

Contribution à l'étude écotoxicologique du Cadmium et du Plomb dans *Distichodus fasciolatus*, *Mormyrops anguilloides* et *Schilbe mistus* au Pool Malebo (Fleuve Congo- Kinshasa/RD Congo) à MALUKU

[Contribution to the ecotoxicological study on Cadmium and in Lead contamination of *Distichodus fasciolatus*, *Mormyrops anguilloides* and *Schilbe mistus* (Pisces) from the Pool Malebo at MALUKU upstream Kinshasa city (Congo River, DR Congo)]

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 survey carried out from September 2009 to September 2013 at Maluku, upstream Kinshasa city at the entrance of the Malebo Pool (Congo River, Kinshasa, DR Congo) on three common fish species selected according to their food-chain position. We focused on the contamination in Lead and cadmium of *Distichodus fasciolatus* (herbivore), *Mormyrops anguilloides* (carnivore) and *Schilbe mistus* (carnivore)(Pisces).

We analysed fish heads and flesh according to their size (juveniles and adults). Results revealed that *Schilbe mistus* was the most contaminated and *Distichodus fasciolatus* the least contaminated. Adults were more contaminated than juveniles, and heads than flesh. Compared to previous study at Kinsuka, we are proud to conclude that the Congo River ecosystem at Maluku is safe and fish can be eaten without any fear as contaminations are lower than WHO standards.

However, the herbivorous species appeared less contaminated than the secondary and the tertiary species (carnivores and omnivores, respectively).

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

RESUME: Cette étude, menée de Septembre 2009 à Septembre 2013 à Kinshasa spécialement à Maluku en amont du Pool Malebo, a permis de mettre en évidence la présence non significative 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 teneurs en ces métaux en traces sont dans les directives de recommandation de l'OMS pour la consommation de poissons par l'homme. Cependant, 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.

Cette différence entre le plomb et le cadmium s'expliquerait par le fait que ce dernier étant plus toxique pousse le poisson à ralentir sa prise en développant les stratégies de protection.

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

Les résultats ainsi obtenus révèlent la non vulnérabilité de la chaîne trophique à l'entrée du Pool Malebo à Maluku ; ce qui encourage la consommation des poissons qui en sortent.

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

1 INTRODUCTION

Les enjeux environnementaux et sanitaires liés aux pollutions toxiques (métaux lourds) dans les milieux aquatiques sont au cœur de nombreux débats de société et la prise de conscience de la nécessité de réduire les niveaux de pollution est de plus en plus importante.

Les métaux lourds sont des micropolluants qui peuvent affecter la salubrité du milieu aquatique, puisqu'ils ne subissent pas de dégradation biologique ou chimique. Ils peuvent de ce fait s'accumuler dans les différents maillons des chaînes trophiques à des concentrations toxiques dans les organismes aquatiques [1] [2] [3] [4]. Ce sont des polluants dont la nocivité est liée à leur rémanence et à leur spéciation. Les métaux lourds sont peu métabolisés (à l'inverse des polluants organiques), ils peuvent donc être transférés dans le réseau trophique et s'accumuler dans la matière vivante [5] [6] [4].

La pollution des eaux en général et des eaux urbaines en particulier est un grand problème de l'environnement. Beaucoup d'études sur la qualité des eaux urbaines sont effectuées à travers le monde plus particulièrement en milieux tropicaux avec attention particulière à la saison pluvieuse [7] [8] [9]. 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 [10]. Le lessivage du sol et les particules fines dans l'atmosphère urbaine comme les polluants organiques persistants apportent aux eaux réceptrices (rivières, fleuves,... etc.) des charges polluantes importantes qui dégradent la qualité de l'eau et des écosystèmes y associés.

Le Pool Malebo à Kinshasa, Capitale de la République Démocratique du Congo, est un lac de rivière où se déroulent 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 [11] [12] [13] [14] [15] 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 [12] [11], 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.

