



Journal Homepage: [-www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

## INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/15108  
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/15108>



### RESEARCH ARTICLE

#### CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA CONTAMINATION AUX ELEMENTS TRACES METALLIQUES (Mn, Co, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn) D'OREOCHROMIS NILOTICUS ET CLARIAS GARIEPINUS DE LA RIVIERE YOLO (KINSHASA, RDC)

Boko L.F.<sup>1</sup>, Musibono D.E.<sup>2</sup>, Matand A.<sup>3</sup>, Ngelikoto P.<sup>3</sup> and Iketsh L.B.<sup>4</sup>

1. Institut Supérieur de Techniques Appliquées/ Kinshasa- Ndolo. Avenue de l'aérodrome n° 61-63, B.P. 6593, Kinshasa 31.
2. Université de Kinshasa Faculté des Sciences, Département de l'environnement, unité d'écotoxicologie, B.P. 190, Kinshasa XI.
3. Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, Département de Géographie - Sciences de l'environnement, B.P 8815 KINSHASA.
4. ISAGE/ ATEN, KIKWIT.

#### Manuscript Info

##### Manuscript History

Received: 30 May 2022  
Final Accepted: 30 June 2022  
Published: July 2022

##### Key words:-

Bioaccumulation, Heavy Metals, Fish, Health Risks, Ecosystem, Yolo, DRC

#### Abstract

This 3-year study, was conducted from July to September during the following years 2019, 2020 and 2021. It aimed to determine the concentration of heavy metals (Mn, Co, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn) in two fish species, namely Oreochromis niloticus (herbivore) and Clarias gariepinus (omnivore) from the Yolo River in Kinshasa (DRC), which receives, in addition to the urban effluents along its watercourse, all the effluents of the industrial Limete district discharged without any pre-treatment into the drains and main collector of the district which leads to the river, in order to assess the risks related by the chronic consumption of these fish species by the population of the city of Kinshasa. The study revealed the presence of seven (7) metallic trace elements (Cu, Pb, Fe, Cd, Zn and Hg) in two species of fish studied according to the level of the food chain: Oreochromis niloticus having a primary diet (herbivore) and Clarias gariepinus having a tertiary diet (omnivore). The results thus found reveal on the one hand that the Oreochromis niloticus (herbivorous) were less contaminated than the Clarias gariepinus (omnivorous) and on the other hand, the heads are more contaminated than the flesh. However, not knowing the age of these species, we used the size to distinguish the young from the adults and the results obtained indicate how much the adult fish accumulate more heavy metals compared to the juveniles. Consequently, the regular consumption of fish from the Yolo River exposes the population of the city of Kinshasa to metabolic disturbances (mutagenic, teratogenic effects) and fatal diseases such as cancer.

Copy Right, IJAR, 2022, All rights reserved.

#### Introduction:-

Le développement rapide de l'industrie et de l'agriculture s'est accompagné d'une pollution croissante de l'environnement, en particulier dans les pays en développement [2]. Parmi ces polluants se trouvent les éléments

**Corresponding Author:- Boko L.F.**

Address:- Institut Supérieur de Techniques Appliquées/ Kinshasa- Ndolo. Avenue de l'aérodrome n° 61-63, B.P. 6593, Kinshasa 31.

traces métalliques qui entrent généralement dans l'environnement aquatique à travers les dépôts atmosphériques, l'érosion de la matrice géologique ou en raison des activités anthropogéniques notamment le rejet des effluents industriels, des eaux usées domestiques et des déchets miniers, l'utilisation des pesticides et des fertilisants inorganiques [1].

En effet, les métaux, même à l'état de traces, peuvent avoir des effets néfastes sur la santé humaine, parmi lesquelles, ceux qui touchent à la reproduction sur les écosystèmes. En deuxième importance, on notera les conséquences sur l'abondance/richeesse et sur la diversité [2]. Il en résultera également des changements débilatants du développement, du comportement, psychologique et cognitif chez une personne exposée et parfois la mort [3]. On évoque régulièrement les effets potentiels à long terme tels que le cancer, les altérations des systèmes endocriniens, reproduction, immunologique et nerveux [4].

En République Démocratique du Congo, les villes sont de grandes poubelles et des rivières urbaines sont des égouts à ciel ouvert [5]. Dans les villes du pays, on note la quasi - absence des réseaux d'égouts et des systèmes de traitement des eaux usées. Au quartier industriel de Limete dans la ville de Kinshasa, la situation est très alarmante. L'écosystème de la rivière Yolo du quartier n'est donc pas épargné par la pollution en éléments-traces métalliques due au déversement sans traitement préalable des effluents des industries manufacturières et de transformation de la ville (industries cosmétiques, pharmaceutiques, chimiques, alimentaires, métalliques, de peintures, du bois, de fabrication d'allumettes, etc. dans les drains et le collecteur dont les eaux aboutissent dans la rivière Yolo, l'affluent du fleuve Congo. A ces sources s'ajoute le lessivage urbain lors des grandes pluies qui apporte toutes sortes de déchets des décharges sauvages [6].

Ceci représente une véritable menace pour la santé humaine du fait des phénomènes de la bioaccumulation [8] dans les ressources halieutiques qui sont consommées par la population.

L'objectif de ce travail est d'évaluer le niveau d'accumulation des éléments - traces métalliques (Mn, Co, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn) dans les poissons *Oreochromis niloticus* et *Clarias gariepinus* de la rivière Yolo en vue d'une estimation du risque sanitaire encouru par la population de la ville de Kinshasa qui en consomme de manière régulière, étant donné que les métaux sans fonction biologique sont bioaccumulables dans les chaînes alimentaires, à l'opposé des oligoéléments qui sont régulés.

## **Materiel Et Methodes:-**

### **Site d'étude**

Kinshasa, capitale de la République Démocratique du Congo, est située entre la latitude 4°19'39" Sud et la longitude 15°18'48" Est, au Sud-ouest du pays.

### **Quartier Limete Industriel**

Comme son nom l'indique, le quartier Limete Industriel, d'une superficie de 6.760.000 mètres carrés et une population estimée à plus de 35.536 habitants, situé dans la partie Nord- Est de la ville de Kinshasa été aménagé pour servir aux différentes activités industrielles. Il joue son rôle de « moteur » de l'économie de la ville et du pays. Il a commelimites:

1. Au Nord, l'intersection du Boulevard Lumumba et de la rivière Yolo ;
2. À l'Est, la route de poids lourds qui le sépare du quartier Kingabwa ;
3. Au Sud, la commune de Matete au niveau de l'échangeur de Limete ; et
4. À l'Ouest, le Boulevard Lumumba qui le sépare du quartier Résidentiel de Limete.

### **Bassin versant de la Yolo**

La rivière Yolo, longue de 12 km et large de 3 à 5 m, elle est profonde de 1 à 3 m et alimentée par des eaux des divers ruisseaux [7]. La rivière prend sa source sur les versants du Mont-Amba (15°19'06.044''Est, Latitude 4°23'30.0''Sud;) dans la commune de Lemba et coule du Sud vers le Nord, parallèlement avec son confluent la Funa. De la source au point de rencontre avec la rivière Funa (Longitude 15°20'20.08.1''Est, Latitude 4°19'33.5''Sud ;) à 50 mètres de l'avenue poids lourds, la Yolo traverse sur son parcours les quartiers denses de plusieurs communes notamment : Lemba, Ngaba et Limete.

