

Etude préliminaire de la contamination au Cadmium et au Plomb de *Distichodus fasciolatus*, *Mormyrops anguilloides* et *Schilbe mistus* au Pool Malebo (Fleuve Congo- Kinshasa/RD Congo) à Kinsuka

[Preliminary study on the fish contamination with the lead and cadmium from the Malebo Pool (Congo River, Kinshasa, DR Congo): *Distichodus fasciolatus*, *Mormyrops anguilloides* and *Schilbe mistus* (pisces)]

I. Camille Nsimanda¹, E. Dieudonné Musibono², L. Norbert Basosila³, and B.M. Bienvenu Wanga⁴

¹Laboratoire d'écotoxicologie ERGS, Dépt.de l'Environnement, Faculté des Sciences, B.P. 190, UNIKIN, Kinshasa XI, RD Congo

²Directeur du Laboratoire d'Ecotoxicologie ERGS, Faculté des Sciences, B.P. 190, UNIKIN, Kinshasa XI, RD Congo

³Chimie analytique, Faculté des Sciences, B.P. 190, UNIKIN, Kinshasa XI, RD Congo

⁴Centre de Recherche en Sciences Naturelles/Lwiro, Sud-Kivu, RD Congo

Copyright © 2015 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: This paper reports the results of food-chain contamination by the cadmium and the lead, two common heavy metals in the Malebo Pool (Kinshasa) at Kinsuka outlet downstream the Congo River.

The herbivorous species showed lower contamination than carnivores and omnivores, i.e. *Distichodus fasciolatus* < *Mormyrops anguilloides* < *Schilbe mistus*

From each fish sample, heads were more contaminated than in the other edible parts. This allowed us to forbid the consumption of the heads of fish from unknown origins.

KEYWORDS: Malebo Pool, Heavy metals, fish, health risk.

RESUME: Cette étude, menée de Septembre 2009 à Septembre 2013 à Kinshasa spécialement à Kinsuka à la sortie du Pool Malebo, a permis de mettre en évidence la présence des métaux lourds en l'occurrence le Cadmium et le Plomb dans trois espèces de poissons étudiées suivant la chaîne alimentaire : *Distichodus fasciolatus* ayant un régime alimentaire primaire (herbivore), *Mormyrops anguilloides* du régime alimentaire secondaire, enfin *Schilbe mystus* avec un régime tertiaire (omnivore).

Les espèces herbivores se sont montrées moins contaminées que celles du régime secondaire et les espèces tertiaires (omnivores) étant les plus contaminées. En outre, les têtes sont plus contaminées que la chair. Cependant, ne connaissant pas l'âge de ces espèces, nous avons utilisé la taille pour distinguer les jeunes (immatures) et les adultes (matures), les résultats obtenus indiquent combien les poissons adultes accumulent plus les métaux lourds par rapport aux jeunes et révèlent des teneurs plus élevées du plomb que du cadmium dans chaque partie du poisson analysée.

Il est donc dangereux à Kinshasa de consommer un poisson dont on ignore les origines, ce qui éviterait aux Kinshais toutes les perturbations métaboliques et maladies mortelles comme le cancer de plus en plus fréquentes à Kinshasa et certainement pas dans toute la République Démocratique du Congo.

Les résultats ainsi obtenus révèlent la vulnérabilité de la chaîne trophique du Pool Malebo.

MOTS-CLEFS: Pool Malebo, Métaux lourds, poisson, risque sanitaire.

1 INTRODUCTION

Depuis de nombreuses années, la contamination métallique des écosystèmes aquatiques a attiré l'attention de chercheurs d'horizons très différents. Elle constitue en effet l'un des aspects de la pollution la plus menaçante pour ces milieux. Par ses effets néfastes, elle pourrait engendrer des situations critiques voire dangereuses affectant souvent l'équilibre écologique de ces écosystèmes.

Contrairement à de nombreux polluants organiques, les métaux lourds non oligoéléments ne sont pas éliminés par voie biologique, ce qui favorise leur effet cumulatif dans les divers compartiments de l'écosystème (eau, sédiment, faune et flore) [1].

L'accumulation de métaux toxiques dans la chaîne alimentaire humaine est reconnue mondialement comme un risque à la santé publique, La pollution du métal a été associée avec les activités anthropiques, tel qu'effluents et émissions de mines et fondeurs qui souvent contiennent des concentrations élevées de métaux toxiques y compris Pb, Cd, Hg, et As [2].

