

Accumulation Biologique des Eléments Traces Métalliques dans l'*Oreochromis Niloticus* du Système Lagunaire de Kinshasa

MWANAMOKI MBOKOSO Paola^{1*}, LUHUNU TAMUNDELE Lamy¹,
NKATU KUMINDAMU Fiston¹.

Paper History

Received : April 11, 2022; Revised

: February 27, 2023;

Accepted : March 13, 2023;

Published : March 27, 2023

Keywords

Oreochromis niloticus, fish, heavy metals, non-biodegradable, bioaccumulators, Pool malebo, health

ABSTRACT

Trace metal elements from anthropogenic industrial and urban activities as well as agriculture can accumulate in the organisms of the beings that live there and reach fairly high concentrations that raise concern for human consumption

Oreochromis niloticus fish samples were collected at the port of Baramoto in the heart of the Malebo Pool on the Congo River (DRC). Protein levels were determined by the method described by KOIVISTOINEN et al. [1996], lipid content was determined by the Soxhlet method, trace metal elements in heads, viscera and muscles relative to their ages were determined by Flame Atomic Absorption Spectrometry and finally the estimation of health risks was given by the method described by GAY et al. [2007]. Results revealed that adult fish stored most proteins with 29.16g and lipids with 25.13g per 100g of materials. The highest levels of arsenic, lead, aluminum and cadmium in *Oreochromis niloticus* were found in the muscles of the first-generation fish with 1.840; 4.110; 2.670 and 13.14 mg/kg respectively. Mercury contamination was significant in the first three generations of fish with 1.140 mg/kg; 1.316 mg/kg and 1.060 mg/kg respectively and these values are above 0.2 mg/kg recommended by WHO and FAO. The health risk is real for daily consumption of this fish.

¹Institut Supérieur des Techniques Médicales/Kinshasa, Section Sciences des aliments Nutrition Diététique, BP 774 Kinshasa XI, République Démocratique du Congo

*Corresponding author, E-mail: graciosomwa@gmail.com

I. INTRODUCTION

La science nutritionnelle conseille que l'on consomme plus les poissons que les viandes à cause des maladies provoquées par les viandes rouges [RIDELE et al., 2007]. Les poissons par contre sont riches et protecteurs en termes des nutriments, important pour le maintien de l'équilibre nutritionnel et vital [GROSMAN, 2004].

Ils sont riches en éléments comme le phosphore, les oligoéléments (le sélénium, le zinc, l'iode, le cuivre et autres), en vitamines A, D, E et en certaines vitamines du groupe B utiles pour le bon fonctionnement de l'organisme humain. Ils peuvent aussi être contaminés par des polluants de l'environnement dont les éléments traces métalliques [ANSES, 2016].

Si l'on consomme un à deux repas de poissons par semaine, on réduit de 36 % le taux de décès causés par une maladie des

principaux vaisseaux sanguins du cœur et des 17 % toutes les autres [MOZAFFARIAN et RIMM, 2006].

Ces cinq dernières périodes de dix ans ont vu un accroissement de la production au monde des poissons et la consommation a progressé avec un taux de croissance annuel moyen de 3,2%. La consommation au monde de poissons par personne est passée de 9,9 kg dans les années 1960 à 19,2 kg en 2012 [FAO, 2014]. Ce développement spectaculaire a été entraîné à la fois par l'essor démographique, l'amélioration des revenus et l'urbanisation. [FAO, 2014].

Par ailleurs, plusieurs millions de personnes en Afrique dépendent du poisson pour leur subsistance par la pêche, l'élevage, la transformation, le transport et la vente en détail. Le poisson représente une source très importante de nourriture et la seule source de protéines pour la population à faible de revenu, en particulier dans les villes où l'élevage à grande échelle est rare. La consommation moyenne africaine est d'environ 5,5 à 8,5 kg par personne par année. Mais la forte

incidence des maladies des poissons demeure une contrainte majeure au développement économique et à la réussite de cette activité [FAO, 2012].

La dégradation par les métaux s'avère être un des risques majeurs dans le monde actuel. C'est une préoccupation de toutes les régions mondiales. Certains métaux lourds sont nuisibles à la santé humaine et pour les autres êtres vivants lorsqu'on les trouve dans l'environnement à des teneurs élevées [FAKAYODE, 2005].

Il existe une cohabitation des phénomènes de l'accumulation et de l'amplification biologique des éléments traces métalliques dans des espaces intimement liés à l'eau, car ces métaux sont non biodégradables dans l'organisme humain. En effet, ces éléments traces métalliques se concentrent dans l'eau et dans les sédiments ainsi que dans les microorganismes vivant dans l'eau, ce qui entraîne leur accumulation dans les poissons [ANSES, 2016].

Ces derniers peuvent emmagasiner ces métaux à des teneurs plus importantes que celles du biotope [TABINDA, 2010 ; MWANAMOKI et al., 2014]. Ces produits de la pêche, destinés aux consommateurs, doivent être conformes aux exigences de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en ce qui concerne la sécurité sanitaire des aliments dans l'espoir de contribuer plus efficacement à la préservation de la santé ainsi qu'à la croissance économique. Dommage, ces derniers sont affectés par la dégradation qui a de l'impact négatif sur la santé de la population. Les activités de l'homme ainsi que la mauvaise gestion des déchets sont les sources de contamination les plus importantes des poissons consommés à Kinshasa [MBOMBA, 2007].

