



RESEARCH ARTICLE

EVALUATION DE LA CONTAMINATION EN ELEMENTS -TRACES METALLIQUES (Mn, Co, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn) DES EAUX ET SEDIMENTS DE LA RIVIERE YOLO (Kinshasa, RDC)

Boko. L.F.¹, Musibono D.E.², Matand T.³, P. Ngelikoto P.³ and Iketsh L.B.⁴

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:-

Pollution, Industrial Waste, Toxic, Limete, Kinshasa

Abstract

This study aimed to determine the level of selected contaminants (Mn, Co, Cu, Pb, Hg, Ni and Zn) in the water and sediments of the Yolo River which receives effluent from the Limete Industrial District of the Limete area. (Kinshasa, DR Congo). Indeed, in the absence of treatment plants, all urban effluents from neighbourhoods drained by the river and those from industries installed in the neighbourhood are discharged into the collector and the Yolo River, one of the tributaries of the Congo River. The study made it possible to highlight the presence of seven (7) metallic trace elements (Cu, Pb, Fe, Cd, Zn and Hg) in the waters and sediments of the collector of the industrial district and the Yolo River in the city. of Kinshasa, considered problematic, given their toxic nature for living organisms, even at low concentrations of the elements. To do this, collected water samples of the composite type were obtained by mixing three spot samples taken at five stations using a bottle with the neck down at 30 cm depth. In contrast, the sediment samples were hand-collected from 0.5m depth and the resulting composite sediment core was packaged in a clean, labeled 500ml plastic box. All the water and sediment samples were stored in situ at 4°C in the cooler before being sent to the Center for Geological and Mining Research (CRGM) laboratory in Kinshasa for analysis. The physico-chemical parameters (pH, temperature, SS, BOD5) and metallic elements (Mn, Co, Cu, Pb, Hg, Ni and Zn) were determined in the waters and sediments of the Yolo River. The results showed that the chemical properties were superior to those of the WHO guide standards

Copy Right, IJAR, 2022, All rights reserved.

Introduction:-

La pollution industrielle est un défi majeur auquel sont confrontés les environnementalistes du monde entier. Même le changement climatique est une des conséquences délétères de la pollution, surtout industrielle utilisant des combustibles fossiles. En République Démocratique du Congo (RDC) en général et à Kinshasa en particulier,

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.

aucune disposition n'est prise pour prétraiter des effluents urbains et industriels avant leur déversés dans l'environnement récepteur [1].

Pourtant, ces rejets polluent les eaux réceptrices et perturbent la physiologie des écosystèmes aquatiques [2] qui, par la coexistence des phénomènes de bioaccumulation et de bioamplification, la chaîne alimentaire (les algues et poissons) seraient contaminés aux éléments - traces métalliques.

En plus de la dégradation des matières en suspension qui induit des effets dévastateurs sur la balance écologique de l'environnement aquatique et la contamination de la chaîne alimentaire par les éléments métalliques [1], nous pouvons affirmer que l'écosystème de la rivière Yolo est pollué et que cette pollution engendre des problèmes environnementaux, notamment le dégagement d'odeurs nauséabondes, la prolifération des maladies hydriques et la dégradation rapide de cadre et conditions de vie des populations riveraines et la contamination de la chaîne alimentaire qui aboutit à l'homme [2]. Ces externalités négatives constituent une anomalie pour l'environnement qu'on doit chercher à corriger à travers ce que qu'il est convenu d'appeler l'internalisation des externalités.

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, a été aménagé pour servir aux différentes activités industrielles. Il continu à jouer son rôle de « moteur » de l'économie de la ville et du pays. Il a comme limites:

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 [3]. 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.