Le Pool Malebo est l'une des zones de pêche importante de la République Démocratique du Congo, le site de Maluku est l'un des sites le plus connu. Cependant, puisque c'est la voie d'entrée (en amont) du Pool Malebo où il y a très peu d'activités anthropiques susceptibles d'avoir d'impacts sur l'ichtyofaune, Il est admis que les poissons qui sortent de ce site et bien consommés par la population kinoise peuvent être appropriés 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 (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 :

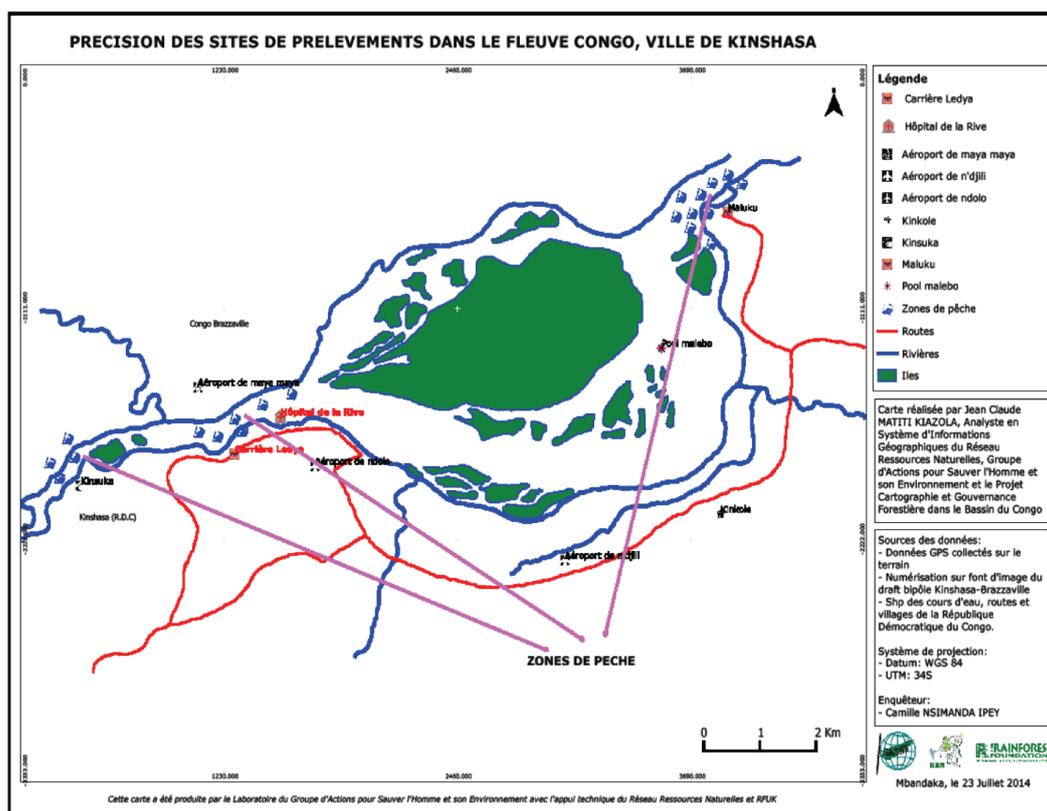
- déterminer le niveau de contamination de ces poissons à l'entrée du Pool à Maluku ;
- Caractériser le niveau d'accumulation en ces métaux par rapport à la position trophique des poissons étudiés ;
- déterminer le niveau trophique le plus vulnérable ;
- déterminer la partie du poisson à valeur socio-économique la plus contaminée.

Cette étude se distingue de la première par leur localisation, l'une étant à la sortie du Pool Malebo (Kinsuka) et l'autre à l'entrée (Maluku). Elles font partie d'une grande recherche sur la gestion intégrée de l'écosystème Pool Malebo.

2 MILIEU, MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MILIEU ET MATÉRIEL

Le milieu de notre étude est le site de pêche de Maluku à l'entrée du Pool Malebo dans la ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo.



