	Min	Max	Moyenne	
Mercure (µg/L)	0,23	0,28	0,25±0,01 <sup>b</sup>	0,23	0,27	0,24±0,01 <sup>b</sup>	< 10 <sup>a</sup>
Cadmium (µg/L)	0,02	0,03	0,02±0,00 <sup>b</sup>	0,03	0,06	0,04±0,01 <sup>b</sup>	< 0,5 <sup>a</sup>
Plomb (µg/L)	0,05	0,09	0,07±0,01 <sup>b</sup>	0,08	0,11	0,1±0,01 <sup>b</sup>	< 1 <sup>a</sup>

Le tableau 2 montre que les muscles des poissons *Chanallabes sp* concentrent le Hg à une teneur légèrement supérieure (soit 0,25±0,01<sup>b</sup> µg/L) avec aucune différence significative (F = 168926; p = 0,0000; LSD = 0,0377) que dans les muscles de *Protopterus dolloi* (soit 0,24±0,01<sup>b</sup> µg/L). Les concentrations de Cd et Pb restent faibles dans les muscles des deux espèces de poissons sans aucune différence significative (Cd: F = 1501; p = 0,0000; LSD = 0,0188); (Pb: F = 1473; p = 0,0000; LSD = 0,0371). Ces teneurs varient entre 0,04±0,01<sup>b</sup> µg/L chez *P. dolloi* et 0,02±0,00<sup>b</sup> µg/L pour *C. sp* pour le Cd, et 0,07±0,01<sup>b</sup> µg/L chez *C. sp* et 0,1±0,01<sup>b</sup> chez *P. dolloi* pour le Pb.

### 3.2.3 CONCENTRATION DES MÉTAUX DANS LES TÊTES DE POISSONS

Le tableau 3 ci-après reprend la variation de la teneur Hg, Cd et Pb dans les têtes des poissons *Chanallabes sp* et *Protopterus dolloi* vendus sur les marchés de Baramoto à Kinshasa.

Tableau 3. Variation de la teneur d'ETMs dans les têtes de poissons étudiés

ETM	Espèces des poissons						Normes (OMS)
	<i>Chanallabes sp</i>			<i>Protopterus dolloi</i>			
	Min	Max	Moyenne	Min	Max	Moyenne	
Mercure (µg/L)	0,33	0,41	0,37±0,03 <sup>c</sup>	0,44	0,51	0,47±0,02 <sup>b</sup>	< 10 <sup>a</sup>
Cadmium (µg/L)	0,07	0,1	0,08±0,01 <sup>b</sup>	0,01	0,12	0,07±0,04 <sup>b</sup>	< 0,5 <sup>a</sup>
Plomb (µg/L)	0,14	0,21	0,17±0,02 <sup>b</sup>	0,19	0,24	0,21±0,01 <sup>b</sup>	< 1 <sup>a</sup>

Les résultats repris au tableau 3 ci-haut renseignent que la teneur des ETMs varie légèrement d'une espèce à l'autre et d'un élément à l'autre. Le Hg est l'élément le plus accumulé de manière très hautement significative (F = 56782, p = 0,0000, LSD = 0,0635) dans les têtes de deux poissons fumés que les autres ETMs. L'espèce *Protopterus dolloi* présente une teneur moyenne légèrement supérieure (soit 0,47±0,02<sup>b</sup> µg/L) que celle relevée chez l'espèce *Chanallabes sp* (soit 0,37±0,03<sup>c</sup> µg/L). Les teneurs de Cd et Pb varient légèrement entre les deux espèces de poissons avec 0,08±0,01<sup>b</sup> µg/L chez le poisson *Chanallabes sp* et 0,07±0,04<sup>b</sup> µg/L chez le poisson *P. dolloi* pour le Cd, et 0,21±0,01<sup>b</sup> µg/L chez *Protopterus dolloi* et 0,17±0,02<sup>b</sup> µg/L chez *C. sp* pour le Pb. L'analyse de la variance à un facteur appliqué à ces données a montré aucune différence significative (F = 88,7; p = 0,0000; LSD = 0,0679) pour les différents teneurs de Cd et une différence très hautement significative (F = 593, p = 0,0000) pour les teneurs pour le Pb.

