

Evaluation de la bioaccumulation de métaux lourds chez *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacepède, 1803), *Mormyrops anguilloides* (Linnaeus, 1758) et *Coptodon rendalli* (Boulenger, 1897)

[Bioaccumulation evaluation of Heavy metal in *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacepède, 1803), *Mormyrops anguilloides* (Linnaeus, 1758) and *Coptodon rendalli* (Boulenger, 1897)]

Honoré Kongo Nzapo¹, Koto-te-Nyiwa Ngbolua²⁻³⁻⁴, Landry A. Bongema², Gédéon N. Bongo², Clément L. Inkoto², Clarisse Falanga Mawi², Colette Masengo Ashande³, Jean-Louis Ndembo N'vale³, Emmanuel L. Lokilo³, and Ruphin D. Djoza³

¹Institut Supérieur des Sciences de Santé de la Croix Rouge, B.P. 12149 Kinshasa I, RD Congo

²Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

³Département de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Gbado-Lite, B.P. 111 Gbado-Lite, Province du Nord Ubangi, RD Congo

⁴Institut Supérieur Pédagogique d'Abumombazi, Province du Nord Ubangi, RD Congo

Copyright © 2018 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 bioaccumulation of four heavy metals (Zn, Pb, Cu and Cd) in *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacepède, 1803), *Mormyrops anguilloides* (Linnaeus, 1758) and *Coptodon rendalli* (Boulenger, 1897) fluently fished and sold in Kingabwa district (Kinshasa, Democratic Republic of the Congo). At first, the results of physico-chemical analysis of water of inspected sites (2) revealed that the values of pH and temperature are in the standards as recommended by WHO and FAO, while the conductivity as well as the dissolved total solids in inspected sites are very weak.. Yet, the two sites are polluted by heavy metals. Secondly, the dosage of heavy metals by atomic absorption spectrometry revealed that all tested fish are polluted. However, the Cadmium has not been detected in the muscles of three fish: *Clarias gariepinus*, *Coptodon rendalli* and *Mormyrops anguilloides*. Meanwhile, *Coptodon rendalli* species didn't reveal any presence of Lead in its muscles. The results obtained show that the consumption of these fish can represent a health risk for the exposed populations notably fishers and their family who consume these fish at least once per day. Thus, by formulating the hypothesis that the fisher or his family is the more exposed and while increasing the quantity of fish for example from 0.025 kg/j to 0.5 kg/j, we can note that the coefficient of danger is superior to 1 for the cadmium and then the danger becomes apparent. It is therefore desirable that the Democratic Republic of the Congo authorities can develop a better policy for the management of the interior waters in order to avoid possible health problems linked to the pollutions of these waters.

KEYWORDS: Bioaccumulation, Heavy metals, Fish, Kingabwa, Malebo Pool, Democratic Republic of the Congo.

RESUME: La bioaccumulation de quatre métaux lourds (Zn, Pb, Cu et Cd) par les poissons *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacepède, 1803), *Mormyrops anguilloides* (Linnaeus, 1758) et *Coptodon rendalli* (Boulenger, 1897) couramment pêchés et vendus à Kingabwa (Kinshasa, République démocratique du Congo). Dans un premier temps, les résultats d'analyse physico-chimiques de l'eau des sites inspectés montre que le pH et la température sont compris dans les limites normales recommandées par l'OMS et la FAO, la conductivité de l'eau de deux sites est très faible. Par contre, les solides

