

Étude de la charge des matières en suspension de la rivière Nyabarongo dans le groupement d'Irhambi/Katana, en RD Congo.

KANINGU SHEM Lwango*

NDEGEYI KABALE Bertin**

BASHOMBANA KAYEYE Pascal***

BAHIZIRE KAYEYE Sole****

Résumé

Ce travail a pour objectif de contribuer à l'amélioration de la qualité de l'eau dans le groupement d'Irhambi-Katana en vue de la gestion du bassin versant du lac Kivu. Pour sa réalisation, quatre sites ont été choisis, dont les sites Kabirikarhaba, Kalambo/Cisheke, Pont Nyabarongo et Ceshero. Les méthodes et techniques d'échantillonnage d'eau, prélèvement des échantillons et les analyses au laboratoire, nous ont permis d'obtenir les résultats selon lesquels l'agriculture reste l'activité anthropique prépondérante autour de la rivière Nyabarongo et cette agriculture est la source des matières en suspension de la rivière Nyabarongo. Les moyennes pour les paramètres physiques des eaux de la rivière Nyabarongo sont 17 ° C pour la température, 553 uS/cm pour la conductibilité électrique et 1.84 L/s pour le débit. En moyenne, les eaux de la rivière Nyabarongo ont un p^H de 7.3, les MES de 152 mg/L, l'Oxygène dissous de 12.1 mg/L, le DBO₅ de 5.1 mg/L, le DCO de 20.6 mg/L, la dureté totale de 5.51° F et dureté calcique de 4.51 ° F pour les paramètres chimiques. Ainsi, ces résultats ne prouvent-ils pas que cette rivière soit polluée. L'étude des autres paramètres physiques, chimiques et biologiques est importante pour une meilleure conclusion sur l'état de pollution de la rivière Nyabarongo.

Mots clés : MES, Pollution, Activité anthropique, Rivière Nyabarongo.

* Chercheur à l'**Institut Supérieur Technique, Commercial et Economique – ISTCE – de Bukavu**, Sud-Kivu en RD Congo, Département des Sciences et Techniques de développement, Option: Gestion de l'Environnement.

** Chercheur au **Centre de Recherche en Sciences Naturelles – CRSN – de Lwiro**, Département de Biologie, DS Bukavu, Sud-Kivu en RD Congo.

*** **Assistant de Deuxième mandat** et Chercheur à l'**Institut Supérieur Technique, Commercial et Economique - ISTCE - de Bukavu**, au Sud-Kivu en RD Congo, Département des Sciences et Techniques de développement, Option : Gestion de l'Environnement, Chercheur à l'**Institut Supérieur Pédagogique – ISP – de Kabare**, Katana, Sud-Kivu en RD Congo, Section des sciences exactes, Département de Géographie et Gestion de l'environnement, et Chercheur à l'**Université de Développement Durable en Afrique Centrale – UDDAC – de Bukavu**, au Sud-Kivu en RD Congo, Faculté des sciences sociales, Département de Politiques territoriales de Développement Durable et Stratégies Entrepreneuriales, E-mail : pascalbashombana38@gmail.com, Téléphone : +243 9 94 70 58 95.

**** Chercheur à l'**Institut Supérieur Pédagogique – ISP – de Kabare**, Section des sciences exactes, Département de Biologie-Chimie, Katana/Kabare au Sud-Kivu, en RD Congo, E-mail : jlkayeye@gmail.com.

Abstract

The aim of this study is to contribute to the improvement of water quality in Irhambi-Katana grouping, for the management of the versant basin of the Kivu Lake. For its realization, four sites have been selected, whose are Kabirikarhaba, Kalambo/Cisheke, Pont Nyabarongo and Ceshero sites; the methods and techniques of water samples, drawing samples and laboratory analysis, helped us to obtain results which are agriculture remains the main anthropic activity and is the source of suspension matters in Nyabarongo river, the averages of physical parameters of water in Nyabarongo river are 17 ° C for the temperature, 553 uS/cm for the electrical conductivity and 1.84 L/s for the flow and in average, the water of Nyabarongo river has a p^H of 7.3, suspension matters of 152 mg/L, dissolved Oxygen of 12.1 mg/L, DBO_5 of 5.1 mg/L, DCO of 20.6 mg/L, total hardness of 5.51° F and calcical hardness of 4.51 ° F for the chemical parameters. Thus, these results do not prove that Nyabarongo river is polluted. The study of other physical, chemical and biological parameters is very important for a better conclusion on the pollution status of the Nyabarongo river.

Key words: *Suspension matters, Pollution, Anthropic activity, Nyabarongo river.*

1. Introduction

La pollution représente un sérieux problème pour l'environnement, au niveau mondial, à cause des rejets déversés dans les rivières (Derradji et al., 2007). Les rivières sont de plus en plus menacées par les activités anthropogéniques qui mettent en péril leur capacité de regorger la biodiversité (Sommer et al., 2007). Ces activités anthropogéniques sont généralement dues à l'intensification de l'agriculture, l'utilisation des pesticides et engrais et l'érosion des sols (Biswas et al., 1999). L'eutrophisation des eaux et la perte des habitats des rivières constituent les causes majeures de l'appauvrissement biologique des eaux adjacentes (Jenkins et Greenway, 2007). Cet appauvrissement provient de l'augmentation des nutriments dans les eaux courantes et de la diminution de rétention des nutriments par les marais (Ayala, 1996). L'azote et le phosphore sont des nutriments importants qui causent l'eutrophisation des eaux (Wetzel, 2001). Ces deux nutriments

proviennent des activités anthropogéniques dans les sous-bassins versants (Hecky *et al.*, 2003).