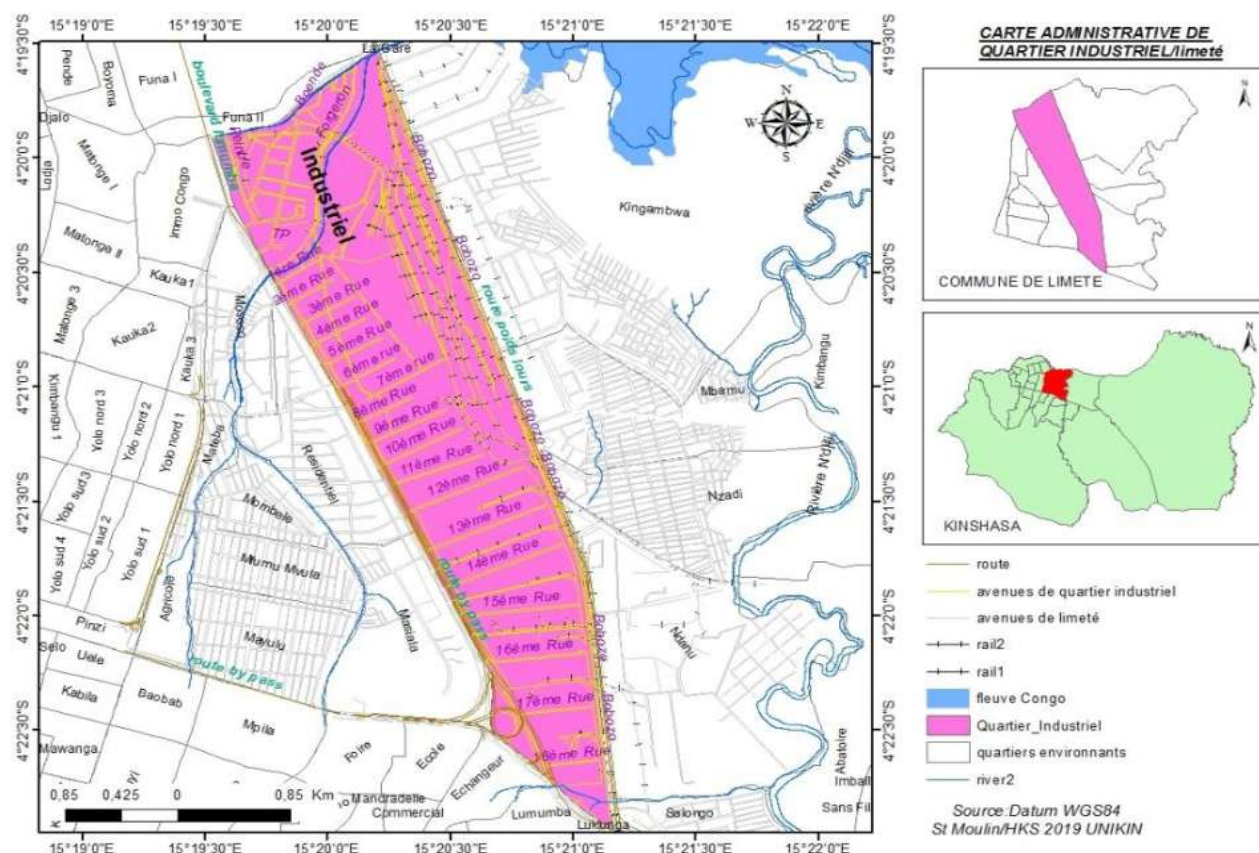


Figure 1:- Bassin versant de la rivière Yolo.

Échantillonnage et traitement

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 (Figure 1) des échantillons sont notamment : la station 1 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 [4], 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'eau, prélevés dans des flacons et conservés à 4°C, sont transportés directement au laboratoire pour analyse.

Prélèvement des sédiments

Les sédiments ont été prélevés à la main à 0,5 m en surface à l'aide d'une raclette de 500 mL remplis au plein. Les échantillons ont été ensuite mélangés pour former un échantillon composite afin de réduire la variation des résultats et l'incertitude entourant la valeur moyenne obtenue dans l'analyse en laboratoire des paramètres recherchés. Pour chacun d'eux, nous avons retiré l'eau surnageante et les éléments atypiques [4].

Tous les échantillons des eaux et sédiments ont été stockés in situ à 4 °C dans la glacière avant d'être envoyés dans les 24 heures au laboratoire Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM) de Kinshasa.