Les cours d'eau de Kinshasa ne sont pas épargnés de la contamination métallique due à l'activité humaine suite à l'exploitation industrielle, à laquelle s'ajoute les substances jetées ou abandonnées par les ménages et qui ne sont pas gérées, les éléments entrant dans l'agriculture comme les engrais chimiques, ainsi que celles provenant de la terre (érosion des sols et roches du bassin) souvent causée par une urbanisation accrue [KAMBOLE, 2003; MUBEDI et al., 2013].

Ce phénomène de bioaccumulation va se transmettre tout au long de la chaîne alimentaire. En conséquence, le producteur primaire se trouvant au bas de la chaîne alimentaire (ou réseau trophique) va accumuler dans ses tissus les éléments traces métalliques présents dans son milieu. Après cela, les consommateurs premiers vont manger les prédateurs primaires qui sont des poissons, sauf qu'un consommateur premier se nourrit de plusieurs producteurs primaires. Ainsi, la matière toxique présente dans les tissus des producteurs primaires (végétaux et sédiments) va voir sa concentration augmenter progressivement dans la chaîne alimentaire, créant ainsi une bioamplification non négligeable et provoquant plusieurs maladies telles que le cancer, la neurodégénérescence, des graves dysfonctionnements cellulaires, etc. [NOPPE., 2006].

L'eau et les sédiments du fleuve Congo au niveau du Pool malebo sont contaminés en éléments traces métalliques [MWANAMOKI et al., 2014]. Cette situation est causée par le manque des stratégies efficaces dans la gestion des déchets urbains et industriels, sans oublier les rejets non traités des hôpitaux. Cette contamination se répercute dans tous les écosystèmes du système lagunaire de Kinshasa, et les poissons n'en sont pas épargnés [NGELINKOTO et al., 2014].

Ces derniers ont emmagasiné des concentrations d'éléments traces métalliques dépassant ainsi les recommandations de l'OMS [2008] pour la protection de la vie aquatique.

L'objectif principal poursuivi dans la présente étude est de porter un jugement sur la hauteur d'envahissement en éléments traces métalliques dans les poissons du Pool Malebo en déterminant les teneurs en arsenic, en mercure, en plomb, en cadmium, en aluminium et en cuivre, les apports en protéines et en lipides dans les poissons d'une même espèce mais de taille et d'âge différents ; et de prédire enfin les caractéristiques du danger.

La présente étude revêt primo, un intérêt du point de vue scientifique car elle fournit des résultats d'analyse sur les teneurs en éléments traces métalliques dans quelques espèces des poissons du système lagunaire Kinois, sur la qualité de ces poissons et constitue une banque de données, secundo un intérêt dans l'information des consommateurs aux effets néfastes probables et sanitaires auxquels ils sont exposés.

II. MATERIEL ET METHODES

Le matériel qui fait l'objet de la présente étude est constitué exclusivement des poissons de l'espèce *Oreochromis niloticus*. Ils ont été prélevés au port commercial BARAMOTO, situé au cœur du Pool Malebo, dans la commune de la Gombe, dans la ville province de Kinshasa (figure 1). Ces échantillons ont été prélevés de mai à juin 2016 durant la saison sèche dès que les pêcheurs arrivent sur la rive telle que décrite par PASCAL et al. [2008].

Ces poissons (figure 2) ont été transportés dans une glacière à une température ne favorisant pas la dégradation grâce aux glaçons qu'elle contenait. Après identification des espèces et détermination de générations de ces spécimens au laboratoire d'Hydrologie, du Département de Biologie, de la Faculté de Sciences de l'Université de Kinshasa (UNIKIN) ; ils ont été acheminés au laboratoire de Bromatologie de la Faculté d'Agronomie de l'UNIKIN pour la détermination des teneurs en protéines et en lipides. Ensuite, ces échantillons ont été acheminés au Laboratoire Central d'Analyses (LCA) du Centre Régional d'Etudes Nucléaires de Kinshasa (CRENK) pour le dosage des métaux lourds.

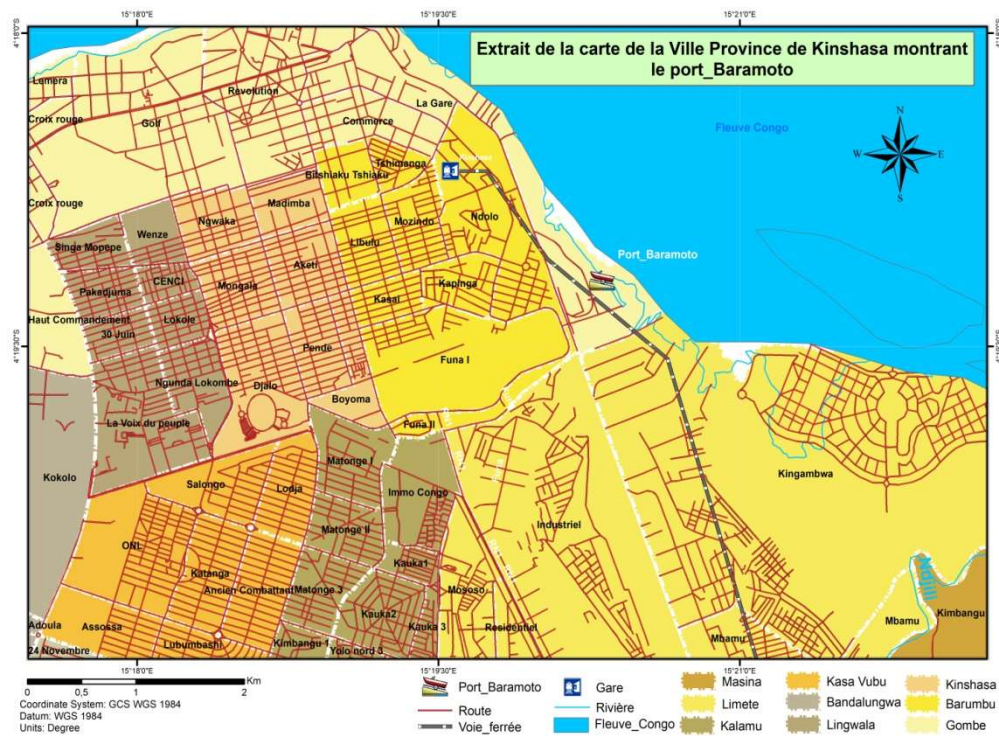


Figure 2. *Oreochromis niloticus*

Le tableau 1 présente les différentes caractéristiques des échantillons de poissons collectés.

