

Etude de la Bioaccumulation des Métaux Lourds (Cadmium et Plomb) dans le *Clarias gariepinus* Bruchell dans les Conditions Ecologiques de Kinshasa, R.D. Congo.

MUSEME NYOLENGE Noël-Anselme¹, TANZO MANGWINI Arnold², KALALA BOLOKANGO Gaétan^{1,3*}

Paper History

Received : January 27, 2020

Revised : March 12, 2020

Accepted : April 21, 2020

Published : July 27, 2020

Keywords

heavy metals, *Clarias gariepinus* Bruchell, bioaccumulation.

ABSTRACT

Study of bioaccumulation of heavy metals (Cadmium and Lead) in *Clarias gariepinus* Bruchell under the ecological conditions of Kinshasa.

In a context of ecological, climatic and socio-economic crisis, the demographic growth and the food needs which follow from it are important problems, which lead to the overexploitation of natural resources in general and aquatic ecosystems in particular.

The management of the different components of these aquatic ecosystems is currently the subject of several discussions, both nationally and internationally, when it comes to their availability (qualities and quantities) and their exploitation which must be done with taking into account their durability. For all these reasons and many others, our contribution aims to the study bioaccumulation of heavy metals in *Clarias gariepinus* Bruchell, a fish widely consumed in Kinshasa and in the rest of the country.

To assess the state of aquatic resources, with a view of preventing poisoning with heavy metals (Cd, Pb), the results of our biological, eco-toxicological and physico-chemical tests, coupled with statistical variance analysis, clearly confirm the cadmium and lead pollution in the Malebo pool (Congo river) ecosystem and the accumulation of the above mentioned heavy metals in *Clarias gariepinus* Bruchell, commonly known as catfish, which can therefore serve as an indicator of the metal profile in the aquatic environment.

¹ Université de Bandundu, Faculté des sciences agronomiques, Bandundu, Kwilu, RD Congo.

² Institut Supérieur de Développement Rural de Minsay, Kwilu, RD Congo.

³ Université de Kinshasa, Faculté des sciences agronomiques, B.P; 117 Kinshasa XI, RD Congo.

* Corresponding author, e-mail : gatankalala@yahoo.fr

INTRODUCTION

En Afrique comme partout ailleurs dans le monde, l'explosion démographique, l'exode rural et la dégradation de l'environnement constituent des grandes menaces qui pèsent sur l'humanité. Cette population en pleine croissance se concentre de plus en plus dans des villes. En République Démocratique du Congo (RDC), la population urbaine

représentait environ 31% du total national en l'an 2000, avec un taux de croissance annuelle de 4,4% [LUBOYA, 1999].

Les activités humaines visant l'augmentation constante de la production pour satisfaire les besoins de consommation de cette population en pleine croissance, se traduisent par le rejet dans la nature de nombreuses substances, dont la présence perturbe les cycles biogéochimiques, contamine les chaînes

trophiques, et est la cause de pollutions très diverses [AMIARD, 1990 ; DAJOZ, 2000].

En dehors de la forêt, du sol et de l'air, la vie sur terre dépend de l'eau. Paradoxalement, depuis un demi-siècle, partout de par le monde, la qualité de l'eau est altérée, parfois gravement [SOUTTER *et al.*, 2007 ; MAUDE, 2009].

C'est pourquoi, la chasse et la pêche qui jouent un rôle important dans la nutrition des populations des régions tropicales humides d'Afrique en général et celle de la République Démocratique du Congo en particulier sont butées à des limitations d'ordre qualitatif et quantitatif, dues d'une part à la surexploitation de ces ressources et d'autre part, aux diverses formes de pollution qui compromettent la productivité ou l'existence de leurs produits (gibiers et poissons) et la diversité de leurs écosystèmes naturels [MALDAGUE, 2002].

Cités parmi les polluants chimiques dont l'exposition crée de toute évidence un risque pour la santé publique, le cadmium et le plomb présentent des risques d'empoisonnement chimique non seulement lié aux expositions massives à ces métaux, mais plus souvent les organismes vivants subissent une lente et continue pénétration des très petites quantités de ces produits chimiques qui s'accumulent au lieu d'être normalement éliminés [BLIEFERT et PERREAU, 2001].

La présente recherche se propose d'étudier la bioaccumulation de ces métaux lourds (Cd, Pb) dans les *Clarias gariepinus* Bruchell, poisson très consommé par les congolais.

Fort du déversement incontrôlé des effluents industriels dans les eaux du pool Malebo (fleuve Congo), l'hypothèse de cette étude est que ces eaux sont polluées aux métaux lourds, ce qui permettra de mettre en évidence la capacité de bioaccumulation des métaux lourds (Cd et le Pb) dans le *Clarias gariepinus* Bruchell, susceptible de servir d'indicateur de la contamination des eaux aux métaux susvisés.