Le Pool Malebo à Kinshasa, Capitale de la République Démocratique du Congo correspond à un espace d'intenses activités économiques (industrielles, agricoles, domestiques, etc.) et constitue de ce fait, la source et le réceptacle de quantités importantes de substances d'origine naturelle ou anthropique dont un grand nombre possède des propriétés toxiques.

Le Pool est bien pollué comme l'ont montré des études antérieures par [3] [4] [5] [6] [7] qui indiquent que ces eaux renferment d'importantes concentrations en polluants métalliques, notamment le Plomb, le Cadmium et le Mercure. De ce fait, une étude plus élaborée d'écotoxicologie de certains polluants est indispensable et, plus particulièrement des métaux lourds. Ainsi, au regard du profil décrit par [4] [3], nous avons décidé qu'en plus de la pollution organique, de porter notre attention sur le plomb (Pb) et le Cadmium (Cd), métaux lourds très présents dans l'environnement de Kinshasa. Ces métaux ne sont pas nécessaires à la vie, mais ils perturbent souvent le cours normal des processus métaboliques, même à l'état de traces ; à l'exception de faibles doses tolérables, de tels métaux ont souvent un effet toxique [8].

Le Pool Malebo est l'une des zones de pêche importante de la République Démocratique du Congo, le site de Kinsuka est l'un des sites le plus connu. Cependant, puisque c'est la voie de sortie de tous les déchets rejetés par les activités de la ville de Kinshasa. Il est admis que les poissons qui sortent de ce site et bien consommés par la population kinoise seraient impropres à la consommation. De ce fait, une étude plus élaborée d'écotoxicologie de certains polluants est indispensable et, plus particulièrement des métaux lourds.

Ce travail vise à rechercher les métaux traces métallique (Cadmium et plomb) au site de pêche de Kinsuka en aval du Pool Malebo et d'en déterminer les impacts sur les ressources halieutiques à trois niveaux trophiques (Primaire, secondaire et terminale). Il s'agit spécifiquement de :

- déterminer le niveau de contamination de ces poissons à la sortie (Kinsuka) du Pool ;
- Etablir le niveau trophique d'accumulation de Plomb et Cadmium dans les poissons pêchés ;
- déterminer le niveau trophique le plus vulnérable ;
- déterminer la partie du poisson à valeur socio-économique la plus contaminée.

2 MILIEU, MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MILIEU ET MATÉRIEL

Le milieu de notre étude est le Pool Malebo dans la ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo.

Les poissons de niveaux trophiques différents (primaire, secondaire et terminal) ainsi que les eaux brutes sur lesquels nous avons effectués nos expériences (qui constituent notre matériel d'étude) ont été prélevés au fleuve Congo au niveau de Kinsuka sur le Pool Malebo. La taille de l'échantillon était de 100 échantillons par espèce (N=100)

Les trois espèces de poissons étudiées suivant la chaîne alimentaire sont *Distichodus fasciolatus* ayant un régime alimentaire primaire (herbivore), *Mormyrops anguilloides* du régime alimentaire secondaire, enfin *Schilbe mystus* avec un régime tertiaire (omnivore).

2.2 MÉTHODES

Les poissons pêchés et/ou achetés frais au lieu de pêche sont directement acheminés dans des boîtes frigorifiques au laboratoire d'écotoxicologie et de biotechnologie environnementale ERGS de la Faculté des Sciences pour les analyses. Une partie de nos échantillons a été analysée au laboratoire SPIEZ en Suisse.

Au Laboratoire, ils sont pesés avant d'être séchés à l'étuve à 105°C jusqu'à poids constant. Les têtes sont traitées séparées de la chair. Ensuite, tous ces échantillons ont été incinérés à 550°C au four et les cendres obtenues étaient enfin gardées dans des sachets en plastique au réfrigérateur en attendant les analyses spectrophotométriques au HACH - DR 2400 suivant les méthodes [9]. Cette méthode colorimétrique est basée sur la loi de Lambert-Beer selon laquelle la densité optique de l'élément à doser est directement proportionnelle à sa concentration (du métal) dans la solution à doser. Ainsi, en ajoutant le réactif pré-dosé dithiver en gélule à la solution, une coloration se développe et son intensité est directement proportionnelle à la concentration du métal. La lecture se fait à 515 nm pour le plomb et à 525 nm pour le cadmium. Pour chaque analyse, 1g de cendres sèches de l'échantillon est digéré avec de l'acide nitrique fumant (65%) avant de le diluer avec de l'eau distillée désionisée.