Tableau I : Caractéristiques des poissons collectés (génération, âge, calibres)

Espèces	Génération	Age (mois)	Calibres (mm)
<i>Oreochromis niloticus</i>	1 ^{ère}	38	211
	2 ^{ème}	21	156
	3 ^{ème}	9	95
	4 ^{ème}	7	88

Détermination de la teneur en matières grasses par la méthode de Soxhlet

Elle consiste à un épuisement continu des lipides contenu dans l'échantillon dans un extracteur SOXHLET. Il s'agit d'une extraction par solvant non polaire dont la différence des poids entre l'échantillon de départ et l'échantillon délipidé donne le poids de lipides extraits.

Une masse de poisson de poids précis (P1) a été placée dans une cartouche faite de papier filtre préalablement délipidée et tarée (P0) ; la cartouche contenant l'échantillon a été placée dans l'extracteur raccordé à un ballon contenant 250 ml d'éther de pétrole. Le chauffage a duré 8 heures. Après l'extraction, la cartouche a été séchée à l'étuve et son contenu

a été pesé. Cette opération a nécessité 20 à 28 siphonages [FOULON et MEURENS, 1991].

La teneur en lipides a été obtenue par la formule suivante : % lipides $x = \frac{P1-P2}{P1} \times 100$

Où P2 est le poids de la cartouche et son contenu après extraction et séchage.

Détermination de la teneur en protéines

Le principe du dosage consiste à bouillir l'échantillon avec l'eau. On y ajoute une solution de CuSO₄ à 6% pour faire réagir l'azote protéique contenu dans l'échantillon et inhiber les autres noyaux azotés non protéiques. Puis, le précipité protéique qui en résulte est filtré puis lavé avec le même filtrat et qui finit par être Kjeldahlisé [KOIVISTOINEN et al., 1996].

Dans un ballon d'attaque à long col, 5g de l'échantillon prétraité et 15 ml de H₂SO₄ concentré ont été introduits dans le ballon incliné en formant un angle de 45° environ. Le chauffage a été fait sur toile métallique ou dans un meneau chauffant avec précaution au début pour éviter la formation des mousses. Tout le contenu a été porté à l'ébullition jusqu'à ce que le liquide devienne limpide, ne renfermant aucune trace du carbone, puis a été laissé reposer. Après refroidissement complet de la solution, 150ml de l'eau distillée ont été ajoutés dans le ballon de l'appareil à distiller.

Deux à trois gouttes de la solution de phénolphtaléine et NaOH 33% ont été ajoutés jusqu'à l'alcalinisation (rendre le milieu basique), l'Ammoniaque libéré a été distillé et recueilli dans un matras renfermant 100 ml de HCl 0,1 N et trois gouttes de rouge de méthyle. Le courant de vapeur d'eau a été maintenu pendant quelques minutes. L'excès d'acide a été titré par NaOH 0,01N. La teneur en protéines a été obtenue en utilisant la formule suivante :

$$\text{Teneur d'azote} \times 6,25 \text{ et } \% \text{ d'azote} = \frac{(V1 - V2) \times N \times 10 \times 0,0014 \times 100}{1g}$$

V1 : mL de la solution à titrer

V2 : mL de la solution titrante

Dosage par la Spectrométrie d'Absorption Atomique (SAA), Trois grammes (3g) de chair de poisson ont été réduits et homogénéisés avant toute chose en fines particules par calcination. Ensuite, 5 ml d'HNO₃ concentré et 2ml d'eau oxygénée ont été ajoutés à ces derniers afin d'assurer la destruction de la matière organique pendant 5 heures. Un essai à blanc a été inclus pour vérifier qu'il n'y a pas eu de contamination dans chaque série d'analyses et ceci en absence de chair de poisson et les mêmes quantités de réactifs que précédemment ont été utilisées.

L'étuve (marque Memmert U50) a été utilisée pour sécher les poissons à 75 °C pendant 72 heures. Le mortier a servi à l'obtention des fines particules des poissons. Exactement 3g de chaque échantillon ont été mis dans des tubes en téflon auxquels 6 ml d'acide nitrique (68 %) ont été ajoutés puis fermés à l'aide des verres de montre. Une fois le mélange réalisé, les tubes ont été placés au bain de sable graduellement chauffé jusqu'à atteindre une température de 130 °C, tout en assurant que tout l'acide a été évaporé.

Les résidus obtenus ont été dissous à chaud avec de l'eau distillée. Après refroidissement, chaque solution issue de l'attaque acide a été versée dans un ballon jaugé de 25 ml. Après l'avoir rendu homogène, on a procédé à la filtration de cette solution à l'aide d'un papier-filtre. Parallèlement, deux solutions témoins (6 ml d'HNO₃ à 68 %) ont été préparées dans les mêmes conditions.