Cette étude revêt un intérêt aussi bien sanitaire qu'écologique, car ces micropolluants, même quand ils sont rejetés en très faibles proportions (de l'ordre de µg/litre ou en trace), sont de nature à entraîner des pollutions diverses.

Leur toxicité se développe alors par bioaccumulation et présente ainsi une menace précise pour la santé publique. De plus, l'équilibre écologique de ce milieu s'avère compromis lorsque celui-ci devient moins favorable pour certaines espèces.

Le processus de bioaccumulation dans un environnement aquatique est très important en toxicologie et peut expliquer les effets à long terme des composés non biodégradables, tels que les métaux lourds sur la vie aquatique. Finalement, la bioaccumulation du métal dans les cellules et tissus des

consommateurs dépend de leur bio disponibilité ; et l'effet du toxique au niveau cellulaire dépendra de la quantité pénétrant mais aussi de la spéciation chimique du polluant [KEWOUYEMI *et al.*, 2018].

Pour mettre en évidence ce qui précède, les poissons *Clarias gariepinus* du pool Malebo ont été utilisés pour étudier la bioaccumulation par les micropolluants, parmi lesquels figurent le cadmium et le plomb.

La présente étude a pour objectifs de :

- Analyser la qualité de l'eau du Pool Malebo afin d'évaluer la contamination des écosystèmes aquatiques aux métaux lourds (Cd et Pb) ;
- Mettre en évidence la capacité de bioaccumulation des métaux lourds par le *Clarias gariepinus* Bruchell ;
- Contribuer à l'élaboration de programmes de contrôle alimentaire pour garantir que les aliments sont sains et de bonne qualité afin d'assurer un statut nutritionnel et sanitaire acceptables par toute la population.

MATERIEL ET METHODES

Milieu

Le pool Malebo et singulièrement le bief concerné par l'étude est situé dans la ville province de Kinshasa et précisément dans la commune de Masina qui est l'une des 24 communes de la ville province de Kinshasa.

Le Pool Malebo est en soit, l'élargissement du fleuve Congo compris entre la commune de Maluku (en amont) et le Quartier Kinsuka (en aval), long d'environ 35 Km sur 25 Km de large.

Il s'étend de 4°05' à 4°20' latitude sud et 15°19' à 15°33' longitude Est, une altitude de 275m environ [PWEMA *et al.*, 2001 ; TEMBENI *et al.*, 2014]

Kinshasa jouit d'un climat de type Aw₄ selon la classification de Köppen avec la prédominance de deux saisons dont une saison des pluies qui va du 15 octobre au 15 mai et une courte saison sèche qui va du 15 mai au 15 octobre. Les températures les plus élevées sont observées au mois de décembre et de mars [LUTETE, 2018].

Matériel

Matériel biologique : Clarias gariepinus Burchell, 1822

Il appartient à la position systématique ci- après : règne animal, embranchement des vertébrés, classe des poissons, ordre des siluriformes, famille des clariidae, genre : *Clarias*, espèce : *Clarias gariepinus Burchell, 1822* [POLL et GOSSE, 1995].

Le poisson chat Africain, *Clarias gariepinus* Burchell (1822) a un corps nu, pigmenté de noir sur les parties dorsale et latérale, le ventre est par contre blanc, la tête aplatie est hautement ossifiée, portant quatre paires des barbillons qui jouent le rôle de détecteur des proies. Une large bouche garnie de bandes des dents villiformes ou granulaire formant des plaques aux niveaux des mâchoires et du vomer [DUCARME et MICHA, 2003].

Ce poisson connaît une large distribution panafricaine et est aussi présent en Asie [TEUGELS, 1986]. Cette large distribution est liée à ses facilités d'adaptation aux conditions écologiques diverses, bien qu'il soit absent du Maghreb, de la basse Guinée, du Cap, ect.

Les échantillons utilisés dans cette étude ont été pêchés dans le pool Malebo, au niveau du bief situé entre les quartiers I et V de la Commune de Masina. Ces poissons ont été identifiés à l'aide des clés d'identification proposés par LEVEQUE et PAUGY [1989].

Méthodes

Echantillonnage et traitement de Clarias gariepinus

Prélèvement des échantillons

Les échantillons de *Clarias gariepinus* Bruchell utilisés dans les expériences ont été pêchés par assèchement des mares, puis les poissons capturés à l'aide des paniers et des nasses.