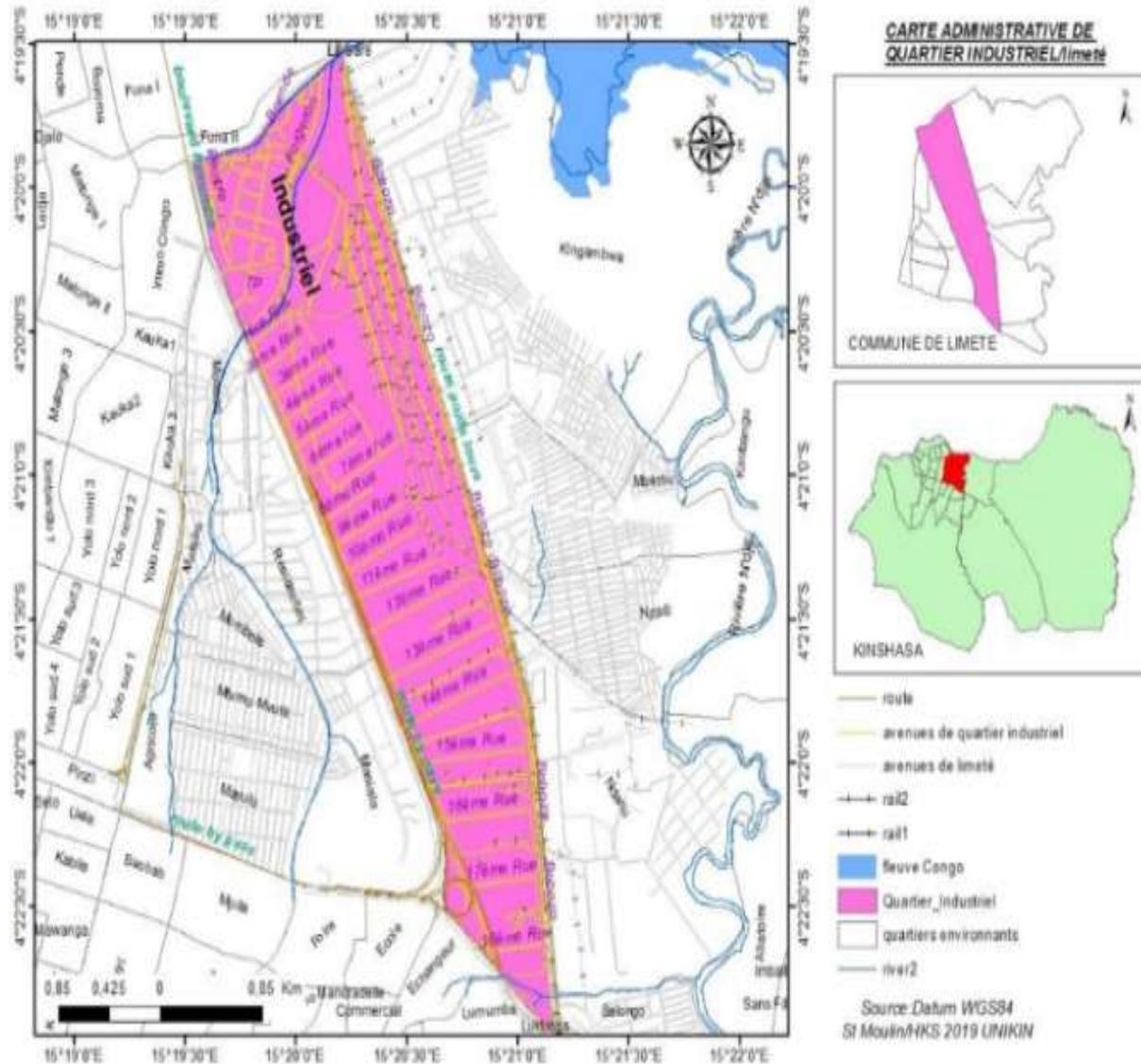
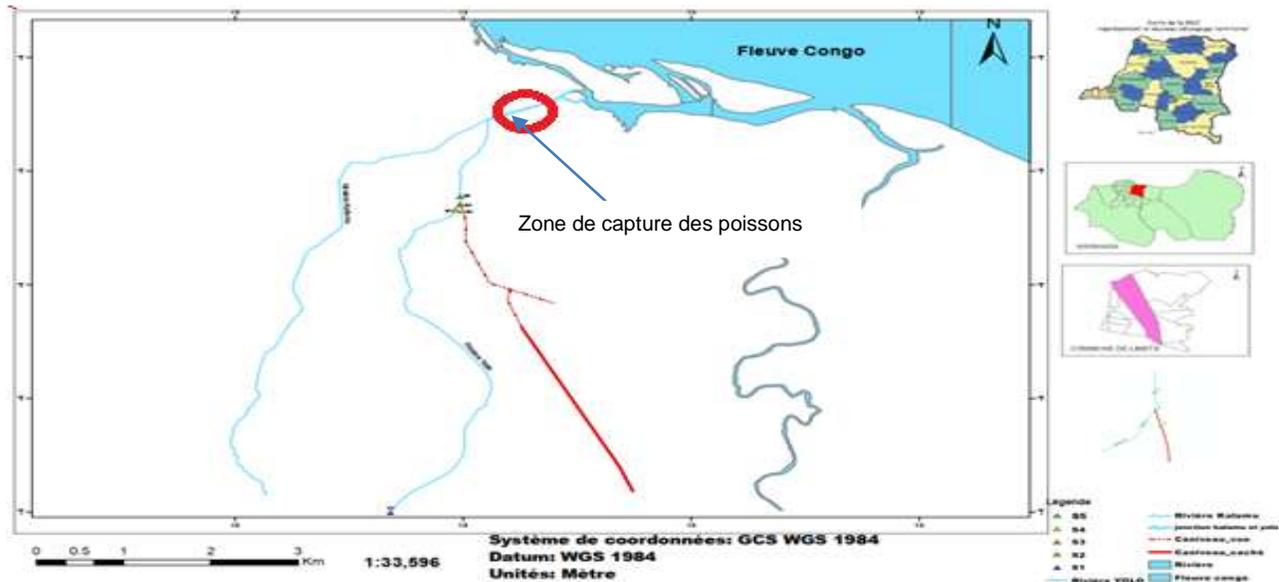


Figure 1:- Bassin versant de la rivière Yolo.

### Échantillonnage et traitement

Dans le cadre de cette étude, les échantillons d’eau et sédiments ont été prélevés dans cinq (5) stations: la station 1 située à la source de la rivière de la rivière Yolo au niveau de la commune de Lemba ; la station 2 dans la rivière Yolo, située à 100 mètres en amont du point de rejet des effluents industriels ; la station 3 située au point de rejet des effluents industriels par le collecteur dans la rivière Yolo ; la station 4 dans le collecteur, située à 100 mètres avant le rejet des effluents industriels; et la station 5 dans la rivière Yolo, située à 100 mètres en aval du point de rejet des effluents industriels par le collecteur. La figure 1 indique la localisation des différentes stations de prélèvement des échantillons et de la pêche.