Un spectromètre d'Absorption atomique à flamme de type Thermo Electron Corporation Series AA Spectrometer a permis la détermination des teneurs en éléments traces métalliques. Les concentrations ont été données en mg/kg de poids sec. Les échantillons et le blanc ont été ensuite mis dans le four à micro-ondes pendant 25 minutes. Après refroidissement, les solutions ont été transvasées dans des fioles en plastique et portées à 50 ml avec de l'eau ultra pure.

Les concentrations en métaux ont été déterminées selon l'équation suivante :

$$C \text{ en ppm } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right) = \frac{(C_s - C_b) \times V_f \times F_d \times 10^{-3}}{P}$$

Tel que :

C : concentration finale ;

C_s : concentration de l'élément dans la solution ;

C_b : concentration de l'élément dans le blanc ;

F_d : facteur de dilution ;

V_f : volume final de d'échantillon (50 mL) ;

P : Prise d'essai en g (poids frais) de l'échantillon

Les résultats ont été affichés par l'appareil en mode informatisé. Quatre stades principaux ont été suivis pour la détermination des effets néfastes sur la santé humaine liés à la consommation des poissons souillés par les éléments traces métalliques [GAY et al., 2007] : a) Identification du danger, b) Choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) [BISSEON et al., 2009], c) estimation de l'exposition de la population et d) Elle aboutit au calcul de la dose journalière d'exposition (DJE).

Les canevas d'exposition a été utilisé où l'individu est le plus exposé. En effet, par la proposition admise, la quantité par an moyenne des poissons avalés par un enfant sera considérée comme égale à celle d'un adulte. La DJE des altérageènes chimiques attachée à la consommation des poissons est donnée par la formule suivante : DJE = C x Q x F/P Où DJE = Dose journalière d'exposition aux éléments traces (mg/kg/j) ; C = Concentration en éléments traces des poissons (mg/kg) ; Q = Quantité de poissons ingérée par jour, (kg/j) ; F = Fréquence d'exposition (F = 1), sans unité ; P = Poids corporel de la cible (kg).

Les enfants de 0 à 15 ans ont généralement un poids corporel de 28 kg et un adulte a selon la convention 65 kg selon l'Agence de Protection de l'Environnement [US EPA 2003] ; Le quotient de danger (QD) est utilisé pour caractériser le risque par rapport aux effets seuils. La formule suivante a permis de le calculer :

QD = DJE/DJA, Si QD < 1, la toxicité très peu probable ; Si QD > 1, la toxicité est sure.

Les résultats obtenus par des méthodes analytiques ont subi un contrôle interne. Un blanc de procédure a été préparé dans les mêmes conditions expérimentales que les échantillons, c'est-à-dire avec le même acide (HNO₃ à 68 %). Ceci a permis la mise en évidence de la pollution de l'échantillon par des métaux et l'élimination des erreurs de quantification. On a préparé des solutions de référence pour chaque métal dosé.

Ces solutions ont été incorporées dans les différentes analyses afin de vérifier l'exactitude de la méthode. Pour une reproductibilité des résultats, plusieurs dosages ont été faits sur un même échantillon (les doublons) en les incorporant dans le lot analytique de façon aléatoire sans que l'analyste ne puisse le savoir.

Analyse statistique

L'analyse de la variance (ANOVA) a été utilisée pour rechercher les ressemblances et les différences entre les moyennes trouvées pour les échantillons d'analyse avec un facteur de test statistique. Ceci permet de savoir s'il y a des différences significatives ou non significatives entre les

moyennes obtenues. Autrement dit il s'agit d'apprécier l'effet de variables qualitatives sur une variable numérique.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus après la détermination de la teneur en protéines et en lipides totaux qui représentent les moyennes de trois (3) essais sont consignés dans le tableau II.

Tableau II : La composition chimique en gramme des chairs d'*Oreochromis niloticus* par rapport à 100 grammes des matières sèches (MS) et fraîches (MF).

Espèces paramètre	Génération1		Génération2		Génération3		Génération4	
	Ms	MF	Ms	MF	Ms	MF	Ms	MF
Protéines(g)	45,4 ± 3,27	29,16	43,25±2,13	23,58	41,13±0,69	21,83	40,05±2,40	17,87
Lipides (g)	39,14 ± 0,84	25,13	36,48±0,65	19,89	33,11±1,87	17,57	33,01±2,03	14,72

La teneur en protéines obtenue pour la génération 3 (21,83g) et la génération 4 (17,8g) se trouvent dans l'intervalle normal donné par LOVE en 2010, soit de 16 à 21 g ; mais les valeurs obtenues pour la génération 1 (29,16g) et la génération 2 (28,58g) ne sont pas à surestimer car LOVE accepte un maximum de 28 g.

Ceci amène à conclure que les générations adultes ont emmagasiné le plus des protéines que les jeunes générations, l'âge et la taille ont de l'influence sur les teneurs en ce nutriment.

Selon LOVE [1980], l'intervalle normal de lipides dans les chairs de poissons est de 0,2 à 25g, mais il accepte un

maximum de 67g. L'*Oreochromis niloticus* a présenté des valeurs qui se trouvent dans cette intervalle avec 25,13 ; 19,39 ; 17,57 et 14,72 g pour les générations 1, 2, 3 et 4 respectivement. La même observation est ici faite, les générations adultes sont plus grasses que les jeunes générations.

La première génération telle que présentée dans le tableau II pour 100g des matières fraîches est de 29,16g qui est la quantité la plus élevée alors que la génération 4 n'en regorge que 17,87g. La plus jeune génération est moins protéinée.

La teneur en éléments minéraux des échantillons dans la chair d'*Oreochromis niloticus* étudiés se trouvent consignés dans le tableau III.