Les échantillons d'eau analysés ont été prélevés dans deux différents milieux, d'abord dans le milieu de prélèvement des poissons (mares du pool Malebo), puis dans la source de substitution servant de renouveler l'eau d'aquarium au laboratoire.

Dans les deux milieux, les échantillons ont été prélevés dans des bocaux en plastique préalablement lavés, rincés à l'eau distillée et séchés.

Survie des Clarias gariepinus au laboratoire

Durant quatre mois, les *Clarias gariepinus* étaient placés au laboratoire dans deux dispositifs (faisant offices d'aquarium) l'un en verre et l'autre en plastique. Ces dispositifs auxquels étaient placés les oxygénateurs, contenaient jusqu'à 20cm d'eau de profondeur (régulièrement renouvelé dans l'intervalle de 72 à 96 heures) et trente poissons à chacun.

Outre la maîtrise de l'alimentation des poissons, la température, le pH, la turbidité, les solides totaux dissous et la conductivité de l'eau ont été régulièrement et respectivement analysés à l'aide du Thermomètre à sonde de marque Ecoscan, du pH-mètre de marque Ecoscan, du Turbidimètre / NTU, de l'Etuve (Etuve), et le Galvanomètre.

Analyses physico-chimiques de l'eau

Les paramètres physico-chimiques analysés à partir des échantillons d'eaux prélevées dans les deux milieux naturels et les échantillons des poissons sont : la mesure de solides totaux dissous (SDT) ; la mesure de la température en °C ; la mesure de la turbidité et de la conductivité ; la détermination du pH ; la détermination du taux d'humidité ; la détermination de la matière minérale ou cendres et le calcul de pourcentage de cendre.

Analyses Eco-toxicologiques

Les analyses éco-toxicologiques sont des séries des tests biologiques qui ont permis d'évaluer l'ampleur de l'empoisonnement d'un milieu donné. Pour y arriver, il a été fait recours à des organismes vivants, le *Clarias gariepinus* Bruchell.

Influence du milieu contaminé au Pb et Cd sur les Clarias gariepinus.

Mode opératoire

Trois bacs en plastique ont été utilisés pour chaque métal (Pb et Cd) et un bac a servi de témoin. Dans chaque bac, 7litres d'eau naturelle y ont été versés.

Dans la première série de trois bacs, les concentrations de 0,1 mg, 0,5mg et 1g de l'acétate de plomb ($Pb(CH_3CO_2)_2$) ont été respectivement ajoutés. Les trois autres bacs ont reçu également les mêmes teneurs de sulfate de cadmium ($Cd(SO_4)_2$). Enfin, dans le dernier bassin, aucun polluant n'a été ajouté. Ensuite, trois *Clarias gariepinus* d'à peu près (ou presque de) même âge et de même conditions physiologiques ont été placés dans chaque bac.

La lecture des résultats pour ce test a consisté à surveiller le comportement des individus dans leurs milieux respectifs, afin de déterminer la dose qui tue la moitié d'individus en un temps donné (DL50). Pour y arriver, il a fallu bien maîtriser les autres paramètres susceptibles d'occasionner la mortalité (tels que la température, le volume du solvant, le pH... etc.), outre les effets du polluant induit dans les milieux. Les individus survivant aux différentes concentrations des polluants ont fait l'objet de l'étude de bioaccumulation.

Analyse de la bioaccumulation du Pb et du Cd chez les Clarias gariepinus.

Mode opératoire

Comme dans le cas précédent (1^{er} test), sept litres d'eau de chaque bac ont été intoxiqués à : 0,1mg, 0,5mg et 1g de sulfate de cadmium pour les trois premiers bacs.

Les mêmes concentrations ont aussi été utilisées pour intoxiquer les trois bacs suivants à l'acétate de plomb. Les deux derniers bacs ont servi de témoins.

- Six (6) poissons ont été placés dans chaque bac ;
- Une durée maximale de 21 jours a été observée pour toutes ces analyses ;
- Pour chaque concentration, trois individus y contenus ont été sacrifiés, pour être soumis aux analyses chimiques. Les trois individus restants ont été suivis pour permettre la confirmation du taux de survie des poissons de chaque concentration. Les individus destinés aux analyses chimiques ont été pesés pour déterminer les poids frais (PF) et sec (PS), lavés à l'eau distillée et disséqués pour prélever les organes à analyser (tête, chair).
- Les teneurs en plomb et en cadmium ont été analysés séparément pour les individus de chaque bac (compartiment)

Dosage du plomb

Principe [POLSTER et LACHMANN, 1989]

Il s'agit d'un dosage colorimétrique du plomb par spectrophotomètre UV visible à la longueur d'onde de 515 nm. Elle consiste à l'extraction du complexe rouge formé entre l'ion plomb et le réactifs dithizone par le chloroforme.