Carte n°1 : Carte du Pool Malebo (Kinshasa-RDCongo)

Les poissons de niveaux trophiques différents (primaire, secondaire et terminal) ainsi que l'eau du fleuve Congo à Maluku (qui constituent notre matériel d'étude) ont été analysés afin d'en déterminer les concentrations en Plomb et cadmium. 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 [16]. 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 [17].

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 RÉSULTATS

Les résultats sont présentés sous la forme d'histogrammes et sont visibles ci-dessous.

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

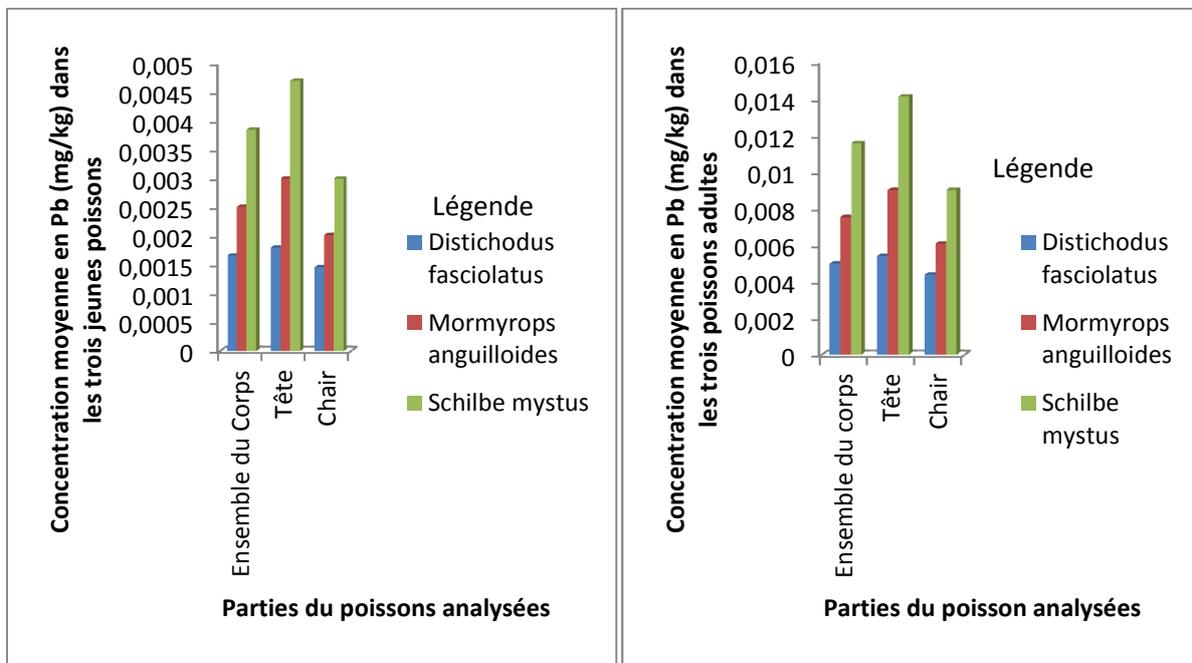


Figure 1. Concentration en Pb dans les trois jeunes poissons (à gauche) et dans les trois poissons adultes (à droite).

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 en Plomb (0,00186 mg/kg) plus élevée que dans la partie chair (0,00146 mg/kg). L'ANOVA 1 montre une différence très significative ($p = 0,00031$) entre les teneurs moyennes en Plomb dans la tête et dans la chair des adultes de *Distichodus fasciolatus*, à MALUKU.

Pour les adultes de *Distichodus fasciolatus*, la teneur moyenne en Plomb (0,0054 mg/kg) dans la tête est plus élevée que celle trouvée dans la partie chair (0,00438 mg/kg).

L'ANOVA 1 indique une différence très significative ($P = 1,21.10^{-11}$) entre la tête et la chair chez les adultes de *Distichodus fasciolatus* au niveau du site de Maluku.

