

Evaluation de la charge polluante des rivières des eaux usées ménagères et pluviales dans la ville de Bukavu, République Démocratique du Congo

**Lumami KAPEPULA^{1,3}, Lutili MATEO², Amundala SHEKANI¹,
Séverin MUYISA², Théophile NDIKUMANA³ et Bart VAN DER⁴**

¹ *Centre de Recherche en Hydrobiologie/Uvira, République Démocratique du Congo*

² *Université officielle de Bukavu, République Démocratique du Congo*

³ *Université du Burundi*

⁴ *KU Leuven - department of Chemical Engineering, Belgique*

* Correspondance, courriel : lumamikapepula@yahoo.fr

Résumé

La présente étude porte sur l'évaluation de la charge polluante des rivières dans la ville de Bukavu. Les paramètres de pollution, mesurés dans cette étude sont la demande chimique en oxygène (DCO), l'azote total et le phosphore total, et la demande biochimique en oxygène (DBO₅). Les valeurs de la DBO₅ des rivières de Bukavu varient d'une rivière à l'autre dont la moyenne est comprise entre 620 mg/L et 1063 mg/L. Les valeurs moyennes de DCO varient entre 517 mg/L et 1747 mg/L. Ces valeurs de DCO et DBO₅ sont très largement supérieures à la norme, qui indique une forte pollution car les résultats sont loin de la situation critique. Le débit a été mesuré systématiquement, ce qui a permis d'évaluer la charge polluante déversée dans le lac Kivu soit de 0,195 à 9,899 kg/j de DBO₅, de 0,393 à 22,581 kg/j de DCO, de 0,0045 à 0,3217 kg/j d'azote et 0,00015 à 0,0422 kg/j de phosphore. Une grande partie de matière organique est non biodégradable dans la rivière Wesha suite au rapport DCO/DBO₅ = 2,4. Néanmoins, pour les restes des rivières leurs matières organiques sont biodégradables, ce qui indique que les rivières sont capables de se dépolluer pourvu que la quantité de décharges soit réduite. Pour la rivière Wesha il faudra investiguer la source de la pollution.

Mots-clés : *charge polluante, eaux usées ménagères, rivières, Bukavu, lac Kivu.*

Abstract

Assessment of the charge polluting of the rivers, wast domestic flowing waters and vain streaning in the Bukavu city south kivu, Democratic Republic of Congo

The present survey is about the assessment of the pollution load of the rivers in the city of Bukavu. The parameters of pollution, measured in this survey are the chemical demand in oxygen (DCO), the total nitrogen and the total phosphor, and the biochemical demand in oxygen (DBO₅). The values of the DBO₅ of the rivers of Bukavu vary from a river to the one of whose average is consisted between 620 mg/L and 1063 mg/L. The middle values of DCO vary between 517 mg/L and 1747 mg/L.

These values of DCO and DBO5 are very extensively superior to the norm, which indicates a strong pollution because the results are far from the critical situation. The flow has been measured systematically, what permitted to value the pollution load poured in the Kivu lake is from 0,195 to 9,899 kg/j of DBO, of 0,393 to 22,581 kg/j of DCO, of 0,0045 to 0,3217 kg/j of nitrogen and 0,00015 to 0,0422 kg/j of phosphor. A big part of organic matter is non-biodegradable in the Wesha river following the DCO/DBO5 report = 2,4. Nevertheless, for the rests of the rivers their organic matters are biodegradable, what indicates that the rivers are capable of himself depolluted so long as the quantity of discharges is reduced. For the Wesha river it will need to study the source of the pollution.