### 3.2.4 VARIATION DE LA TENUEUR EN ETMS SELON LES ORGANES CIBLÉS

L'organotropisme de teneurs en trois ETMs évalués (Hg, Cd et Pb) montre que, les têtes des poissons *Chanallabes sp* (figure 4A) accumulent des concentrations élevées des trois éléments traces métalliques avec une variation très hautement significative (Hg: F = 74878, p = 0,0000; LSD = 0,0561; Cd: F = 1357; p = 0,0000; LSD = 0,0188; Pb: F = 860, p = 0,0000; LSD = 0,0466) que les teneurs dosées dans les muscles de cette espèce de poisson. La même tendance a été observée chez le poisson *Protopterus dolloi* (figure 4B). L'analyse de la variance à un facteur appliqué aux teneurs des ETMs dans les organes de ce poisson a également montré une différence très hautement significative pour les concentrations en Hg (F = 101133, p = 0,0000; LSD = 0,0561), Cd (F = 102; p = 0,0000; LSD = 0,0188) et Pb (F = 990; p = 0,0000, LSD = 0,0466).

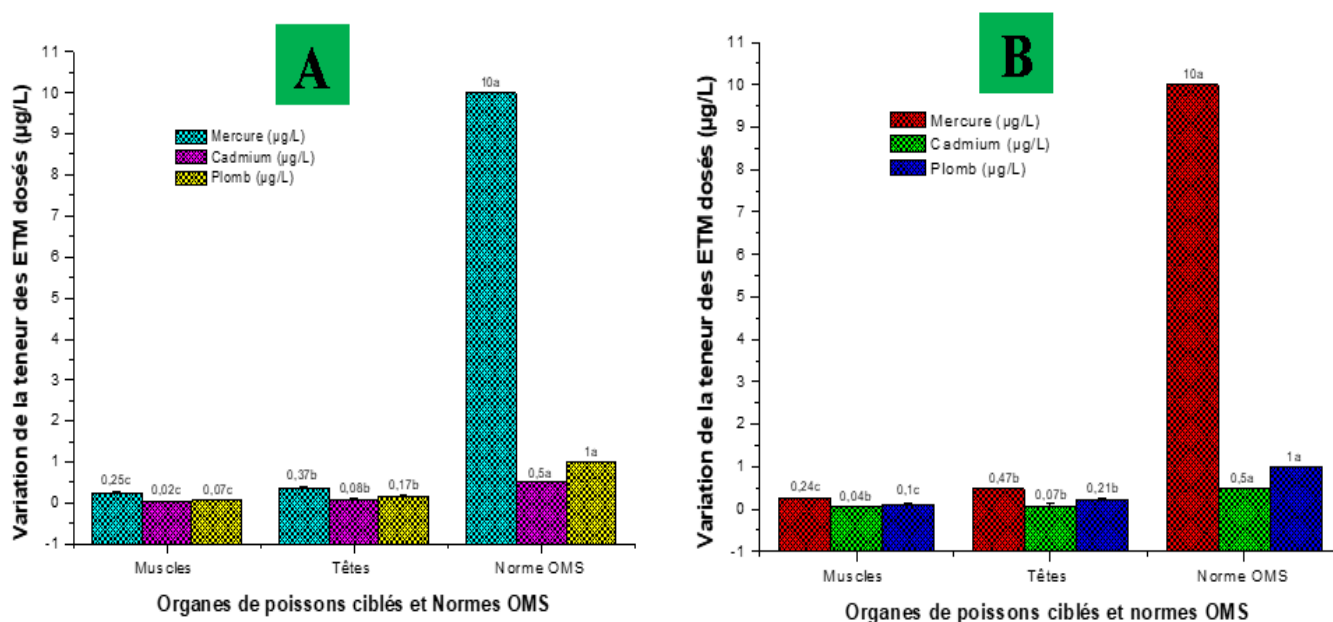


Fig. 4. Variation de la teneur d'ETMs dans les muscles et têtes de poissons *Chanallabes sp* (A) et *Protopterus dolloi* (B)