Les échantillons d'eau du fleuve Congo ont été acidifiés avec de l'acide nitrique (1ml d'acide nitrique à 65% pour 100 ml d'eau à analyser), puis conservés à 4°C au frigo. Cependant, la température et le pH ont été prélevés *in situ*, c'est-à-dire directement sur les sites lors de l'achat ou de la pêche des poissons.

Les facteurs de bioconcentration (BCf) ont été calculés à partir des données des analyses des échantillons d'eau et ceux des analyses des poissons. Il s'agit du rapport entre la concentration du polluant dans l'animal ou Ca (exemple : poisson) et celle du polluant dans l'eau ou Ce, soit Ca/Ce . Il indique le niveau de bioaccumulation ou de régulation d'un polluant donné.

La comparaison entre les espèces de surface et de profondeur, ainsi que de la bioaccumulation entre les deux métaux ont été réalisées à l'aide du test t de Student.

Les différences au sein des groupes des poissons ainsi qu'entre les sites considérés ont été établies en utilisant la méthode de la *plus petite différence significative* (ppds).

La comparaison des concentrations entre les différentes espèces de poissons du même site et de deux sites, entre les individus adultes et jeunes de la même espèce et entre les parties analysées (tête, corps) a été réalisée grâce au test t de student et ou de l'ANOVA [10].

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 RÉSULTATS

Les teneurs moyennes en Pb et Cd trouvées dans les trois espèces de poissons de Kinsuka sont représentées sous forme des histogrammes. Pour chaque poisson, l'ensemble du corps, la tête et la chair ont été analysées séparément pour comparer les résultats entre les parties du corps des poissons étudiés ; l'analyse statistique à l'ANOVA et Test de Student a été appliquée pour confirmer ou infirmer cette différence.

Les calculs de facteur de bioconcentration ont été effectués pour comparer la quantité de métaux dans les trois espèces étudiées.

