

Caractérisation de quelques polluants chimiques et bactériologiques des rivières Mokali et Tshuenge à Kinshasa (République Démocratique du Congo)

[Some chemicals and bacteriological pollutants characteristics of Mokali and Tshuenge rivers at Kinshasa (Democratic Republic of Congo)]

Zénon Freddy FALANGA N'KI-ADI¹, Emmanuel BIEY MAKALY², and Dieudonné MUSIBONO EYUL ANKI²

¹Direction du Corps des Inspecteurs Nationaux, Ministère de l'Agriculture, RD Congo

²Laboratoire d'éco toxicologie, Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P.190 Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Mokali and Tshuenge rivers are located in North-East ant at 20 km in the centre of Kinshasa. For well to know the nature of pollutions of each river, the chemicals and physics and analysis have been realised. This study was realised from water taken in five points of sample by river and by season. The bacteriological and chemicals analysis has proved the pollution of these both watercourses. Whereas the chemicals and physics analysis have showed that these rivers are not polluted.

KEYWORDS: characterisation, chemicals pollutants and bacteriological, rivers, pollution.

RÉSUMÉ: Les rivières Mokali et Tshuenge sont situées au nord-est et à 20 km du centre-ville de Kinshasa. Pour mieux connaître la nature de pollutions de chaque cours d'eau, les analyses physiques, chimiques et bactériologiques ont été effectuées. Cette étude a été réalisée à partir des échantillons d'eau prélevés à cinq points de prélèvement par rivière et par saison. Les analyses bactériologiques et chimiques ont prouvé la pollution de ces deux cours d'eau. Tandis que les analyses physiques ont montré que ces rivières ne sont pas polluées.

MOTS-CLEFS: caractérisation, polluants chimiques et bactériologiques, rivières, pollution.

1 INTRODUCTION

Kinshasa, grande métropole de la République Démocratique du Congo, n'échappe pas aux problèmes des pollutions d'origines diverses. Quotidiennement, elle produit, selon les statistiques 2016 de la mairie de Kinshasa, 9.000 tonnes des déchets solides. Par manque d'assainissement adéquat, ces déchets sont déversés en majeure partie dans les cours d'eau, les rues, les égouts à ciel ouvert devenant ainsi des poubelles publiques ou lieux de décharges. Ce qui provoque l'insalubrité généralisée, les mauvaises conditions d'hygiène individuelle et collective.

C'est ce à quoi plusieurs auteurs ([1], [2], [3],[4], [5]) s'étaient penchés pour le degré de pollution des eaux urbaines de la Ville de Kinshasa et conclu respectivement que : (i) les valeurs de pH en amont de rivières Mokali et Tshuenge sont acides (5,5 et 5,9) pendant les saisons de pluies et sèche et légèrement acides dans ces mêmes cours d'eau du centre en aval ; (ii) la pollution dans les rivières Yolo, Kalamu, Lukunga et Funa sont importantes en saison pluvieuse qu'en saison sèche ; (iii) les valeurs observées pour le phosphate de la rivière Lukunga (0,6 mg/l) sont inférieures à la valeur guide et (iv) le cumul de nitrate

et de phosphate aux fonds de la Lukunga forment des dépôts qui entament la qualité de l'eau de rivières urbaines. Il en est de même de résultats obtenus par [5]) dans le Pool-Malebo.

Malgré les efforts conjugués par diverses institutions tant nationales qu'internationales pour venir à bout de cette question de pollution des eaux urbaines de Kinshasa, elle en demeure sans solutions durables. C'est dans la recherche de solutions visant la gestion rationnelle de cours d'eau urbains que se situe la présente étude qui se propose de caractériser quelques polluants chimiques et bactériologiques de rivières Mokali et Tshuenge.