#### 4 DISCUSSION

La présente étude a révélé la présence d'éléments traces métalliques étudiés (Hg, Pb et Cd) dans les muscles et les têtes des espèces des poissons fumés *Protopterus dolloi* et *Chanallabes sp* vendues dans le marché Baramoto dans la ville de Kinshasa, à des concentrations variables. Ces éléments traces étudiés sont considérés parmi les plus toxiques et les plus bioaccumulés dans les poissons [20]. La comparaison des teneurs globales moyennes observées chez les deux espèces des poissons a révélé que *Protopterus dolloi* (Hg =  $0,79 \pm 0,1$  µg/L; Cd =  $0,41 \pm 0,32$  µg/L; Pb =  $0,33 \pm 0,01$  µg/L) est l'espèce qui renferme significativement plus d'éléments traces que *Chanallabes sp* (Hg =  $0,64 \pm 0,06$  µg/L; Cd =  $0,13 \pm 0,01$  µg/L; Pb =  $0,25 \pm 0,03$  µg/L). Ceci s'expliquerait par la capacité physico-chimique de chaque métal à s'adsorber sur l'espèce ou de la nature et la quantité de combustibles utilisés pendant le fumage.

Contrairement aux résultats obtenus dans la présente étude, les études menées *in situ* par [21], [22] présentent des concentrations moyennes supérieures chez les poissons *Distichodus fasciolatus* (Pb = 12,48 mg/kg et Cd = 8,34 mg/kg), *Mormyrops anguilloides* (Pb = 28,91 mg/kg et Cd = 9,44 mg/kg) et *Schilbe mystus* (Pb = 75,22 mg/kg et Cd = 15,29 mg/kg) frais pêchés dans le fleuve Congo au Pool Malebo. Les teneurs moyennes relevées dans la présente étude restent également inférieures en comparaison avec celles relevées par [23] chez les poissons *Clarias gariepinus* (Pb =  $0,16 \pm 0,01$  à  $0,26 \pm 0,03$  mg/kg; Cd =  $0,11 \pm 0,02$  à  $0,21 \pm 0,04$  mg/kg) et *Oreochromis niloticus* (Pb =  $0,23 \pm 0,08$  à  $0,25 \pm 0,09$  mg/kg; Cd =  $0,14 \pm 0,007$  à  $0,20 \pm 0,02$  mg/kg) frais exploités dans le Pool Malebo (Fleuve Congo). Cette grande différence avec nos observations serait due essentiellement à la variation d'ETMs dans ce milieu, souvent considérés comme un dépotoir des décharges des grandes quantités des déchets urbains et industriels de toutes natures [24] dont certaines sont chargés en éléments traces. Par contre, les deux espèces de poissons expérimentées dans la présente étude proviennent de l'intérieur du pays notamment les provinces d'Equateur, Mai-Ndombe, Nord et Sud Ubangi, Mongala et autres selon les informations relevées par [16]. Dans la plupart de ces zones, les activités anthropiques (telles que les activités industrielles à grande échelle, déversement des immondices, des effluents et autres types des déchets) susceptibles de contribuer à la contamination et pollution des écosystèmes aquatiques ainsi que leurs ressources sont faiblement réalisées dans certaines zones et voir inexistante dans certaines d'autres. Ainsi, les poissons issus de ces plans d'eau ne peuvent qu'être faiblement contaminés par des ETMs.

En se référant aux normes admises par [25] dans les produits de pêche, les teneurs détectés chez les deux espèces de poissons sous étude, restent inférieures aux limites maximales recommandées pour la consommation humaine (Hg =  $< 10$  µg/L; Pb =  $1$  µg/L; Cd =  $0,5$  µg/L). Toutefois, la consommation de ces poissons ne reste sans danger pour les consommateurs au vue du processus de la bioaccumulation. Les manifestations cliniques des effets de ces ETMs sont principalement une altération des fonctions rénale, hépatique, cognitive et de la capacité de reproduction, des cancers et des modifications neurologiques [20]. La contamination des espèces aquatiques par les éléments traces métalliques est devenue à ces jours une préoccupation majeure [26] et, présentent un intérêt particulier en raison du risque potentiel pour la pérennité de ces espèces aquatiques [27] et la santé des populations qui les consomment [7], [28].