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

La teneur moyenne en Plomb (mg/kg) est très élevée dans la tête (0,003 mg/kg) que dans la chair (0,00202 mg/kg) des jeunes *Mormyrops anguilloides*. Le test de l'ANOVA 1 relève une différence significative entre la tête et la chair ($P = 2,99.10^{-21}$) pour ce métal dans les deux parties de ce poisson.

Pour les adultes de *Mormyrops anguilloides*, la même logique se poursuit comme dans le cas chez les jeunes ; en effet, La teneur en Plomb (mg/kg) est très élevée dans la tête (0,009 mg/kg) que dans la chair (0,00606 mg/kg) des adultes de *Mormyrops anguilloides*. Ainsi, le test de l'ANOVA 1 montre une différence significative entre la tête et la chair ($P = 2,99.10^{-21}$) : une teneur moyenne en Plomb observée dans la tête est supérieure que celle emmagasinée dans la chair.

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

Les résultats obtenus montrent que les concentrations moyennes en Plomb fixées dans la tête (0,0047 mg/kg) des espèces jeunes de *Schilbe mystus* à Maluku sont plus élevées comparé à celles accumulées dans leurs chairs (0,003 mg/kg). Le test de l'ANOVA 1 appliquée à ces concentrations révèle une différence très significative ($p = 1,3871.10^{-14}$) entre la concentration moyenne en Plomb dans la tête et celle contenu dans la chair.

Les résultats de teneurs en ce métal en trace trouvés dans les adultes que la concentration moyenne en Plomb fixé au niveau de la tête (0,0141 mg/kg) est plus élevée que celle accumulée dans la chair (0,009 mg/kg) chez les espèces adultes de *Schilbe mystus* à Maluku. Le test de l'ANOVA 1 ainsi appliquée aux données montre une différence très significative ($p = 7,25871.10^{-21}$) entre les deux parties.