2 MILIEU, MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Localisées dans la partie orientale de la ville de Kinshasa, les rivières précitées sont situées au nord-est et à 20 km du centre-ville de Kinshasa. Le site est situé entre les latitudes (04°22'33,6"- 04°27'36,0" Sud) et les longitudes (015°23'24,6"- 015°28'49,1" Est). Son climat est tropical chaud et humide. Selon le Centre de Recherches Géologiques et Minières de la République Démocratique du Congo (2012), le substratum géologique du site étudié est dominé par les formations de couverture d'âge Pléistocène à Pliocène et constituées de plusieurs types de dépôts sableux.

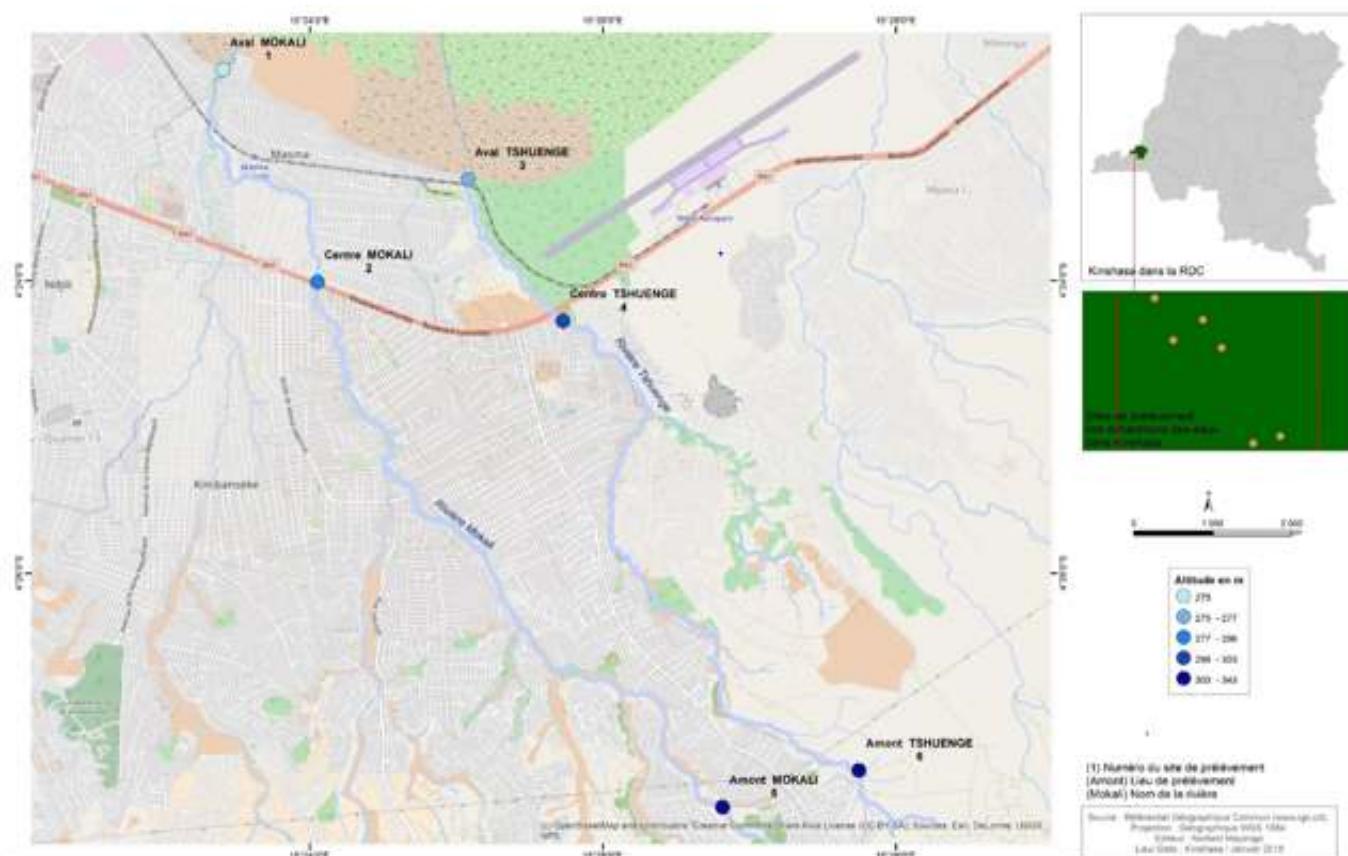


Fig. 1. Carte des sites de différents prélèvements des échantillons des eaux des rivières Mokali et Tshuenge (FALANGA, 2017)