Keywords : *pollution load, waters worn-out housewives, rivers, Bukavu, lake Kivu.*

1. Introduction

Les risques et les menaces de la pollution tant physique que chimique existent dans la ville à cause des activités humaines qui vont sans cesse croissant aussi bien dans les centres urbains que dans les milieux ruraux. En effet, l'explosion démographique, l'accroissement des activités urbaines, l'insuffisance des ressources financières des pouvoirs publics au niveau local et l'absence de réelles politiques environnementales sont parmi les facteurs qui expliquent la présence des déchets le long des grandes artères des villes de l'Afrique sub saharienne [1]. Le centre-ville de Bukavu est traversé par quatre rivières, qui reçoivent les effluents des collecteurs, et qui débouchent dans le lac Kivu. Les industries, comme toutes les activités de l'Homme, produisent des effluents et des déchets divers [2]. La ville était dotée d'une station d'épuration anaérobie dans la commune de Bagira à l'époque coloniale. Malheureusement, cette station n'est plus opérationnelle depuis plus de 30 ans. Tous les déchets liquides et eaux usées ménagères sont collectés vers les quatre rivières. Généralement les aides de la gestion des déchets adéquates protègent la santé humaine et l'environnement et conserve les ressources naturelles [3]. Le climat pluvieux s'échelonne sur plus au moins 8 mois. Le mois de septembre est le début de cette période se terminant à la mi-mai. Le climat est tropical et tempéré dans la basse altitude, à 1500 m du niveau de la mer en communes d'Ibanda et Kadutu ensuite à 1600 dans celle de Bagira. Ce climat se rapproche le subéquatorial ou tropical humide de courte durée. A un certain moment, il est caractérisé par dix jours de forte pluie pendant la saison pluvieuse au moment où les sols sont déjà gorgés d'eau. Ils sont liquéfiés en partie déclenchant leur solifluxion. Cette solifluxion affecte les versants provoquant des boues qui barrent les routes. Ce climat tropical subit aussi l'influence du climat d'altitude à plus de 15000 à 2000 mètres [4].

2. Méthodologie

2-1. Présentation du milieu d'étude

La **Figure 1** présente les rivières qui ont fait l'objet cette étude, qui a été localisées avec le logiciel Arc GIS version 9.3. Le GPS nous a facilité de prélever les coordonnées géographique du site d'échantillonnage envie d'être utilisé.