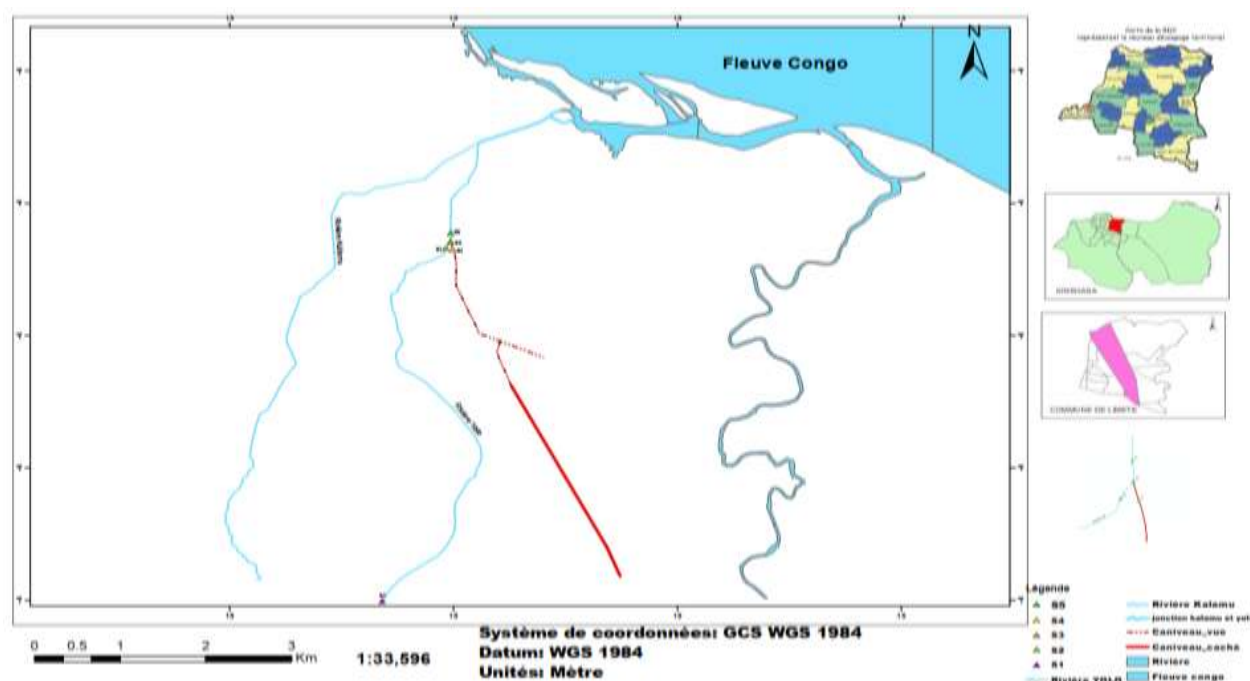


Figure 1:- Localisation sites de prélèvement des échantillons.

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

Analyse des paramètres physiques et chimiques des eaux

Dans chacun des points, la température et le pH ont été mesurés in situ à l'aide d'un multimètre HACH HQ 40 d. Les différentes analyses des échantillons d'eau ont été réalisés suivant les protocoles des normes spécifiques, notamment ISO 15705 pour la DCO, NF EN 872 pour les MES, tandis que la DBO5 était déterminée par la méthode manométrique. Au laboratoire, les paramètres physico-chimiques ci-après ont été évalués : la température (T°C), le potentiel d'hydrogène (pH), la conductivité thermique, demande biochimique en oxygène (DBO5) ; les matières en suspension (MES). Ces indicateurs de pollution sont importants pour plusieurs raisons : la température (T) joue un rôle important car elle influence le métabolisme général et la solubilité des gaz dans l'eau, le potentiel d'hydrogène (pH) mesure l'acidité ou le caractère alcalin de l'eau, et joue un rôle important dans la définition du caractère agressif ou incrustant de l'eau. Une élévation de la température supérieure à 3°C peut perturber fortement le milieu récepteur (pollution thermique) et les matières en suspension. La conductivité thermique ($\mu\text{S}/\text{cm}$) renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau, c'est-à-dire l'état ionique de l'eau brute. Elle est influencée par plusieurs facteurs naturels et anthropiques dont la géologie du bassin versant (composition des roches), les apports d'eau souterraine, la température de l'eau (conductivité élevée lorsque la température augmente), l'évaporation de l'eau des cours d'eau (qui augmente ou diminue la concentration d'ions dans l'eau) ; La demande biochimique en oxygène (DBO5) est un indicateur de pollution organique des eaux ; elle exprime le niveau de biodégradabilité de l'effluent après 5 jours d'incubation à l'obscurité. Elle s'exprime en milligramme d'oxygène par litre ($\text{mg O}_2/\text{L}$) ; les matières en suspension (MES) sont responsables de la turbidité et de la couleur de l'eau et les éléments métalliques, souvent utilisés comme stabilisants dans la fabrication des colorants industriels sont, par le phénomène de bioaccumulation, considérés comme mutagènes, cancérogènes et tératogènes[5].