2.2 MATÉRIEL, MÉTHODES

Le matériel utilisé était composé d'échantillons d'eau provenant de deux rivières. Ils ont été prélevés manuellement, comme le préconise [6] avec des récipients (bouteilles ou flacons) adaptés et rincés une à deux fois avec l'eau de rivières à échantillonner.

Outre les paramètres directement mesurés in situ (température, pH, conductivité, turbidité, oxygène dissous), suite à leur variation rapide s'ils sont séparés de leur milieu naturel, les autres paramètres chimiques, c'est-à-dire les matières oxydables

(MO), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO₅), le fer (Fe), le phosphate (PO₄), le nitrate (NO₃), le nitrite (NO₂) et l'ammonium (NH₄) ont été analysés en se conformant aux modes opératoires du matériel de laboratoire utilisé.

La DCO a été déterminée par l'expression $DCO = \frac{[(B-A) * 8000 * N * FC]}{X}$ Où A = ml de FAS/échantillon, B = ml de FAS eau distillée ou blanc, N = Normalité de la solution titrant soit 0,125 de sel de Mohr, X = ml de l'échantillon examiné et FC = facteur de correction est égale à 1 ([7])

Les analyses bactériologiques ont été également effectuées, en vue de déterminer le nombre de bactéries d'origine fécale contenues dans l'eau pouvant la rendre impropre à la consommation ou à la baignade. Elles ont permis aussi d'établir si les bactéries de type décomposeur, naturellement présentes dans les cours d'eau, sont en équilibre.

Outre les deux analyses sus-décrites, les indices suivants ont été également évalués :

L'indice de pollution organique (IPO) de chaque cours d'eau a été calculé en faisant la moyenne de classes des valeurs de la DBO₅, de l'NH₄⁺, du NO₂⁻ et du PO₄ (tableau 1.) trouvés après analyse au laboratoire. D'après Leclercq (2001), cet indice est dynamique selon la période de l'année et a aidé l'étude à connaître exactement la nature des polluants et à obtenir leur teneur. Quant à l'interprétation de la moyenne de classes, elle a été effectuée en se référant au tableau 2.

Tableau 1. Limites de classes pour l'indice de pollution organique (IPO)

Classes	Paramètres			
	DBO ₅ mg-O ₂ /l	Ammonium mg-N/l	Nitrites µ-N/l	Phosphates µ-P/l
5	< 2	< 0,1	5	15
4	2 – 5	0,1 – 0,9	6 – 10	16 – 75
3	5,1 – 10	1 -2,4	11 – 50	76 – 250
2	10,1 -15	2,5 -6	51 – 150	251 -900
1	> 15	> 6	> 150	> 900

Source : [8]

Tableau 2. Interprétation de la moyenne des classes de l'IPO

Moyenne des classes	Niveau de pollution organique
5,0 – 4,6	Nulle
4,5 – 4,0	Faible
3,9 – 3,0	Modéré
2,9 -2,0	Forte
1,9 – 1,0	Très forte

Source : [8]

Quant à l'indice de la pollution bactériologique, il a été déterminé en faisant les moyennes des valeurs des classes de bactéries totales, de coliformes fécaux et de streptocoques fécaux. Il a consisté à déterminer une classe pour un intervalle donné de qualité de bactéries (tableau 3.) et par la suite à calculer une moyenne pour établir le niveau de contamination (tableau 4.)

Le niveau de contamination déterminé est étroitement lié au débit, au lessivage et au moment de prélèvement. Comme les analyses chimiques et analyses bactériologiques ne sont, encore une fois, qu'une photo d'un instant précis, ces méthodes n'ont malheureusement pas d'effet intégrateur, puisque les bactéries d'origine fécale sont destinées à mourir graduellement si la rivière n'est pas à une température adéquate pour leur développement ([8]). L'interprétation de l'IQM calculé s'est réalisée comme celui de l'IPO.