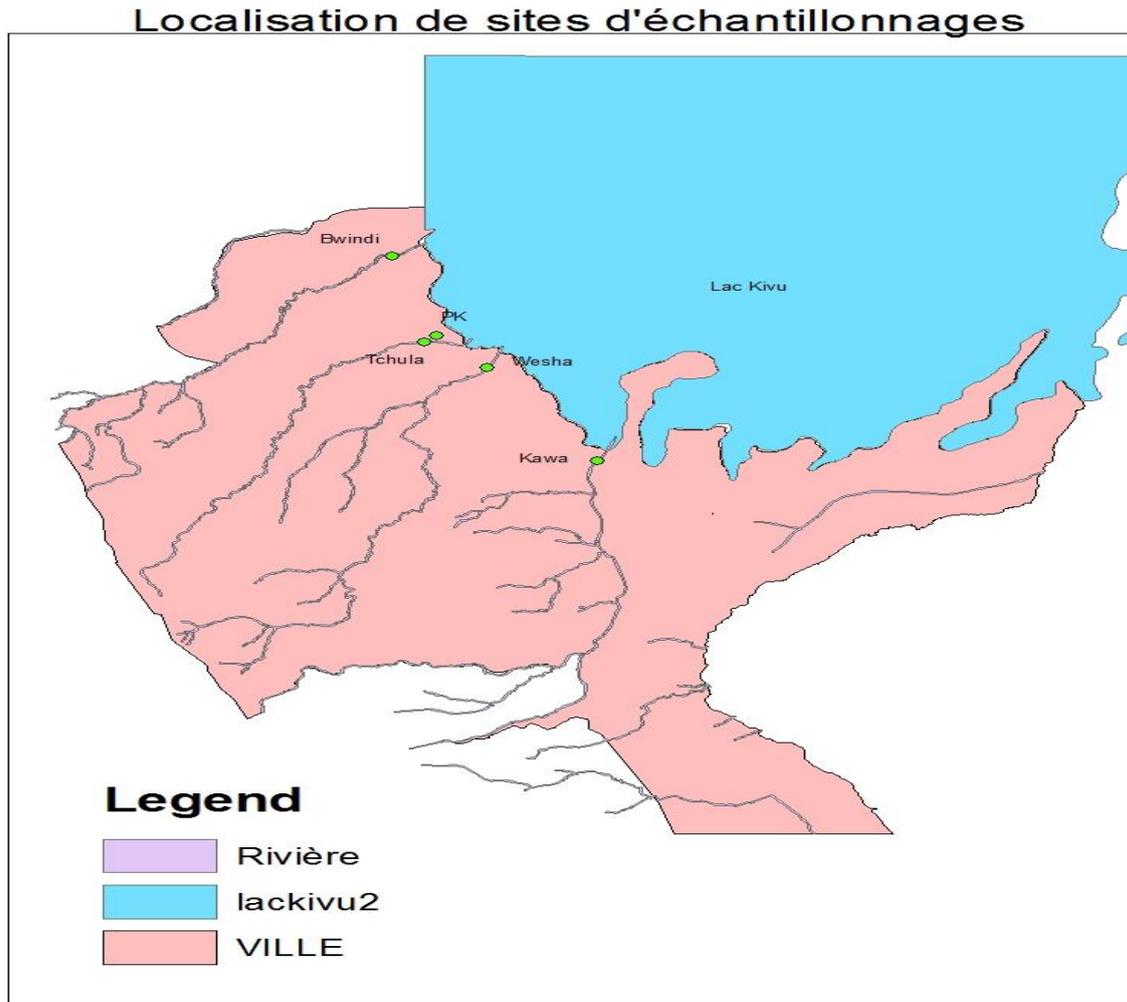


Figure 1 : La localisation de sites d'échantillonnages des rivières : Bwindi, PK, Tchula, Weshu et Kawa dans la ville de Bukavu

2-2. Prélèvements et méthodes d'analyses

La mesure du débit a été réalisée avec un micro-moulinet de marque Duncan & association (www.dunc-assoc.demon.co.uk), le moyen de mesurer le débit consiste à résoudre l'équation suivante (water.epa. 2010) :

$$\text{Débit} = \frac{L \times l \times \text{prof} \times C}{T} \quad (1)$$

L: longueur maximale d'un cours d'eau mesuré en m ; *l*: largeur du cours d'eau en m ; *prof*: profondeur de la rivière ; *C*: coefficient (0,8 pour des cours d'eau qui passent sur les roches et 0,9 pour les cours d'eau qui ne passent pas sur les rochers) ; *T*: temps en sec.

Les prélèvements ont été effectués non loin des exutoires des rivières (cfr les pointillés sur la carte). Les prélèvements ont été effectués à partir du mois d'Octobre 2013 jusqu'au mois de Mars 2014. Les analyses ont eu lieu immédiatement après prélèvement, au laboratoire de chimie de l'eau de l'Institut Supérieur Pédagogique/Bukavu et Centre de Recherche en Hydrobiologie/Uvira.

Les paramètres physicochimiques étudiés sont: le pH, la conductivité électrique, les matières en suspension (MES), le phosphore total, l'azote total, la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et la Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (DBO₅). Le pH a été déterminé in situ par un pH-mètre de type Hanna HI 9828 muni d'une sonde mesurant la conductivité électrique et l'oxygène dissous (O₂ dissous). Les matières en suspension sont déterminées par filtration d'un volume d'eau usée sur filtre cellulosique (125 mm) [5].