Tableau III: Teneurs (en mg/kg) en éléments traces métalliques dans la chair d'*Oreochromis niloticus*

Echantillons	As	Hg	Pb	Cd	Al	Cu
Génération 1	1,840±0,02	0,814±0,01	4,110±0,02	2,670±0,01	13,14±0,03	0,316±0,01
Génération 2	1,010±0,01	0,475±0,01	3,460±0,01	1,410±0,02	11,89±0,02	0,261±0,01
Génération 3	0,741±0,01	0,215±0,01	2,130±0,01	0,930±0,01	9,220±0,02	0,149±0,01
Génération 4	0,338±0,01	0,143±0,01	1,210±0,01	0,450±0,01	7,140±0,02	0,09±0,01
Normes FAO/OMS	0,1	0,2	0,2	0,05	0,93	0,3

Au vu du tableau III, les teneurs en arsenic, en mercure, en plomb, en cadmium et en aluminium dans les quatre générations de l'*Oreochromis niloticus* sont au-delà de celles fixées par l'OMS et la FAO. Elles varient de 0,338 à 1,840 mg/kg pour l'arsenic au lieu de 0,1 recommandé par l'OMS/FAO ; de 1,21 à 4,11 mg/kg pour le plomb au lieu de 0,2 mg/kg ; de 0,45 à 2,67 mg/kg pour le cadmium au lieu de 0,05 mg/kg ; de 7,14 à 13,14 mg/kg pour l'aluminium au lieu de 0,93 mg/kg.

Seules les teneurs en cuivre dans les quatre générations ont des valeurs conformes à celle de 0,3 mg/kg de l'OMS/FAO, car elles varient de 0,09 à 0,316 mg/kg.

Les teneurs les plus élevées ont été trouvées dans la chair du poisson de la première génération avec 1,840 ; 0,814 ; 4,110 ; 2,670 ; 13,14 et 0,316 mg/kg respectivement pour l'arsenic, le mercure, le plomb, le cadmium, l'aluminium et le cuivre. Les muscles de cette génération sont les plus contaminés en ces métaux lourds.

La teneur en éléments minéraux des échantillons dans la chair d'*Oreochromis niloticus* étudiés se trouvent consignés dans le tableau IV.

Tableau IV: Teneurs (en mg/kg) en éléments traces métalliques dans les viscères d'*Oreochromis niloticus*

Echantillons	As	Hg	Pb	Cd	Al	Cu
Génération 1	0,936±0,03	0,516±0,01	1,380±0,02	0,624±0,01	2,120±0,01	0,016±0,00
Génération 2	0,411±0,01	0,341±0,01	1,060±0,01	0,213±0,01	1,640±0,03	0,010±0,00
Génération 3	0,118±0,01	0,286±0,01	0,910±0,03	0,123±0,01	1,270±0,01	0,009±0,00
Génération 4	0,049±0,01	0,132±0,01	0,426±0,01	0,038±0,01	0,760±0,01	0,004±0,00
Normes FAO/OMS	0,1	0,2	0,2	0,05	0,93	0,3

Le tableau IV montre que les teneurs en arsenic de deux premières générations, soit 0,936 et 0,411 mg/kg, sont non conformes à la valeur (0,1 mg/kg) recommandée par l'OMS/FAO ; celles du plomb sont toutes en désaccord avec la valeur de 0,2 mg/kg de la ligne directrice car elles varient de 0,426 à 1,38 mg/kg ; les trois premières générations ont donné des teneurs plus élevées que celles données par l'OMS/FAO ;

toutes les teneurs en cuivre sont conformes à la norme de 0,3 mg/kg car elles varient de 0,014 à 0,01 mg/kg.

La teneur en éléments minéraux des échantillons dans la chair d'*Oreochromis niloticus* étudiés se trouvent consignés dans le tableau V.

Tableau V: Teneurs (en mg/kg) en éléments traces métalliques dans les têtes d'*Oreochromis niloticus*

Echantillons	As	Hg	Pb	Cd	Al	Cu
Génération 1	1,390±0,03	1,140±0,05	3,240±0,01	1,240±0,01	10,91±0,03	0,821±0,07
Génération 2	1,230±0,01	1,316±0,04	2,380±0,05	1,100±0,06	9,430±0,04	0,639±0,01
Génération 3	1,006±0,02	1,060±0,01	1,070±0,01	0,932±0,01	7,250±0,06	0,441±0,01
Génération 4	0,473±0,01	0,316±0,01	0,820±0,01	0,641±0,01	4,880±0,01	0,273±0,01
Normes FAO/OMS	0,1	0,2	0,2	0,05	0,93	0,3

Au vu du tableau V, les teneurs en arsenic qui sont comprises entre 0,473 à 1,39 mg/kg et sont en désaccord avec la valeur recommandée (0,1 mg/kg) de l'OMS/FAO. La même observation est faite pour les teneurs en Hg, Pb, Cd, Al et Cu. Les teneurs en Hg se situent entre 0,316 à 1,14 mg/kg et s'écartent de 0,2 mg/kg, celles de Pb de 0,83 à 3,24 mg/kg et sont non conformes à la recommandation de 0,2 mg/kg, celles

de cadmium de 0,641 à 1,24 mg/kg qui s'éloignent de 0,05 mg/kg de la ligne directrice.

Il en est de même pour l'aluminium et le cuivre. Les teneurs les plus élevées ont été trouvées dans les têtes des poissons de générations les plus âgées (Fig.3).