totaux dissouts sont également très faibles dans l'eau de deux sites. Cependant, les deux sites sont pollués par ces métaux lourds. Dans un deuxième temps, le dosage des métaux lourds par spectrométrie d'absorption atomique montre que tous les poissons testés sont pollués. Cependant le Cadmium n'a pas été retrouvé dans les muscles de trois poissons : *Clarias gariepinus*, *Coptodon rendalli* et *Mormyrops anguilloides*. Par contre, seule l'espèce *Coptodon rendalli* n'a pas révélé la présence du Plomb dans ses muscles. Les résultats obtenus montrent que la consommation de ces poissons peut représenter un risque sanitaire pour les populations exposées notamment les pêcheurs et leur famille qui consomment ces poissons au moins une fois par jour. Ainsi, en formulant l'hypothèse que le pêcheur ou sa famille est la plus exposé et en augmentant la quantité de poisson par exemple de 0,025kg/j à 0,5 kg/j, on peut constater que le coefficient de danger est de loin supérieur à 1 pour le cadmium et le danger devient alors apparent. Il est donc souhaitable que les autorités de la République démocratique du Congo puissent mettre sur pied une meilleure politique pour la gestion des eaux intérieures afin d'éviter d'éventuelles problèmes de santé liées à la pollutions de ces eaux.

MOTS-CLEFS: Accumulation, métaux lourds, poissons, Kingabwa, Pool Malebo, République démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

La FAO estime que le poisson constitue 22 % de la ration protéinique en Afrique subsaharienne. Cependant, dans les pays les plus pauvres, ce taux peut dépasser 50 %, en particulier lorsque les autres sources de protéines animales sont rares ou chères. Dans les Etats côtiers de l'Afrique de l'Ouest, où le poisson occupe une place centrale dans l'économie locale depuis des siècles, la proportion de protéine animale provenant du poisson est extrêmement élevée : 47 % au Sénégal, 62 % en Gambie, 63 % en Sierra Léone et au Ghana alors qu'en République Démocratique du Congo (RDC) c'est autour de 48,8%. La contribution calorique du poisson est d'égale importance. Il a été rapporté que l'apport calorique du poisson peut atteindre 180 calories par habitant et par jour [1].

Cependant, la pollution des écosystèmes aquatiques par les métaux lourds constitue un sérieux problème de santé publique. Ces métaux proviennent des activités humaines [2].

Ainsi, la présence de métaux lourds dans les écosystèmes aquatiques peut produire des effets dévastateurs sur la balance écologique de l'environnement aquatique. En effet, ces éléments chimiques peuvent s'accumuler dans l'eau entraînant ainsi leur bioaccumulation dans les ressources aquatiques [3].

A Kinshasa, les cours d'eau sont considérés, à la fois comme le drain par lequel tout est évacué (matières fécales, déchets urbains, déchets industriels et domestiques). Cette situation constitue une véritable menace pour la santé humaine du fait des phénomènes de la bioaccumulation dans les ressources halieutiques qui sont consommées par la population de Kinshasa. Etant donné que la pêche constitue la principale activité des populations riveraines du pool Malebo, la présente étude a été initiée dans le but d'évaluer le niveau d'accumulation des métaux lourds (Cu, Cd, Pb et Zn) dans les muscles de quatre poissons vendus à Kinshasa notamment *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacepède, 1803), *Mormyrops anguilloides* (Linnaeus, 1758) and *Coptodon rendalli* (Boulenger, 1897) en vue d'une estimation du risque sanitaire encouru par la population.

2 MILIEU D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU

Le Pool Malebo est le milieu dans lequel nous avons récolté (pêcher) les différents poissons utilisés dans ce travail précisément à Pool Kingabwa (figure 1). Le Pool Malebo est la partie du fleuve Congo comprise entre Maluku et Kinsuka. Il est formé d'un élargissement du fleuve Congo à 35 km de long et de 25 km de large. Sa superficie est de 500 km² et il est situé entre la RDC (Province de Kinshasa) et la République du Congo (préfecture de Brazzaville). Il est situé à 4° 5' à 4° 20' Sud et de 15° 19' à 15° 30' Est et à une altitude de 275m. Il occupe le fond d'une cuvette entourée de collines dépassant souvent 500 m. La partie centrale du Pool Malebo est occupée par l'île Mbuma en République du Congo et par plusieurs groupes de petits îles dont un archipel se trouve à l'embouchure de la rivière N'djili. D'après la classification de Koppen, le Pool Malebo connaît un climat tropical du type AW4, c'est-à-dire climat tropical (A) caractérisé par une période sèche (W) de 4 mois. Ayant une pluviosité moyenne annuelle de 1400mm. La température moyenne annuelle de l'eau est de 24,6°C. Les données de température de l'air et des précipitations actuelles de la station météorologique de Binza à Kinshasa couvrant la période de 10 ans (1995-2004) montrent que les variations de températures moyennes d'un mois à un autre sont relativement faibles. La