La demande chimique en oxygène (DCO) est mesurée avec des tube tests contenant tous les réactifs nécessaires à la minéralisation et à l'apparition de la couleur [5]. L'évaluation est faite au spectrophotomètre DR 2800 de modèle Hach Lange, trois mesures ont fait l'objet de cette analyse pour chacune des rivières. Il en est de même pour le phosphore et l'azote total. La demande biochimique en oxygène (DBO₅) est mesurée avec des bouteilles OxyTop dans lesquelles une quantité d'échantillon indiquée pour la gamme de DBO₅ estimée est introduit. Le tout est placé dans un incubateur qui assure une température constante de 20°C [6], quatre mesures de DBO₅ ont été effectuées pour chacune rivières. La charge polluante a été calculée en utilisant la relation suivante:

$$F \text{ (kg/j)} = Q_i \times C \times T \quad (2)$$

où F est le flux polluant, Q_i le débit, C : la concentration d'un polluant donné et t le de temps d'évacuation des déchets pour l'émissaire PK, tandis que pour les autres rivières nous avons multiplié $Q_i \times C$.



A : Minéralisateur



B : Spectrophotomètre DR 2800



C : Multiparamètre Hanna HI 9828



D : Flacons OxyTop pour la DBO₅

Figure 2 : Equipement utilisé pour ces deux paramètres

3. Résultats et discussion

3-1 Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées et affluents.

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux des rivières et pluviales de la ville de Bukavu se présentent comme suit.

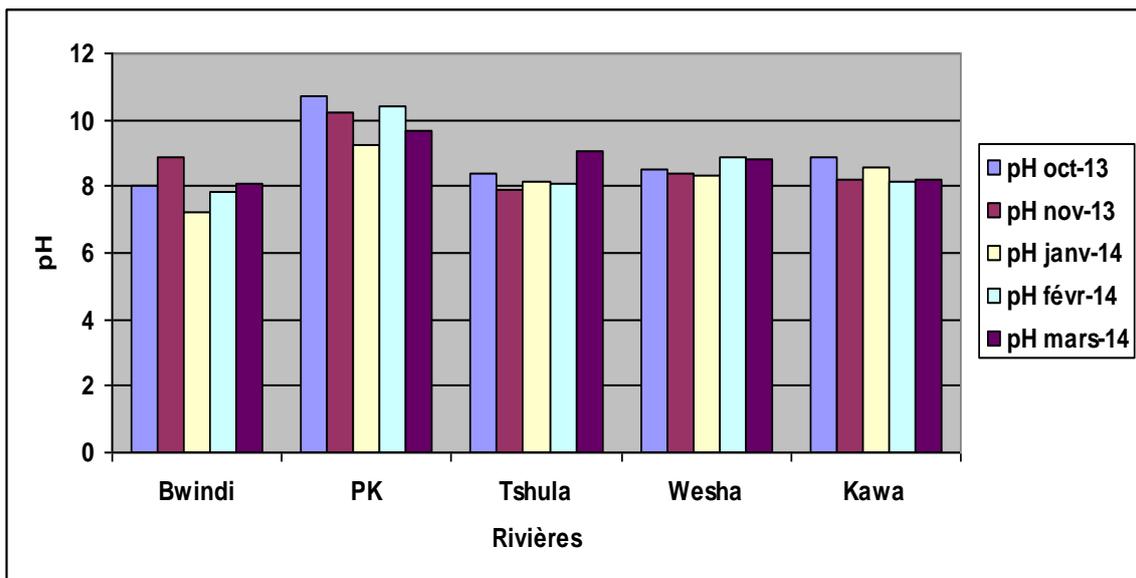


Figure 3 : Variation spatio-temporelle du pH des rivières (PK = Pharmakina)

Le pH varie faiblement suivant les rivières et les mois. Cependant, les activités anthropiques tant ménagères qu'industrielles exercées en amont des rivières charrient une teneur importante de matière organique qui le modifie. Excepté l'émissaire Pharmakina (PK), elles sont toutes basique, répondant au critère moyen, mais parfois tendance vers médiocre. Le pH pour PK est fortement basique et même hors classe de qualité des rivières. La valeur élevée du pH au PK, s'explique par l'extraction des alcaloïdes par un solvant organique polaire le toluène, à milieu basique, en laissant ainsi les autres groupes phytochimiques dans le reste d'écorce réduite en poudre qu'on rejette sauvagement dans les eaux