**La figure 1:-** Présente la rivière Yolo, les sites de prélèvement des eaux et la zone de la pêche des poissons.

**Tableau 1:-** Coordonnées géographiques des stations de prélèvement

Coordonnées géographiques	Stations				
	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5
Latitude	4°28'28"S	4°20'23"S	4°20'27"S	4°20'22"S	4°20'18"S
Longitude	15°19'07"E	15°20'00"E	15°20'03"E	15°19'58"E	15°20'00"E

### Prélèvement des eaux

Afin de limiter les apports dus au lessivage urbain, les échantillons des eaux et sédiments ont été prélevés du mois de juillet à septembre 2019, 2020, 2021, correspondant à la saison sèche dans la ville de Kinshasa. Les stations de prélèvement (Figure1) des échantillons sont notamment : la station S1 correspondant à la source de la rivière de la rivière Yolo ; à la station 2 située à 100 mètres en amont du point de rejet des effluents industriels dans la rivière Yolo; la station 3 située au point de rejet des effluents industriels par le collecteur dans la rivière Yolo ; la station 4 située dans le collecteur à 100 mètres avant le rejet des effluents industriels; et la station 5 située à 100 mètres en aval du point de rejet des effluents industriels par le collecteur

A l'aide de bouteilles en polypropylène d'un litre de capacité, lavées et rincées préalablement deux fois avec l'eau de la station à échantillonner [8], le prélèvement des échantillons des eaux étudiés a été réalisé en plongeant la bouteille en contre-courant de l'eau au milieu de la rivière à environ 30 cm de profondeur, en évitant tous les obstacles naturels ou artificiels. Les échantillons d'eaux prélevés placés dans des flacons différents à 4°C et les poissons frais capturés dans une boîte frigorifique (25 litres) ont été directement acheminés au laboratoire du Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM) de Kinshasa CRGM pour les analyses.

### Capture des poissons

Les poissons *Oreochromis niloticus* et *Clarias gariepinus*, objet de cette étude, ont été pêchés à l'aide des filets dits « éperviers » entre 9 et 14 heures, durant la période de juin à septembre 2019, 2020 et 2021, période correspondant à la saison sèche et idéale pour organiser la pêche. Ils ont été mis dans une glacière contenant du matériel réfrigérant (glaçons). Au total 120 poissons dont 60 *Oreochromis niloticus* et 60 *Clarias gariepinus* ont été capturés.

### Analyse des paramètres chimiques des eaux

Dans chaque site de prélèvement, la température et le pH ont été mesurés in situ à l'aide d'un multimètre HACH HQ 40 d. Les paramètres physico-chimiques et éléments métalliques ont été évalués au laboratoire du Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM) de Kinshasa par Spectrométrie à fluorescence X, technique analytique non destructive permettant d'obtenir des analyses quantitatives élémentaires [9].

### Dosage des éléments traces métalliques

Une dizaine d'individus de taille, poids et forme similaires, ont été regroupés pour préparer un spécimen composite afin de minimiser les variations individuelles des ETM déterminés. Au Laboratoire de CRGM, les têtes sont traitées séparées de la chair. Les poissons sont séchés à l'étuve à 105°C entre 24 heures et 48 heures jusqu'à poids constant. Ensuite, tous ces échantillons sont incinérés à 550°C au four pendant une durée de 48 heures en continue afin d'obtenir la matière sèche. Les analyses des éléments traces métalliques dans les cendres obtenues ont été effectuées par Spectrométrie à fluorescence X, technique analytique non destructive permettant d'obtenir des analyses quantitatives élémentaires [9].

### Facteurs de bioconcentration

Les facteurs de bioconcentration (FBC) sont calculés par la formule utilisée [10] :

$FBC = Co/Ce$ , où  $Co$  = concentration en éléments traces de l'organisme ;  $Ce$  = concentration environnementale (eau). Les deux sont exprimées en mg/kg.

### Evaluation Des Risques Sanitaires

L'évaluation des risques sanitaires liés à la consommation des poissons pollués par les éléments - traces métalliques a suivi quatre principales étapes [10] : l'identification du danger ; le choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) [11] ; l'estimation d'exposition et l'estimation du risque toxicologique.

### Identification du danger

L'identification du danger aboutit au calcul de la dose journalière d'exposition (DJE). Elle se limite à la consommation des poissons pêchés dans la rivière Yolo et se base sur les teneurs moyennes des métaux traces (Mn, Co, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn) qui se trouvent dans ces poissons.

La DJE des polluants liés à la consommation des poissons est déterminée comme suit :

$DJE = C \times Q \times F/P$  ; où DJE = Dose journalière d'exposition aux éléments traces (mg/kg/j) ; C = Concentration en éléments traces des poissons (mg/kg) ; Q = Quantité de poisson ingérée par jour, (kg/j) ; F = Fréquence d'exposition (F = 1), il est sans unité ; P = Poids corporel de la cible (kg).

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) ou les doses de référence (RfD) utilisées lors de cette évaluation sont celles établies par le Comité mixte d'experts des additifs alimentaires.

### Estimation de l'exposition

L'estimation de l'exposition consiste à évaluer les doses journalières admissibles (DJA) ou les doses d'exposition potentielles des humains à des substances toxiques de l'environnement. Elle a été calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$DJP \text{ (en mg/kg p.c./jour)} = \frac{([Q_{\text{moy}}] \times [T_{\text{moy}}] \times FE)}{p.c}$$

Où :  $Q_{\text{moy}}$  : Quantité moyenne de poisson ingérée (en kg/jour) ;  $T_{\text{moy}}$  : Teneur moyenne du contaminant dans le poisson (en mg/kg) ; p.c.: Poids corporel moyen (en kg) ; FE : Fréquence d'exposition ; nombre de jours d'exposition par an divisé par 365 jours (F=1)

Le poids corporel moyen des enfants de 0 à 15 ans est de 28 kg et celui d'un adulte est conventionnellement égal à 70 kg selon l'Agence américaine de protection de l'environnement. L'offre totale locale en poissons en RDC était évaluée à 238.970 tonnes. La quantité de poisson ingérée par jour représenterait 3,845 Kg/an (0,105 kg/jour).

### Estimation du risque toxicologique non cancérigène

#### Effet à seuil

Le ratio de danger (RD) ou la dose sans effet observé (DSEO/NOAEL : no observed adverse effect level) est calculé pour la voie d'exposition orale de la manière suivante :

$$QD = DJE/DJA$$

Où DJE = Dose Journalière d'Exposition (mg/kg/j) ; DJA = Dose Journalière Admise (mg/kg/j).

Si  $QD < 1$ , la survenue d'un effet toxique est très peu probable ; Si  $QD > 1$ , l'apparition d'un effet toxique ne peut pas être exclue. Il n'y aurait pas de risque évident si la valeur de QD était inférieure à 1.

### Effet sans seuil

L'excès de risque individuel (ERI) est défini comme le produit de trois termes : l'ERU, l'excès de risque unitaire, Dj la dose journalière reçue par l'individu et de Te la durée d'exposition rapportée à l'espérance de vie humaine  $T_{vie}$  : par la relation :

$$ERI = DJE \cdot \frac{T}{T_p} \cdot ERU_0$$

Où : ERI : excès de risque individuel ; T : durée d'exposition ;  $T_p$  : temps de pondération (en RDC, la durée de vie moyenne est de 59 ans pour les hommes et 62 ans pour les femmes. En moyenne, la durée d'exposition moyenne est de 60 ans.

Si  $ERI < 1$ , la survenue d'un effet toxique est très peu probable ; Si  $ERI > 1$ , l'apparition d'un effet toxique ne peut pas être exclue.