Analyse des paramètres chimiques des sédiments

Au laboratoire, les échantillons ont été mis à sécher à l'air libre pendant au moins cinq jours puis séchés à l'étuve à 110°C pendant 48 heures (Etuve VWR DL 53). Les échantillons séchés de granulométrie inférieure à 2 millimètres ont subi un triage manuel et visuel pour obtenir les différentes (Tamis Retsch), ensuite mélangés dans un bécher en

plastique de 1 litre et séparés à l'aide d'un séparateur universel de Gilson afin de réduire la taille de l'échantillon. Les divers traitements thermiques à température régulée ont été réalisés à l'aide du four Hodersalmodelo HD 200 (100°C à 1200°C)[6].

La teneur des contaminants sélectionnés a été analysée par spectrométrie à fluorescence X, technique analytique non destructive permettant d'obtenir des analyses quantitatives élémentaires [6].

Traitement Statistique Des Donnees

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 relatives à la qualité des eaux et des sédiments.

Caractéristiques physicochimiques des eaux

Paramètres physiques

Les figures 2:- 6 reprennent les différents paramètres physiques des eaux.

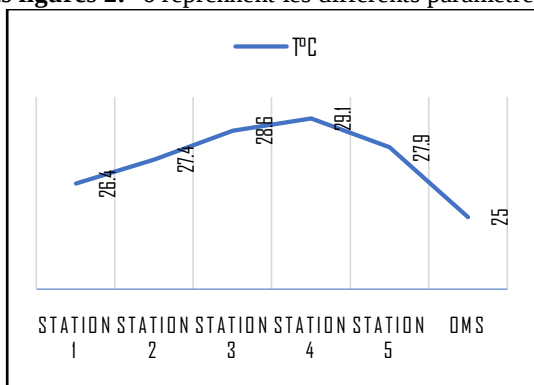


Figure 2. Evolution de la température moyenne des eaux des stations

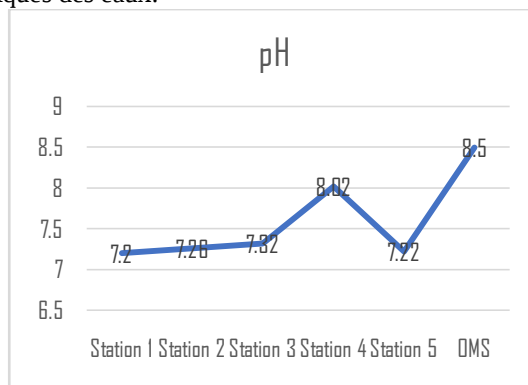


Figure 3. Valeurs moyennes de pH des eaux des stations

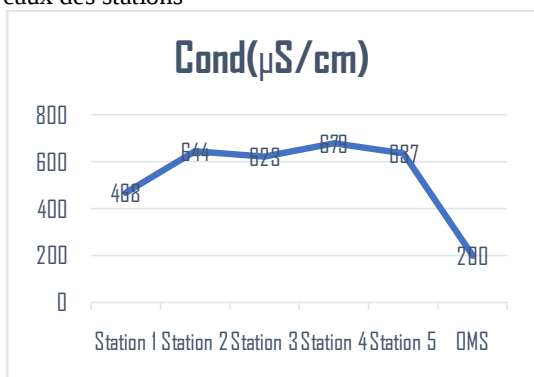


Figure 4. Evolution de la conductivité thermique des eaux

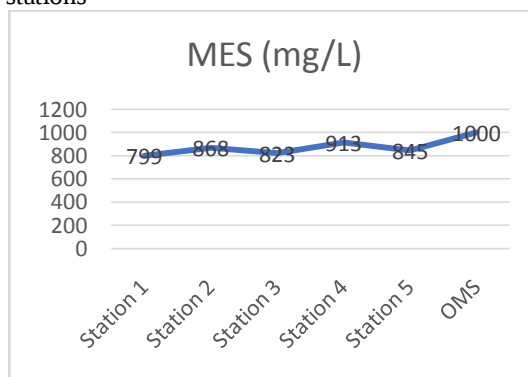


Figure 5. Teneur moyenne en matières en suspension

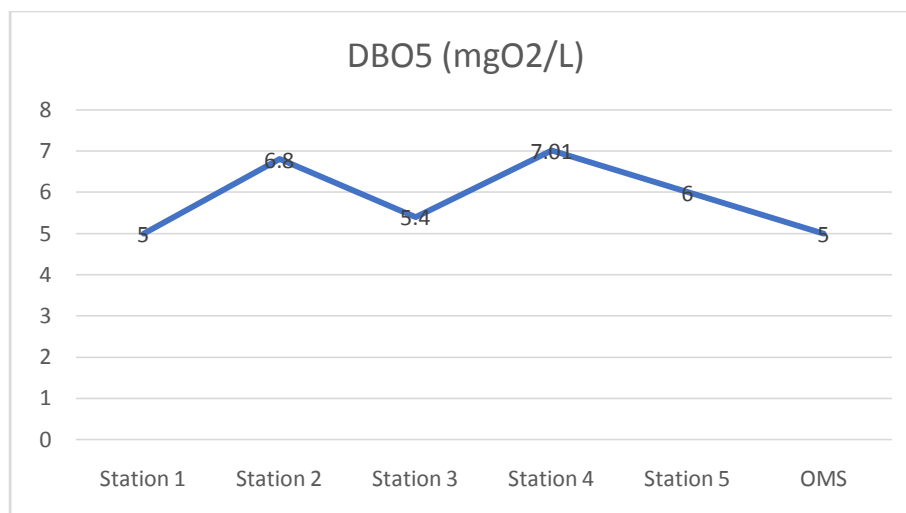


Figure 6:- Valeurs moyennes de la DBO5 des eaux.

L'examen des résultats des analyses physiques de l'eau de la rivière Yolo permet les observations suivantes :

1. Les températures rencontrées en surface dans les eaux de la rivière et du collecteur varient entre 26,4°C (Station 1) et 29,1°C (Station 4) avec une moyenne de 27,88°C. Toutes ces valeurs 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) tel que rapporté dans les études antérieures [6].
2. Les valeurs observées dans les eaux de la rivière et du collecteur sont légèrement neutres. Les valeurs les plus élevées du pH ont été enregistrées à la station 4, située respectivement dans le collecteur soumis au déversement des effluents industriels chauds dans le collecteur.