moyenne mensuelle de température se situe entre 22°C (au mois de juillet) et de 25,4°C (au mois de mars et avril). L'amplitude annuelle est de 3,4°C, les précipitations sont assez importantes et les huit mois pluvieux reçoivent $\frac{3}{4}$ du total des précipitations. Le régime hydrographique du fleuve Congo est du type " Fleuve Equatorial" c'est-à-dire avec un débit soutenu toute l'année, avec des périodes de crues : Avril-Mai et Novembre – Décembre. Le débit moyen du fleuve Congo au Pool Malebo (Kinshasa) est de 42000m³/s. Les débits extrêmes enregistrés sont de 32000 et 75000 m³/s respectivement pendant la saison sèche et pendant la saison des pluies. On observe une courte décrue en Février-Mars et une longue décrue de Juillet à Octobre. La côte maximale est atteinte en Décembre (4,20 m). Une côte minimale est atteinte en Mars (1,25) et en Août (1,04m). Le niveau varie annuellement d'environ 3m entre les basses eaux (Juillet-Août) et les hautes eaux (Novembre-Décembre). Les profondeurs sont faibles et dépassent rarement 10m. Le Pool Malebo bénéficie d'important cours d'eau permanent (la rivière N'djili, la rivière Kalamu, la rivière N'sele et la rivière Bitshaku-tshaku). Des ceintures marécageuses bordent le Pool Malebo dont les marais de Masina [4].

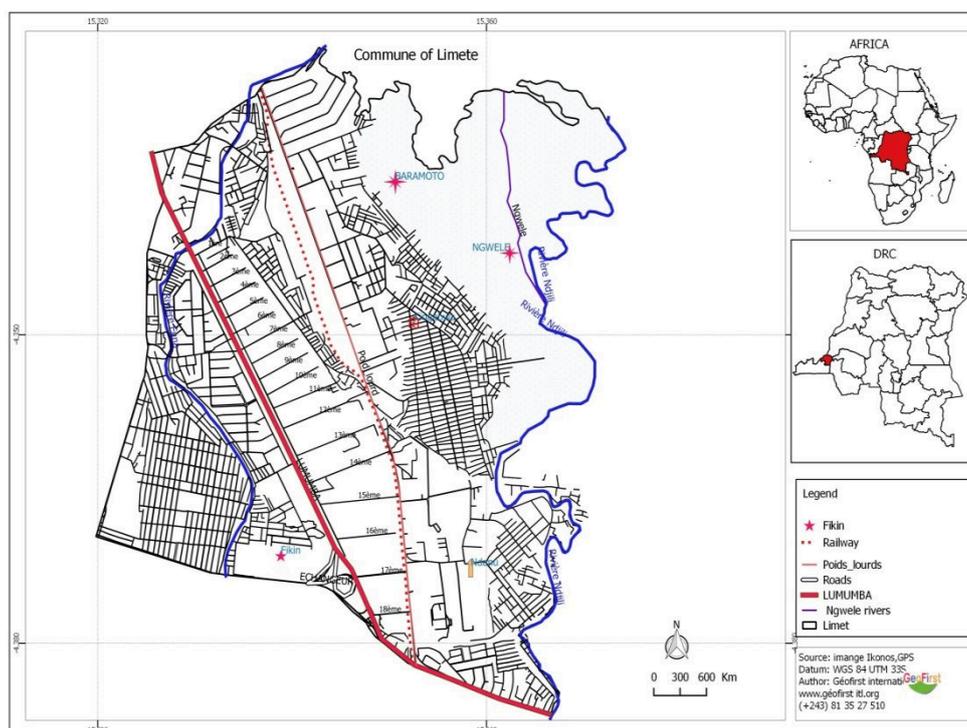


Fig. 1. Localisation géographique de sites de récolte des poissons

2.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Pour réaliser ce travail, nous avons utilisé quatre espèces de poissons comme matériel biologique. Il s'agit notamment de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacepède, 1803), *Mormyrops anguilloides* (Linnaeus, 1758) et *Coptodon rendalli* (Boulenger, 1897).