Le dosage se fonde sur la loi de LAMBERT- BEER, selon laquelle, la densité optique de l'élément à doser est directement proportionnelle à la concentration du métal dans la solution à doser. Cette réaction de formation d'un complexe rouge, de dithizone du plomb n'est malheureusement pas spécifique, car divers cations et en particuliers Cu^{2+} , Zn^{2+} , Bi^{2+} fournissent aussi des complexes colorés en rouge ou en rouge-orange avec le dithizone.

Pour éliminer au maximum leurs interférences, le dosage a été opéré en présence de cyanure de potassium (KCN) qui complexe le zinc et le cuivre en milieu alcalinisé par le NaOH 5,0N. Dans ces conditions, le dithizone de plomb, contrairement au dithizone de cadmium et de bismuth qui restent dans la phase aqueuse avec l'excès de dithizone (formation de dithizonate de soude) est extractible par le chloroforme. Pour empêcher la précipitation de Fe^{3+} par l'hydroxyde de sodium, on a opéré en présence de citrate pour métaux lourds.

Dosage du cadmium

Principe [POLSTER et LACHMANN, 1989]

La méthode à la dithizone est conçue pour la détermination du cadmium dans l'eau et les effluents. Le réactif dithizone est une forme stable en poudre de dithizone. Les ions Cd en solution basique réagissent avec la dithizone pour former un complexe cadmium-dithizone rose ou rouge, qui est extrait par le chloroforme [CHARLOT, 1961]

Analyses statistiques

Les résultats obtenus ont été traités par l'analyse de variance au seuil de probabilité de 0,05%. Le test de LSD a permis de déceler les différences significatives entre les traitements à l'aide du logiciel statistique SAS 94, USA.

RESULTATS

Après les différents tests réalisés, ce point s'attèle à la présentation des résultats confrontés aux analyses statistiques pour dégager une discussion soutenue. Les résultats sont présentés sous forme des tableaux.

Analyses physico-chimiques de différents milieux

Le **Tableau 1** présente les propriétés physico chimiques des mares du pool Malebo.

Tableau 1. Propriétés physico-chimiques des mares du pool Malebo

Paramètres	Valeurs Moyennes	Ecart type
Température (°C)	27,26	±2,4
pH	6,43	±0,3
Turbidité (FTU)	98,66	±3,4
Solides totaux dissous (g/l)	0,056	±0,01
Teneur en Cd (µg/l)	281,6	±13,7
Teneur en Pb (µg/l)	419,3	±11,5
Conductivité (mS/cm)	0,12	±0,01

Il ressort du **Tableau 1** que les *Clarias gariepunis* ont été prélevés dans un milieu légèrement acide ; une pollution modérée au plomb et au cadmium est prouvée ; une faible conductivité et une turbidité très élevée y sont constatées.

Propriétés physico-chimique de l'eau de substitutions

Le **Tableau 2** présente les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons d'eaux prélevés dans la source de substitution, servant de renouveler les eaux des aquariums au laboratoire.

Comparativement au **Tableau 1**, celui-ci indique que l'eau est à peu près neutre au départ et s'acidifie au fur et à mesure que les poissons y sont exposés.

Cette eau est, au départ moins polluée que celle du pool Malebo, néanmoins sa conductivité, sa turbidité et les taux des solides dissous tendent vers ceux des eaux du pool Malebo.

Analyses Eco-toxicologiques

L'évolution de la mortalité des poissons exposés aux différentes concentrations de Cd et de Pb, au fil des temps est reprise au **Tableau 3**.

Tableau 2. Propriétés physico- chimiques des eaux de substitution

Paramètres	Différents stades d'usages						
	M	MV ₁	MP ₁	MV ₂	MP ₂	MV ₃	MP ₃
Températures (°C)	28	27,9	27,9	27,8	27,7	27,7	27,6
pH	7,32	6,82	6,83	6,36	6,36	5,24	5,25
Turbidité (FTU)	5	24	34	66	100	145	166
Solides totaux dissous (g/l)	0,02	0,04	0,06	0,11	0,09	0,20	0,15
Teneur en Cd (µg/l)	180,5	-	-	-	-	-	-
Teneur en Pb (µg/l)	380	-	-	-	-	-	-
Conductivité (mS/cm)	0,01	0,02	0,03	0,05	0,04	0,10	0,07

Légende :

M : Eau naturelle de substitution (de la source du Monastère) ;

MV1 et MP1 : Eau naturelle de substitution, au premier jour d'exposition des poissons, respectivement dans l'aquarium en verre et en plastique ;

MV2 et MP2 / MV3 et MP3: Eau naturelle de substitution (de la source du Monastère), au 2^{ème}/ 3^{ème} jour d'exposition des poissons, respectivement dans l'aquarium en verre et en plastique.