3. Les valeurs la conductivité thermique observées dans les eaux varie de 468 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 679 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 610,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées à la station, située respectivement dans le collecteur.
4. Les valeurs la matière en suspension observées sont comprises entre 799 mg/L et 913 mg/, avec une moyenne de 849,6. Ces valeurs sont inférieures à la valeur de non dépassement fixées par l'OMS (1000 mg/L).
5. Les valeurs de la demande biochimique en oxygène observées sont comprises de 5,00 mg/L et 7,01 mg/L. Ces valeurs sont supérieures aux valeurs guides fixées par l'OMS (5 mg/L).

Paramètres chimiques des eaux

Tableau 2:- Le tableau Teneur moyenne en éléments traces métalliques des eaux.

Station	Mn	Pb	Hg	Cu	Zn	Ni	Co
Station 1	0,121	0,010	0,009	0,579	2,753	0,065	3,98
Station 2	0,296	0,024	0,009	1,970	2,790	0,026	18,32
Station 3	0,422	0,017	0,030	5,550	4,373	0,012	12,00
Station 4	1,234	0,245	0,596	19,874	21,235	0,531	58,96
Station 5	0,860	0,028	0,010	4,340	4,160	0,052	15,16
Moyenne	0,587	0,065	0,131	6,463	11,098	0,137	21,68
OMS	0,500	0,005	0,006	2,000	3,000	0,070	0,005

L'examen des résultats (Tableau 2) des analyses chimiques de l'eau 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.

Corrélation entre les éléments traces métalliques dans les eaux

Tableau 3:- Matrice de corrélation des éléments traces métalliques dans les eaux.

	Mn	Pb	Hg	Cu	Zn	Ni	Co
Mn	1						
Pb	0,82923821	1					
Hg	0,79857724	0,99662057	1				
Cu	0,87541713	0,9730717	0,97381108	1			
Zn	0,83647739	0,99550049	0,99718515	0,98643311	1		
Ni	0,79346121	0,99180344	0,99256166	0,94883118	0,98751295	1	
Co	0,85018789	0,98163844	0,96799701	0,96314749	0,96966267	0,95136287	1

Le tableau 3 montre une corrélation positive élevée et modérée entre les différents métaux. Les coefficients sont fortement corrélés entre Hg/Pb, Zn/Pb et Zn/Cu ; Zn/Cu, Ni/Cu et Co/Cu et Co/Ni et modérés entre Cu/Pb, Cu/Hg, Ni/Cu, C/Pb, Co/Hg, Co/Cu, Co/Zn et Co/Ni. La relation positive observée entre différents métaux indique leurs sources communes possibles à partir des activités industrielles et/ou urbaines ainsi que des comportements comparables dans les eaux. Cependant, il n'existe aucune corrélation entre tous les éléments et le Manganèse.

Corrélation entre stations

Tableau 4:- Matrice de corrélation des éléments traces métalliques entre les stations.