2.3 MÉTHODOLOGIE

2.3.1 ENQUÊTE PRÉLIMINAIRE

Une enquête préliminaire a été réalisée auprès des vendeuses de poissons en vue d'identifier les espèces des poissons fréquemment consommés par la population de Kinshasa, et particulièrement celle habitant le quartier Kingabwa. Cette enquête a permis de sélectionner les poissons utilisés dans cette étude.

Le choix porté sur le quartier Kingabwa (commune de Limete, Kinshasa) est car cette partie du fleuve Congo reçoit une grande quantité de déchets (domestiques, agricoles et industriels) de la ville évacués par les rivières N'djili, Funa, Yolo et fournit une quantité importante des poisons vendus dans les marchés de Kinshasa.

2.3.2 PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS D'EAU ET ANALYSES DES PHYSICO-CHIMIQUES

Les paramètres physico-chimiques (pH, conductibilité, température et solides totaux dissouts) et de l'eau de différents sites ont été analysés selon les méthodes standards antérieurement décrites [5, 6].

2.3.3 RÉCOLTE ET PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS DES POISSONS

La première opération pour la préparation des poissons a consisté à enlever des entrailles, branchies pour ne garder que les parties comestibles. Ces poissons ont été lavés plusieurs fois avec de l'eau de robinet, puis avec de l'eau distillée, et ensuite séchés à l'étuve à 45 °C pendant sept jours. Les poissons secs ont ensuite été finement broyés dans un mortier puis les différentes poudres ont été conservées dans des tubes en Polyéthylène.

2.3.4 MINÉRALISATION ET DOSAGE DES MÉTAUX LOURDS

Dans chaque tube en téflon adaptée à l'appareil de minéralisation à micro-onde, nous avons pesé 500 mg de la poudre de poissons auquel nous avons ajouté 8 mL d'acide nitrique à 65% et 2 mL d'eau oxygénée à 30%. Chaque tube est hermétiquement fermé à l'aide de verre de montre et positionner dans la micro-onde puis la température a été remontée jusqu'à 170 °C pendant 51 minutes.

Après minéralisation, les cendres sont refroidies pendant au moins 24 heures. Les échantillons ont ensuite été amenés sous la lampe UV pendant au moins 24 heures afin de diminuer l'acidité puis 10 mL d'eau distillée dé-ionisée ont été ajouté à chaque échantillon et homogénéisé à l'aide d'un agitateur.

Le spectromètre d'absorption atomique SPECTRO XEPOS III energy dispersive X-ray fluorescence (ED-XRF) a été utilisé pour doser les éléments traces métalliques comme précédemment décrit [2, 6, 7].

2.3.5 EVALUATION ET CARACTÉRISATION DU RISQUE SANITAIRE LIÉ À LA CONSOMMATION DES POISSONS

Le risque sanitaire lié à la consommation des poissons pollués a été évalué selon la méthode utilisé par Gay et al. [8] qui consiste à calculer la dose journalière d'exposition (DJE).

Pour se faire, la quantité annuelle moyenne de poissons ingérée par un enfant a été considérée comme égale à celle d'un adulte. En outre, la quantité moyenne de poissons offerte à la population a été estimée à 9,2 kg/an (0,025 kg/j). Enfin, en considérant que l'individu consomme cette quantité de poissons chaque jour, la DJE peut est être calculée par la relation suivante : $DJE = C \times Q \times F/P$. Où DJE est la dose journalière d'exposition aux métaux lourds (mg/kg/j) ; C, la concentration en éléments traces des poissons (mg/kg) ; Q, la quantité de poisson ingérée par jour (kg/j) ; F, la fréquence d'exposition (fixée à l'unité) et P, le poids corporel de la cible (kg). Le poids corporel moyen des enfants de 0 à 15 ans est fixé à 28 kg tandis que celui d'un adulte est conventionnellement égal à 70 kg selon l'Agence américaine de protection de l'environnement (US EPA) [9]. Le risque a été évalué par le quotient de danger (QD). Il est calculé pour la voie d'exposition orale par la relation : $QD = DJE/DJA$. Où DJE est la dose journalière d'exposition (mg/kg/j) et DJA, la dose Journalière Admise (mg/kg/j). Si $QD < 1$, la survenue d'un effet toxique est très peu probable par contre, si $QD > 1$, l'apparition d'un effet toxique ne peut pas être exclue [3].