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

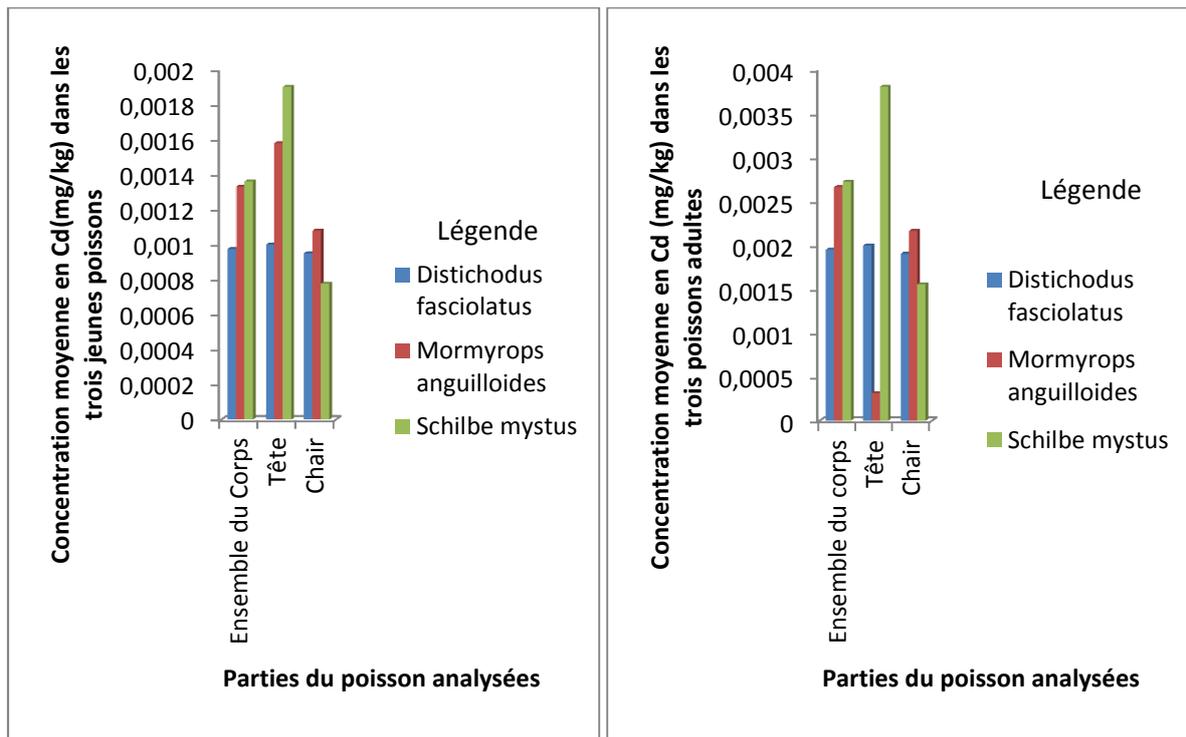


Figure 1. Concentration en Cd dans les trois jeunes poissons (à gauche) et dans les trois poissons adultes (à droite).

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

Pour les jeunes de *Distichodus fasciolatus*, la teneur en Cadmium se révèle légèrement élevée au niveau de la tête qu'au niveau de la chair chez les jeunes *Distichodus fasciolatus* à Maluku. Cependant, la différence est moins significative entre la teneur en Cd au niveau de la tête (0,00099 mg/kg) et celle au niveau de la chair (0,00095 mg/kg).

L'analyse statistique à l'ANOVA 1, révèle une différence non significative ($p = 0,556$) entre la tête et la chair.

Pour les adultes de *Distichodus fasciolatus* la teneur en Cadmium est très élevée au niveau de la tête (0,001996 mg/kg) qu'au niveau de la chair (0,0019 mg/kg) des adultes de *Distichodus fasciolatus*.

L'ANOVA 1, met en évidence une différence significative ($p = 0,00067$) entre la tête et la chair.

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

Les teneurs moyennes en Cadmium incorporées dans la tête (0,001578 mg/kg) est plus élevée par rapport à celle contenue dans la chair (0,00108 mg/kg) chez les jeunes *Mormyrops anguilloides* à Maluku. Le test de l'ANOVA 1 appliqué à ces données révèle une différence hautement significative ($p = 3,21 \cdot 10^{-15}$) entre la teneur moyenne en Cadmium fixé au niveau de la tête et la teneur moyenne en Cadmium contenu dans la chair.

Pour les adultes de *Mormyrops anguilloides*, les teneurs moyennes en Cadmium contenues dans la tête (0,003156 mg/kg) sont plus élevées que celle emmagasinée dans la chair (0,00216 mg/kg). Le test de l'ANOVA 1 appliquée à ces données révèle une différence très significative ($p = 3,89 \cdot 10^{-24}$) entre la teneur moyenne en Cadmium au niveau de la tête et celle contenue dans la chair.

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

Pour les Jeunes *Schilbe mystus*, la concentration moyenne en Cadmium fixé dans la tête (0,001944 mg/kg) est plus élevée comparé à celle emmagasinée dans la chair (0,000776 mg/kg). Le test de l'ANOVA 1 appliquée à ces concentrations moyennes de plomb contenu dans les deux parties du poisson, révèle une différence très significative ($p = 6,50603 \cdot 10^{-25}$) entre les deux parties de chaque poisson analysé.

Chez les adultes, la même logique se poursuit, en effet, la concentration moyenne en Cadmium est plus élevée au niveau de la tête (0,0038 mg/kg) que celle accumulée au niveau de la chair (0,001552 mg/kg). L'ANOVA 1 appliquée révèle une différence très significative ($p = 1,956.10^{-25}$) de la concentration moyenne du Plomb entre les deux parties du poisson considéré.

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 [18].