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5
Station 1	1				
Station 2	0,87114218	1			
Station 3	0,88975389	0,92651669	1		
Station 4	0,92488044	0,95934852	0,99195	1	
Station 5	0,90208466	0,98012896	0,98173762	0,99427723	1

Le tableau 4 montre une corrélation positive élevée entre la station 4/la station 3 et la station 5/ la station 4 ; une corrélation positive modérée entre la station 5 / la station 2, la station 5/ la station 3, la station 4/ la station 1, la station 4/ la station 2 ; et une corrélation faiblement positive entre la station 2/ la station 1, la station 3/ la station1, la station3 / la station2. La relation positive observée entre stations indique leurs sources communes à partir des rejets industriels du quartier industriel.

Composition des sédiments

Tableau 5:- Caractéristiques physiques des sédiments.

Station	% H2O	% MP	% DV	% DD	%DM	% M. O
Station 1	45,62	1,69	14,56	31,24	-	6,89
Station 2	61,96	0,40	1,21	28,32	-	8,11
Station 3	57,89	1,87	9,95	18,38	1,26	10,65
Station 4	60,85	1,32	8,21	14,5	2,01	13,11
Station 5	53,47	2,04	7,81	24,36	-	12,32

Les résultats sur les caractéristiques physiques des sédiments de la rivière Yolo et du collecteur du quartier industriel révèlent ce qui suit :

1. La teneur en eau des sédiments représente 61,96% la station 2 ; 60,85% dans la station 4 ; 57,89 % dans la station 3 ; 53,47% dans la station 5 et 45,62% dans la station 1.
2. La teneur en plastiques des sédiments représente de 2,04 % dans la station 5 ; 1,87 % dans la station 3 ; 1,69 % dans la station 1 ; 1,32 % dans la station 4 et 0,4% dans la station 2.
3. La teneur en débris végétaux des sédiments représente 14,56 % la station 1 ; 9,95 % dans la station 3 ; 8,21 % dans la station 4 ; 7,81 % dans la station 5 et 1,21 % dans la station 2.
4. La teneur en débris divers des sédiments représente 31,24 % dans la station 1 ; 28,32 % dans la station 4 ; 24,36 % dans la station 5 ; 18,38 % dans la station 3 et 14,5 % dans la station 4.
5. La teneur en débris métalliques des sédiments représente 2,01 % dans la station 4 et de 1,26 % dans la station 3.

6. La teneur en matières organiques des sédiments représente 13,11 % dans la station 1 ; 12,32 % dans la station 5 ; 10,65% dans la station 3 ; 8,11 % dans la station 2 et 6,89 % dans la station 1.

A la lumière de ces résultats, nous constatons que la pollution des sédiments de la rivière Yolo et du collecteur du quartier, comparativement aux différentes stations, se présente de la manière suivante : la station 5, située à 100 mètres en aval du point de rejet des effluents dans la rivière Yolo, contient plus de matières plastiques ; la station 1, située à la source de la rivière Yolo, contient plus de débris végétaux et débris divers et la stations 4, située dans le collecteur du quartier à 100 mètres du point de rejet des effluents dans la rivière Yolo, contient plus de débris métalliques.

Paramètres physiques des sédiments

Tableau 6:- Caractéristiques physiques des sediments.

Station	T°C	pH	Cond(μS/cm)	MES (mg/L)	DBO5 (mgO2/L)
Station 1	26,4	7,2	468	799	5
Station 2	27,4	7,26	644	868	6,8
Station 3	28,6	7,32	623	823	5,4
Station 4	29,1	8,02	679	913	7,01
Station 5	27,9	7,22	637	845	6
Moyenne	27,88	7,4	610,2	849,6	6,04
OMS	25	6,5 – 8,5	≤ 200	≤ 1000	≤ 5

L'examen des résultats (Tableau 2) des analyses physiques de l'eau de la rivière Yolo permet de dire que les moyennes de température (27,88°C), de la conductivité thermique (610,2μS/cm) et la demande biochimique en oxygène 6,04mgO2/L sont supérieures aux normes de l'OMS, respectivement de (25°C), (≤ 200μS/cm et ≤ 5mgO2/L. par contre, le potentiel hydrogène et la teneur en matières en suspension sont inférieures aux normes de l'OMS. Les valeurs les plus élevées sont observées dans la station 4, située respectivement dans le collecteur.

Paramètres chimiques des sédiments

Tableau 7:- Concentration moyenne en éléments traces (mg/kg) dans les sediments.