Les poissons fumés sont parmi les aliments les plus contaminés [29]. Quelques études similaires réalisées en Afrique corroborent avec les résultats de la présente étude dans la mesure où qu'ils confirment la présence des éléments traces métalliques dans les poissons

fumés. Au Mali, [26] ont montré une variation significative des teneurs en Hg et Pb avant et après la fumaison des poissons frais. Ces auteurs ont indiqué que 53,75% d'échantillons frais contenaient l'Hg et 71,25% étaient contaminés par le Pb et, après le fumage 100 % d'échantillons fumés contenaient l'Hg et 95% d'échantillons présentaient des traces de Pb. En outre, [26] relève encore que les poissons fumés à la bouse de vache contenaient des teneurs moyennes en Pb (0,248 mg/kg) inférieures à ceux fumés au bois d'Hévéa (Pb = 0,270 mg/kg). Ces observations confirment l'implication des combustibles utilisés dans le fumage des poissons, passant de 0,02 mg/kg à 0,285 mg/kg [26]. Cette variation confirme l'apport en ETMs par les combustibles utilisés dans le fumage des poissons selon [26]. Les mêmes auteurs signalent que, outre, les matériels, certaines pratiques des fumages peuvent également entraîner dans les poissons fumés, les éléments traces métalliques dangereux pour l'homme tel que les grillages sur la barrique circulaire qui pourrait être une source intrinsèque de plomb et de cadmium [26]. Le même constat a été fait par [30] chez trois espèces des poissons (*Euthynnus alletteratus*, *Sardinella maderensis* et *Scomber scombrus*) à forte consommation dans la ville d'Abidjan en Côte d'Ivoire. Les teneurs d'Hg, Cd et Pb signalées dans les muscles et têtes de poissons *Chanallabes sp* et *Protopterus dolloi* expérimentés dans cette étude seraient dues aux contaminations naturelles dans leur milieu de vie et sûrement aussi au processus de fumaison utilisant les bois de chauffe susceptible de libérer certains composés toxiques [27].

La variation des teneurs moyennes en éléments traces relevés dans les organes (têtes et muscles) des poissons fumés étudiés montre que la tête accumule une grande quantité des éléments traces que les muscles. Les concentrations élevées observées dans cet organe se justifient par le fait que la tête comprend des tissus potentiellement capables d'emmagasiner des grandes quantités en ETMs, comme les branchies. Ces observations sont proches de celles faites par [31] qui, ont obtenus des concentrations élevées de quelques ETMs (Al, Cu, Cd et Pb) dans les têtes de poissons *Marcusenius stanleyanus* et *Protopterus dolloi* frais pêchés dans le Pool Malebo (Fleuve Congo) à Kinshasa. D'après [31], les têtes accumulent des concentrations plus élevées que les muscles, car elles possèdent des branchies qui filtrent une grande quantité d'ETMs environnants. Ainsi, en comparant dans l'ordre décroissant les teneurs globales des différents éléments (Hg > Pb > Cd), il apparaît que le mercure est l'élément le plus accumulé dans les deux poissons fumés étudiés, suivi de Pb et le Cd.

## 5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude avait pour objectif d'évaluer le niveau de contamination en ETMs (Pb, Cd et Hg) chez deux espèces de poissons *Protopterus dolloi* Boulanger, 1900 et *Chanallabes sp* fumés vendues dans le marché Baramoto et à forte consommation dans la ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo. Les résultats obtenus ont révélé la présence des trois ETMs dans les muscles et les têtes de deux espèces de poissons fumés à des concentrations variables. Les concentrations les plus élevées ont été trouvées chez l'espèce *Protopterus dolloi*. Toutefois, les concentrations trouvées dans les deux espèces de poissons ont été inférieures à la norme préconisée par l'OMS. Malgré les faibles teneurs relevées dans cette étude, la consommation régulière de ces poissons représenterait un danger pour la population kinoise, et expose les consommateurs à des risques élevées pour leur santé. Tenant compte de l'importance nutritionnelle des poissons fumés dans l'alimentation humaine, la conduite des investigations ultérieures sont vivement souhaitées en vue d'étendre les recherches sur les autres ETMs toxiques notamment: l'arsenic, le nickel et l'aluminium ainsi que d'autres contaminants chimiques tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les polychlorobiphényles. La conduite d'une étude comparative de la quantité et de la qualité des ETMs entre les poissons frais et fumés contribuera à mettre en évidence l'influence de la fumaison des poissons à l'aide des bois de chauffe en ce qui concerne la contamination en ETMs en vue de cerner le bienfondé de la mise en place des unités de conservation et transformation modernes des poissons par la fumaison.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement le personnel du Coalex Water Analysis Laboratoire pour leur collaboration dans l'analyse des échantillons des poissons fumés dans le cadre de cette étude.