3.1.1 CONCENTRATION DE Pb (MG/KG) DANS LES JEUNES ET DANS LES ADULTES DE TROIS ESPECES DE POISSONS.

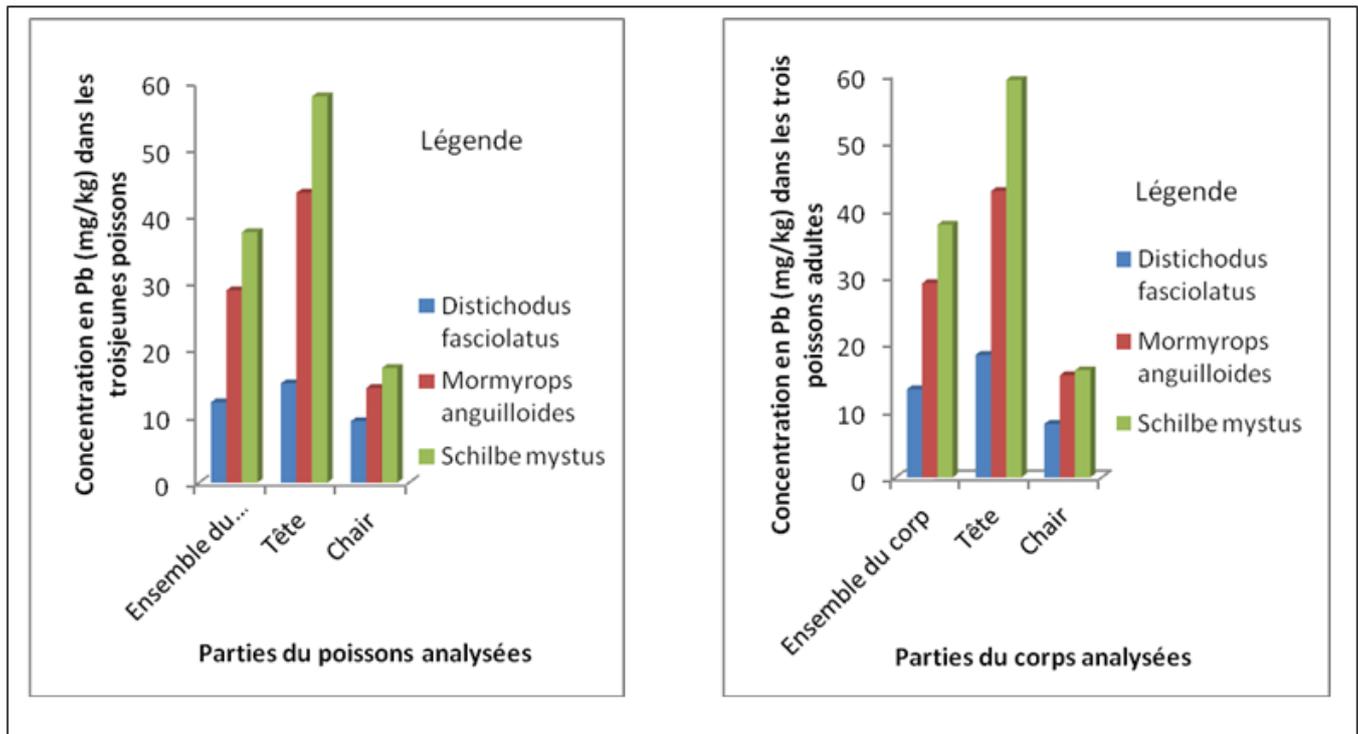


Fig. 1.

a) Teneur du Plomb dans la tête et dans la chair des jeunes et adultes de *Distichodus fasciolatus*.

Les figures ci-dessus montrent que quelque soit de l'espèce du poisson considérée, la partie tête a une teneur en Plomb plus élevée que dans la partie chair.

Pour les jeunes *Distichodus fasciolatus*, La partie tête montre une teneur moyenne en Plomb (14,33 mg/kg) plus élevée que dans la partie chair (9,33 mg/kg). Le test de l'ANOVA 1 montre une différence très significative ($p = 4,83421 \cdot 10^{-20}$) entre les teneurs moyennes en Pb fixés dans la tête et celles accumulées dans la chair de jeunes *Distichodus fasciolatus*.

Pour les adultes de *Distichodus fasciolatus*, les valeurs de concentrations moyennes en Pb dans la tête est de 18,28 mg/kg et celle dans la chair est de 8 mg/kg. L'ANOVA 1 révèle aussi une différence hautement significative ($p = 9,3 \cdot 10^{-34}$) pour le Pb entre les deux parties chez les adultes de *Distichodus fasciolatus* à Kinsuka.

b) Teneur du Plomb dans la tête et dans la chair des jeunes et adultes de *Mormyrops anguilloides*.

La lecture de cette figure révèle que la partie tête a une teneur moyenne en Plomb (43,5 mg/kg) plus élevée que la partie chair (14,22 mg/kg) chez jeunes *Mormyrops anguilloides* à Kinsuka. L'ANOVA 1 révèle une différence très significative ($p = 7,785 \cdot 10^{-31}$) pour le Plomb entre les deux parties de ces jeunes *Mormyrops anguilloides*.

Pour les *Mormyrops anguilloides* adultes, Il ressort que la teneur moyenne en Plomb fixés dans la partie tête (42,7 mg/kg) est plus supérieure que celle contenue dans la partie Chair (15,22 mg/kg). L'ANOVA 1 révèle une différence significative ($p = 7,412 \cdot 10^{-27}$) pour le Pb entre les deux parties analysées de ce poisson à Kinsuka.

c) Teneur du Plomb dans la tête et dans la chair des jeunes et adultes de *Schilbe mystus* à Kinsuka.

la partie de la tête contient un taux de Pb (57,98 mg/kg) plus élevé que celui accumulé dans la partie chair (17,2 mg/kg) de ce poisson chez les jeunes *Schilbe mystus* à Kinsuka. Le test de l'ANOVA appliqué aux concentrations de ce métal dans les deux parties du poisson révèle une différence significative ($p = 6,59 \cdot 10^{-30}$).

Chez les adultes de *Schilbe mystus*, la teneur moyenne en Pb fixé au niveau de la tête (59,28 mg/kg) de ce poisson est de loin supérieure à celles trouvée la chair (15,98 mg/kg). Ainsi, l'ANOVA 1 appliqué à ces concentrations dans les deux parties du poisson révèle une différence significative ($p = 3,988 \cdot 10^{-33}$).