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 1 donne les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques des eaux au niveau de deux sites.

Tableau 1. Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques des eaux

N°	Paramètres	Sites		
		Kingabwa	Baramoto	OMS
1	pH	7,3±0,10	7,09±0,56	6,5-8,5
2	Conductivité (µs/Cm)	0,23±0,06	0,13±0,015	500-1,200
3	Température (C°)	28,77±0,59	25,55±2,96	25-29
4	STD (ppm ou µg/mL)	0,11±0,03	0,06±0,007	1200
5	Zn (mg/L)	3,6±0,72	3,3±0,66	5,0
6	Pb (mg/L)	0,12±0,018	0,13±0,0195	0,01
7	Cu (mg/L)	2,3±0,12	2,1±0,21	0,01-0,2
8	Cd (mg/L)	0,13±0,0065	0,12±0,006	0,003

Les résultats d'analyse de l'eau montre que le pH et la température sont compris dans les limites préconisées par l'OMS [10], la conductivité de l'eau de deux sites est très faible témoignant de la faible minéralisation de celle-ci par contre, les solides totaux dissouts (STD) sont également très faibles dans l'eau de deux sites.

Cependant, les deux sites sont pollués par le Plomb, le Cuivre et le Cadmium. Ces éléments traces métalliques peuvent constituer un risque sanitaire pour la population riveraine.

Le tableau 2 donne les teneurs moyennes des poissons en métaux lourds

Tableau 2. Teneurs moyennes en éléments traces métalliques dans les muscles des espèces de poissons

Espèce halieutique	Métaux lourds (mg/Kg)			
	Cu	Cd	Pb	Zn
<i>Clarias gariepinus</i>	0,895±0,220	0	37,349±72,064	9,640±0,599
<i>Coptodon rendalli</i>	0,734±0,107	0	0	29,231±4,562
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	1,845±0,442	0,349±0,054	1,186±0,357	8,177±1,690
<i>Mormyrops anguoides</i>	1,650±0,286	0	1,933±0,427	7,751±0,306
Moyenne totale	1,281	0,0872	10,117	13,699
Normes	1,44-1,67 [1]	0,05 [11]	0,2 [11]	100 [12]

Il ressort du tableau 2 que d'une manière générale tous les poissons sous l'étude sont pollués par les quatre métaux lourds (Cu, Cd, Pb et Zn). Cependant le Cadmium n'a pas été retrouvé dans les muscles de trois poissons : *Clarias gariepinus*, *Coptodon rendalli*, *Mormyrops anguoides*. Par contre, seule l'espèce *Coptodon rendalli* n'a pas révélé la présence du Plomb dans ses muscles.

Le tableau 3 présente les facteurs de bioconcentration des éléments traces métalliques au niveau de deux sites.

Tableau 3. Facteurs de bioconcentration des éléments traces métalliques au niveau de deux sites

Espèce halieutique	Facteurs de Bioconcentration							
	Zn		Pb		Cu		Cd	
	King	Bar	King	Bar	King	Bar	King	Bar
<i>Clarias gariepinus</i>	2,869	2,921	311,24	287,3	0,389	0,426	0	0
<i>Coptodon rendalli</i>	8,699	8,857	0	0	0,319	0,349	0	0
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	2,433	2,477	9,883	9,123	0,800	0,876	2,684	2,908
<i>Mormyrops anguoides</i>	2,306	2,348	16,808	16,869	0,717	0,785	0	0

Légende : King : Kingabwa, Bar : Baramoto

Il ressort du tableau 3 que par rapport au facteur de bioconcentration c'est-à-dire le rapport concentration en éléments traces de l'organisme animal sur celle de l'environnement (eau), le plus fort concentrateur du Zinc est *Coptodon rendalli* par

contre *Mormyrops anguilloides* est le plus grand concentrateur du Pb. *Chrysichthys nigrodigitatus* est le concentrateur du Cuivre et de Cadmium.