C'est pourquoi, l'étude a déterminé le mois le plus pluvieux (Avril) et le plus sec (Août) comme périodes d'échantillonnage.

Tableau 3. Limites des classes pour l'indice de qualité microbiologique (IQM)

Classe	Bactéries totales/ml	Coliformes fécaux/ml	Streptocoques fécaux/ml
5	< 2.000	< 100	< 5
4	2.000 – 9.000	100 – 500	5 – 10
3	9.000 – 45.000	500 – 2.500	10 – 50
2	45.000 -360.000	2.500 – 20.000	50 – 500
1	> 360.000	> 20.000	> 500

Source : [8]

Tableau 4. Interprétation de la moyenne des classes de l'IQM

IQM	Contamination fécale
4,3 – 5,0	Nulle
3,5 – 4,2	Faible
2,7 – 3,4	Modérée
1,9 -2,6	Forte
1,0 – 1,8	Très forte

Source : [8]

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

Tableau 5. Résultats des paramètres physiques des échantillons des rivières Mokali et Tshuenge

Rivières	Position site	1 ^{er} prélèvement en période de crue							2 ^{ème} prélèvement en période d'étiage					
		N° site	Paramètres						Paramètres					
			pH	T (°C)	O ₂ dissous (mg/l)	Turb. (NTU)	Coul. (Hazen)	Cond. (µs/cm)	pH	T (°C)	O ₂ dissous (mg/l)	Turb. (NTU)	Coul. (Hazen)	Cond. (µs/cm)
MOKALI	Amont	6	5,5	29,1	0,44	45,4	410	16	5,9	24,8	1,21	41,8	350	21,5
	Centre	2	6,3	25,5	0,36	29,1	220	182	6,6	23,3	0,99	37,9	250	250
	Aval	1	6,7	25,5	0,35	14,6	110	349	6,7	23,7	0,95	9,8	90	293
TSHUENGE	Amont	5	5,7	26,9	0,34	11,6	180	16	6,5	23,2	0,94	9,8	130	16
	Centre	4	6,2	26,6	0,42	38,6	320	105	6,3	24,1	1,16	37	270	91,8
	Aval	3	6,1	26,5	0,50	23,7	190	155	6,3	24,9	1,38	16	120	142

Il ressort de l'analyse (tableau 5) que la température et le pH sont moins variables pendant les deux périodes (crue et étiage). Par ailleurs, la quantité d'oxygène dissous est près de trois fois importante en saison sèche en amont de Mokali (1,21mg/l) car il y a présence d'une grande quantité de substances organiques dissoutes qui favorise l'activité bactérienne, ce qui provoque une diminution de la concentration en oxygène dissous, vital pour la flore et la faune aquatique. Quant à la turbidité, elle est plus accentuée en saison de pluie qu'en saison sèche, suite au charriage des impuretés (MES) pendant cette période et affecte la coloration de l'eau. S'agissant de la rivière Tshuenge, les températures sont plus élevées pendant la saison de pluie et la quantité en oxygène dissous est plus importante en aval (0,94) pendant la saison sèche : consécutif à la présence de la végétation dans le lit de la rivière. Comme pour Mokali, la turbidité de Tshuenge est plus importante en saison de pluie.