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

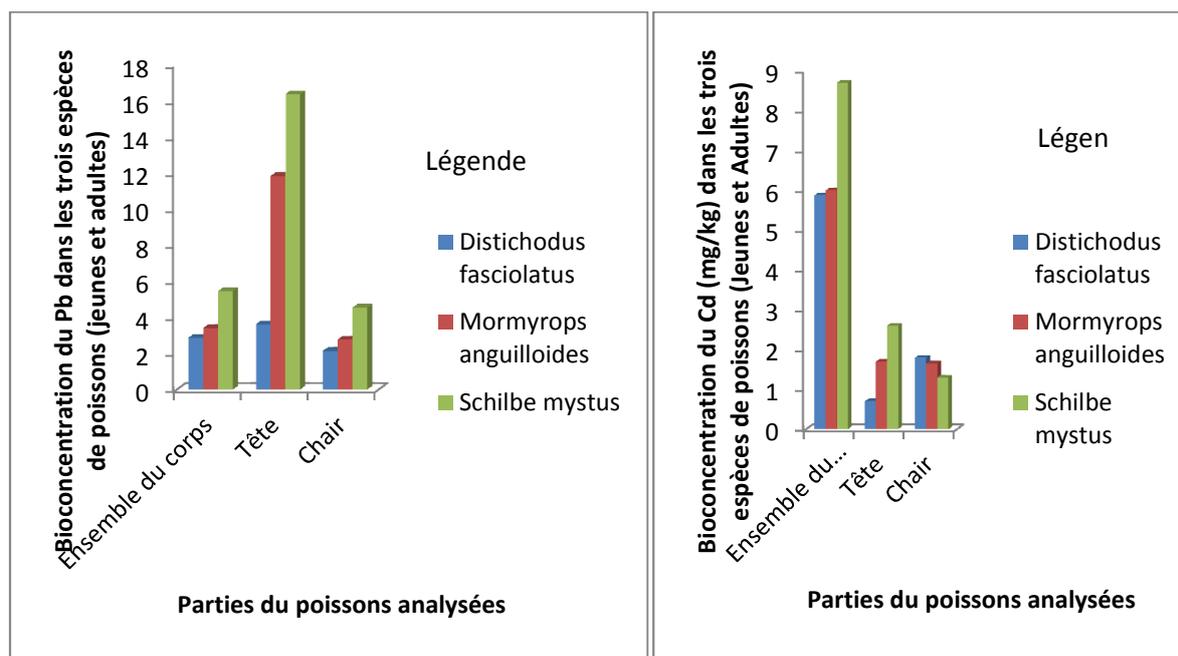


Figure 3 : Facteurs de bioconcentration du Pb (à Gauche) et du Cd (à droite) de trois poissons.

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

La présente étude a consisté à rechercher les métaux lourds dont le Cadmium et le Plomb au Pool Malebo, l'écophysologie et la vulnérabilité de la chaîne alimentaire

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 du site de Maluku.

Nos résultats corroborent avec ceux de [12] et [11].

En comparant les teneurs des métaux dans les parties des poissons, il se dégage une différence significative entre les parties ; la tête étant plus contaminée que la chair.

Le Cadmium et le Plomb dans la région Maluku présentent des valeurs inférieures aux directives des rejets industriels fixées par [19] et les seuils recommandés par [20] et [21] et ne constitue pas de ce fait un haut risque potentiel d'intoxication [22].

Ces résultats peuvent se justifier du fait que :

- Le site de Maluku à l'entrée du Pool Malebo est une zone semi-rurale qui n'a pas assez d'activités industrielles pouvant contaminer cet écosystème.
- Néanmoins, la présence des faibles teneurs de ces métaux lourds (Plomb et Cadmium) trouvés à Maluku peut se justifier par de petits déversements accidentels des carburants par les embarcations de bateaux et pirogues motorisées utilisés pour le transport et la pêche.
- Certaines pratiques de la population peuvent contribuer à la présence de ces métaux dans l'eau et dans la chaîne alimentaire au niveau de Maluku par exemple, les rejets dans le fleuve des piles et des boîtes de conserve sans oublier les décharges sauvages lessivées lors des pluies diluviennes.