3.1.2 CONCENTRATION DE Cd (MG/KG) DANS LES JEUNES ET DANS LES ADULTES DE TROIS ESPECES DE POISSONS.

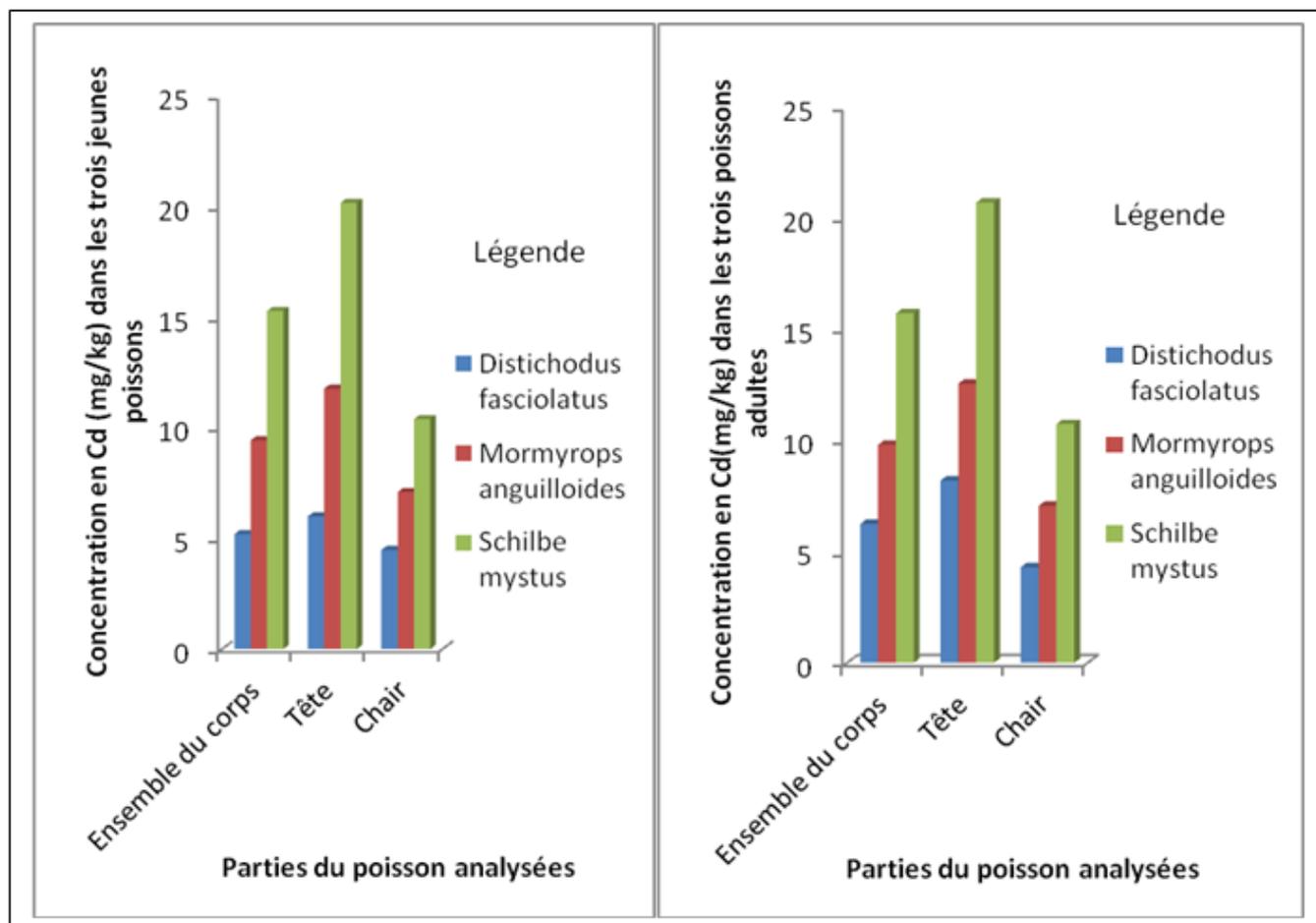


Fig. 2.

a) Teneur moyenne du Cadmium dans la tête et la Chair des Jeunes et adultes de *Distichodus fasciolatus* à Kinsuka.

Les résultats révèlent que la partie tête a une teneur plus élevée en Cadmium (5,96 mg/kg) que dans la partie chair (4,48 mg/kg). La différence est significative ($p=2,307.10^{-11}$) entre les teneurs en Cd fixé dans la tête et celle accumulée dans la chair chez les jeunes *Distichodus fasciolatus*.

La partie tête montre une teneur moyenne en Cd (8,2 mg/kg) plus élevée que la partie chair (4,3 mg/kg) chez les adultes de *Distichodus fasciolatus*. Nous observons une différence significative ($p = 1,65084.10^{-22}$) entre les teneurs en Cd fixé dans la tête et celle accumulée dans la chair chez les adultes *Distichodus fasciolatus*, à Kinsuka ;

b) Teneur moyenne du Cadmium dans la tête et la Chair des Jeunes et adultes de *Mormyrops anguilloides* à Kinsuka.