Tableau 3. Taux de survies des poissons après une intoxication au Cd et au Pb.

Paramètre et durée d'exposition	Concentrations						
	T	Cd ₁	Pb ₁	Cd ₂	Pb ₂	Cd ₃	Pb ₃
Qb(l)	7	7	7	7	7	7	7
Neb	3	3	3	3	3	3	3
Ns-12h	3	3	3	2	3	0	1
Ns-24h	3	3	3	0	1	0	0
Ns-48h	3	3	3	0	0	0	0
Ns-72h	3	3	3	0	0	0	0
Ns-96h	3	1	3	0	0	0	0
Ns-120h	3	0	3	0	0	0	0
Ns-14 jrs	3	0	3	0	0	0	0
Ns-21 jrs	3	0	3	0	0	0	0

Légende :

Qb(L) : Quantité d'eau par bac en litre ;

Neb: Nombre de poissons exposés par bac;

Ns : Nombre de survivants ;

T : Témoin ;

Cd1, Cd2 et Cd3 : Eau intoxiquée au Cadmium aux teneurs de : 0,1 ; 0,5 et 1g/l ;

Pb1, Pb2 et Pb3 : Eau intoxiquée au Plomb aux teneurs de : 0,1 ; 0,5 et 1g/l.

Tableau 4. Effet de l'élément trace métallique et de sa durée d'exposition sur le taux de survie des poissons.

Eléments	Taux de survie (%)							
	12h	24h	48h	72h	96h	120h	14 jrs	21 jrs
Pb	91,66 ^a	55,5 ^{abc}	50,0 ^{bc}	50,0 ^{bc}	50,0 ^{bc}	48,6 ^c	48,6 ^c	48,6 ^c
Cd	86,8 ^{ab}	52,77 ^{bc}	47,2 ^c	44,45 ^c	30,55 ^c	26,39 ^c	26,39 ^c	26,39 ^c

P value = 0,0238

Tableau 5. Effet de l'élément et de la dose sur le taux de survie des poissons

Eléments	Doses			
	0,0 g/L	0,1 g/l	0,5g/l	1g/l
Pb	100 ^a	97,9 ^a	13,89 ^c	9,72 ^c
Cd	100 ^a	50,69 ^b	12,50 ^c	7,29 ^c

Les résultats relatifs aux analyses éco-toxicologiques des poissons exposés au plomb et au cadmium confrontés au test statistique de variances sont donnés aux Tableaux 4 et 5.

Il ressort du Tableau 4 que le taux de survie a connu une diminution considérable à partir de 24 heures jusqu'au vingt et unième jours suite à l'exposition aux deux métaux lourds.

Au regard du Tableau 5, le taux de survie a été meilleur pour la dose 0g/l, les doses 0,5 g/l et 1 g/l ont occasionné des mortalités croissantes.

Analyses chimiques des poissons traités au Cd et au Pb.

Les teneurs du Cd dosées dans les poissons exposés pendant un temps donné, dans différentes concentrations du métal susvisé sont présentées au Tableau 6.

Tableau 6. Analyses physico-chimiques des poissons intoxiqués au Cd.

Teneur en Cd du milieu	D.I	P.F(g)	T/H	T/PC		T/P (µg/kg)
				Tête (µg/kg)	Reste du corps (µg/kg)	
0,1g/l (100.000 µg/l)	Cd ₁ /1	13	76,48	320	240	560
	Cd ₁ /2	17	76,93	300	240	540
	Cd ₁ /3	20	75	250	250	500
0,5g/l (500.000 µg/l)	Cd ₂ /1	19	78,94	770	390	1160
	Cd ₂ /2	22	77,27	670	380	1050
	Cd ₂ /3	29	79,31	370	260	630
1g/l (1.000.000 µg/l)	Cd ₃ /1	21	78,57	770	240	1010
	Cd ₃ /2	28	78,12	580	280	860
	Cd ₃ /3	32	80,95	520	280	800

Légende :

DI : désignation des individus ;

P.F: poids frais ;

T/H : taux d'humidité ;

T/PC : teneur par partie du corps analysée ;

T/P : teneur par poisson analysé.