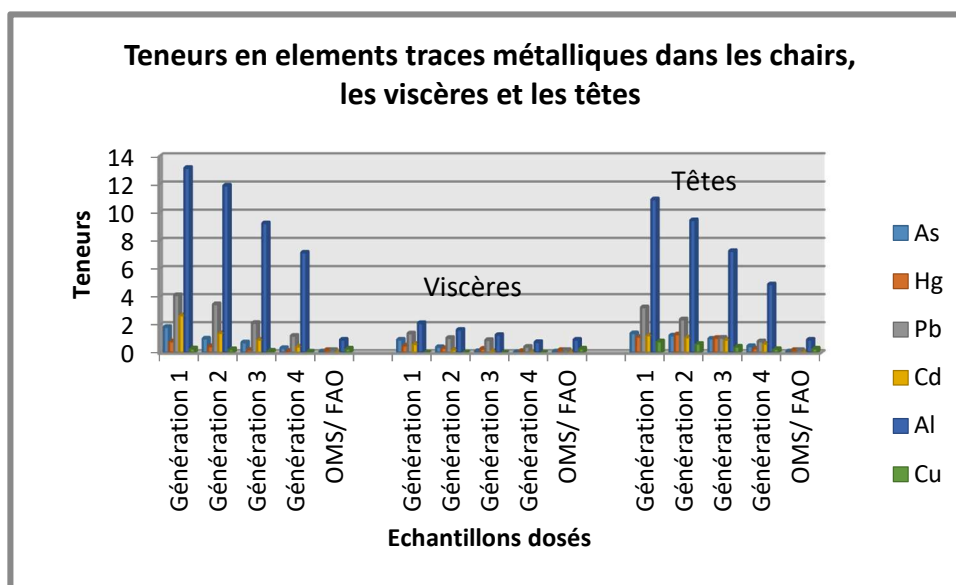


Figure 3: Teneurs en éléments traces métalliques (mg/kg) dans les chairs, les viscères et les têtes d'*Oreochromis niloticus*

La figure 3 montre que la contamination ainsi que l'accumulation en métaux lourds est fonction de l'âge. Les

teneurs les plus élevées se retrouvent dans les poissons les plus âgés. Celui de la première génération a les valeurs les plus

grandes en protéines et en matière grasse. Les métaux se concentrent le plus dans la chair grâce à l'établissement des liaisons lipidiques avec la matière grasse.

Le calcul de la dose journalière d'exposition aux éléments traces métalliques et la caractéristique du risque donnée par le quotient de danger sont donnée au tableau VI.

Tableau VI : Dose journalière d'exposition et quotient de danger chez les enfants et les adultes

N°		1	2	3	4	5	6
ETM		As	Hg	Pb	Cd	Al	Cu
Q(g/kg)							
C(mg/kg)		3,45	0,564	1,40	0,97	5,89	0,560
DJA		0,0002	0,00036	0,00032	0,0002	0,00069	0,0003
P(kg)	Ad						
	Enf						
DJE	Ad	0,0013	0,0022	0,00054	0,00037	0,0023	0,00022
	Enf	0,0030	0,0050	0,00125	0,00087	0,0053	0,00050
QD	Ad	6,5	0,6	1,65	1,85	3,3	0,73
	Enf	15	13	3,9	4,35	7,7	1,66

D'après l'Agence Américaine de Protection de l'Environnement [US-EPA, 2003], si le quotient de danger (QD) tel que calculé par la méthode de GAY et al., [2007] est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique est très peu probable alors que s'il est supérieur à 1, l'apparition d'un effet toxique est évidente.

Le tableau VI montre que les adultes qui consomment ces poissons sont 6,5 fois plus exposés par rapport à l'Arsenic ; 2 fois par rapport au plomb ; 2 fois et 3 fois exposés respectivement au cadmium et à l'aluminium ; tandis que les enfants, de moins de 15 ans, sont 15 fois ; 13 fois ; 4 fois ; 4 fois ; 8 fois et 2 fois exposés respectivement au mercure, au plomb, au cadmium, à l'aluminium et au cuivre. Le risque sanitaire est réel pour les adultes et les enfants qui consomment quotidiennement ces poissons et sont exposés aux complications sanitaires causées par l'accumulation de ces métaux lourds dans l'organisme humain.

Les moyennes des teneurs en arsenic dans la chair (1,840 ; 1,010 ; 0,741 et 0,338 mg/kg respectivement pour la première, la deuxième, la troisième et la quatrième génération) ne sont pas identiques ; elles sont statistiquement différentes ($p=0,009$) et que les moyennes de deux derniers échantillons ne sont pas statistiquement différentes ($p=0,0869$). La même observation a été faite d'une manière générale pour le Hg, le Pb, le Cd, l'Al et le Cu.

Les résultats des éléments traces métalliques rejoignent ceux de NAKWETI [2021]. Il a trouvé le Cd et le Pb dans toutes les parties retenues (eau-sédiment-poissons : Clarias gariepinus et Oreochromis niloticus) à l'endroit où l'on effectue la pêche à Kingabwa.

Ces quantités sont comprises entre 0,01 et 0,02 mg/kg pour le Cd et 0,01 à 0,05 mg/kg pour le Pb. Elles sont en désaccord avec le seuil recommandé par l'OMS/FAO [2017]. Au regard de ceci, cet observation montre qu'il y a possibilité d'une pollution en éléments trace métalliques dans ces compartiments. Bien que ne respectant pas les seuils

recommandés, ce sont des teneurs moindres par rapport à celles que les poissons analysés dans cette étude ont emmagasinées au cours du temps dans leurs chairs. Nous avons obtenu des teneurs en plomb qui varient entre 1,210 à 4,110mg/kg telles que présentées dans le tableau III et qui sont supérieures à 0,01 et 0,02mg/kg trouvées par NAKWETI [2021] et en Cadmium qui varient entre 0,450 à 2,670mg/kg qui sont également supérieures à 0,12 et 0,13mg/kg trouvées dans cette étude.