Tableau 6. Résultats des analyses chimiques

Rivières	Position site	Prélèvement crue							Prélèvement étiage						
		Paramètres							Paramètres						
		DCO	DBO ₅	Fe	PO ₄ ⁻³	NO ₃	NO ₂	NH ₄	DCO	DBO ₅	Fe	PO ₄ ⁻³	NO ₃	NO ₂	NH ₄
MOKALI	Amont	65	7	0,30	0,434	15,4	0,129	0,06	55	2	0,17	0,622	6,4	0,171	0,11
	Centre	15	10	0,33	0,086	8,3	0,014	0,04	20	5	0,36	0,169	7,5	0,033	0,15
	Aval	30	6	0,53	0,018	6,3	0,010	0,04	20	6	0,66	0,031	6,8	0,013	0,14
	Moyenne	37	8	0,38	0,179	10	0,051	0,04	32	4	0,39	0,274	6,9	0,072	0,13
TSHUENGE	Amont	10	8	0,38	0,052	7,4	0,013	0,06	20	5	1,44	0,077	4,7	0,043	0,09
	Centre	20	11	0,59	0,044	6,8	0,013	0,03	25	9	0,82	0,050	5,8	0,017	0,12
	Aval	30	5	0,19	0,888	2,5	0,003	0,01	20	3	1,34	0,027	3,0	0,010	0,06
	Moyenne	20	8	0,38	0,328	5,6	0,009	0,03	22	6	1,2	0,051	4,5	0,023	0,09

L'examen du tableau 6 ci-dessus permet de comprendre que la DCO varie peu pendant les deux saisons. Tandis que la DBO₅ en saison de pluie est le double de celle d'étiage suite à l'apport des éléments polluants lors des averses. Le fer est constant. En amont, ces éléments sont moins nombreux dans les apports agricoles et urbains. Au centre, suite à l'accumulation des apports, la concentration devient significative pour continuer en aval.

Tableau 7. Résultats de l'analyse bactériologique des échantillons des rivières Mokali et Tshuenge

Rivières	Période de crue			Période d'étiage			Position de l'échantillon
	Germes totaux (UFC)/ml*	Coliformes totaux (NC)/ml**	Coliformes fécaux (NC)/ml	Germes totaux (UFC)/ml	Coliformes totaux (NC)/ml	Coliformes fécaux (NC)/ml	
MOKALI	48.10 ² (Ind.)	68.10 ³ Ind.	0	Ind***.	Ind.	Ind.	Amont
	3.10 ³	48.10 ³ Ind.	3.10 ²	Ind.	Ind.	Ind.	Centre
	68.10 ³ (Ind.)	Ind.	0	Ind.	Ind.	Ind.	Aval
TSHUENGE	67.10	12.10 ²	0	Ind.	Ind.	Ind.	Amont
	10.10 ³ (Ind.)	25.10 ³ (Ind.)	0	Ind.	Ind.	Ind.	Centre
	23.10 ² (Ind)	(Ind)	0	Ind.	Ind.	Ind.	Aval

*UFC : Unité format colonie ; **NC : Nombre de colonie ; ***Ind : Indéterminé

L'examen du tableau 7 ci-dessus nous a aidé à saisir que les analyses bactériologiques des échantillons prélevés dans les deux rivières et pendant les deux périodes ont un nombre des germes totaux, coliformes totaux ainsi que des coliformes fécaux est indéterminé. Ce qui prouve le niveau élevé de pollution de ces deux rivières.

3.2 DISCUSSION

Les résultats des analyses physiques montrent que les pH en amont pour les deux rivières sont acides dans les deux saisons (5,5 et 5,9) et légèrement acides du centre et en aval. Cette situation peut s'expliquer par le fait que : (i) le terrain traversé par ces deux cours d'eau pauvre en calcaire et (ii) aussi les rejets dans ces derniers n'ayant pas été traités, sont à l'origine de diminution de pH. Ce même résultat a été observé par [1]. Aussi, les variations de pH entre les deux saisons demeurent moins significatives. Ce qui corrobore avec les résultats de la rivière Gombe à l'ouest de la ville ([4] et [5]) au niveau de Pool Malebo. La teneur moyenne en oxygène dissous dans les eaux de surface non polluée varie dans l'intervalle [8, 10 mgO₂/l] ([9] et [10]). Les résultats de notre étude donnent une valeur moyenne en dessous de valeurs guide. La turbidité est décroissante de l'amont au centre pour Mokali en saison de pluie et le contraire pour la Tshuenge à la même période, car il y a moins d'activités

anthropiques en amont. Cette observation est également faite pour la conductivité qui est croissante de l'amont en aval pour Mokali et croissante pour Tshuenge pour les deux saisons. Phénomène également observé pour la couleur de l'eau de deux rivières. Ce qui prouve le degré de pollution pour ces cours d'eau, laquelle est confirmée par les valeurs de l'indice de pollution organique (IPO) compris dans l'intervalle de classe 3,9 – 3,0. Donc, modérée.