Il ressort que la partie tête a une teneur moyenne en Cd (11,78 mg/kg) plus élevée que la partie chair (7,1 mg/kg) chez les jeunes *Mormyrops anguilloides*. Le test de l'ANOVA appliqué à ces teneurs de Cd contenu dans ces différentes parties du corps de ce poisson révèle une différence significative ($p=1,304.10^{-14}$).

La lecture pour les adultes *Mormyrops anguilloides*, à Kinsuka révèle que la partie tête a un taux moyen de Cd (11,78 mg/kg) plus élevé que celui contenu dans la chair (7,1 mg/kg). Le test de l'ANOVA 1 appliqué à ces taux de Cd contenu dans les deux parties de ce poisson révèle une différence significative ($p=1,304.10^{-14}$).

c) Teneur moyenne du Cadmium dans la tête et dans la Chair des Jeunes et adultes de *Schilbe mystus* à Kinsuka.

Des jeunes *Schilbe mystus* montrent une haute teneur en Cd dans la tête (20,18 mg/kg) que celle trouvées dans la partie de la chair (10,4 mg/kg). Le test de l'ANOVA1 appliqué aux concentrations de ce métal révèle une différence très significative ($p = 3,55.10^{-20}$) entre les deux parties de ce poissons.

Pour les adultes de *Schilbe mystus*, la partie tête a la teneur moyenne en Cd (20,18 mg/kg) est plus élevée que celle contenue dans la partie chair (10,4 mg/kg). L'ANOVA 1 appliquée aux concentrations de ce métal dans les deux parties du poisson révèle une différence hautement significative ($p = 3,55.10^{-20}$).

FACTEURS DE BIOCONCENTRATION

L'évaluation de l'intensité de la bioaccumulation se calcule par la formule de bioconcentration suivante : $BCF = Ca/Ce$ où Ca = concentration dans l'animal (i.e poisson) et Ce = concentration dans l'eau [11].

Ces facteurs de bioconcentration ont été calculés en fonctions des teneurs en métaux traces métalliques dans les eaux et dans les poissons de Kinsuka

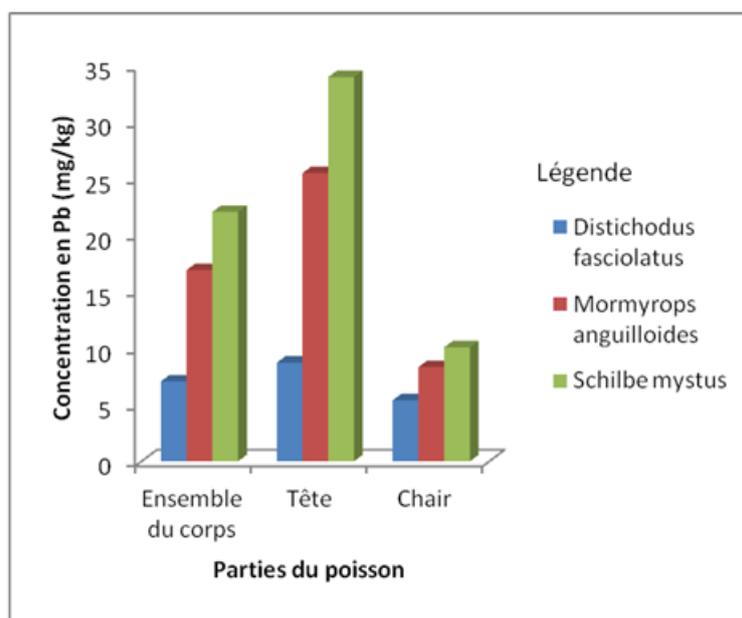


Fig. 3. Facteur de bioconcentration de Pb dans les trois jeunes poissons Kinsuka

Les différentes valeurs des facteurs de bioconcentration indiquent bien la bioaccumulation de Pb et Cd par les différentes espèces des jeunes et adultes poissons, indépendamment de leurs habitats.

Pour toutes les espèces, la partie tête accumule plus de Pb et le Cd que la partie chair. Les teneurs en Pb dans toutes les espèces sont plus élevées que le taux de Cd.

L'ordre décroissant selon l'espèce qui accumule plus est de : *Schilbe mystus* > *Mormyrops anguilloides* > *Distichodus fasciolatus*.

4 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Les résultats ont montré que les métaux lourds sont bien présents dans le Pool Malebo à l'instar du Pb et du Cd trouvés dans les espèces de poissons analysées au site de Kinsuka.