La connaissance des caractéristiques du transport des sédiments en suspension constitue un enjeu important en terme de gestion des rivières et du développement des activités économiques dont dépendent ces ressources (Lima *et al.*, 2005; Bravard *et al.*, 2014). Les sédiments en suspension transitant dans le lit d'une rivière, constituent un vecteur de transport d'éléments (polluants, éléments biogènes comme le carbone, le phosphore, l'azote), mais peuvent également apparaître comme un gêne pour la biodiversité des rivières. La sédimentation importante dans les retenues ou les lacs conduit à l'envasement progressif de celle-ci (Mano *et al.*, 2007). Les apports de sédiments en suspension sont essentiels pour l'écosystème de la rivière. Une grande quantité de sédiment en suspension peut bloquer la lumière et une petite quantité peut augmenter l'érosion. La mesure des sédiments en suspension permet d'apprécier la charge solide en suspension d'une eau naturelle ou résiduaire (Eisma, 1993). Les écoulements dans les rivières sont généralement tridimensionnels, dans un état tourbillonnaire. Par conséquent, une analyse précise de l'écoulement et du transport des sédiments dans une rivière à méandres est une tâche plutôt difficile (Melesse *et al.*, 2011). La quantification du flux des sédiments en suspension dans les rivières est très importante dans les études de l'érosion du sol, de la qualité de l'eau, de la sédimentation des lacs, des habitats des poissons et les autres impacts écologiques (Melesse *et al.*, 2006 ; Isik, 2006).

Les effets du changement anthropogéniques et de l'utilisation des terres ont stimulé les recherches hydrobiologiques dans les rivières du bassin du Lake Kivu, un lac très sensible aux changements climatiques dans ces dernières années (Bagalwa, 2006; Basima *et al.*, 2006; Bagalwa *et al.*, 2013). Les sédiments en suspension sont aussi sensibles aux changements dus au climat et à l'utilisation des terres, mais reçoivent une faible attention. La quantité des apports en suspension transportés par les rivières dépend du volume et de la vitesse de la rivière, la nature et la grandeur des matériels disponibles dans un temps, la couverture végétale et la caractéristique du lit de la rivière. Le processus du transport des sédiments en suspension est fonction du climat, de la végétation, de la caractéristique du sol et de la topographie (Lima *et al.*, 2005).

La pollution est le résultat de l'augmentation des activités agricoles mais aussi elle est une menace aux écosystèmes aquatiques de la République Démocratique du Congo, et

particulièrement de la province du Sud-Kivu. Ces effets sont caractérisés par une eutrophisation des eaux, une diminution dramatique du niveau d'oxygène dissous et une sédimentation qui entraînent une turbidité élevée (Bagalwa, 2006; Bagalwa et Kubuya, 2009). Les activités anthropogéniques dans les bassins des rivières ne font que dégrader la qualité des eaux de ses rivières (Luu *et al.*, 2007).

Les macro- invertébrés ont pour avantages d'avoir un cycle de vie plus long de quelques mois à un an et ils ont un large éventail de niveau trophique et tolérance à la pollution, relativement faciles à échantillonner ; mais, ils sont sensibles à la modification de l'habitat, à la présence des matières organiques et aux variations en oxygène dissous. Dans la rivière, chaque organisme possède des exigences particulières (Oxygénation, nature du lit, température...). Confrontés à une pollution ponctuelle ou chronique, certaines espèces animales vont disparaître, d'autres se développer. Néanmoins, de nouvelles méthodes synthétiques qui regroupent à la fois des composantes physico-chimiques et biologiques poursuivent cet idéal et sont d'ores et déjà utilisées de par le monde (Anonyme, 2014). Parmi le matériel utilisé pour les analyses biologiques, les macro- invertébrés benthiques (MIB) sont les plus fréquemment cités (Foto *et al.*, 2011). Des études précédentes dans cette région démontrent les problèmes de pollution des eaux des rivières attribuables aux activités anthropogéniques utilisant ces rivières pour leurs activités (Bagalwa, 2013; Ndahama *et al.*, 2014).

La rivière Nyabarongo est soumise à la pression des activités anthropogéniques exercées dans le sous-bassin versant sur son parcours depuis sa sortie dans le Parc National de Kahuzi-Biega (PNKB) jusqu'à son déversoir dans le lac Kivu. Un des problèmes posés est de déterminer la quantité des sédiments transportée par les rivières dans le Lac Kivu: soit via les apports sous forme dissouts dus essentiellement aux rejets des activités anthropogéniques (fabrication des briques cuites, lessivage et pêcheries) des populations environnantes, ou soit via les apports particuliers plus liés au lessivage des terres agricoles (champs des maïs, des maniocs, des haricots, des bananiers et des cultures maraîchères). Ces activités ont réduit le couvert végétal, mis le sol très vulnérable à l'érosion dans les rivières qui ont des implications sérieuses sur la morphologie du lit et la sédimentation du Lake Kivu. Ainsi, quelle est l'activité anthropique principale dans le sous-bassin versant de la rivière Nyabarongo? Et quelle est la qualité physique et chimique des eaux de la rivière Nyabarongo?

En effet, l'activité anthropique principale dans le sous bassin versant de la rivière Nyabarongo serait l'agriculture et la qualité physique et chimique des eaux de la rivière Nyabarongo indiquerait que les eaux de cette rivière sont polluées. Cette étude vise à contribuer à l'amélioration de la qualité de l'eau dans le groupement d'Irhambi-Katana en vue de la gestion du bassin versant du lac Kivu et plus spécifiquement identifier les activités anthropiques du sous bassin versant de la rivière Nyabarongo; déterminer la qualité physique des eaux de la rivière Nyabarongo et analyser la qualité chimique des eaux de la rivière Nyabarongo.