### Estimation du risque toxicologique cancérigène

L'évaluation du risque toxicologique cancérigène est estimée à partir de l'exposition cumulative pour chacun des contaminants concernés lors des 70 premières années de vie d'un individu [13]. Elle est en multipliant les doses moyennes du polluant par le coefficient de cancérigénicité.

$$R_{cancer} = D_{moy} \times CC \quad (3)$$

où :  $R_{cancer}$  = Risque cancérigène ;  $D_{moy}$  = Dose d'exposition moyenne 70 ans (mg/kg de poids corporel/jour) ; CC = Coefficient de cancérigénicité x / (mg/kg de poids corporel/jour).

- Si un risque cancérigène se situe en-deçà de  $1 \times 10^{-6}$ , celui-ci est jugé négligeable.
- Si le risque est supérieur à  $1 \times 10^{-6}$ , des actions doivent être entreprises afin de gérer les contaminants environnementaux qui posent un tel risque.

### Traitement Statistique Des Données

Le logiciel Excel 2010 a été utilisé pour le traitement des données. Le test de student a été appliqué pour comparer les moyennes des ETM entre les espèces de poissons étudiés. Les résultats obtenus ont été présentés sous formes des tableaux et graphique.

### Resultats:-

Les résultats de cette étude sont comparés aux directives internationales définies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), étant donné que la RDC ne dispose pas encore des normes nationales à la qualité des eaux et des sédiments.

### Paramètres physiques des eaux

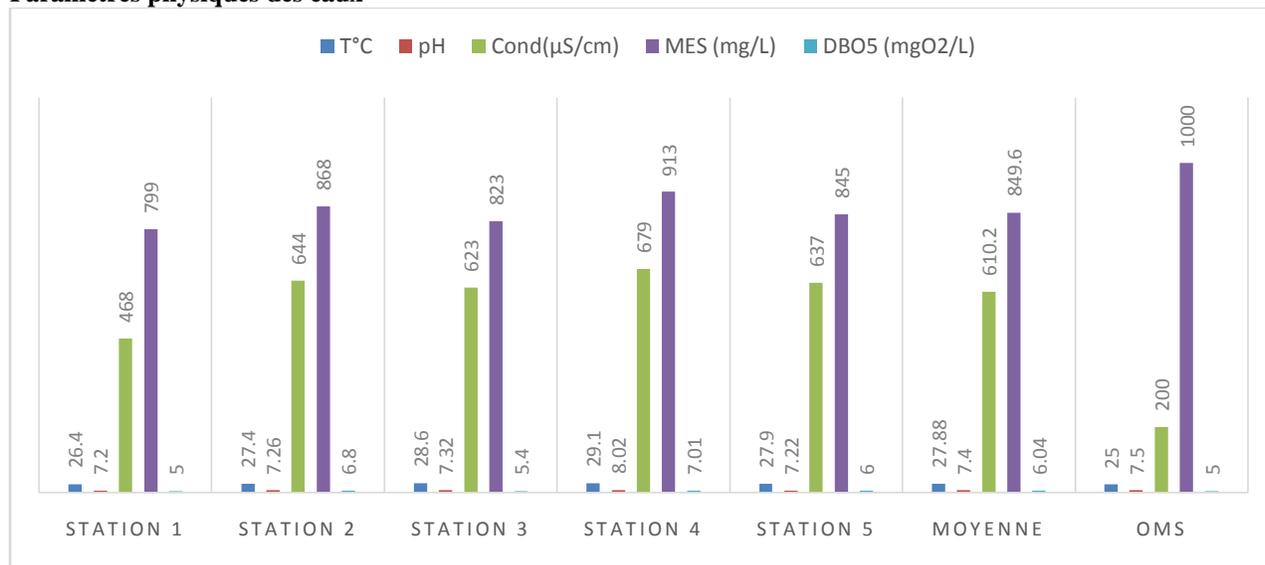


Figure 1:- Paramètres physiques des eaux.

Les résultats ont montré que les valeurs moyenne de pH (7,3) sont légèrement neutres et celles de la matière en suspension (849,6) sont inférieures à la valeur de non dépassement fixées par l’OMS, respectivement de 9 pour le pH et 1000 mg/L pour les MES. Par contre, toutes les valeurs moyennes de température (27,88°C) sont supérieures aux normes de l’OMS (25°C) mais se situent dans la fourchette moyenne des rivières de la ville de Kinshasa (25,0 à 30,6°C). Les valeurs moyennes de la conductivité thermique (610,2  $\mu$ S/cm) et de la DBO5 (6,04 mg/L) sont supérieures aux normes de l’OMS, respectivement de ( $\leq$  200 et 5 mg/L).

### Paramètres chimiques des eaux

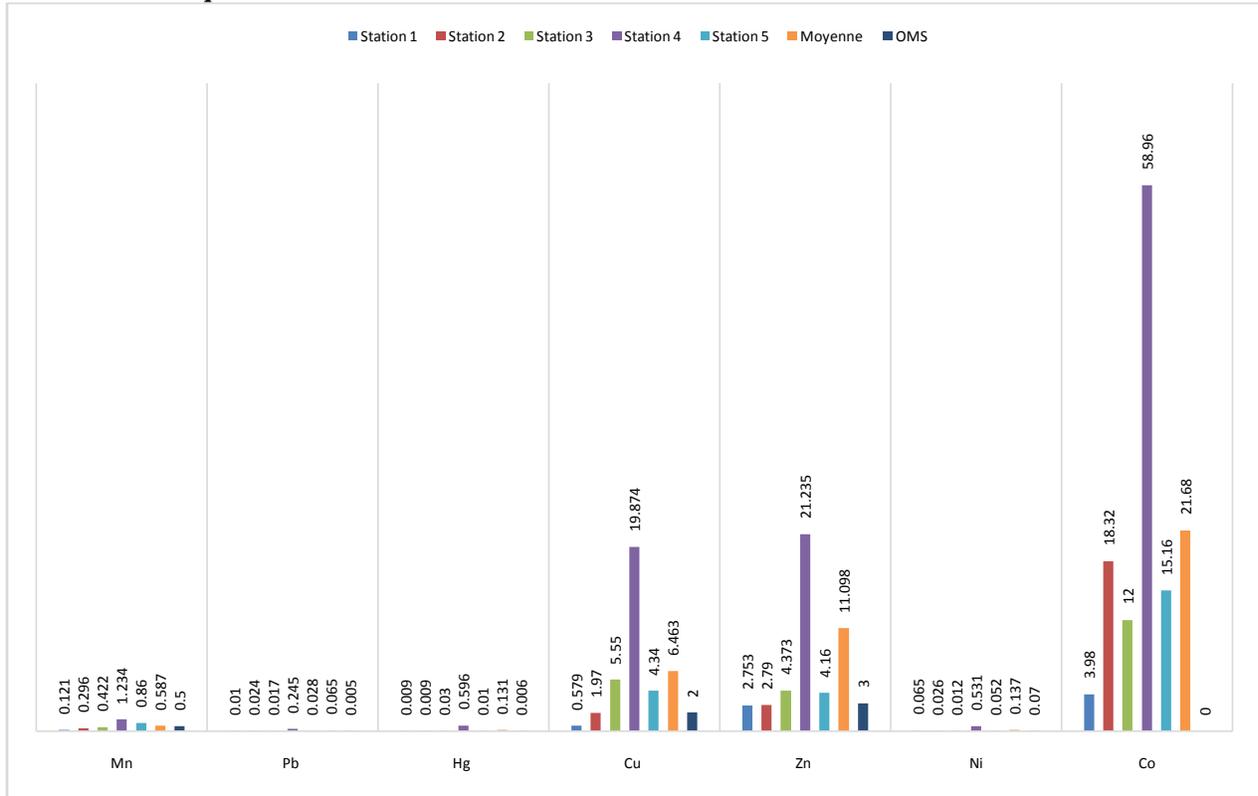


Figure 2:- Analyses chimiques des eaux.