Ces résultats montrent que la consommation de ces poissons peut représenter un risque sanitaire pour les populations exposées, il s'agit notamment des pêcheurs et leur famille qui consomment ces poissons au moins une fois par jour. Cette exposition chronique par voie orale aux éléments traces métalliques peut entraîner des effets toxiques chez les consommateurs.

Le tableau 4 donne les résultats de l'évaluation de l'exposition au Zinc, Plomb, Cuivre et Cadmium liée à la consommation des poissons sous l'étude ainsi que les coefficients de danger correspondants en fonction de l'âge des consommateurs.

Tableau 4. Dose journalière d'exposition et quotient de danger chez les enfants et chez les adultes pour les quatre poissons

Éléments traces	F	Q (kg/j)	C (mg/kg)	DJA (mg/kg/j)	P (kg)		DJE (mg/kg/j)		QD	
					Ad	Enf	Ad	Enf	Ad	Enf
Zn	1	0,025	13,699	0,3	70	28	0,004	0,012	0,013	0,04
Pb	1	0,025	0,117	$3,6 \cdot 10^{-6}$	70	28	0,00004	0,0001	0,011	0,027
Cu	1	0,025	1,281	0,01	70	28	0,0004	0,001	0,04	0,1
Cd	1	0,025	0,087	$2 \cdot 10^{-4}$	70	28	0,00003	0,00007	0,15	0,35

Légende : F : Fréquence d'exposition, Q : Quantité de poissons ingérée par jour [13]; C : Concentration en éléments traces des poissons ; DJA : Dose journalière admise ou valeur toxicologique de référence [11] ; P : Poids corporel de la cible : Enfants de 0 à 15 ans : 28kg et Adulte : 70kg [9]. ; DJE : Dose journalière d'exposition ; QD= Quotient de danger ; Ad : Adulte; Enf : Enfant.

En formulant l'hypothèse selon laquelle l'individu (pêcheur ou sa famille) est le plus exposé (hypothèse maximaliste) on peut déduire du tableau 4 que la survenue d'un effet toxique chez les personnes à risque est peu probable car en effet $QD < 1$. Cependant, une attention particulière doit être attirée concernant la situation des enfants ($QD = 0,35$). Par contre, en augmentant la quantité de poisson de 0,025kg/j à 0,5 kg/j, on peut constater que le coefficient de danger (QD) devient de loin supérieur à 1 ($QD > 1$) pour le cadmium. Ceci montre que le degré de toxicité dépend de la quantité des poissons ingérés. Des études ont montré que le cadmium est néphrotoxique et cancérigène. Cet élément chimique peut aussi entraîner des troubles gastro-intestinaux chez l'homme [14].

4 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

L'objectif poursuivi dans cette étude a été de vérifier si les poissons consommés par la population kinoise, particulièrement de celle Kingabwa ne sont pas contaminés par les métaux lourds indésirables pour la santé, et déterminer la concentration de ces métaux dans les poissons.

Il ressort de cette étude que les différents sites du Pool Malebo dans lesquels nous avons récoltés les poissons sont pollués par des métaux lourds conformément aux différents seuils fixés par l'OMS et la FAO. Cependant, même si ces métaux ne présentent aucun risque apparent, la prédiction montre qu'en augmentant la quantité de poisson de 0,025kg/j à 0,5 kg/j, on constate que le coefficient de danger (QD) devient de loin supérieur à 1 ($QD > 1$) pour le cadmium. Ceci montre que le degré de toxicité dépend de la quantité des poissons ingérés.

Il est donc souhaitable que les autorités de la République démocratique du Congo puissent mettre sur pied une meilleure politique pour la gestion des eaux intérieures afin d'éviter d'éventuelles problèmes de santé liées à la pollutions de ces eaux.