Ces métaux toxiques sont détectés aussi bien dans le sédiment, et l'eau que dans les tissus de certains animaux et algues. Nos résultats corroborent avec ceux de [4] [3].

En comparant les teneurs des métaux chez les poissons et dans l'eau du site étudié, nous constatons qu'il y a une différence significative entre les teneurs moyennes de Plomb et de Cadmium.

Le Cadmium et le Plomb dans la région Kinsuka présentent des valeurs supérieures aux directives des rejets industriels fixées par [12] et les seuils recommandés par [13] [14] ainsi que [15] et constitue de ce fait un haut risque potentiel d'intoxication [16].

Ces résultats peuvent se justifier du fait que :

- Kinsuka est la voie de sortie de toutes les eaux du Pool Malebo qui drainent non seulement des eaux du fleuve mais aussi les eaux urbaines et industrielles de la ville de Kinshasa.
- La présence des industries (peinture, stations services, cosmétiques, de recyclage de la ferraille, fabriques des batteries et piles), de nombreux garages, et le lessivage urbain sont des sources principales de métaux lourds dans la ville de Kinshasa et qui aboutissent dans le Pool Malebo au niveau de Kinsuka.

5 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

- le Pool Malebo à la rive de Kinshasa (rive gauche) est bel et bien contaminé au plomb et au cadmium ;
- les poissons de Kinsuka en aval du Pool Malebo sont contaminés où toutes les teneurs trouvées sont au dessus des recommandations pour la consommation qui ont été fixées pour autoriser la consommation de ces organismes aquatiques (Pb: 1.5 mg/kg, le Cd: 1 mg/kg), ou encore de l'OMS (0,5mg/kg pour le Pb et 0,1mg/kg pour le Cd).
- Les concentrations en métaux traces varient assez largement chez les trois espèces des poissons. L'écophysiologie de Plomb et Cadmium suit la logique de la chaîne alimentaire.
- L'ordre croissant de toxicité pour les deux métaux lourds, se présente de la manière suivante: *Distichodus fasciolatus* (consommateur primaire = herbivore) < *Mormyrops anguilloides* (consommateur secondaire = Insectivores) < *Schilbe mystus* (Consommateur terminaux = omnivore).
- les poissons analysés accumulent le plomb et le cadmium.
- la tête accumule plus que la chair ;
- Les adultes accumulent plus que les jeunes
- le facteur de bioconcentration est plus élevé pour le plomb que pour le cadmium, ce qui confirme la toxicité élevée de ce dernier métal ;
- tous ces résultats justifient ainsi le fait que ces deux métaux ne sont pas biogènes.

Nous confirmons que la contamination aux métaux lourds à l'instar du Plomb et Cadmium n'est pas un mythe au Pool Malebo (site de Kinsuka) mais c'est une réalité scientifique qu'on devrait prendre au sérieux si on veut réellement sauver des vies humaines dans la ville de Kinshasa. Car Si cette tendance se poursuit, le cas de Minamata peut se reproduire ici à Kinshasa. C'est peut être déjà le cas, au regard de l'ignorance populaire en matière d'écotoxicologie et sécurité des écosystèmes, surtout que chaque mort ou maladie est attribuée à la sorcellerie. Il y a donc un sérieux problème de gestion et de conservation du Pool Malebo.

Il faudra, sans trop tarder, introduire le système de management environnemental (SME) dans l'entreprise tel que recommandé par l'ISO 14000.

Aussi, recommanderions-nous la non consommation des têtes de poissons d'origine inconnue (au regard de la facilité avec laquelle les têtes accumulent les métaux lourds). Ceci peut également devenir un grave problème de santé publique quand on sait que certaines familles vont jusqu'à consommer les branchies de ces poissons.

Sensibiliser les consommateurs sur les dangers des poissons de surface venant de Kinsuka ;

Sensibiliser les industriels pour le prétraitement de leurs déchets et effluents avant leur décharge dans le Pool Malebo.

Approfondir cette recherche en tenant compte du statut des poissons cibles :

Etudier les autres métaux lourds et éléments toxiques (un vaste programme d'étude).

Ces études pourraient bien s'étendre dans les zones à haut risque de contamination, par exemple dans les zones d'exploitation minière où la population consomme les produits qui sortent des rivières dont les industries extractives déversent leurs effluents sans prétraitement au préalable.