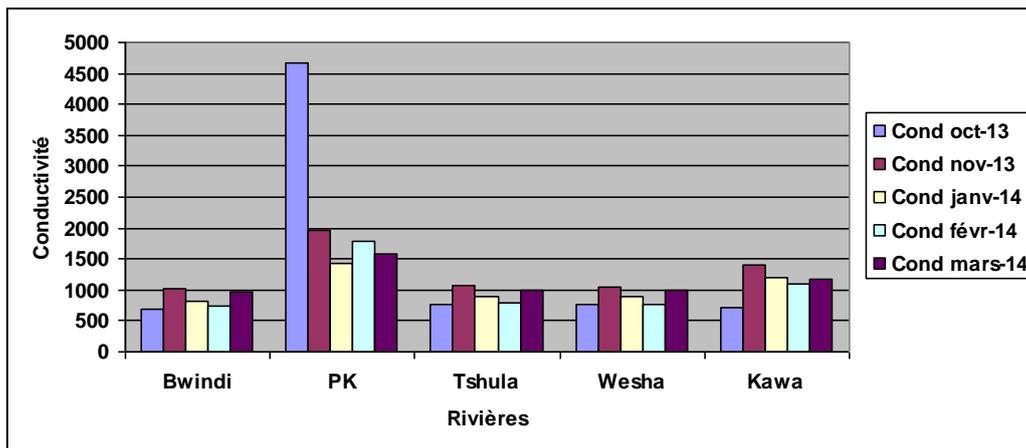


Figure 4 : Variation spatio-temporelle de la conductivité

La conductivité de toutes ces rivières n'est pas stable, due aux activités anthropiques telles que la déjection directe de : déchets liquide de toilette, de baignoire en utilisant les antiseptiques, la lessive, la vaisselle et Les déchets d'usines de transformation de produit agricoles, cosmétiques et autres... Au niveau de collecteurs et les rivières. D'une manière généralement, ces rivières présentent une conductivité élevée. La plus forte minéralisation est observée à l'émissaire PK suite à la déjection de différents réactifs au cours de leur extraction des alcaloïdes.