Station	Mn	Pb	Hg	Cu	Zn	Ni	Co
Station 1	62,112	0,189	0,32	5,89	65,71	0,221	29,12
Station 2	86,06	0,383	1,38	10,37	349,43	0,298	55,81
Station 3	180,363	0,635	1,05	27,49	95,58	0,56	60,47
Station 4	291,1	2,845	2,79	128,83	735,21	1,921	312,3
Station 5	287,947	0,903	1,87	17,69	119,03	0,699	75,59
Moyenne	181,516	0,991	1,482	38,054	272,988	0,739	106,658
OMS	0,4	0,01	0,17	2	5000	0,07	0,05

L'examen des résultats des analyses chimiques des eaux du collecteur et de la rivière Yolo permet de conclure que, hormis le mercure dont la teneur moyenne est de 1,482 mg/kg, les teneurs moyennes en tous les éléments traces métalliques sont supérieures aux normes de l'OMS : 181,5 pour le manganèse, 0,991 pour le plomb, 38,054 pour le cuivre, 272,988 pour le zinc, 0,739 pour le nickel et 106,658 pour le cobalt. Les plus grandes valeurs sont enregistrées au niveau des stations 4, située respectivement dans le collecteur. Cette variation de la teneur en ETM est due à un apport en ETM attribuables aux effluents industriels rejetés sans traitement préalable (station 4) et à ces derniers associés au lessivage urbain (station 5).

Corrélation entre les éléments traces métalliques.

Tableau 8:- Matrice de corrélation des éléments traces métalliques dans les sediments.

	Mn	Pb	Hg	Cu	Zn	Ni	Co
Mn	1						
Pb	0,75205832	1					
Hg	0,83610428	0,89513194	1				
Cu	0,64256422	0,98350311	0,81982003	1			
Zn	0,42629814	0,87294511	0,82126201	0,88923279	1		

Ni	0,77145472	0,99858131	0,88749778	0,98172383	0,84833929	1	
Co	0,66502904	0,99204443	0,86757209	0,99182498	0,9180324	0,98574751	1

Le tableau 5 montre une corrélation positive élevée entre Cu/Pb, Ni/Pb, Ni/Cu, Co/Pb et Co/Ni ; une corrélation positive modérée entre Pb/Mn, Hg/Mn ; Hg/Pb ; Cu/Hg, Zn/Hg, Zn/Cu, Ni/Mn, Ni/Hg, Ni/Zn, Co/Hg, Ni/Mn et Co/Zn et une corrélation faiblement positive entre Cu/Mn, Zn/Mn et Co/Mn.

Corrélation entre stations

Tableau 9:- Corrélation des caractéristiques physiques des sédiments entre stations.

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5
Station 1	1				
Station 2	0,99033379	1			
Station 3	0,98855249	0,99991862	1		
Station 4	0,99013475	0,99999887	0,99993619	1	
Station 5	0,98892354	0,99995026	0,99999549	0,99996376	1

Le tableau 6 montre une corrélation positive élevée entre la station 4/la station 2 et la station 5/ la station3 ; corrélation positive modérée entre la station 3/ la station2, la station 4/ la station 3 et la station 5/ la station 2, la station 5/ la station 4 et une corrélation faiblement positive entre la station 2/ la station1, la station 3 / la station1, la station 4 / la station 1 et la station 5/ la station 1.

Facteur de contamination (FC) des sédiments

Le facteur de contamination (FC) des sédiments par station de prélèvement repris dans le tableau 3 a été calculé selon l'approche SBA « Sediment Background Approach »[7].

Tableau 10:-Facteur de contamination des sédiments de la rivière Yolo et du collecteur.

Station	Mn	Pb	Hg	Cu	Zn	Ni	Co
Station 1	1	1	1	1	1	1	1
Station 2	1,39	2,03	4,31	1,76	5,32	1,35	1,92
Station 3	4,64	4,78	5,84	3,00	1,81	3,16	2,60
Station 4	4,69	15,05	8,72	21,87	11,19	8,69	10,72
Station 5	2,90	3,36	3,28	4,67	1,45	2,53	2,08

L'examen des résultats des analyses des facteurs de contamination des sédiments du collecteur et de la rivière Yolo permet les observations suivantes : les indices de pollution sont de très forte contamination pour la station 4, une contamination modérée pour les stations 2,3 et 5 et une contamination nulle à la station 1.