REFERENCES

- [1] FEKHAOUI M. , BENNASSER L. & BOUACHRINE M. , 1996 . Utilisation d'un nouvel indice d'évaluation de la contamination métallique des sédiments: cas du bas Sebou (Maroc) ; *Bull, Inst. Sci.*, Rabat, N° 20, p. 143-150
- [2] YABE John, SHOUTA M.M. NAKAYAMA, YOSHINORI IKENAKA, KAAMPWE MUZANDU, KENNEDY CHOONGO, GEOFFREY MAINDA, MATTHEW KABETA, MAYUMI ISHIZUKA, and TAKASHI UMEMURA, 2012. Metal Distribution in tissues of free-range chickens near a Lead-Zinc mine in Kabwe, Zambia in *Environmental Toxicology and Chemistry*. Volume 32/Issue 1/January 2013. 247p:189-192.
- [3] MUSIBONO, 1999 : Variations saisonnières du Chrome hexavalent (Cr IV), Cuivre(Cu), Plomb (Pb) et Zinc (Zn) dissous dans quatre rivières urbaines de Kinshasa (RDC) et analyses d'impacts écologiques, in Actes du 1^{er} colloque sur la problématique des déchets à Kinshasa(Congo), Kinshasa, August 12- 15, in *Landbouw. MedVet. Gent(1) 1999* :81-86.
- [4] MONAMA O, MUKINAYI J et SIBUKAKU S., 1985. Chaîne trophique du plomb, *Revue zairoise des Sciences nucléaires*, Vol.6, Kinshasa, Numéro spécial 1985, pp.226-237.
- [5] MUSIBONO, J.P. NDELO, M. MPUTU, M.BIEY, I. NSIMANDA, B. ITEKU, M. DIANSAMBU, R. MABELA, T. MULUMBA. (2005). Comparative toxicity of Cadmium, Copper, Lead, Nickel and Zinc to Mosquito Fish *Gambusia affinis* H. In *Acidic Waters*. *Annales de Pharmacie*, vol.3, n°1, Avril 2005, pp.201-208.
- [6] MUSIBONO D.E, M. BIEY, I. MUNSEMBULA, B. ITEKU, M. MBIMBI, N. NTANKOY, M. MONDO, 2005: Risk of potential post-treatment contamination for drinking water distribution network in developing countries based on seasonal variations of free chlorine and organics concentration in tap waters. The Kinshasa case of study (DRC, Africa); in *Annales de la facultés des Sciences*. Volume 1. PUK. 164p.
- [7] MUSIBONO D.E, NDELO D.P, BIEY M., ITEKU B., MPUTU M., MAYI F., KOSHI N., NSIMANDA I., MONSEMBULA I., ET DIANSAMBU M., 2006. Toxicité des eaux usées industrielles de Kinshasa, possibilité de recyclage et impact sur la santé des écosystèmes. *Revue de santé publique*, ESP- Kinshasa, 48-53. 68p.
- [8] BLIEFERT et PERRAUD, 2004. *Chimie de l'Environnement – Air, Eau, Sols, Déchets*. Editions De Boeck Université- Bruxelles. 476p.
- [9] HACH, 2002. *Chemical analysis methods handbook*. HACH Company, Loveland, Iowa, USA.
- [10] Zar, J.H., 1995. *Biostatistics handbook*. Prentice Hall, New York, 498pp.
- [11] MUSIBONO D.E, 1998: Toxicological studies of the combined effects of Aluminium, Copper and Manganese on a Freshwater Amphipod in Acidic waters; Ph.D thesis. University of Cape Town, South Africa.147p.
- [12] Banque Mondiale, 1998. *Pollution prevention and abatement handbook- Toward cleaner production*. The World Bank, Washington, DC., 457pp.
- [13] OMS, 2005. *Guidelines for water quality and environmental health*. Geneva. 1084pp.
- [14] Commission européenne, 2001. Commission regulation (EC) No 466/2001 of 8 March 2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs; *official Journal of the European communities* L77
- [15] FAO Stat., 2007, La production halieutique mondiale par capture, poisson et produit de pêche, consommation apparente, <http://faostat.fao.org/site/345/default.aspx>
- [16] Wanga B.M , Musibono D.E, Mafuana L., Babeki M., Lukombo T., Diana N., Bantonisa K.M., Mushayuma N., and Balume B. 2014. Analyse des accidents du travail et maladies professionnelles à la Régie des Voies Maritimes de Boma, RDCongo.in *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN2028-9324 Vol.9 N°2 Nov. 2014, pp.713-724.