Tableau 7. Analyses physico-chimiques des poissons traités au Pb

Teneur en Pb du milieu	D.I	P.F(g)	T/H (%)	T/PC		T/P (µg/kg)
				Tête (µg/kg)	Reste du corps (µg/kg)	
0,1g/l (100.000 µg/l)	Pb ₁ /1	6	66,67	320	240	2125
	Pb ₁ /2	18	72,23	300	240	1125
	Pb ₁ /3	21	71,43	250	250	975
0,5g/l (500.000 µg/l)	Pb ₂ /1	17	68,18	770	390	2550
	Pb ₂ /2	19	73,68	670	380	2000
	Pb ₂ /3	22	76,48	370	260	1300
1g/l (1.000.000 µg/l)	Pb ₃ /1	44	75	770	240	3850
	Pb ₃ /2	49	71,43	580	280	3560
	Pb ₃ /3	51	70,51	520	280	2957

Les résultats du [Tableau 6](#) nous montrent que l'accumulation du Cd dans les poissons est inversement proportionnelle à leurs poids. Les poissons de faibles poids ont accumulé beaucoup de Cd peu importe la dose utilisée.

Les teneurs du Pb dosées dans les poissons exposés pendant un temps donné, dans différente concentration du métal susvisé sont présentées au [Tableau 7](#).

Les résultats du [Tableau 7](#) montrent que l'accumulation du Pb dans les poissons est inversement proportionnelle à leurs poids. Les poissons de faibles poids ont accumulé beaucoup de Pb peu importe la dose utilisée.

Les résultats relatifs aux analyses chimiques des poissons intoxiqués au plomb et au cadmium confrontés aux tests statistiques de variance sont donnés aux [Tableaux 8 et 9](#).

Tableau 8. Poids frais, humidité et quantité en Pb et Cd dans les poissons intoxiqués

Éléments	Poids frais (g)	Humidité (%)	Teneur en élément dans le corps (µg/kg)
Pb	27,44 ^a	71,73 ^b	2271,33 ^a
Cd	22,33 ^a	77,95 ^a	790,0 ^b
P Value	0,3890	<0,0001	0,0008

Les résultats du [Tableau 8](#) montrent que les différences significatives ont été remarquées entre les deux métaux en ce qui concerne la teneur en humidité et en métaux dans les poissons.

Par rapport aux trois doses utilisées, la dose 1g/l a occasionné plus d'accumulation du plomb, par contre la dose 0,5 g/l a montré plus d'accumulation de Cd dans les poissons.

Tableau 9. Effet de la dose sur la teneur en Pb et Cd dans les poissons intoxiqués

Éléments	Doses		
	0,1g/l	0,5g/l	1g/l
Pb	1408,33 ^{bc}	1950,0 ^b	3455,67 ^a
Cd	533,33 ^d	946,67 ^{cd}	890,0 ^{cd}

DISCUSSION

Au regard des objectifs poursuivis par cette étude (mise au point de la capacité de bioaccumulation des métaux lourds par le *Clarias gariepinus* Bruchell) et considérant les résultats des analyses chimiques soutenues par ceux des analyses physico-chimiques des eaux, appuyés par les tests statistiques de variance, il apparaît que :

Les poissons exposés aux différentes concentrations de cadmium présentent une faible aptitude d'assimilation de ce

métal. Cette mise au point se traduit par les différences significatives entre la concentration du métal précité dans le milieu, d'une part ; et sa teneur dans les poissons qui y sont exposés ; mais aussi, entre sa concentration dans l'eau et le poids corporels des individus traités, d'autre part.

Cette situation est confirmée par [ROBERT et al. \[2003\]](#) qui soutiennent que le retard ou la faiblesse d'assimilation du cadmium (Cd) est due au fait que ce métal et ses sels sont à la fois irritant et de toxicité systématique.

L'action irritant sur l'arbre respiratoire et le tube digestif est responsable des accidents aigus, ce qui réduit le temps de survie, normalement proportionnel à la capacité d'accumulation des micropolluants. Par ailleurs, selon [ROBERT et al. \[2003\]](#), cette faiblesse d'ingestion et d'accumulation du Cd est liée à son effet émétique (ou vomitif) par voie orale ;

Les poissons exposés au plomb sont susceptibles d'accumuler ce métal. Ce qui est justifié dans nos résultats par une différence significative entre la teneur en Plomb des poissons traités d'une part et sa teneur dans la solution d'exposition d'autre part.

Une influence du poids corporel sur la capacité d'accumulation des métaux lourds (tant pour le Cd que le Pb) par les *Clarias gariepinus* Bruchell., est justifiée d'autant plus que la différence est hautement significative entre la teneur en métaux lourds de *Clarias gariepinus* Bruchell et leurs poids corporels.