L’examen des résultats (Figure 2) des analyses chimiques des eaux du collecteur et de la rivière Yolo permet de conclure que les teneurs moyennes en milligrammes par litre d’eau, respectivement de 0,587 mg/L pour le manganèse, 0,065 mg/L pour le plomb, 0,131 mg/L pour le mercure, 6,463 pour le cuivre mg/L, 11,098 mg/L pour le zinc, 0,137 pour le nickel, 0,587 mg/L et 21,68 pour le cobalt sont toutes supérieures aux normes de l’OMS. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées à la station 4, située respectivement dans le collecteur qui reçoit les effluents industriels ; lesdites normes étant, respectivement de 0,5 mg/L pour le Mn ; 0,005 mg/L pour le Pb ; 0,006 mg/L pour le Hg ; 2 mg/L pour le Cu ; 3 mg/L pour le Zn et 0,07 mg/L pour le Ni.

### Variation des teneurs moyennes en ETM dans les poissons

La figure 3 présente les teneurs moyennes en ETM dans les têtes, les chairs et l’ensemble des corps de deux espèces des poissons en fonction de l’âge.

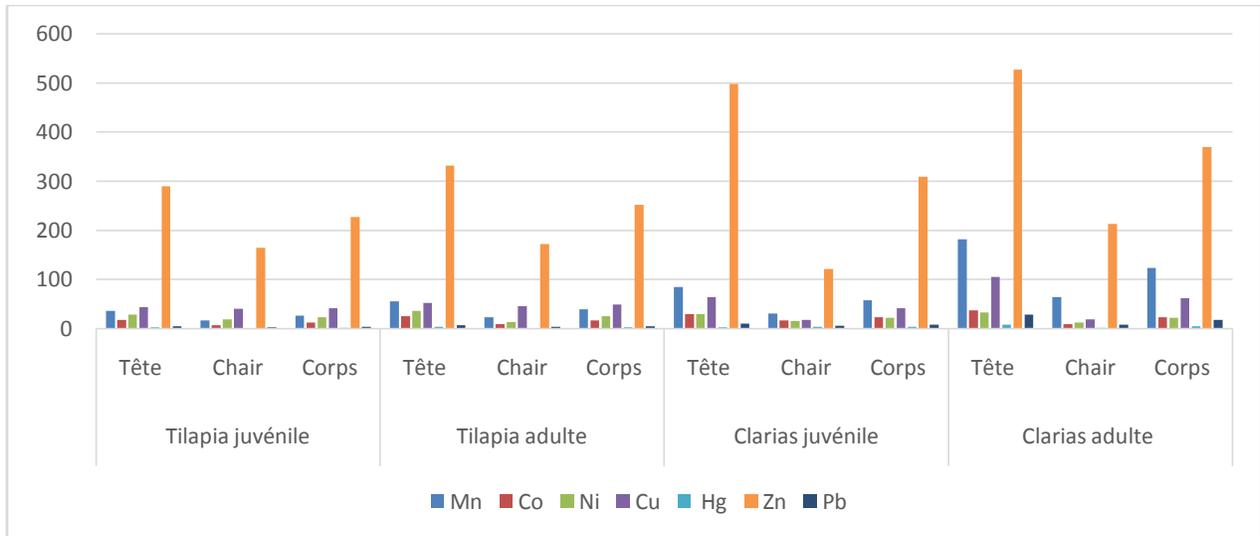


Figure 2:- Teneurs moyennes des ETM dans les poissons.

L'examen des résultats (Figure 3) des analyses chimiques des poissons permet de conclure que les teneurs moyennes en milligrammes par kilogramme sont plus élevées dans les poissons Clarias gariepinus que dans les poissons Oreochromis niloticus et plus élevées dans les têtes que dans les chairs.

**Facteurs de bioconcentration des ETM**

Les facteurs de bioconcentration (FBC) en fonction des stades de croissance et des parties des espèces des poissons étudiés sont présentés dans la figure 4.

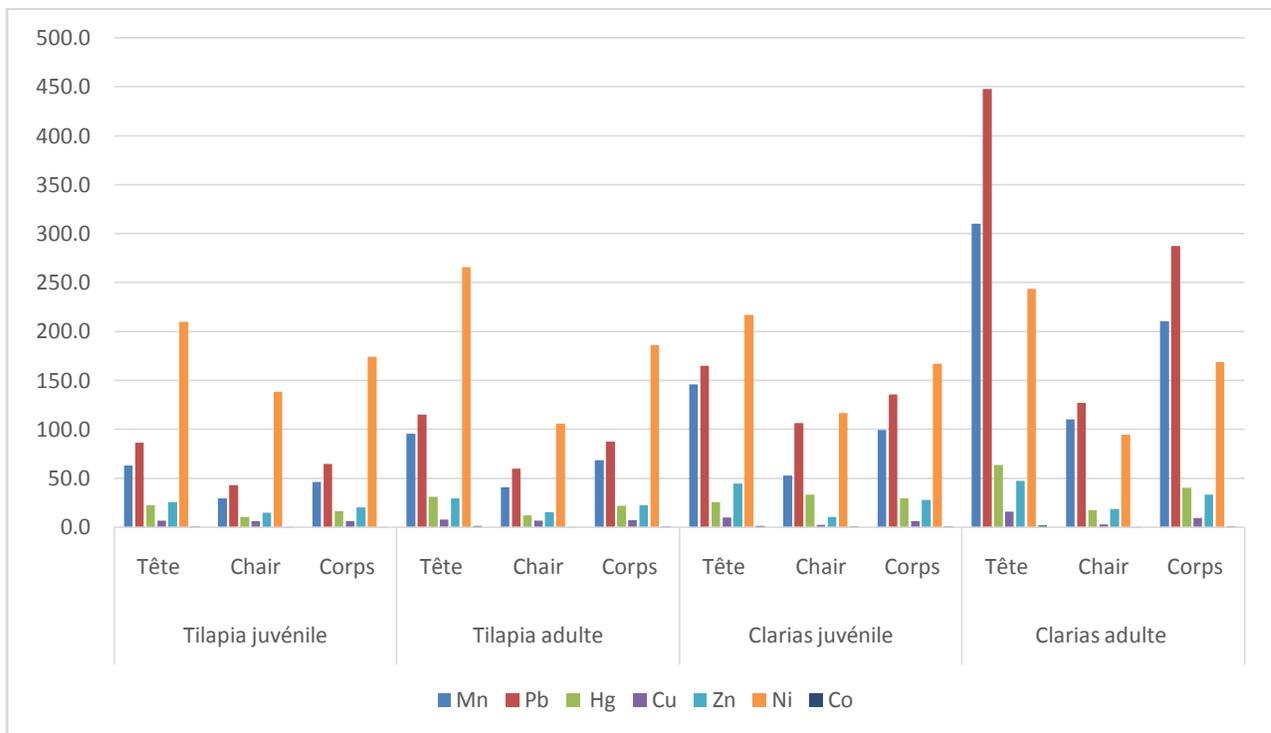


Figure 4 : -Facteurs de bioconcentration en ETM dans les poissons.