Indice de charge de pollution (PLI) des sédiments

L'indice de charge de pollution (PLI) des sédiments par station repris dans le tableau 10 a été calculé par la formuleci-dessous :

$$PLI = \sqrt[n]{FC1 \times FC2 \times FC3 \times \dots \times FCn}$$

où : FC est le facteur de contamination, n le nombre d'éléments analysés, $C_{\text{métal}}$ la concentration de l'élément dans l'échantillon de sédiment et $C_{\text{background}}$ est la valeur de fond géochimique de l'élément.

Tableau 11:- L'indice de charge de pollution (PLI) des sediments.

Station	Mn	Pb	Hg	Cu	Zn	Ni	Co	PLI
Station 1	1	1	1	1	1	1	1	1
Station 2	1,386	2,026	4,313	1,760	5,318	1,348	1,916	2,250
Station 3	4,620	4,7	5,844	3,003	1,818	3,163	2,596	3,439
Station 4	4,687	15,052	8,719	21,873	11,463	8,692	10,725	10,532
Station 5	2,903	3,360	3,281	4,667	1,545	2,534	2,077	2,758

L'examen des résultats des analyses des indices de charge de pollution des sédiments du collecteur et de la rivière Yolo permet les observations suivantes : l'indice est de 10,532pour la station 4, 3,439 pour la station 3, 2,758 pour la station 5 et 2,250 pour la station 2.

Discussion:-

Les résultats ont montré que les éléments traces métalliques sélectionnés et analysés sont bien présents dans les eaux et sédiment du collecteur du quartier Limete industriel et de la rivière Yolo.

La température moyenne de 27,88°C s'expliquerait par la période choisie pour la réalisation de cette étude qui correspond à la saison sèche dans la ville de Kinshasa dont les moyennes se situent entre 19 et 30°C. Il sied de noter qu'une température élevée réduit la solubilité des gaz dans l'eau et en particulier les teneurs en oxygène et une température basse affecte l'autoépuration des eaux de la rivière.

La faible teneur des eaux en matières en suspension et en la demande biochimique en oxygène pourrait également s'expliquer par la période choisie pour la réalisation de cette étude qui correspond à la saison sèche dans la ville de Kinshasa dont l'apport du au lessivage urbain est nul.

Le facteur de contamination très élevé et l'indice de charge de pollution des sédiments sont observés à la station 4, considéré comme très dangereux pour l'environnement par rapport à d'autres stations serait attribuable aux effluents industriels rejetés sans traitement préalable, en plus d'effluents urbains.

Conclusion et Recommandations:-

Au terme de notre travail de recherche sur le collecteur du quartier industriel de la commune de Limete et de la rivière Yolo à Kinshasa, portant sur les paramètres physiques et chimiques des eaux et des sédiments, les résultats montrent que les concentrations éléments traces métalliques étudiées sont relativement très élevées dans tous les points de prélèvement, et dépassent largement les normes ou directives fixées par l'OMS.

Ce qui nous permet de conclure que la qualité physico-chimique des eaux et des sédiments de la rivière Yolo présentent un risque, tant pour les ressources aquatiques que pour les consommateurs par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire, provoquant ainsi des effets indésirables sur la santé humaine.

Pour mettre fin à cette forme de pollution, l'internalisation doit se faire à travers trois approches : l'approche administrative à travers l'application stricte des règles ou normes, l'approche économique par l'utilisation des mécanismes ou incitations économiques et, enfin, l'approche privée à travers les processus de négociation. En attendant, des mesures d'urgence devraient interdire l'utilisation des eaux du cours d'eau à des fins domestiques, agricoles, récréatives, mais aussi la consommation des produits halieutiques par la population.

Remerciements:-

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

Références:-

- [1] VALLEE.A. (2002). Economie de l'environnement. SEUIL, Paris, 346 pages.
- [2] AUGIER, 2008 AUGIER.H, H., (2008). Livre noir de l'environnement. ALPHEE, Monaco, France, 605 pages.
- [3] Francis LELO NZUZI, 2008. Kinshasa, ville et environnement, Harmatan, Paris, France.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] CRGM, 2021 : Laboratoire du Centre de Recherches Géologiques et Minières de Kinshasa, RDC.
- [6] CRGM, 2021 : Laboratoire du Centre de Recherches Géologiques et Minières de Kinshasa, 2021 RDC
- [7] B. Glozel-Leloup et Ph. Freyssinet (2003). Valeurs guides intervenant dans la gestion des sédiments et méthodologie d'élaboration de ces valeurs : synthèse Bibliographique, Géosciences pour une terre Durable, BRGM/PR -51735-FR, Ministère de l'écologie et du développement durable, France.