2. Matériel et méthodes

2.1. Description du milieu d'étude : la Rivière Nyabarongo

La rivière Nyabarongo est à cheval entre le territoire de Kabare plus précisément à Kabamba et le territoire de Kalehe plus précisément à Kasheke. Elle prend source à plus de 2000 m d'altitude dans le Parc National de Kahuzi-Biega, coule dans une région cultivée pour se déverser dans le lac Kivu à 1460 m d'altitude. Sa longueur de la source à l'embouchure est estimée à 18,4 Km, sa profondeur moyenne varie de la source (45 cm) à l'embouchure (350 cm) et sa largeur est en moyenne de 2.2 m. Le climat dans cette région est du type tropical humide à saison sèche qui s'étend du mois de Juin à Août et une saison de pluie de Septembre à Mai. La température moyenne annuelle est de 22°C, les précipitations annuelles sont supérieures à 1500 mm/an (Ndahama *et al.*, 2014). Sa végétation prédominante était constituée d'*Albizia grandibracteata*, *Fucus exasperata*, mais avec la pression anthropique, on y trouve seulement des reliques aux alentours de la rivière. Du point de vue géologique, c'est un massif forme de roches anciennes ou récentes de nature diverse mais en majorité d'origine volcanique ou fortement métamorphisées. De l'amont en aval, cette rivière est utilisée par la population pour le lavage des habits et les ustensiles de cuisine, les baignades et l'abreuvement. La végétation environnante est dominée par : *Achantus pubensis*, *Pennisetum purpureum*, *Senna spectabis*, *Eucalyptus globosis* et *Cyperus latifolia*.

Quatre sites de prélèvement ont été choisis sur la rivière Nyabarongo: il s'agit du site Kabirikarhaba situé en amont, à la sortie de la rivière dans le PNKB, les sites Kalambo/Cisheke et Pont Nyabarongo situés au milieu et le site Ceshero situé en aval, à l'embouchure de la rivière coulant dans le lac Kivu. Le choix de ces sites de prélèvement

des échantillons a été inspiré par notre accessibilité à la berge de ce système aquatique et la fréquentation des populations humaines et animales riveraines pour leurs diverses activités dans cet écosystème.

2.2. Collecte des données, prélèvement de l'eau et analyse au laboratoire

La quantité des sédiments en suspension de la rivière Nyabarongo a été suivie par les mesures hebdomadaires du débit, p^H , de la température, la conductivité électrique, vitesse de l'eau et des prélèvements d'eaux, pendant une période de 12 mois, soit d'Avril 2023 à Mars 2024. La connaissance de la charge en sédiments d'un cours d'eau requiert une surveillance continue (Ndahama *et al.*, 2014). Ainsi, la collecte des données a-t-elle porté sur les activités anthropiques exercées dans le bassin de la rivière Nyabarongo, les paramètres physiques et les paramètres chimiques et cela de la manière suivante :

- La collecte des données se rapportant aux activités anthropiques (agriculture, lessivage des habits, bain corporel et abreuvement des animaux) a été faite par une observation simple avec estimation d'abondance relative selon une échelle à 4 degrés : 0 = absence, + = rare, ++ = moyenne et +++ = abondante.
- Les paramètres physiques dont la température de l'eau en degré Celsius ($^{\circ}C$) et la conductivité électrique en microsiemens par centimètre ($\mu S/cm$) de chaque site ont été mesurés sur terrain à l'aide d'un appareil multifonction combo Hanna de marque Hanna HI98129 alors que le débit en mètre cube par seconde (m^3/s) a été calculé à partir de la formule $Q = A \times v$ (Bagalwa et Kubuya, 2009 ; Bagalwa *et al.*, 2013) où Q est le débit, A est la surface de la section transversale de la rivière et v est la vitesse de l'eau en mètre par seconde (m/s). Pour y arriver, nous avons mesuré la surface de la section transversale (A) à un endroit où la section était relativement uniforme; la largeur (W) en utilisant un ruban et la profondeur (D) en 5 points. Puis nous sommes passés au calcul de la surface en utilisant la formule $A = W \times D$, car la section de la rivière était rectangulaire. En fin, nous avons mesuré la vitesse de l'eau (v) en utilisant un flotteur en liège jeté sur l'eau et à l'aide d'un chronomètre, on compte le temps effectué par ce flotteur pour parcourir une distance d'un mètre.
- Les paramètres chimiques ont été mesurés, certains sur terrain et d'autres par analyses chimiques au laboratoire de malacologie du Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro (CRSN-Lwiro):

- **Le pH et le MES (Matières en suspension)** : le pH et le MES (Matières en suspension) de chaque site ont été mesurés sur terrain à l'aide d'un appareil multifonction combo Hanna de marque Hanna HI98129.
- **Les analyses chimiques** : Un échantillon d'eau a été prélevé dans une bouteille en verre pour l'analyse de l'oxygène dissous (O_2), la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO_5). Cet échantillon a été fixé sur le terrain suivant la méthode iodométrique de Winkler (Golterman et al., 1978; APHA et al., 1989). Un autre échantillon d'eau, pour les analyses d'autres paramètres chimiques (dureté total, dureté calcique), a été transporté au laboratoire de Malacologie du Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro, dans des flacons en plastiques fermés immédiatement et gardés au frigo à une température de 4 °C avant les analyses. Toutes ces analyses ont été faites suivant la méthode titrimétrique (Golterman et al., 1978 ; APHA et al., 1989).

2.3. Analyses statistiques

Les données récoltées sur le terrain et après analyses au Laboratoire ont été analysées statistiquement après leur encodage dans Excel. Le logiciel Past version 4.10 a été utilisé pour l'analyse statistique des données au seuil de 5 %.

3. Résultats et Discussion

Ce travail qui traite de la contribution à l'étude de la charge des matières en suspension de la rivière Nyabarongo dans le groupement d'Irhambi-Katana, Est de la RD Congo, après investigation sur terrain et au laboratoire, a fourni les résultats ci-après :

3.1. Activités anthropiques dans et autour de la rivière Nyabarongo.

Le tableau 1 ci-dessous présente les résultats se rapportant aux activités anthropiques dans et autour de la rivière Nyabarongo.

Tableau 1. Activités anthropiques dans et autour de la rivière Nyabarongo

Paramètres	Sites			
	Kabirikarhaba	Kalambo/Cisheke	Pont Nyabarongo	Ceshero
Agriculture	+++	+++	+++	+++
Lessivage	-	++	++	-
Bain	-	++	++	-
Abreuvement	-	+	+	-

Légende: +++ : plus intense, ++ : intense, + : moins intense, - : absence ou n'y s'effectue pas.