Les différentes valeurs des facteurs de bioconcentration indiquent bien la bioaccumulation des ETM par les différentes les deux espèces des jeunes et adultes poissons, indépendamment de la chaîne trophique.

Pour toutes les espèces, la partie tête accumule plus d'éléments traces métalliques que la partie chair. Les facteurs de bioconcentration en Ni, Pb, Zn et Mn dans toutes les espèces sont plus élevées que ceux de Co, Cu et Hg.

L'ordre décroissant selon l'espèce qui accumule plus est de : Clarias adulte > Tilapia adulte > Clarias juvénile > Tilapia juvénile.

### Evaluation Des Risques Sanitaires

#### Effets à seuil

#### Manganèse

**Tableau 2:-** Le quotient de danger à effets à seuil en Manganèse (mg/kg).

Espèce de poissons	Tranches d'âge de la population			
	20 ans et plus	12 < 20 ans	5 < 12 ans	0,5 à < 5 ans
Clarias juvénile	0,19	0,23	0,46	0,93
Clarias adulte	0,32	0,39	0,77	<b>1,58</b>
Tilapia juvénile	0	0,01	0,01	0,02
Tilapia adulte	0,02	0,02	0,05	0,1

N.B. Chiffre en gras : risque probable

Le tableau 2 indique que la survenue d'un effet toxique lié au manganèse est très peu probable pour la consommation de deux espèces de poissons pour les tranches d'âge de 5 à 20 ans et plus., pour Par contre l'apparition d'un effet toxique lié au ne peut pas être exclue pour la tranche d'âge de 0,5 à 5 ans (QD = 1,58 clarias adulte) des poissons Clarias adultes. Heureusement que le manganèse est régulé comme oligoélément ; donc, pas bioaccumulable. Il en est de même pour le Cuivre et le zinc.

#### Cobalt

**Tableau 3:-** Le quotient de danger à effets à seuil en Cobalt (mg/kg).

Espèce de poissons	Tranches d'âge de la population			
	20 ans et plus	12 < 20 ans	5 < 12 ans	0,5 à < 5 ans
Clarias juvénile	<b>1,86</b>	<b>2,28</b>	<b>4,57</b>	9,33
Clarias adulte	<b>3,16</b>	<b>3,85</b>	<b>7,74</b>	<b>15,8</b>
Tilapia juvénile	0,04	0,05	0,11	0,22
Tilapia adulte	<b>0,19</b>	<b>0,24</b>	<b>0,47</b>	<b>0,96</b>

Chiffre en gras : risque probable

Le tableau 3 indique l'apparition d'un effet toxique lié au cobalt ne peut pas être exclue pour consommation des poissons Clarias, Tilapias adulte et Clarias juvénile Par contre, la survenue d'un effet toxique au cobalt lié à la consommation des poissons tilapias juvéniles est très peu probable ; sauf consommation régulière.

#### Nickel

**Tableau 4:-** Le quotient de danger à effets à seuil en Nickel (mg/kg).

Espèce de poissons	Tranches d'âge de la population			
	20 ans et plus	12 < 20 ans	5 < 12 ans	0,5 à < 5 ans
Clarias juvénile	0,09	0,11	0,22	0,44
Clarias adulte	0,07	0,08	0,17	0,35
Tilapia juvénile	0	0,01	0,01	0,02
Tilapia adulte	0,01	0,02	0,03	0,07

Le tableau 4 indique que la survenue d'un effet toxique lié au nickel est très peu probable pour la consommation de deux espèces de poissons.

#### Cuivre

**Tableau 5:-** Le quotient de danger à effets à seuil en cuivre (mg/kg).

Espèce de poissons	Tranches d'âge de la population			
	20 ans et plus	12 < 20 ans	5 <12 ans	0,5 à < 5 ans
Clarias juvénile	0,01	0,02	0,03	0,07
Clarias adulte	0,02	0,02	0,04	0,08
Tilapia juvénile	0	0	0	0
Tilapia adulte	0	0	0,01	0,01

Le tableau 5 indique que la survenue d'un effet toxique lié au cuivre est très peu probable pour la consommation de deux espèces de poissons. Ceci confirme le fait que le cuivre ne s'accumule pas dans la chaîne alimentaire. C'est un oligoélément, donc régulé.

Mercure

**Tableau 6:-** Le quotient de danger à effets à seuil en Mercure (mg/kg).

Espèce de poissons	Tranches d'âge de la population			
	20 ans et plus	12 < 20 ans	5 <12 ans	0,5 à < 5 ans
Clarias juvénile	0,05	0,06	0,13	0,26
Clarias adulte	0,1	0,12	0,23	0,48
Tilapia juvénile	0	0	0,01	0,01
Tilapia adulte	0,01	0,01	0,02	0,05

Le tableau 6 indique que la survenue d'un effet toxique lié au mercure est très peu probable pour la consommation de deux espèces de poissons, sauf en cas de consommation régulière car bioaccumulable.

Plomb

**Tableau 7:-** Le quotient de danger à effets à seuil en Plomb (mg/kg).

Espèce de poissons	Tranches d'âge de la population			
	20 ans et plus	12 < 20 ans	5 <12 ans	0,5 à < 5 ans
Clarias juvénile	0,09	0,11	0,23	0,46
Clarias adulte	0,19	0,23	0,46	1
Tilapia juvénile	0	0	0,01	0,01
Tilapia adulte	0,01	0,01	0,03	0,05

Le tableau 7 indique que la survenue d'un effet toxique lié au plomb est très peu probable pour la consommation de deux espèces de poissons ; sauf en cas de consommation répétée car métal bioaccumulable.

Zinc

**Tableau 8:-** Le quotient de danger à effets à seuil en Zinc (mg/kg).

Espèce de poissons	Tranches d'âge de la population			
	20 ans et plus	12 < 20 ans	5 <12 ans	0,5 à < 5 ans
Clarias juvénile	0,05	0,06	0,11	0,23
Clarias adulte	0,04	0,05	0,11	0,22
Tilapia juvénile	0	0	0	0,01
Tilapia adulte	0,01	0,01	0,01	0,03

Le tableau 8 indique que la survenue d'un effet toxique lié au zinc est très peu probable pour la consommation de deux espèces de poissons.

### Effets sans seuil

#### Manganèse

**Tableau 9:-** Excès de risque individuel de manganèse.

Espèce de poissons	Tranches d'âge de la population			
	20 ans et plus	12 < 20 ans	5 <12 ans	0,5 à < 5 ans

Clarias juvénile	6,52E-05	7,97E-05	0,00016012	4,00E-06
Clarias adulte	0,00011043	0,00013483	0,00027099	6,77E-06
Tilapia juvénile	1,53E-06	1,87E-06	0,00000375	9,38E-08
Tilapia adulte	0,00000674	8,23E-06	1,65E-05	4,14E-07

Le tableau 9 indique que la survenue d'un effet toxique lié au manganèse est très peu probable pour la consommation de deux espèces de poissons contaminés.

**Tableau 10:-** Excès de risque individuel de cobalt.

Espèce de poissons	Tranches d'âge de la population			
	20 ans et plus	12 < 20 ans	5 < 12 ans	0,5 à < 5 ans
Clarias juvénile	2,0536E-07	2,5074E-07	5,0395E-07	1,02819E-06
Clarias adulte	1,6686E-07	2,0373E-07	4,0947E-07	8,35436E-07
Tilapia juvénile	5,71E-09	6,9722E-09	1,4013E-08	2,859E-08
Tilapia adulte	2,344E-08	2,8626E-08	5,7532E-08	1,17382E-07

Le tableau 10 indique que la valeur de l'IRE pour toutes les tranches d'âge est inférieure à 1. La survenue d'un effet toxique lié au cobalt est très peu probable pour la consommation de toutes les espèces et tailles de poissons étudiées pêchés dans la rivière Yolo.