## REFERENCES

- [1] Chadid A. Quantification des éléments traces métalliques (cadmium, plomb et mercure total) de certains produits de la pêche débarqués dans la zone Essaouira-Dakhla: Evaluation des risques sanitaires. Thèse de Doctorat, Université Ibn Zohr, Maroc, 19 p, 2016.
- [2] El Hraiki A. Assessment of chlorinated hydrocarbons and trace metal contamination of Moroccan marine species. Thèse, Oregon State University, USA, 206 p, 1993.
- [3] Vieira C., Morais S., Ramos S., Delerue M., Oliveir M.B.P.P. Mercury, cadmium, lead and arsenic levels in three species from the Atlantic Ocean: intraspecific variability and human health risks for consumption. *Food and Chemical Toxicology*, 49: 923 – 932, 2011.
- [4] Cano - Sanho G., Sioen I., Vandermeersch G., Jacobs S., Robbens J., Nadai M., Domingo J.L. Integrated risk index for seafood contaminants (IRISC): pilot study in five european countries. *Environmental Research*, 143: 109-15, 2015.

- [5] El Morhit M., Fekhaoui M., El Abidi A., Yahyaoui A. Contamination métallique des muscles de cinq espèces de poissons de l'estuaire du bas Loukkos (Côte Atlantique Marocaine). *Science Lib.*, 4: 2111 – 4706, 2012.
- [6] Olmedo P., Pla A., Hernandez A. F., Barbier F., Ayouni L., Gil F. Determination of toxic elements (mercury, cadmium, lead, tin and arsenic) in fish and shellfish samples. Risk assessment for the consumers. *Environmental International*, 59: 63 – 72, 2013.
- [7] Guérin T. Determination of 20 trace elements in fish and other seafood from the French market. *Food Chemistry*, 127 (3): 934 – 942, 2010.
- [8] Tuzen M. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 47 (8): 1785 – 1790, 2009.
- [9] Tuzen M. Determination of heavy metals in fish samples of the middle black sea by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, 80: 119-123, 2003.
- [10] Mendil D., Demirci Z., Tuzen M., Soyloc M. Seasonal investigation of trace element contents in commercially valuable fish species from the Black sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48 (3): 865 – 870, 2010.
- [11] Katemo M.B., Colinet G., André L., Chocha M.A., Marquet J., Micha J. Evaluation de la contamination de la chaîne trophique par les éléments traces (Cu, Co, Zn, Pb, Cd, U, V et As) dans le bassin de la Lufira supérieure (Katanga/RD Congo); *Tropicultura*, 28 (4): 246-252, 2010.
- [12] Kashimbo K.S., Mukanya S.S., Mukoj K.A., Mwenge T.L., Kesonga N.M., Meli K., Kiyukeno K.Y. Etudes d'impacts des rejets liquides de l'usine STL (Société de Terril de Lubumbashi) sur la rivière Lubumbashi (Haut-Katanga/D.R. Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research.*, 21: 285-292, 2016.
- [13] World Fish Center (WFC). Le poisson et la sécurité alimentaire en Afrique. Egypte, 2 p, 2005.
- [14] Hogbonouto E.B. Caractérisation des techniques de fumage des poissons au sud du Bénin. Rapport de fin de formation pour l'obtention du diplôme de licence Professionnelle en Production et Santé Animales, Ecole Polytechnique d'Abomey Calavi, Bénin, 45 p, 2016.
- [15] El Ayoubi H. & Failler P. Rapport n°5 de la nature de l'industrie des pêches et de l'aquaculture dans la zone de la COMHAFAT. Disponible sur; <https://www.researchgate.net/publication/277776052>, 2013.
- [16] Lusasi S.W., Manza R.K., Bipendu M.N., Kavumbu M.S., Munganga K.C., Gafuene N.G., Pwema K.V. Analysis of the ichthyological composition of smoked fish sold in the Liberté and Gambela markets in Kinshasa, Democratic Republic of Congo. *Agriculture Science*, 2 (2): 69-79. <https://doi.org/10.30560/as.v2n2p69>, 2020.
- [17] Lusasi S.W., Manza K.R., Munganga K.C., Pwema K.V. Contribution à la connaissance des modes de transformation et conservation des poissons locaux vendus dans les marchés de la ville de Kinshasa, R.D Congo. *European Scientific Journal, In Presse*, 2026.