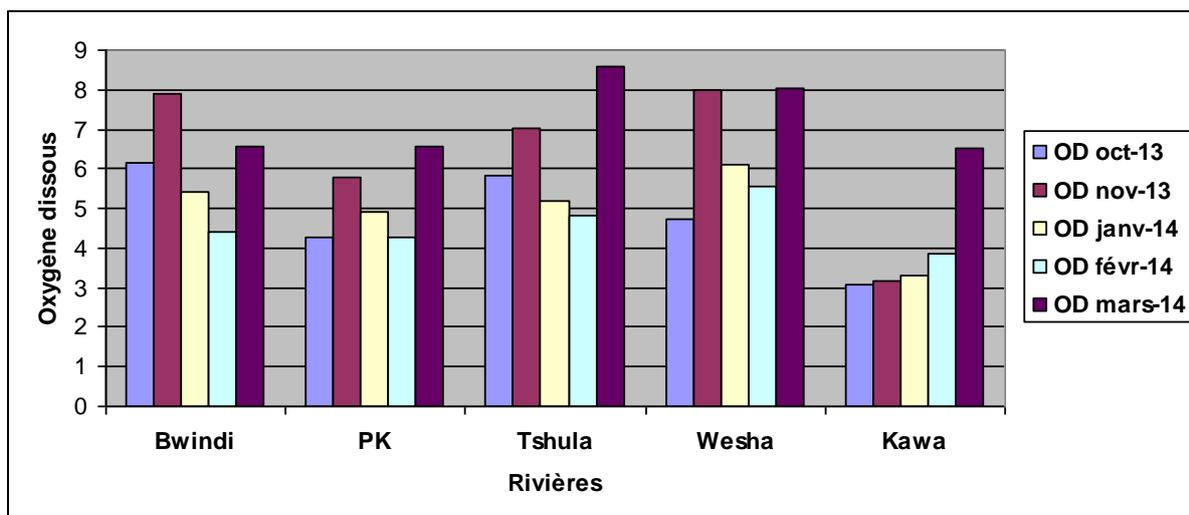


Figure 5 : Evolution spatio-temporelle de l'oxygène dissous

L'oxygène dissous varie d'une rivière à l'autre suivant les mois. La rivière Kawa est utilisée comme un bon récepteur des eaux usées ménagères de son amont en aval par rapport aux autres, ce qui diminue l'oxygénation de cette dernière et PK est plus chargée en matières organiques due à l'extraction de sa recette, ce qui explique la consommation de l'oxygène. Par ailleurs, la pollution de ces rivières se présente sporadiquement sur base de la déjection de l'effluent.

Tableau 1 : La détermination de débits

Rivières	débit m ³ /s
bwindi	0,273
pk	0,0005
tshula	0,022
wesha	0,014
kawa	0,107

Les débits mesurés de toutes ses rivières sont faibles, qui influencent le flux polluant. Ce débit permet d'évaluer la charge polluante que ces rivières rejettent journallement, ils varient suivant les conditions climatiques. Il est pratiquement impossible de mesurer le débit des rivières de Bukavu lors de crue, car ce sont des rivières qui emportent soit les véhicules ou les maisons sur son lit, ce sont de rivières torrentielles. Pourtant le débit est très important car il détermine la capacité de la rivière d'auto-nettoyage.

Tableau 2 : La moyenne des paramètres de pollution véhiculée par les rivières

Rivières	mg DCO/L	mg DBO ₅ /L	mg/L P	mg/L N	mg/L MES
Bwindi	516,68	406,66	1,79	13,62	0,11
PK	1192,32	908,33	0,74	21,3	1,48
Tshula	707,19	620	0,95	16,77	0,49
Wesha	1227,86	502,33	1,95	17,63	0,33
Kawa	1746,73	1063,33	2,21	14,91	1,37

La DBO₅ est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques. Les valeurs de la DBO₅ des rivières de Bukavu varient d'une rivière à l'autre dont la moyenne est comprise entre 620 mg/L et 1063 mg/L. La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Les moyennes de valeurs de DCO varient entre 517 mg/L et 1747 mg/L ; ces valeurs de DCO sont très largement supérieures à la norme [7]. Les rivières Bwindi, Wesha et Kawa présentent également une valeur trop élevée en phosphore total, ces valeurs sont largement supérieurs ou égale à la norme. Les activités anthropiques (vaisselle, lessive, bain...) effectuées au niveau de collecteurs sont à la base cette production de phosphore et l'azote. Ces valeurs sont très élevées en nous basant sur les critères d'appréciation de la qualité des eaux.

Elles peuvent causer la croissance d'une quantité importante d'algues pouvant conduire ainsi au phénomène d'eutrophisation du lac Kivu étant donné que ces composés vont s'accumuler au cours du temps. Le phénomène d'eutrophisation est la prolifération d'algues en surface, qui déséquilibre totalement le milieu. Ainsi, la lumière ne parvient plus aux couches de l'eau situées sous la surface, bloquant ainsi la photosynthèse des couches inférieures. Les MES sont très faibles pour toutes les rivières selon la norme, bien que la Kawa et PK présentent les MES supérieurs aux autres.