Mais il sied de noter que les résultats obtenus pour les analyses physiques (physico-chimiques) sont en désaccord avec ceux trouvés par [2]. En effet, cet auteur a montré que la pollution dans les quatre rivières urbaines de Kinshasa-Ouest était plus importante en saison pluvieuse qu'en saison sèche. Il expliquait cela par les apports allochtones dus au lessivage urbain. Cela est bien vrai au regard du relief et l'importance du ruissellement ; par contre, dans notre étude sur la partie Est de Kinshasa, le lessivage est faible et l'eau de pluie a tendance à stagner, le terrain étant une plaine alluviale.

Considéré comme indicateur de la teneur en matière organique oxydable la DCO pour les deux rivières varie peu pendant les deux saisons. Cela montre que l'apport en matières oxydables est constant. Par contre, la DBO₅ est variable pour les saisons à cause des précipitations. Les valeurs observées pour le PO₄⁻³ (0,253 mg/IPO₄⁻³ moyenne Mokali et Tshuenge en saison sèche) sont inférieures aux valeurs guides et à celles observées par [3] sur la rivière Lukunga à l'ouest de Kinshasa, soit 0,6 mg/IPO₄⁻³. Il en est de même pour les moyennes en saison de pluie (0,162 mg/IPO₄⁻³). Le NO₃ et le PO₄⁻³ constituent les nutriments dont l'accumulation au fond des rivières, lacs et étangs forme le dépôt organique qui conduit à la dégradation de la qualité de l'eau ([4]). Notre étude montre que les moyennes de concentration en NO₃ en saison sèche sont de 7,8 mg/l et de 5,7 mg/l en saison de pluie, valeurs supérieures à celles de [3] observées sur la Lukunga soit 2,66 mg/l, mais inférieures à celles de [5] sur le fleuve Congo au niveau de Pool Malebo soit 0,0325 mg/l. S'agissant de NO₂⁻, les moyennes de 0,03 mg/l en saison sèche et de 0,047 mg/l en période de crue ont été observées pour les deux cours d'eau. Ces résultats corroborent avec ceux d'[4] observés sur la rivière Gombe. Pour ce qui est de NH₄⁺ les moyennes de concentration de 0,035 mg/l et de 0,11 mg/l ont été observées respectivement en saison sèche et de pluie étaient inférieures à ceux d'[4] sur la rivière Gombe. Ce qui laisse prédire que NH₄ tout en étant un bon indicateur de pollution, ne constitue pas un risque de pollution de l'eau pour les deux cours d'eau étudiés.

L'analyse bactériologique montre dans son ensemble pour les deux saisons et les deux rivières sous étude que les nombres des germes totaux, coliformes totaux ainsi que des coliformes fécaux est indéterminé. C'est-à-dire en dehors des normes U.E. et de l'OMS dont les concentrations ne doivent pas excéder 20.000- 10.000 colonies par 100 ml. Ce qui prouve le niveau élevé de pollution de ces deux rivières telle que prouvée par l'indice de qualité microbiologique (IQM) compris dans l'intervalle de classe 1,0-1,8, donc très forte.

Au regard de résultats d'analyses obtenus ; il est indiqué pour l'autorité attitrée d'élaborer une bonne politique de gestion des écosystèmes dulçaquicoles et d'en mettre en œuvre, de mener une éducation mésologique des populations et de gérer rationnellement les déchets urbains.

4 CONCLUSION

Du point de vue de la teneur en éléments minéraux (chimiques), il n'y a aucune inquiétude tant sur le plan humain que d'écosystème aquatique. Toutefois, nous avons observé que les saisons (pluie et sèche) modifient les concentrations des éléments minéraux dissous dans l'eau et certains paramètres physico-chimiques.