Ce tableau montre que les activités anthropiques dans et autour de la rivière Nyabarongo sont l'agriculture, le lessivage, le bain et l'abreuvement. Cependant, l'agriculture reste l'activité anthropique la plus intense ou prépondérante autour de la rivière Nyabarongo parce que population environnante de cette rivière ne vit que de l'agriculture. Cette agriculture est la source ou l'origine des matières en suspension de la rivière Nyabarongo comme l'avait aussi montré Ndahama *et al.* (2014) sur la rivière Cirhanyobwa. Dès sa sortie du PNKB jusqu'à son embouchure dans le lac Kivu, la population pratique l'agriculture des manioc, maïs, haricot et patate douce. Étant donné que cette rivière se trouve dans le bas-fond de deux collines, dont la colline de Mabingu et celle de Kabumbiro, les érosions coulant sur ces collines assurent le transport des matières en suspension vers la rivière (Bagalwa, 2006). Ainsi, l'agriculture est-elle présumée comme la source des matières en suspension de la rivière Nyabarongo (Ndahama *et al.*, 2014).

Les autres activités anthropiques dont le lessivage, le bain et l'abreuvement ne sont pas effectuées en amont et en aval de la rivière Nyabarongo car en amont, au site de Kabirikarhaba, il n'y a pas de population et ce sont seulement des champs et cultures qu'on y trouve, alors qu'en aval, au site Ceshero, il y a une grande profondeur et la population a difficile d'y accéder pour faute de noyade.

3.2. Paramètres physiques des eaux de la rivière Nyabarongo

Les résultats se rapportant aux paramètres physiques des eaux de la rivière Nyabarongo sont repris dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableaux 2. Paramètres physiques des eaux de la rivière Nyabarongo

Paramètres	Sites				Moyenne
	Kabirikarhaba	Kalambo/Cisheke	Pont Nyabarongo	Ceshero	
T (° C)	15	16	17	20	17
Conductibilité électrique (µS/cm)	522	538	549	603	553
Débit (m ³ /s)	3.3	2.1	1.18	0.77	1.84

Ce tableau montre que les moyennes pour les paramètres physiques des eaux de la rivière Nyabarongo sont 17 ° C pour la température, 553 uS/cm pour la conductibilité électrique et 1.84 L/s pour le débit. En effet, ces paramètres physiques des eaux de la rivière varient d'un site à l'autre et la température et la conductibilité électrique augmentent quand on va de l'amont en aval, alors que le débit diminue quand on va de l'amont en aval. Comme les montrent les graphiques ci-dessous.

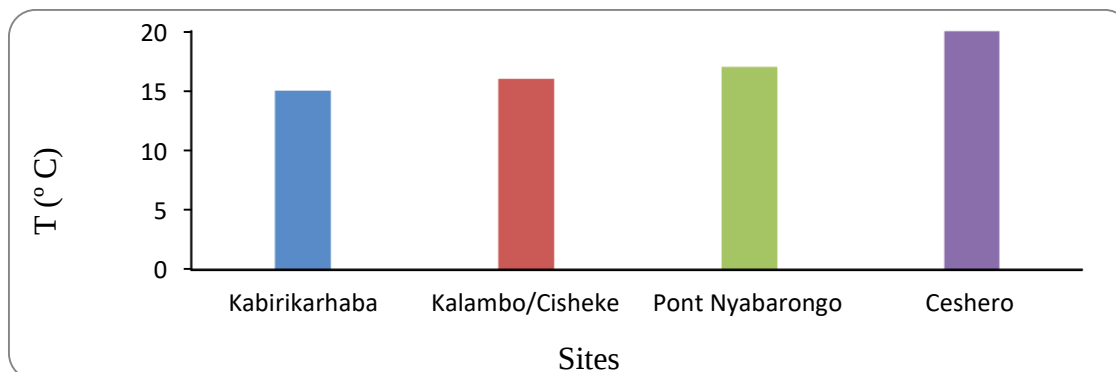


Figure 1. Évolution de la température des eaux de la rivière Nyabarongo en fonction des sites.

Cette figure montre que la température la plus élevée est observée à l'embouchure de la rivière Nyabarongo dans le lac Kivu. Ce résultat est donc dû au mouvement des eaux de la rivière et aux matières en suspension qu'interagissent dans les eaux (Luu *et al.*, 2007).

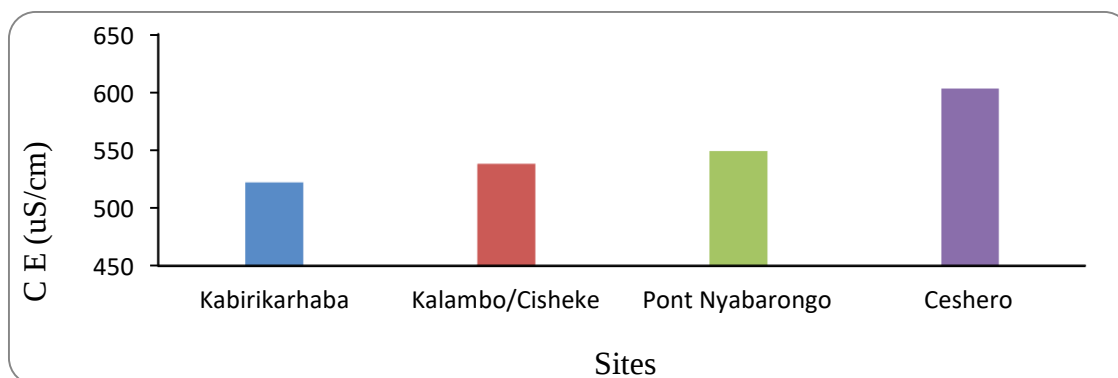


Figure 2. Évolution de la conductibilité électrique des eaux de la rivière Nyabarongo en fonction des sites.