Dans l'environnement le plomb est majoritairement présent dans le compartiment atmosphérique et provient des fonderies, des industries de la métallurgie, de la combustion du charbon, de l'incinération des déchets et des gaz d'échappement des véhicules, et L'apport de cadmium aux milieux fluviaux provient en partie du compartiment atmosphérique (fumées et poussières des fonderies, des produits de l'incinération des matériaux recouverts de cadmium) et provient d'autre part des lessivages des terrains agricoles renfermant des engrais). Sa demi-vie biologique peut aller de 10 à 30 ans [23].

Dans la région comme celle de Kinshasa où il pleut beaucoup, le ruissellement des eaux de pluie peut constituer une source de contaminations des rivières et fleuve par les métaux lourds, ce sont donc des sources diffuses que nous avons au niveau de Maluku.

L'accumulation des métaux, se fait préférentiellement chez les poissons par rapport, à la forme disponible des métaux, à la taille des organismes, leur écologie et morphologie, la période d'immersion et d'exposition des poissons [24], [25].

L'écophysiologie des métaux dans le milieu aquatique s'avère très importante pour suivre la contamination de la chaîne alimentaire. Les effets de la prédation par les poissons se transmettent en cascade le long de la chaîne trophique et peuvent contrôler l'état de l'ensemble de l'écosystème [26]. Les organismes ayant concentré des polluants peuvent entrer à leur tour dans la chaîne trophique ; si le produit n'est pas dégradé ou éliminé, il va se concentrer de plus en plus à chaque maillon de la chaîne, allant par exemple des algues aux oiseaux ichtyophages. Ce phénomène qui est appelé bioamplification, montre que la pollution d'un milieu par des substances qui ne sont mesurées qu'en quantité très faible dans l'eau peut avoir des conséquences inattendues chez les consommateurs supérieurs [27].

En outre, ces résultats confirment les thèses de [28] et [29], qui soutiennent que l'accumulation d'une substance varie d'une espèce biologique à l'autre, d'une race à l'autre, d'un organe à l'autre, d'un tissu à l'autre, mais aussi selon l'âge, le sexe et l'état physiologique des individus ainsi que du type d'habitat, du niveau trophique et enfin de l'espèce chimique en présence.

Les poissons étudiés ont une faible aptitude d'accumuler le Cadmium par rapport au Plomb. Cette situation est confirmée par Brouwvers et Lauwerys cités par [30] qui soutiennent que le retard ou la faiblesse d'assimilation du Cadmium est dû au fait que ce métal et ses sels sont à la fois irritants et de toxicité systématique. En plus, le Cadmium étant plus toxique que le Plomb, des faibles doses suffisent à créer des problèmes chez l'animal qui déclenche les moyens de protection qui en réduisent la prise active.

Par ailleurs, selon Flick *et al* cité par [30], cette faible ingestion et accumulation du Cadmium serait également liée à l'effet émétique du Cadmium par voie orale.

5 CONCLUSION ET SUGGESTION

- les poissons de Maluku en amont du Pool Malebo ne sont pas du tout contaminés du fait des teneurs en métaux traces trouvées dont les valeurs sont en dessous des seuils fixés pour la consommation de ces organismes aquatiques (Pb: 1.5 mg/kg, le Cd: 1 mg/kg) pour des normes européennes, 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 d'accumulation et donc de risque 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.

La consommation de ces poissons à répétition surtout de la partie tête peut devenir un problème pour la santé humaine du fait de la bioaccumulation de ces métaux dans les tissus des organismes.

Il faudra, sans trop tarder, introduire les normes environnementales en R D Congo et éduquer les consommateurs sur la qualité des aliments consommés.

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).