La situation actuelle dans le milieu étudié caractérisée par l'absence de décharges publiques et d'un circuit de traitement des déchets est à la base de l'utilisation des rivières comme poubelles publiques et égouts à ciel ouvert avec toutes les conséquences que cela implique sur le plan environnemental et de la santé publique.

Avec une bonne politique de gestion des écosystèmes dulçaquicoles, l'entretien des berges, le curage et surtout l'interdiction d'utiliser la rivière comme dépotoir des ordures ou lieu de décharges de toutes natures, le gouvernement pourra remédier durablement à la situation désastreuse sus décrite.

Une étude approfondie et un contrôle systématique des critères de la qualité environnementale des rivières Mokali et Tshuenge en particulier et de toutes les rivières qui arrosent la ville de Kinshasa, en général, s'imposent. Aussi, la recherche des polluants dans les sédiments des rivières de Kinshasa, donnera une cartographie bien détaillée sur l'origine, la nature et le temps (genèse) de ces polluants. Il faut agir en amont des épidémies au lieu de les subir en aval.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les autorités de la Régideso qui a mis à la disposition de l'équipe de terrain, le matériel de laboratoire ainsi que les réactifs.

RÉFÉRENCES

- [1] TSHIASHALA M.D, LUMU BM, MOKILI B.A., MUSIMU D.: *Teneurs des éléments minéraux dans les eaux des rivières Funa, Lubudi, Ndjili, Tshangu et Tshuenge*. (Revue Zaïroise des sciences nucléaires, vol. 7 n° 2(1986)26-39.
- [2] MUSIBONO (1999 : *Variation saisonnière de Pb, Cu, Zn et Mn dans quatre rivières de Kinshasa*. In *Annuaire Fac. Medvet Landbouw. Univ. GHant* (1) 1999 :81-87.
- [3] KAMB' T., 2013, *Etude de la structure et de la dynamique des peuplements des macro-benthiques d'un système lotique : Cas de la rivière Lukunga à Kinshasa RDC*, Mémoire DEA, Faculté de Sciences, Département de Biologie, Université Pédagogique Nationale Kin Binza, 59 p.
- [4] AKATUMBILA L.1*, MABIALA M.2, LUBINI A.3, PWEMA K.4, MUSIBONO E. A.5 : *Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau : cas de la rivière urbaine Gombe de Kinshasa/République Démocratique du Congo*
- [5] PWEMA K, 2014, *Ecologie alimentaire, reproduction et modes d'adaptation de 5 espèces de Lebeo cuvier, 1817 dans les milieux lentiques et les rapides du Pool Malebo dans le fleuve Congo*, Thèse de doctorat, Faculté de Sciences, Département de Biologie, Université de Kinshasa.
- [6] Grondin, J.L., 1982, *Méthodes de prélèvement et de conditionnement des eaux de surface –Note technique N°3*, ORSTOM, Centre de Dakar-Hann, 25 p.
- [7] RODIER, J., BAZIN, C., BROUTIN, J.P., CHAMBON, P., CHAMPSAUR, H. & RODIER, L. 1996 : *L'Analyse de l'Eau*. 8^è édition. DUNOD : Paris.
- [8] LECLERCQ, L. (2001) : *Intérêt et limites des méthodes d'estimation de la qualité de l'eau*. Station scientifique des Hautes-Fagne, Belgique.
- [9] DERWICH, E et al, 2010, *Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du Haut Sebou en aval de la confluence avec Oued Fès*, Larhys Journals, ISSN 1112-3680, N° 08.
- [10] ABBTOUD AKIL et al, 2014, *Etude de la qualité physico-chimique et contamination des eaux de surface du bassin versant de Guigou, Maroc*, European Scientific Journal, August 2014, Edition Vol. 10 N° 23, IISN 1857-7881(Print) e-ISSN 1857-7431, 84-94.