Tableau 3 : Classement des eaux de surface stagnantes et courantes d'après leur qualité [7]

Classe de qualité	Taux de saturation en O ₂ (%)	O ₂ dissous en mg/l	DBO ₅ (mg/l)	DCO (mg/l)	Qualité de l'eau
1A	≥ 90	≥ 7	≥ 3	≥ 20	Excellente
1B	70.....90	5....7	3....5	20....25	Bonne
2	50.....70	3....5	5....10	25.....40	Moyenne
3	< 50	< 3	10....25	40.....80	Médiocre
4	-	-	> 25	> 80	Hors classe

Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité des eaux de rivière, S.E.E.E [8]

O ₂ dissous mg/l	DBO ₅ mg O ₂ /l	DCO mg O ₂ /l	NH ₄ ⁺ mg NH ₄ ⁺ /l	Phosphore total mg P/l	Coliformes fécaux par 100 ml	
> 7	< 3	< 20	< 0,1	< 0,1	< 20	Excellente
7 – 5	3 – 5	20 – 25	0,1 – 0,5	0,1 – 0,3	20 – 2000	Bonne
5 – 3	5 – 10	25 – 40	0,5 – 2	0,3 – 0,5	2000 – 20	Moyenne
3 – 1	10 – 25	40 – 80	2 – 8	0,5 – 3	> 20 000	Mauvaise
< 1	> 25	> 80	> 8	> 3	-	Très mauvaise

Tableau 4 : Rapports des paramètres globaux de la pollution véhiculée par les rivières

Rivières	DCO/DBO ₅	DBO ₅ /DCO
Bwindi	1,27	0,787
PK	1,31	0,761
Tshula	1,14	0,876
Wesha	2,44	0,409
Kawa	1,64	0,608

Le rapport DCO/DBO₅ donne une première estimation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent donné ; on convient généralement des limites suivantes [9].

- DCO/DBO₅ < 2 : l'effluent est facilement biodégradable.
- 2 < DCO/DBO₅ < 3 : l'effluent est biodégradable avec des souches sélectionnées.
- DCO/DBO₅ > 3 : l'effluent n'est pas biodégradable.

En calculant le degré de dégradation biochimique α ($\alpha = \text{DBO}_5 / \text{DCO}$) ses valeurs varient d'une rivière à l'autre et sont comprises entre 0,761 et 0,876. Comme ces valeurs ne sont pas proches de 0, nous pouvons dire que la quantité des composés non biodégradables biochimiquement n'est pas élevée. Cela s'explique par le fait que selon [10] les effluents bruts d'eaux usées domestiques sont caractérisés par une valeur limite de DBO_5 25 mg/L. Par ailleurs, la rivière Wesha indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable suite aux déchets tant liquides que solide déversés par l'usine de Brasserie de Limonaderie et Malterie de Bukavu (BRALIMA).

Tableau 5 : Flux polluant envoyé dans lac Kivu en kg/j

Rivières	kg/j N	kg/j P	kg/j DCO	Kg/j DBO5	kg/j MES
Bwindi	0,3217	0,0422	16,49	9,602	0,0108
PK	0,0045	0,00015	0,393	0,195	0,00035
Tshula	0,0322	0,0018	2,014	1,191	0,0022
Wesha	0,0227	0,0025	2,355	0,649	0,0009
Kawa	0,1387	0,0205	22,581	9,899	0,0145