Cette affirmation va dans le sens de la thèse de [ECKERT et al. \[2002\]](#) qui soutiennent qu'indépendamment du sexe, de l'âge, des activités et de la température corporelle, un petit animal nécessite plus de nourriture qu'un animal plus gros, pour obtenir suffisamment d'énergie par gramme de poids corporel, car ses besoins métaboliques sont supérieurs.

Une forte accumulation des métaux lourds au niveau de la tête qu'au reste du corps, confirme la thèse défendue par [BLIEFERT et PERREAUD \[2001\]](#) et celle de [ECKERT et al. \[2002\]](#), qui soutiennent que l'assimilation comme l'accumulation d'une substance varie d'une espèce à l'autre, d'un organe à l'autre, d'un tissu à l'autre, etc.

Cette affirmation va également dans le sens de la position de [AMIARD \[1990\]](#) qui justifie une telle accumulation des micropolluants au niveau de la tête des poissons par la présence des branchies qui, outre le rôle respiratoire, jouent également le rôle de purification du sang, car chez les organismes aquatiques (les poissons), cette étude permet de se fixer sur les deux voies de contamination par les polluants métalliques qui peut se faire soit directement par l'eau (pénétration branchiale, cutanée, digestive, etc.), soit par l'intermédiaire de la nourriture.

Pour [DEJOUX \[1988\]](#) et [BLIEFERT et PERREAUD \[2001\]](#) cette forme de pollution est surtout due à la présence dans les eaux,

des substances inorganiques toxiques telles que le chlore libre, le chloramine, l'ammoniac, le sulfure d'hydrogène et les sels des métaux lourds : plomb, mercure, cadmium, chrome et cuivre.

Enfin, les résultats des analyses physico-chimiques du milieu de prélèvement des poissons (mares du pool malebo) indiquent que l'eau est peu transparente, avec une température moyenne de 27,26°C, un pH légèrement acide, avoisinant la neutralité, et une faible conductivité. Cet état des choses confirme les travaux de PWEMA *et al.* [2001] et TEMBENI *et al.* [2014].

CONCLUSION

L'objectif de cette étude était d'analyser les possibilités d'accumulation des métaux lourds (Cd, Pb) par le *Clarias gariepinus* Bruchell, poisson pourtant très consommé partout en RD. Congo. Cette étude s'est étalée sur six mois, partant du prélèvement des *Clarias gariepinus* Bruchell de leur milieu naturel, suivi du conditionnement au laboratoire (réduire les causes des stress pouvant entraîner la mort des individus) jusqu'aux différentes analyses.

Pour ce, les tests biologiques (essais d'intoxication) ont été effectués, suivis des analyses chimiques, soutenues par les tests statistiques de variance. Les résultats obtenus montrent que le *Clarias gariepinus* Bruchell accumule mieux le plomb que le cadmium, et que ce poisson peut donc servir d'indicateur du profil métallique en milieu aquatique à Kinshasa.

Ces résultats invitent à la prudence quant à la consommation des silures frais d'origine douteuse à Kinshasa, ville très polluée au plomb d'origine diverse, car il présente un risque de contamination de la chaîne alimentaire de l'homme spécialement. Nos estimations avancent une contamination minimum de l'ordre de 100 µg/ kg pour un petit poisson de 20 g consommé, lorsque son milieu est pollué à 0,1g /l de plomb.

D'où la nécessité de poursuivre cette recherche afin de connaître l'écophysiologie de tous les autres polluants persistants tels que le mercure, les résidus des pesticides, etc.

RÉSUMÉ

Dans un contexte de crise écologique, climatique et socio-économique, la croissance démographique et les besoins alimentaires qui s'ensuivent sont des problèmes importants, qui occasionnent la surexploitation des ressources naturelles en général et des écosystèmes aquatiques en particulier. La gestion des différentes composantes de ces écosystèmes aquatiques fait actuellement l'objet de plusieurs discussions, à l'échelle aussi bien nationale qu'internationale, quant à ce qui concerne leurs disponibilités (qualités et quantités) et leur exploitation qui doivent être faites en tenant compte de leur durabilité.

Pour toutes ces raisons et tant d'autres encore, il est fort opportun d'apporter une contribution à l'étude de la bioaccumulation des métaux lourds dans les *Clarias gariepinus* Bruchell, poisson beaucoup consommé à Kinshasa et dans le reste de la République Démocratique du Congo. Pour évaluer l'état des ressources aquatiques, en vue de prévenir les intoxications aux métaux lourds (Cd, Pb), les résultats des tests biologiques, éco toxicologiques et physico-chimiques, couplés aux analyses statistiques de la variance, confirment bien la pollution au cadmium et au plomb de l'écosystème fluvial du pool Malebo (fleuve Congo) et l'accumulation de métaux lourds précités dans le *Clarias gariepinus* Bruchell, communément appelé silure, qui peuvent donc servir d'indicateur du profil métallique en milieu aquatique.