Cette figure montre que la conductibilité électrique la plus élevée est observée à l'embouchure de la rivière Nyabarongo dans le lac Kivu. Ce résultat est donc dû aux matières en suspension contenues dans les eaux de la rivière Nyabarongo, car c'est à l'embouchure où toutes les entrées des matières en suspensions vont devoir se rencontrer (Luu et al., 2007).

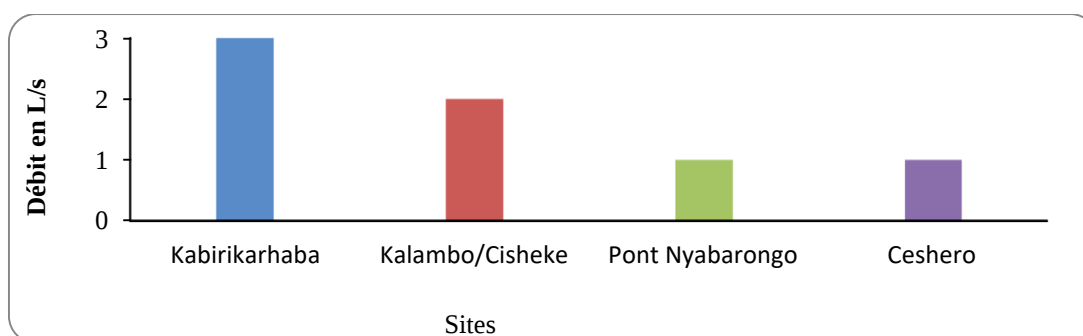


Figure 3. Évolution du débit des eaux de la rivière Nyabarongo en fonction des sites.

Cette figure montre que le débit le plus élevé est observé en amont de la rivière Nyabarongo, juste à sa sortie dans le PNKB. Ce résultat est donc dû à la charge des matières en suspension qui vont en augmentant quand on va de l'amont en aval (Luu et al., 2007).

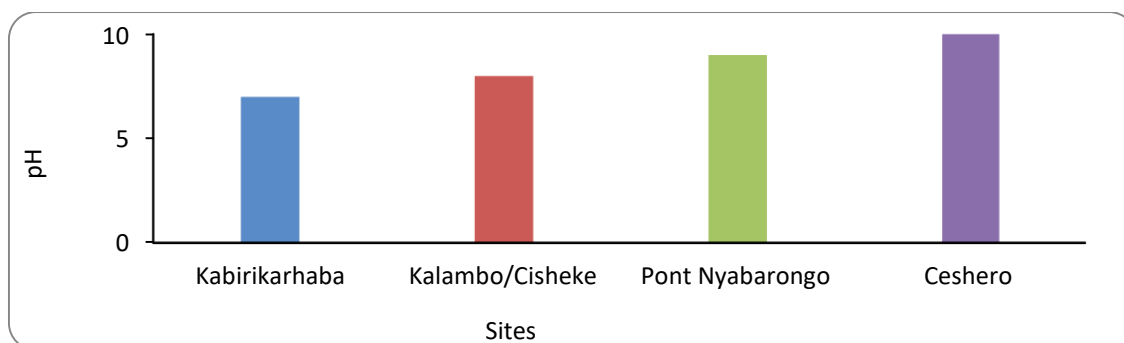
3.3. Paramètres chimiques des eaux de la rivière Nyabarongo.

Les résultats se rapportant aux paramètres chimiques des eaux de la rivière Nyabarongo sont repris dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableaux 3. Paramètres chimiques des eaux de la rivière Nyabarongo

	Sites				
Paramètres	Kabirikarhaba	Kalambo/Cisheke	Pont Nyabarongo	Ceshero	Moyenne
p ^H	7	7.2	7.4	7.7	7.3
MES (mg/L)	89	112	174	233	152
O ₂ (mg/L)	14	13.6	11.4	9.3	12.1
DBO ₅ (mg/L)	4.4	5	5.2	5.7	5.1
DCO (mg/L)	17.1	20.5	21.2	23.6	20.6
Dureté totale (° F)	4.30	5.01	6.09	6.62	5.51
Dureté calcique (° F)	3.58	4.20	4.65	5.59	4.51

Ce tableau montre qu'en moyenne, les eaux de la rivière Nyabarongo ont un pH de 7.3, les MES de 152 mg/L, l'Oxygène dissous de 12.1 mg/L, le DBO₅ de 5.1 mg/L, le DCO de 20.6 mg/L, la dureté totale de 5.51° F et dureté calcique de 4.51 ° F. Ces paramètres varient d'un site à l'autre et évoluent de manière croissance en allant de l'amont en aval; c'est le cas du p^H, MES, DBO₅, DCO, dureté totale et dureté calcique, mais l'Oxygène dissous va en diminuant, comme les figure ci-dessous l'indiquent.

**Figure 4. Évolution du p^H des eaux de la rivière Nyabarongo en fonction des sites.**

Cette figure montre que le p^H le plus élevé est observé en aval de la rivière Nyabarongo, vers l'embouchure. Ce résultat est donc dû à la charge des matières en suspension qui vont en augmentant. Les matières organiques, l'argile et le calcaire qui sont amenés par les érosions sont à l'origine de cette variation de p^H dont le calcaire, lui donne un caractère tendant vers les hydroxylés (Bagalwa, 2013).

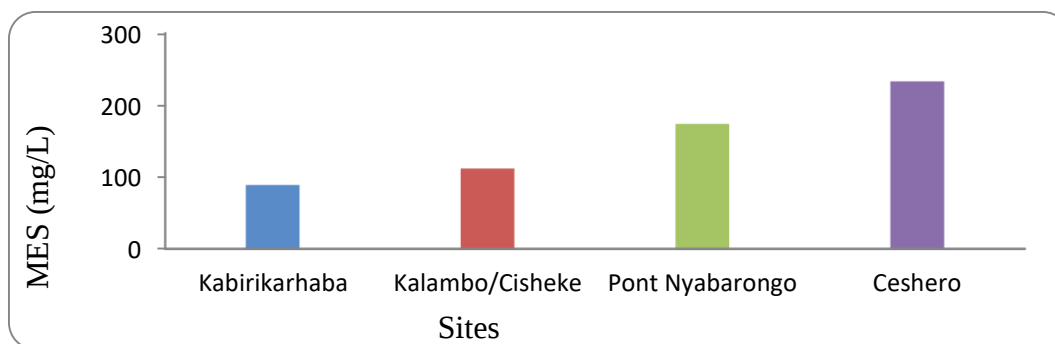


Figure 5. Évolution des MES des eaux de la rivière Nyabarongo en fonction des sites.