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] Neathery M.W. & Miller W.J. 1975. Metabolism and toxicity of cadmium, mercury and lead in animals. A review. *J. Dairy Sci.*, 58, 1767-1781.
- [2] Bryan G W., 1971. The effect of heavy metals (other than mercury) on marine and estuarine organisms. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B Biological Sciences* 177, 389- 410
- [3] Bryan G W., 1984. Pollution due to heavy metals and their compounds. *Marine ecology* 5: 1290- 1431
- [4] Bliefert et Perraud, 2004. *Chimie de l'Environnement – Air, Eau, Sols, Déchets*. Editions De Boeck Université-Bruxelles. 476p.
- [5] Dusquene S. 1992- Bioaccumulation métallique et métallothioneines chez trois espèces de poissons du littoral Nord-Pas De Calais. Thèse de Doctorat en Biologie et Santé. Université des Sciences et Techniques de Lille. 263 p.
- [6] Kucuksezgin F., Kontas A., Altay O., Uluturhan E., Darilmaz E., 2006- Assessment of marine pollution in Izmir Bay: Nutrient, heavy metal and total hydrocarbon concentrations. *Environment International* 32: 41-51.
- [7] U.S. EPA. (1994). *Proceedings Pollution Prevention Conference on Low- and No-VOC Coating Technologies*. (EPA/600/R-94/022), ORD-Washington, DC.
- [8] Marsalek, J., 1986. «Municipal sources of selected trace organics in Sarnia», *Water Pollut. Res. J. Canada*, n°21, p. 422–432.
- [9] Novotny V. and witte J.W. (1997) "Ascertaining aquatic ecological risks of urban stormwater discharges," *Water Research* 31(10):2573-2585
- [10] 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.
- [11] 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.

- [12] 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.
- [13] 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, Avril2005, pp.201-208.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] HACH, 2002. Chemical analysis methods handbook. HACH Company, Loveland, Iowa, USA.
- [17] Zar, J.H., 1995. Biostatistics handbook. Prentice Hall, New York, 498pp.
- [18] 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.
- [19] Banque Mondiale, 1998. Pollution prevention and abatement handbook- Toward cleaner production. The World Bank, Washington, DC., 457pp.
- [20] OMS, 2005. Guidelines for water quality and environmental health. Geneva. 1084pp.
- [21] 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
- [22] 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, RD Congo. in *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN2028-9324 Vol.9 N°2 Nov. 2014, pp.713-724.
- [23] Nriagu et Pacyna, 1988 Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature* 333: 134-139.
- [24] Benbrahim S., Taha S., Cabon J., Dorange G., 1998. Elimination des cations métalliques divalents :Complexation par l'alginate de Sodium et ultrafiltration. *Rev.Sci.Eau* 4 : 497-516.
- [25] Zeroual Y., 2003. Utilisation de bactéries et d'algues marines pour le traitement des eaux chargées en métaux lourds. Thèse nationale en Sciences biologiques. Univ Hassan II Casablanca Maroc 142p
- [26] Lévêque C., Paugy D., (1999). Les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie, utilisation par l'homme. IRD Editions, Paris.564p
- [27] Biney C., Amuzu A.T, Calamari D., Kaba N., Mbome I.L. Naeve H., Ochumba P.B.O., Osibanjo O., Redegonde V., Saad M.A.H., 1992. Review of heavy metals in the African aquatic environment. *FAO Fisheries Reports*, 471 : 7-43.
- [28] Ecker, R. ; Randall Warren, B. ; French K., (2002). Physiologie animale, mécanismes et adaptation, Traduction de la 4^{ème} édition Américaine/Deboeck université.
- [29] Musibono and Day (2000). Active uptake of Al, Cu and Mn by the freshwater amphipod *Paramelita nigroculus* B. in acidic waters. *Hydrobiologia* 437: 2000, 213 – 21
- [30] Robert, R.L., Huet et Lison, D.(2003). Toxicologie industrielle et intoxication professionnelles, éd. Masson, Paris, 4^{ème} édition.