REFERENCES

- [1] FAO. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2003.
- [2] K.N. Ngbolua, G.N. Bongo., D. Amogu, B. Nsimba, J. Iteku, E. Lengbile, C. Ashande Colette, C. Tshiana, C. Inkoto, L. Lufuluabo, P. Kilunga, G. Gafuene, C. Mulaji., T. Mbemba., J. Pote., P. Mpiana. Synthesis and Bioactivity of Silver Nanoparticles Against Bacteria (*E. coli* and *Enterococcus* sp.) Isolated from Kalamu River, Kinshasa City, Democratic Republic of the Congo; *Frontiers in Environmental Microbiology* Vol. 4, no. 1, pp.29-40, 2018.

- [3] O.S. Kamilou, D.S. Hodabalo, G. Kissao, M.A. Komlan, J.B. Easo. Evaluation et risques sanitaires de la bioaccumulation de métaux lourds chez des espèces halieutiques du système lagunaire Togolais. *Vertigo-la Revue électronique en Sciences de l'Environnement* Vol. 14, no. 2, pp. 1-21.
- [4] T.N. Mayeka. Contribution à l'inventaire systématique de la faune ichtyologique du Pool Malebo (cas du site Kingabwa et Baramoto), Mémoire, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, 2008.
- [5] K.N. Ngbolua, A.L. Pambu, L.S. Mbutuku, H.K. Nzapo, G.N. Bongo, N.B. Muamba, C.M. Falanga, Z.B. Gbolo, P.T. Mpiana. Etude comparée de l'activité floculante de *Moringa oleifera* et *Vetivera zizanioides* dans la clarification des eaux de mare au plateau de Batéké, République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 24 No. 2, pp. 379-387? 2016.
- [6] K.N. Ngbolua, G.N. Bongo, B. Nsimba, E.M. Lengbiye, J.B. Iteku, P.I. Kilunga, G.N. Gafuene, C.M. Ashande, C. Tshiana, K. Nzapo; C.L. Inkoto, C.K. Mulaji, N.K. Ngombe, T.F. Mbemba, P.T. Mpiana. Isolation of antibiotic resistant bacteria from Makelele River (Kinshasa, DR Congo) and their susceptibility towards plant-derived Silver nanoparticles. *International Journal of Life Science and Engineering* (Accepted for publication).
- [7] K.A. Abdou, I.A. Khadiga, A.S. Mahmoud, M.S. Housen. Distribution of metals (Cadmium, Lead, Iron, Manganese, Zinc and Copper) in water, aquatic plant and fish in the River Nile. *Chemistry Research Journal* Vol. 1, no. 3, pp. 43-56, 2016.
- [8] G. Gay, S. Denys, B. Doornaert, A. Coftier, B. Hazebrouck, N. Lever, M. Kimmel, et F. Quiot. Méthodologie d'évaluation quantitative des risques sanitaires relatifs aux substances chimiques, Convention 03 75 C 0093 et 06 75 C 0071, ADEME /SYPREA /FP2E/INERIS, pp.45, 2007.
- [9] Association Scientifique et Technique de l'Eau et de l'Environnement (ASTEE.). Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une UIOM, pp.60, 2003.
- [10] J. Rodier. L'analyse de l'eau: eau naturelle, eaux résiduelles, eaux de mer. Edition Dunod, Paris, France. 1996.
- [11] OMS/FAO. Norme générale codex pour les contaminants et les toxines présents dans les produits de consommation humains et animales, codex standard 1995.
- [12] European Food Safety Authority (EFSA). Scientific Opinion on Arsenic in Food, *EFSA Journal* ; Vol. 7, no. 10, pp.199, 2009
- [13] FAO. Fishery Country Profile, la République du Togo, 2007. <http://www.fao.org/fi/oldsite/FCP/fr/TGO/profile.htm>.
- [14] M.G. Miquel. Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé, Rapport 261, Office parlementaire d'Évaluation des choix scientifiques et technologiques, 2001.