Nickel

**Tableau 11:-** Excès de risque individuel de nickel.

Espèce de poissons	Tranches d'âge de la population			
	20 ans et plus	12 < 20 ans	5 < 12 ans	0,5 à < 5 ans
Clarias juvénile	0,00000211	2,5761E-06	5,1776E-06	1,05638E-05
Clarias adulte	1,6558E-06	2,0216E-06	4,0632E-06	8,28994E-06
Tilapia juvénile	1,067E-07	1,3028E-07	2,6184E-07	5,3422E-07
Tilapia adulte	3,422E-07	4,1784E-07	8,398E-07	1,71342E-06

Le tableau 11 indique que la valeur de l'IRE pour toutes les tranches d'âge est inférieure à 1. La survenue d'un effet toxique lié au nickel est très peu probable pour la consommation de toutes les espèces et tailles de poissons étudiées pêchés dans la rivière Yolo.

Cuivre

**Tableau 12:-** Excès de risque individuel de cuivre.

Espèce de poissons	Tranches d'âge de la population			
	20 ans et plus	12 < 20 ans	5 < 12 ans	0,5 à < 5 ans
Clarias juvénile	4,52081E-07	5,51963E-07	1,10938E-06	2,26342E-06
Clarias adulte	5,30441E-07	6,47638E-07	1,30167E-06	2,65575E-06
Tilapia juvénile	2,24289E-08	2,73847E-08	5,50416E-08	1,12298E-07
Tilapia adulte	7,82893E-08	9,55778E-08	1,92098E-07	3,91929E-07

Le tableau 12 indique que la valeur de l'IRE pour toutes les tranches d'âge est inférieure à 1. La survenue d'un effet toxique lié au cuivre est très peu probable pour la consommation de toutes les espèces et tailles de poissons étudiées pêchés dans la rivière Yolo.

Mercure

**Tableau 13:-** Excès de risque individuel de mercure.

Espèce de poissons	Tranches d'âge de la population			
	20 ans et plus	12 < 20 ans	5 < 12 ans	0,5 à < 5 ans
Clarias juvénile	0,00000258	3,1505E-06	6,3323E-06	1,29195E-05
Clarias adulte	4,7725E-06	5,8265E-06	1,1711E-05	2,38925E-05

Tilapia juvénile	1,24E-07	1,5139E-07	3,0428E-07	6,208E-07
Tilapia adulte	4,825E-07	5,892E-07	1,1842E-06	2,4161E-06

Le tableau 13 indique que la valeur de l'IRE pour toutes les tranches d'âge est inférieure à 1. La survenue d'un effet toxique lié au mercure est très peu probable pour la consommation de toutes les espèces et tailles de poissons étudiées pêchés dans la rivière Yolo.

Plomb

**Tableau 14:-** Excès de risque individuel de plomb.

Espèce de poissons	Tranches d'âge de la population			
	20 ans et plus	12 < 20 ans	5 < 12 ans	0,5 à < 5 ans
Clarias juvénile	4,71E-08	5,75E-08	1,16E-07	2,36E-07
Clarias adulte	9,46E-08	1,16E-07	2,32E-07	4,74E-07
Tilapia juvénile	1,34E-09	1,63E-09	3,29E-09	6,70E-09
Tilapia adulte	5,41E-09	6,61E-09	1,33E-08	2,71E-08

Le tableau 14 indique la valeur de l'IRE pour toutes les tranches d'âge est inférieure à 1. La survenue d'un effet toxique lié au plomb est très peu probable pour la consommation de toutes les espèces et tailles de poissons étudiées pêchés dans la rivière Yolo.

Zinc

**Tableau 15:-** Excès de risque individuel de zinc.

Espèce de poissons	Tranches d'âge de la population			
	20 ans et plus	12 < 20 ans	5 < 12 ans	0,5 à < 5 ans
Clarias juvénile	4,68E-05	5,72E-05	0,00011495	0,000234519
Clarias adulte	4,42E-05	5,39E-05	0,00010837	0,000221101
Tilapia juvénile	1,70E-06	2,07E-06	4,16E-06	8,49E-06
Tilapia adulte	5,64E-06	6,89E-06	1,38E-05	2,83E-05

Le tableau 15 indique la valeur de l'IRE pour toutes les tranches d'âge inférieure à 1. La survenue d'un effet toxique lié au zinc est très peu probable pour la consommation de toutes les espèces et tailles de poissons étudiées pêchés dans la rivière Yolo.

**Tableau 16:-** Risque cancérigène par le plomb, par type et par espèce de poissons.

Espèce de poissons	Dose d'exposition moyenne	Coefficient de cancérigénité	Risque cancérigène
Clarias juvénile	0,0008046	0,0085	<b>6,84E-06</b>
Clarias adulte	0,0016171	0,0085	<b>1,37E-05</b>
Tilapia juvénile	2,29E-05	0,0085	1,94E-07
Tilapia adulte	9,25E-05	0,0085	7,86E-07

Le tableau 16 révèle que le risque cancérigène du plomb est inférieur à  $1.10^{-6}$ . Il est respectivement de  $1,9443E-07$  pour les petits tilapias et de  $7,8599E-07$  pour les grands tilapias. Le risque cancérigène est nul pour toutes les poissons Tilapias. Par contre, pour les poissons clarias, le risque cancérigène du plomb est supérieur à  $1.10^{-6}$ . Il est respectivement de  $6,8394E-06$  pour le clarias juvénile et de  $1,3745E-05$  pour le clarias adulte. Par conséquent, la consommation chronique des poissons clarias constitue un risque cancérigène est réel pour la population.

### Discussion:-

Les paramètres physiques, les résultats ont montré que les valeurs moyenne de pH (7,3) sont légèrement neutres et celles de la matière en suspension (849,6) sont inférieures à la valeur de non dépassement fixées par l'OMS, respectivement de 9 pour le pH et 1000 mg/L pour les MES. Par contre, toutes les valeurs moyennes de température ( $27,88^{\circ}\text{C}$ ) sont supérieures aux normes de l'OMS ( $25^{\circ}\text{C}$ ) mais se situent dans la fourchette moyenne des rivières de

la ville de Kinshasa (25,0 à 30,6°C) tel que rapporté dans les études antérieures [20]. Les valeurs moyennes de la conductivité thermique (610,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et de la DBO5 (6,04 mg/L) sont supérieures aux normes de l’OMS, respectivement de ( $\leq 200$  et 5 mg/L).

Les résultats indiquent que les teneurs en ETM sont plus présentes dans le collecteur du quartier industriel que dans les eaux de la rivière Yolo. Les teneurs en Eléments Traces Métalliques se sont révélées supérieures au seuil recommandé par l’OMS (2017) qui est de 0,5 mg/L pour le manganèse, de 0,01mg/L pour le Pb, de 0,006 pour le mercure, de 2,000 pour le cuivre, de 3,000 pour le zinc, de 0,070 pour le nickel et de 0,05 pour le cobalt. Ces valeurs obtenues dans cette étude pour l’eau, sont supérieures à celles rapportées antérieurement [14], [15].