La même considération est également en accord avec celle de NZAPO et al. [2018] qui a trouvé des teneurs en Cd : 0,12 à 0,13 mg/kg et en Pb : 0,12 à 0,13 mg/kg) dans les eaux du Pool Malebo à Kingabwa. Selon SMATTI-HAMZA IMANE et al. [2019], le Cd et le Cu ont été trouvés dans les chairs des poissons d'espèce Hypophthalmichthys molitrix et Cyprinus carpio avec des teneurs de 0,28mg/kg pour le Cd et de 3,17 mg/kg pour le Cu. Les teneurs trouvées et présentées au tableau III pour le Cd qui varient entre 0,450 et 2,670mg/kg sont encore supérieures à 0,28mg/kg alors que celles de Cu qui sont comprises entre 0,09 et 0,316mg/kg sont moindres par rapport à 3,17mg/kg qu'ils ont révélés dans leur étude sur ces poissons prélevés dans le barrage Koudiet Medouar en Algérie

IV. CONCLUSION

L'objectif assigné à la présente étude était de mesurer la hauteur d'envahissement en éléments traces métalliques des poissons du Pool Malebo en arsenic, mercure, plomb, cadmium, aluminium et cuivre ; en déterminant les concentrations en protéines et en lipides dans les poissons d'une même espèce mais de taille et d'âge différents afin de prédire les caractéristiques du danger.

Les poissons de l'espèce Oreochromis niloticus de quatre générations ont été prélevés au cœur du Pool Malebo au niveau du port de Baramoto.

Pour atteindre les objectifs spécifiques de cette recherche, la détermination des teneurs a été effectuée pour les protéines brutes, les lipides totaux, les éléments traces métalliques (Hg, As Pb, Al, Cd, Cu) dans différentes parties (têtes, chairs et viscères) des corps des poissons prélevés.

De résultats obtenus, il est ressorti que les poissons des vieilles générations (les plus âgés) sont les plus riches en protéines brutes et en matières grasses. Les teneurs les plus importantes en éléments traces métalliques déterminés se trouvent dans les poissons de deux premières générations. Celles les plus élevées se sont révélées d'une manière générale dans la chair des poissons de vieilles générations dont les viscères sont les moins contaminés. La plupart des métaux dosés ont des teneurs supérieures à celles recommandées par l'OMS et la FAO. Les DJA, DJE et le QD ont donné des valeurs supérieures à celles préconisées par l'Agence Américaine de Protection de l'Environnement (EPA), ce qui amène à conclure que les risques sanitaires sont évidents dans tous les cas avec la probabilité d'apparition d'un effet toxique plus élevé chez les enfants de moins de 15 ans que chez les adultes.

La poursuite de cette étude est souhaitable en ce qui concerne l'étude épidémiologique sur les différentes intoxications dues aux éléments traces métalliques ainsi que la répétabilité en élargissant la gamme d'espèces de poissons ainsi que leurs nombres.

V. RESUME

Les éléments traces métalliques issus des activités anthropiques industrielles, urbaines et agricoles peuvent s'accumuler dans les organismes des êtres qui vivent dans un milieu et atteindre des concentrations assez élevées pouvant susciter une inquiétude pour une consommation humaine.

Les échantillons de poissons *Oreochromis niloticus* ont été prélevés au port de Baramoto qui se trouve au cœur du Pool Malebo sur le fleuve Congo (RDC). Les teneurs en protéines ont été déterminées par la méthode décrite par KOIVISTOINEN et al. [1996], les lipides ont été dosés par la méthode de Soxhlet, les éléments traces métalliques au niveau des têtes, des viscères et des muscles ont été dosés, en fonction de l'âge de poissons, par Spectrométrie d'Absorption Atomique à flamme et enfin l'estimation des risques sanitaires a été donnée par la méthode décrite par GAY et al. [2007]. Les résultats ont révélé que la génération adulte a emmagasiné les plus des protéines avec 29,16g et des lipides avec 25,13g pour 100g des matières. Les teneurs les plus importantes en arsenic, en plomb, en aluminium et en cadmium dans l'*Oreochromis niloticus* ont été trouvées dans les muscles des poissons de la première génération avec 1,840 ; 4,110 ; 2,670 et 13,14 mg/kg respectivement. La contamination en mercure est importante dans les têtes de poissons de trois premières générations avec 1,140 mg/kg ; 1,316 mg/kg et 1,060 mg/kg respectivement ; et ces valeurs sont au-delà de 0,2 mg/kg recommandée par l'OMS et la FAO. Le risque sanitaire est donc réel pour une consommation journalière de ces poissons.

Mots clés :

Oreochromis niloticus, poissons, métaux lourds, non biodégradables, bioaccumulateurs, Pool malebo, santé

VI. REFERENCES

ANSES, agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, [2016]:

manger du poisson? Comment? Recommandations de l'Agence pour la consommation de poissons, Rapport d'activité, Avis de l'Anses, Maisons-Alfort, France.

BISSON, [2003] : Lead and its Derivatives, Chemical Toxicology and Environmental Data Sheet, INERIS, DRC, 82p.
FAKAYODE, [2005]: Évaluation de l'impact des effluents industriels sur la qualité de l'eau de la rivière Alaro à Ibadan, au Nigeria, *AJEAM-RAGEE*, 10, 1-13.

FAO, [2012] : Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture, Rome, 239p

FAO, [2014] : Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Possibilités et défis, Rome, 253.