Cette figure montre que les MES sont plus élevées est observé en aval de la rivière Nyabarongo, vers l'embouchure. Ce résultat est donc dû à la charge des matières en suspension qui vont en augmentant suite à l'entrée des matières organiques et minérales amenées par les érosions. Au fur et à mesure qu'on va de l'amont vers l'aval, ces MES augmentent, car les érosions aussi augmentent (Bagalwa, 2013). Les activités anthropiques dont l'agriculture principalement, ramollissent le sol qui par la suite est transporté par les érosions vers la rivière (Luu *et al.*, 2007). Les matières en suspension sont le Calcium, le Magnésium, le Chlorure, le Phosphate, le Nitrate, ..., formant la dureté totale alors que le Calcium et le Magnésium constituent la dureté calcique (Bagalwa, 2013, Ndahama *et al.*, 2014 et Luu *et al.*, 2007).

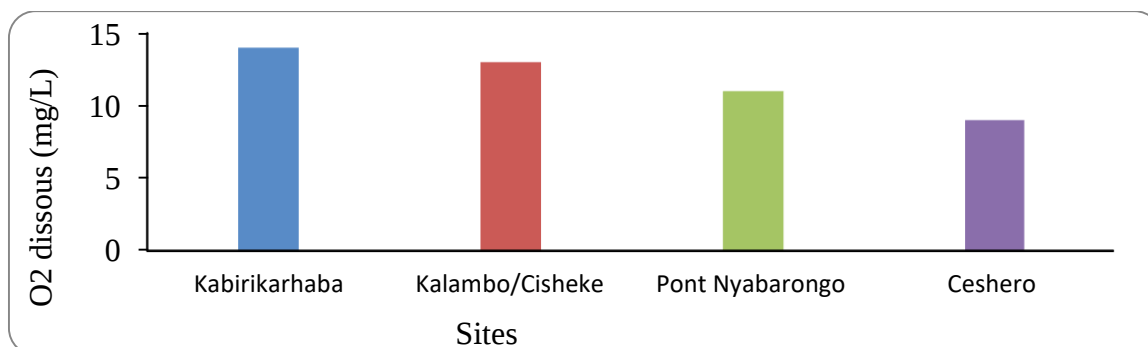


Figure 6. Évolution de l'Oxygène dissous des eaux de la rivière Nyabarongo en fonction des sites.

Cette figure montre que l'Oxygène est le plus élevé en amont dans les eaux de la rivière Nyabarongo. Ce résultat est dû à la charge des matières en suspension qui vont en augmentant suite à l'entrée des matières organiques et minérales amenées par les érosions. L'augmentation des MES, diminue l'Oxygène dissous suite aux différentes réactions d'oxydation qui se déroulent dans les eaux (Bagalwa, 2013). Alors que les animaux aquatiques consomment l'Oxygène dissous, ce dernier réalisent aussi des réactions

chimiques d'oxydations avec les matières en suspensions présentent dans les eaux de la rivière (Foto *et al.*, 2011); tel est le cas dans notre étude.

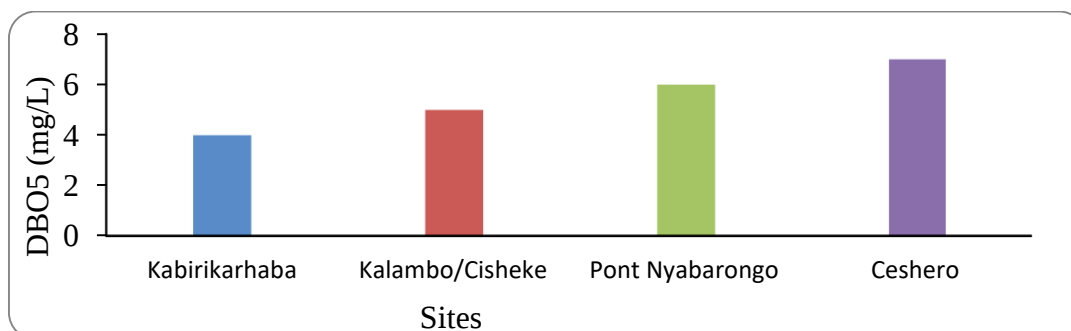


Figure 7. Évolution de la DBO₅ des eaux de la rivière Nyabarongo en fonction des sites.

Cette figure montre que la DBO₅ est la plus élevée en avant dans les eaux de la rivière Nyabarongo. Ce résultat est dû à la présence des organismes aquatiques dont les animaux dont le nombre augmentent au fur et à mesure qu'on va de l'amont vers l'aval (Foto *et al.*, 2011). La demande biologique en Oxygène est fonction des animaux aquatiques de la rivière dont les poissons et les macro-invertébrés (Bagalwa, 2013). Dans notre étude, avec le courant des eaux de la rivière Nyabarongo, les animaux résistent plus en aval qu'en amont, suite à son débit qui diminue aussi au fur et mesure qu'on quitte de l'amont en aval.