4. Conclusion

La mesure des paramètres principaux de pollution révèle une pollution importante des eaux ménagères qui ont impact négatif au lac Kivu, soit les moyennes de valeurs de DCO varient entre 517 mg/L et 1747 mg/L selon les rivières, la DBO_5 varie d'une rivière à l'autre dont la moyenne est comprise entre 620 mg/L et 1063 mg/L, ces valeurs sont trop élevées à ceux de [11] qui ont déterminé les collecteurs de Bujumbura, la DCO varie entre 209 mg/L et 676 mg/L et la DBO de 39 mg/L à 114 mg/L. le phosphore total varie de 0,74 mg/L à 2,21 mg/L, l'azote total varie entre 13,62 mg/L et 21,3 mg/L, enfin les MES sont faibles. Le faible débit au cours de notre échantillonnage a influencé la quantité de la charge polluante journalièrement soit de 0,195 à 9,899 kg/j de DBO_5 , de 0,393 à 22,581 kg/j de DCO, de 0,0045 à 0,3217 kg/j d'azote et 0,00015 à 0,0422 kg/j de phosphore. Excepté la rivière Wesha dont une grande partie de matière organique n'est pas biodégradable, cela s'explique par la déjection des déchets de la brasserie limonaderie et malterie (Bralima/Bukavu). Néanmoins, les matières organiques de reste des rivières sont facilement biodégradables. Eu égard aux résultats observés, les eaux usées brutes des rivières présentent des valeurs des paramètres physico-chimiques majeurs de pollution qui dépassent relativement les valeurs limites générales des rejets directs et indirects dans le milieu récepteur, le lac Kivu, et un risque de pollution environnementale pour ce dernier, d'où la nécessité d'un traitement de ces eaux usées brutes avant leur rejet, car l'usine de traitement de l'eau potable à Bukavu, utilise les eaux du lac pour la distribution aux ménages. Ces rivières présentent un risque environnemental par le dégagement d'une odeur nauséabonde, la présence de microbes nuisible dans l'environnement et responsable de plusieurs maladies hydriques. L'adoption d'un système d'assainissement individuel serait un atout pour la protection de l'environnement. Quant au lac, l'effet de polluant va entrainer une rupture dans la chaine trophique par l'élimination des espèces endémiques et polysensibles.

Références

- [1] - R. E. GBINLO, "Organisation et financement de la gestion des déchets ménagers dans les villes de l'Afrique Sub-saharienne : Cas de la ville de Cotonou au Bénin." UNIVERSITÉ D'ORLÉANS, École Doctorale Sciences de l'homme Et de la Société. (2010).
- [2] - ABDOULAYE DEMBA N'DIAYE. Evaluation de la qualité physicochimique des effluents d'une Société de Mise en Bouteille à Nouakchott (Mauritanie) ScienceLib Editions Mersenne : Volume 4 , N ° 120103 ISSN (2012),2111-4706
- [3] - E. TADESSE GETAHUN, B. VAN DER BRUGGEN, et al. Effect of turning frequencies on composting biodegradable municipal solid waste quality, *Resources, Conservation and Recycling*, journal home page: www.elsevier.com/locate/resconrec.
- [4] - Bureau d'Etudes de la Mairie de Bukavu <http://www.stiopka.com/Bukavu/histoire.html> consulté le 25 Novembre 2013, (2013).
- [5] - J. RODIER, "Analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer : Chimie, physicochimie, biologie, interprétation des résultats," Paris Dunod: 1383. (2005).
- [6] - <http://www.humeau.com/.../fr/.../MAT153-FR.php>.
- [7] - C. BLIEFERT and R. PERRAUD "Chimie de l'environnement: Eau, Air, Sols, Déchets ." Edition de Boeck. (2001).
- [8] - SEEE "Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau, Rue Hassan Bencheikroun, Agdal-Rabat " Web: www.water.gov.ma.
- [9] - MEMOTEC. "La biodégradabilité des effluents urbains." www.gls.fr 19. (2006).
- [10] - REPUBLIQUE DU BURUNDI Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement de Territoires et de l'Urbanisme. Interventions Conjointes pour la Mise en OEuvre du Programme d'Action Stratégique pour le Lac Tanganyika Composante du Burundi sur la Gestion des Eaux Usées, Juillet 2012, GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY, (2012).
- [11] - T. NDIKUMANA, E. BIZINDAVYI, et al.. "Impact des collecteurs d'eaux pluviales sur la baie Nord-Est du lac Tanganyika." *Bull. sci. Inst. natl. environ. conserv. nat.* 2220-6981 (En ligne), (2013).