Mots clés

Métaux lourds, *Clarias gariepinus* Bruchell, bioaccumulation.

REFERENCES

- AMIARD J.C. [1990]. Défense et illustration de l'éco toxicologie. Journal de recherche océanographique, 15, 3-4, 92-95.
- BLIEFERT C., PERREAUD R. [2001]. Chimie de l'environnement, Air, Eau, Sols, Déchets. De Boeck et Larcier S.a, 2001, Edition de Boeck Université, 1^{ère} Edition, 3^{ème} tirage 2004, 55-62.
- CHARLOT G. [1961]. Les méthodes de la chimie analytique. Edition Masson, 120 Boulevard St. Germain, Paris VI. 868-869p.
- DAJOZ R. [2000]. Précis d'écologie. 7^{ème} édition DUNOD 615p.
- DEJOUX C. [1988]. La pollution des eaux continentales Africaine (Expérience acquises, Situations actuelles et Perspectives). Éd de l'ORSTON, collection travaux et document n°213 Paris.
- DUCARME C.H., MICHA J.C. [2003]. Technique de production intensive du poisson chat africain. *Clarias gariepinus*. Tropicultura, 4, 189-198.
- ECKERT R., RANDALL D., WARREN B., FRENCH K. [2002]. Physiologie Animale, Mécanismes et Adaptation. Traduction de la 4^{ème} édition américaine /DEBOECK.
- KEWOUYEMI W.C, EGBEOLA N.C, KELOME N., HONVOU VLAVONOU D., KPAKO B.B, TOSSOU M.E., DAOUDA M. [2018]. La bioaccumulation de métaux, processus physiologique normal et conséquence de la pollution. Le courrier du CNRS, 54. 32-37.
- LEVEQUE C., PAUGY D. [1989]. Guide des poissons d'eau douce de la zone du programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. Convention ORSTON-OMS.
- LUBOYA [1999]. Actes du premier colloque sur la problématique de déchets à Kinshasa (RDC). August 12-15. MFLBER, 64, 1-348, Université de Gent, UGent ; Belgique.
- LUTETE L. [2018]. Etudes des érosions hydriques dans la ville de Kinshasa de 1990 à 2015. Mémoire de master de spécialisation en sciences de l'environnement dans le pays en développement, Université Catholique de Louvain UCL, Belgique.
- MALDAGUE M. [2002]. Traité de gestion de l'environnement tropical Tome III. Précis de gestion intégrée de milieux de vie et ressources naturelles, 2002, MAB.
- MAUDE B. [2009]. Vers un pacte de l'eau. Les Editions Ecosiété C.P.32052, Comptoir Saint-André, Montréal (Québec) H21445, Dépôt légal : 3^e trimestre 2009.

- POLL M., GOSSE JP. [1995]. Genera des poissons d'eau douce d'Afrique. Tome VI, Ed, Académie Royale de Belgique.
- POLSTER J., LACHMANN H. [1989]. Spectrometric titrations. Analysis of chemical equilibria, in Weinheim : VCH.
- PWEMA K.V, MOMBA N.B, PIGNEUR L.M, TAKOY L, MICHA J-C. [2001]. Environnemental variables structuring Labeo species (Pisces, Cyprinidae) in malebo Pool, Congo river. Int.Int. J.Biol. Chim. Sci.,5,2, 507-5014.
- ROBERT R.L., HUET, LISON D. [2003]. Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. Édition Masson, Paris 2003(4^e édition)
- SOUTTER M., MERMOUD A., MUSY A. [2007]. Ingénierie des eaux et du sol. Presse polytechniques et universitaires romandes, 1^{ère} Edition, 175-176, 264-265p.
- TEMBENI J.M, MICHA J.C, MBOMA B.N.S., VANDEWALLE P., MBADU V.Z. [2014]. Biologie de la reproduction d'un poisson chat africain, *Euchilichthys guentheri* (Schilthuis, 189) (Mochokidae, siluriformes) au Pool Malebo, fleuve Congo (République Démocratique du Congo). Tropicultura, 32, 3, 129-137.
- TEUGELS G.G. [1986]. A systematic revision of the african species of genus *Clarias* (Pises, Clariidae). M.R.A.C, Terveern, belg. Annals. Sc.200, 247.



This work is in open access, licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in the credit line; if the material is not included under the Creative Commons license, users will need to obtain permission from the license holder to reproduce the material. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>