- [18] Saville D.J. Multiple comparison procedures: the practical solution. *American Statistician*, 44 (2): 174-180, 1990.
- [19] Scherrer B. Biostatistique. *Gaëtan Morin: Québec*, 850 p, 1984.
- [20] Bellouard M. Contamination du poisson par les métaux lourds et risque sanitaire. *Toxicologie Analytique et Clinique*, 35 (2): 16-17. <https://doi.org/10.1016/j.toxac.2023.03.016>, 2023.
- [21] Nsimanda I.C., Musibono E.D., Basosila L. N., Wanga B.M.B. Etude préliminaire de la contamination au cadmium et au plomb de *Distichodus fasciolatus*, *Mormyrops anguilloides* et *Schilbe mystus* au Pool Malebo (Fleuve Congo - Kinshasa/R. D Congo) à Kinsuka. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 10 (1): 176 – 183, 2015a.
- [22] Nsimanda I.C., Musibono E.D., Basosila L.N., Wanga B.M.B. Contribution à l'étude écotoxicologique du cadmium et du plomb dans *Distichodus fasciolatus*, *Mormyrops anguilloides* et *Schilbe mystus* au Pool Malebo (fleuve Congo - Kinshasa/R. D Congo) à Maluku. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 10 (1): 166 – 175, 2015b.
- [23] Nakweti K.J., Lusasi S.W., Tembeni M.J. Evaluation des teneurs en éléments traces métalliques (Cadmium et Plomb) dans l'eau, les sédiments et deux espèces de poissons *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) et *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) dans le Pool Malebo (Fleuve Congo), R.D Congo. *European Scientific Journal*, 17 (25): 174-192. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p174>, 2021.
- [24] Masua T.B., Lusasi S.W., Kayembe S.J., Pwema K.V., Musibono E.A.D. Types des macroplastiques et leurs impacts sur les activités de pêche dans la rivière N'djili, Kinshasa (R.D Congo). *Journal of Applied Biosciences*, 185: 19484- 19503. <https://doi.org/10.35759/JABs.185.10>, 2023.
- [25] OMS. Liste provisoire des principales espèces de poissons faisant l'objet d'un commerce internationales (y compris les propositions concernant des concentrations maximales de plomb dans différentes espèces de poissons). *Trente septièmes sessions, La Haye, Pays-Bas*, 4 p, 2006.
- [26] Konate Y., Coulibaly S., Harby A., Maiga F., Diarra D., Sako M., Traore M.S., Coulibaly M. Etude de deux métaux lourds dans le poisson de fleuve au Mali. *Mali Médical*, 31 (3): 7-16, 2016.
- [27] Koné S. Fumage du poisson et fours de fumage. Fiche Technique: F029f.pdf/doc, Ingo Gate, 17 p. Disponible sur: *Fumage du poisson et fours de fumage.pdf (doc-developpement-durable.org)*, 2001.
- [28] Youssao A., Soclo H.H., Bonou C., Fayomi B. Evaluation de la bioaccumulation du plomb dans les espèces animales marines et identification des sources de sa contamination métallique par une analyse multi élémentaire en métaux (Al, Cd, Cr, Cu et Pb) dans les eaux côtières du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci* 5 (1): 188 – 195, 2011.

- [29] Fatime S. Poisson braisé, poulet braisé, choukouya: attention, le charbon de bois de fumage tue. *Disponible sur: <http://news.abidjan.net/h/451185.html>, 2013.*
- [30] Money M.Y.U. Impacts de la technique de fumage sur la teneur en éléments traces métalliques (Cd, Hg et Pb) des trois de poissons à forte consommation dans la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire) et effets toxicologiques chez les rats Wistar. Thèse de Doctorat en Biologie Fonctionnelle et Moléculaire, Université Felix Houphouët Boigny, Cote d'Ivoire, 298 p, 2022.
- [31] Lusasi S.W., Baibangaka M.M., Nakweti K.J., Bipendu M.N., Unyumbe Y.K.B., Pwema K.V. Niveau de contamination par les éléments traces métalliques (Aluminium, Cuivre, Cadmium et Plomb) dans l'eau, le sédiment et deux espèces de poissons (*Marcusenius stanleyanus* Boulenger, 1897 et *Protopterus dolloi* Boulenger, 1900) du Pool Malebo à Kingabwa (Kinshasa, RD Congo). *Rev. Cong. Sci. Technol.*, 3 (4): 465 – 477. <https://doi.org/10.59228/rcst.024.v3.i4.113>, 2024.