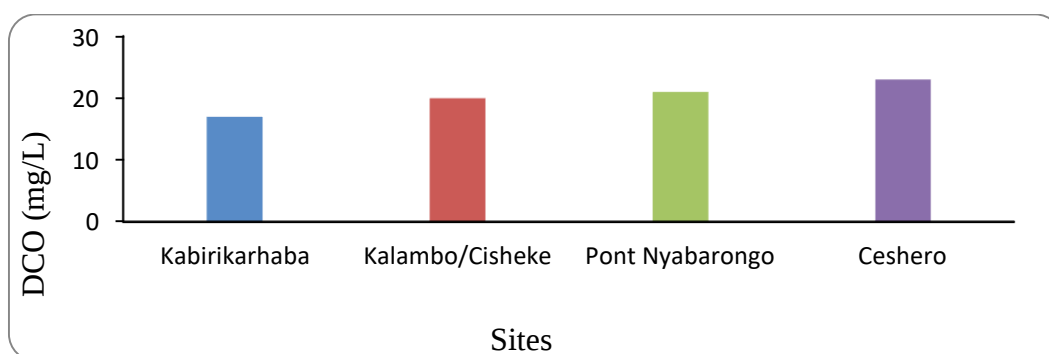


Figure 8. Évolution de la DBO₅ des eaux de la rivière Nyabarongo en fonction des sites.

Cette figure montre que la DCO est la plus élevée en avant dans les eaux de la rivière Nyabarongo. Ce résultat est dû aux réactions chimiques qui se déroulent dans les eaux de la rivière (Bagalwa, 2013). Ces réactions sont effectuées suite aux MES qui sont déversées dans la rivière à travers les érosions (Foto *et al.*, 2011).

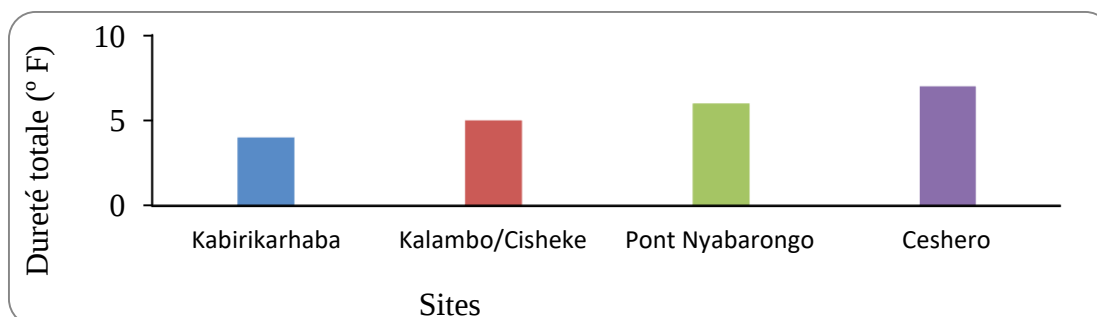


Figure 9. Évolution de la dureté totale des eaux de la rivière Nyabarongo en fonction des sites.

Cette figure montre que la dureté totale la plus élevée est observée en aval de la rivière Nyabarongo, vers l'embouchure. Ce résultat est donc dû à la charge des matières en suspension qui vont en augmentant suite à l'entrée des matières organiques et minérales amenées par les érosions. Les activités anthropiques dont l'agriculture principalement, ramollissent le sol qui par la suite est transporté par les érosions vers la rivière (Luu *et al.*, 2007). Les matières en suspension sont le Calcium, le Magnésium, le Chlorure, le Phosphate, le Nitrate, ..., formant la dureté totale (Bagalwa, 2013, Ndahama *et al.*, 2014 et Luu *et al.*, 2007).

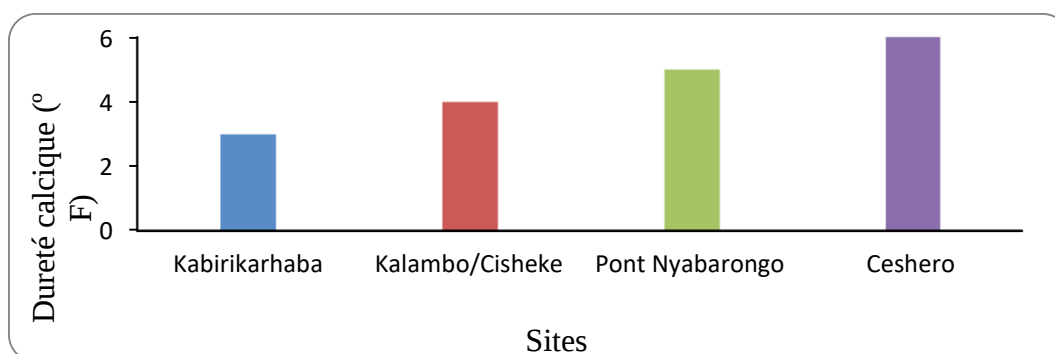


Figure 10. Évolution de la dureté calcique des eaux de la rivière Nyabarongo en fonction des sites.

Cette figure montre que la dureté calcique la plus élevée est observée en aval de la rivière Nyabarongo, vers l'embouchure. Ce résultat est donc dû à la charge des matières en suspension qui vont en augmentant suite à l'entrée des matières minérales amenées par les érosions. Les activités anthropiques dont l'agriculture principalement, ramollissent les pierres calcaires et le sol qui par la suite est transporté par les érosions vers la rivière (Luu *et al.*, 2007). Les matières en suspension sont le Calcium et le Magnésium (Bagalwa, 2013, Ndahama *et al.*, 2014 et Luu *et al.*, 2007). Ainsi, la dureté calcique est-elle due à la présence du calcium et magnésium dans les matières en suspensions.