Pour un effet à seuil, les résultats d’analyse des ETM (Cu, Pb, Hg, Ni, Zn) de deux espèces des poissons indiquent une probabilité nulle pour toutes les tranches d’âge de 0,5 à 5 et 20 ans et plus.

La probabilité du risque non cancérogène de survenue du danger liée à la consommation régulière des poissons de la rivière Yolo est nulle. Par contre, l’apparition d’un effet toxique lié au manganèse et cobalt n’est pas à exclure pour la consommation des poissons clarias adultes pour la tranche d’âge de 0,5 à < 5 ans et de clarias juvéniles pour les tranches d’âge de 5 ans à 20 ans et plus. Heureusement que ces oligoéléments sont régulés.

Pour un effet sans seuil, les quotients de danger sont tous inférieurs à 1. La survenue d’un effet toxique de tous les éléments -traces métalliques étudiés lié à la consommation de toutes les espèces de poissons pêchés dans la rivière Yolo pour toutes les tranches d’âge ne sont pas à craindre.

Les résultats d’estimation du risque cancérogène par les poissons tilapias au plomb montrent des valeurs inférieures ( $\text{RC} < 0,000001$ ). Le risque cancérogène est nul pour la population liée à la consommation régulièrement ces poissons. Par contre, les résultats de la contamination des poissons clarias montrent des valeurs supérieures ( $\text{RC} = 0,00000684$  pour les clarias juvéniles et  $\text{RC} = 0,0000137$  pour les clarias adultes). Le risque cancérogène est réel pour la population liée à la consommation régulièrement ces poissons.

### **Bioaccumulation des éléments traces métalliques par les poissons**

En général, les variations des teneurs en éléments traces entre les deux espèces confirment le fait que la bioconcentration dépend de l’espèce considérée donc de sa capacité physiologique d’assimilation et d’excrétion de l’élément trace ingéré et de son anatomie (taille, nature des téguments, surface de contact avec l’eau, etc.) [2].

Par rapport aux différentes parties du corps, les têtes accumulent beaucoup plus des ETM que les chairs, confirmant le fait que les branchies la tête entrent directement en contact avec de l’eau.

L’ordre d’accumulation des éléments traces métalliques dans les différentes espèces animales étudiées ( $\text{Ni} < \text{Pb} < \text{Zn} < \text{Mn} < \text{Co} < \text{Cu} < \text{Hg}$ ) obéit à leur ordre de concentration dans les eaux du collecteur et de la rivière Yolo.

Les valeurs du FBC du plomb chez les poissons sont nettement supérieures à celles qui ont rapporté des FBC de plomb de 15 à 17 les muscles de trois espèces *Distichodus fasciatus*, *Mormyrops anguilloides* et *Schilbemistus* du fleuve Congo et de 101 à 143, de 28 à 53 et 17 dans les muscles de deux espèces de Tilapias (*Oreochromis macrochir* et *Tilapia rendalli*) [14].

### **Conclusion:-**

La présente étude a révélé que les eaux du collecteur du quartier industriel dans la commune de Limete ainsi que celles de la rivière Yolo sont polluées par les sept éléments traces métalliques (Cu, Pb, Fe, Cd, Zn et Hg). Les échantillons de poissons analysés sont également contaminés par les sept éléments traces métalliques (Cu, Pb, Fe, Cd, Zn et Hg).

L’étude a aussi révélé des variations en fonction des espèces et entre les différentes parties des poissons étudiés des teneurs en éléments traces métalliques en fonction du régime alimentaire, les Clarias gariepinus (omnivores) accumulent plus d’ETM que le Tilapia niloticus (herbivore). Parmi les ETM, on note que les Ni, Pb, Zn et Mn se retrouvent être les éléments les plus accumulés par les deux espèces que ceux les Co, Cu et Hg.

Les résultats ont également révélé le risque cancérigène est réel pour plomb lié à la consommation des poissons *Clarias gariepinus* juvéniles ou adultes.

Cette contamination de deux espèces de poissons de la rivière Yolo constitue un facteur de risque non seulement pour la vie de ces espèces aquatiques, mais aussi pour la population de la ville de Kinshasa qui est le prédateur supérieur au bout de la chaîne alimentaire. Il se pose alors un véritable problème de santé publique associé à une consommation régulière de ces produits halieutiques.

### Remerciements:-

Nous exprimons nos sincères remerciements au Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM) de Kinshasa.

### Références:-

- [1] AUGIER.H, H., (2008). Livre noir de l'environnement. ALPHEE, Monaco, France, 605 pages.
- [2] MUSIBONO et al., 2006 Musibono, D., A., Ndelo, Biey, M., 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, in. revue de santé publique en République démocratique du Congo, volume I n°001 décembre 2006.
- [3] USEPA, 2002 USEPA, 2002. The Whole effluent testing methods in aquatic systems. Technical note. USEPA, Washington, DC
- [4] Carrier, G. et al, 2003 Carrier G et Bard D., 2003. Analyse du risque toxicologique, in environnemental et santé toxique, fondements et pratiques, pp 203 – 226.
- [5] Binzangi, 2016 BINZANGI, K., LUKIDIA, L. et MANSIANTIMA, L. 2009. Éléments pour l'élaboration d'une bonne politique environnementale, PRESSE DE L'Université Libre de Luozi, 167 p
- [6] Musibono, 2019 Musibono, D.E. & Day, J., 1999. The effect of Manganese on the mortality and growth of the amphipod *Paramelitanigroculus* exposed to mixtures of Al and Cu in acidic waters. In Journal of. Water Research vol. 33(1) : 213-219.
- [7] Francis LELO NZUZI, 2008. Kinshasa, ville et environnement, Harmatan, Paris, France.
- [8] Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2006. Le prélèvement d'échantillons en rivière techniques d'échantillonnage en vue d'analyses physico-chimiques. Guide du prélèvement d'échantillons en rivière.
- [9] CRGM, 2021 : Laboratoire du Centre de Recherches Géologiques et Minières de Kinshasa, 2021 RDC
- [10] Casas (2005) CASAS, S., 2005. Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen, Mémoire de thèse, Université du sud, Toulon Var, France, pages 363
- [11] Gay G., S. Denys, B. Doornaert, A. Coftier, B. Hazebrouck, N. Lever, M. Kimmel, et F. Quiot, 2007, 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, 45p
- [12] USEPA, 2002 USEPA, 2002. The Whole effluent testing methods in aquatic systems. Technical note. USEPA, Washington, DC.
- [13] FAO/FAO, (2018). Profils des pêches et de l'aquaculture par pays. République Démocratique du Congo, 2018.
- [14] Camille Nsimanda, E. Dieudonné Musibono, L. Norbert Basosila, et B.M. Bienvenu Wanga (2005) Etude préliminaire de la contamination au Cadmium et au Plomb de *Distichodus fasciolatus*, *Mormyrops anguilloides* et *Schilbemistus* au Pool Malebo (Fleuve Congo- Kinshasa/RD Congo) à Kinsuka, in International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 10 No. 1 Jan. 2015, pp. 176-183, <http://www.ijias.issr-journals.org/>
- [15] Jeff Nakweti, Willy Lusasi Swana et Jhon Tembeni M, (2021). Evaluation des éléments traces métalliques (Cadmium et Plomb) dans l'eau, les sédiments et deux espèces de poissons *Clarias gariepinus* (Brurchell, 1822) et *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) dans le Pool malebo (Fleuve Congo), RD Congo.