FOULON ET MEURENS, [1991] : Analyse des aliments, notes de laboratoire diététique, Université Catholique de Louvain, Belgique.

GAY G., DENYS S., DOORNAERT B., COFTIER A., HAZEBROUCK B., LEVER, KIMMEL M., ET QUIOT F., [2007] : Méthodologie d'évaluation quantitative des risques sanitaires relatifs aux substances chimiques, Convention 03 75 C 0093 et 06 7 5 C 0071, ADEME /SYPREA /FP2E/INERIS.

GROSMAN M., [2004] : Consommation de poisson et santé. Bienfaits d'une consommation de poisson et risques liés à l'exposition au méthylmercure, *Journal of Health Economics* 23 (2004) 629–636, Elsevier, New York . USA .

KAMBOLE M.S., [2003]: Gestion de la qualité de l'eau de la rivière Kafue. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 28, 1105-1109.

KOIVISTOINEN P.E., ASP N.G., ENGLYST H.N., HUDSON G.J., HYVONEN L., KALLOI H. ET SALO – VAANANEN P.P., [1996]: Memorandum on terms, definitions and analytical procedures of protein, fat and carbohydrate in foods for basic composition data, issues and recommendations. *Food Chem.*, 57, 33-35

LOVE, RM., [1980] : The Chemical Biology of Fishes. Academic Press, Vol. 2. London. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32, 12, 2333-2342.

MBOMBA, [2007] : Analyse des substances toxiques (Plomb et cadmium) dans les sédiments benthiques récoltés à Kinshasa et Muanda dans la côte atlantique de la R. D. Congo et à Cabinda en Angola. Rapport scientifique et technique sur le monitoring du littoral marin de Mwanda en RD Congo ; Faculté de biologie, Université de Kinshasa, p 8.

MOZAFFARIAN D, RIMM EB, [2006] : Fish Intake, Contaminants and Human Health , Evaluating the Risks and the Benefits, *JAMA*, 296,15,1885-99.

MUBEDI J.I., DEVARAJAN N., LE FAUCHEUR S., KAYEMBE M.J., ATIBU E.K., SIVALINGAM P., PRABAKAR P., MPIANA T.P., WILDI W., POTÉ J., [2013]: Effects of untreated hospital effluents on the accumulation of toxic metals in sediments of receiving system under tropical conditions: Case of South India and Democratic Republic of Congo. *Chemosphere*, 93, 1070–1076.

MWANAMOKI M.P., DEVARAJAN N., NIANE B., POTÉ J, MPIANAT.P; MUBEDI J.I. ATIBU E.K., [2014] : Trace metal

distributions in the sediments ; case of the Congo river and lake Ma valée, Kinshasa (Democratic Republic of Congo), Environ Sciences Pollution Research, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, Chemosphere 111 485–492.

NZAPO, K. H, NGBOLUA, KOTO-TE-NYIWA., BONGEMA A. L., BONGON.G.,INKOTO L. C, FALANGA M. C., ASHANDE M. C., NDEMBON.J.L.,LOKILOL. E. & DJOZA D.R., [2018] : Assessment of bioaccumulation of heavy metals in *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacepède 1803), *Mormyrops anguilloides* (Linnaeus, 1758) and *Coptodon rendalli* (Boulenger, 1897). International Journal of Innovation and Scientific Research, 38,1, 185-191.

NAKWETI K.J., [2021] : Assessment of trace metal elements (cadmium and lead) in water, sediment and two fish species *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) and *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) in the pool Malebo (Congo River), DR Congo., European Scientific Journal 17, 25

.NGELINKOTO P., THEVENON F., DEVARAJAN N., BIRANE N., MALIANI J., BULUKU A., MUSIBONO D., MUBEDI I.J., POTÉ J., [2014] : Trace metal pollution in aquatic sediments and some fish species from the Kwilu-Ngongo River, Democratic Republic of Congo (Bas-Congo). <http://dx.doi.org/10.1080/02772248.2014.910211>.

NOPPE K., [2006] : Metal contamination of stream sediments in the Artois-Picardie Basin and its impact on fish flesh and liver contamination, Mémoire de DEA, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI.

OMS, [2008] : Provisional list of main fish species in international trade (including proposals for maximum lead concentrations in different fish species), Thirty-seventh Session, The Hague, Netherlands,

OMS/FAO, [2017] : Rapport de la onzième session du comité du Codex Alimentarius sur les contaminants dans les aliments ; Rio de Janeiro, Brésil.

PASCAL M., HEYMAN C., DE BAUDOUIN ET PIRARD P., [2008] : How to integrate the consumer exposure objective in freshwater fish sampling and analysis: methodological elements, Environment, Risks & Health 9, 1, 57–61

RIDEL E., BARRE E., ZYSBERG A., [2007] : Les nourritures de la mer, de la crêpe à l'assiette, Actes du colloque du Musée maritime de l'île Tatihou, 2-4 octobre 2003, Centre de recherche d'histoire quantitative, Histoire maritime, no 4, Caen, 250 p.

SMATTI-HAMZA IMANE, AFRI-MEHENNAOUI FATIMA-ZOHRA1, KEDDARI DOUNIA1 ET MEHENNAOUI SMAIL, [2019] : Niveau de contamination par les éléments traces métalliques cadmium, cobalt, cuivre et zinc de deux cyprinidés et des sédiments du barrage Koudiet Medouar (Batna, Algérie), Journal of Applied Biosciences 143, 14606 – 14621.

TABINDA,[2010] : Accumulation des métaux traces toxiques et essentiels dans le poisson et les crevettes du district de Ketu Bunder Thatta, Sindh Pakistan ; J. Zool., 42,5,