Conclusion et suggestions

Ce travail qui traite de la contribution à l'étude de la charge des matières en suspension de la rivière Nyabarongo dans le groupement d'Irhambi-Katana, Est de la RD Congo, avait comme objectif de contribuer à l'amélioration de la qualité de l'eau dans le groupement d'Irhambi-Katana en vue de la gestion du bassin versant du lac Kivu et spécifiquement; connaître les activités anthropiques du sous bassin versant de la rivière Nyabarongo, déterminer la qualité physique des eaux de la rivière Nyabarongo et analyser la qualité chimique des eaux de la rivière Nyabarongo. Pour y atteindre, quatre sites ont été choisis sur la rivière Nyabarongo, en fonction de leur accessibilité. Ces sites sont Kabirikarhaba, Kalambo/Cisheke, Pont Nyabarongo et Ceshero; les méthodes et techniques d'échantillonnage d'eau, prélèvement des échantillons et les analyses au laboratoire nous ont permis d'obtenir les résultats ci-après: l'agriculture reste l'activité anthropique prépondérante autour de la rivière Nyabarongo et cette agriculture est la source des matières en suspension de la rivière Nyabarongo; les moyennes pour les paramètres physiques des eaux de la rivière Nyabarongo sont 17 ° C pour la température, 553 uS/cm pour la conductibilité électrique et 1.84 L/s pour le débit et en moyenne, les eaux de la rivière Nyabarongo ont un pH de 7.3, les MES de 152 mg/L, l'Oxygène dissous de 12.1 mg/L, le DBO₅ de 5.1 mg/L, le DCO de 20.6 mg/L, la dureté totale de 5.51° F et dureté calcique de 4.51 ° F. Ainsi, ces résultats ne prouvent-ils pas que cette rivière soit polluée, car les résultats obtenus ne sont pas dans les marges des normes données par l'OMS pour conclure qu'une eau est polluée; alors l'hypothèse selon laquelle, l'activité anthropique principale dans le sous bassin versant de la rivière Nyabarongo serait l'agriculture est acceptée, mais, les hypothèses selon lesquelles, la qualité physique des eaux de la rivière Nyabarongo indiquerait que cette rivière est polluée et la qualité chimique des eaux de la rivière Nyabarongo indiquerait que ces eaux sont polluées sont infirmées. C'est pourquoi, nous suggérons ce qui suit:

- Au Gouvernement congolais, d'assurer une gestion du bassin versant de la rivière Nyabarongo, car est tributaire du lac Kivu et pourrait à la longue devenir une source de pollution de ce lac,
- À la population, d'utiliser des méthodes modernes d'agriculture pour éviter les érosions, sources des matières en suspension de la rivière Nyabarongo et planter des arbres autour de cette rivière en vue de la protection de son lit.

Références bibliographiques

- Anonyme, 2014. Plan directeur de l'environnement et conservation de la nature, PNUD, 20 (25), 49p.
- Ayala D.J., 1996. Create wetlands in Denmark and Skane: An analysis of impacts on Nutrient retention and Biodiversity, Thèse de Master, University of California, 51p.
- Bagalwa M. et Kubuya B., 2009. Study of water quality of a mountain Cirhanyobwa river, Eastern of the Democratic republic of Congo (Central Africa), cahier de CERUKI, n° Special CRSN/Lwiro, pp 33-44.
- Bagalwa M., 2006. The impact of land use on water quality of the Lwiro River, Democratic Republic of Congo. African journal of Aquatic Science, 31 (1) pp 137-143.
- Bagalwa M., 2013. Estimation of pollution loading into Lake Kivu case of Kahuwa Micro-catchment in RD Congo. Thèse de Master, UEA, Bukavu, 71p.
- Bagalwa M., Karume K., Bayongwa C., Ndahama N. et Ndegeyi K., 2013. "Land-use Effects on Cirhanyobwa River Water Quality in D.R. Congo. *Greener Journal of Environment Management and Public Safety*, 3(1): 21 – 30.
- Basima B., Mbalassa M., Muhigwa B. et Nshombo M., 2006. Antropogenic influences on the littoral zone biota of Lake Kivu, Bukavu Basin, DR Congo, *Verh. Intrenat. Verein. Limnol.*, 29, 6p.
- Biswas T.K., Higginson F.R. et Shannon I., 1999. Effluent nutrient management and resource recovery in intensive rural industries for the protection of natural waters, *Water Science and Technology*, 40, pp. 19-27.
- Bravard J. P., Goichot M. et Tronchere H., 2014. "An assessment of sediment-transport processes in the lower Mekong River based on deposit grain sizes, the CM techniques and flow-energy data. *Geomorphology*, 207, 174 – 189.
- Crep A., 2007. Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées. Protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, YIPIN créations, Ouagadougou, Burkina Faso, 65p.
- Degremont G. J., 2005. Memento technique de l'eau. Tome I, 10^e édition : Tec et Doc p : 3-38.

- Derradji F., Bousnoubra H., Kherici N., Romeo M., Caruba R., 2007. Impact de la pollution organique sur la qualité des eaux superficielles dans le Nord-Est algérien, *Revue sécheresse*, Vol. 18,1, p.23-27.
- Downing J., 2006. "Twenty-five years with OBS sensors: The good, the bad, and the ugly. *Continental Shelf Research*, 26 (17-18): 2299-2318.
- Eisma D., 1993. Suspended matter in the aquatic environment. *Springer-Verlag, Berlin*, 45p.
- Foto M., Zebaze T., Nyamsi T., Ajeagah G. et Njiné T., 2011. Evaluation de la diversité des peuplements des macro-invertébrées benthiques dans un cours d'eau Anthropisé en milieu tropical (Cameron), *European journal of Scientific research*, 55 (2), pp 291-300.
- Gibbs R. I., 1967. The geochemistry of the Amazon River systems. Parti. The factors that control the salinity and the composition and concentration of the suspended solids. *Bull. Geol. Soc.* 73,1203-1282.
- Giresse P., 1982. La succession des sédimentations dans les bassins marins et continentaux du Congo depuis le début du Mésozoïque. *Sci Géol. Bull. Strasbourg* 35(4), 183-206.
- Hecky R.E., Bootsma H.A. et Kingdon M.L., 2003. Impact of Land Use on Sediment and Nutrient Yields to Lake Malawi/Nyasa (Africa), *J. Great Lakes Res.* 29 (Supplément 2), pp. 139-158.
- Hecq J., 1958. Le système de cultures des Bashi (Kivu, Territoire de Kabare) et ses possibilités in BACB. 119p.
- Isik S., 2013. "Regional rating curve models of suspended sediment transport for Turkey. *Earth Sci. Inform.*, 6: 87-98.
- Jenkins G.A. et Greenway M., 2007. Ecological and hydrological assessment for a constructed stormwater wetland restoration, *Novatech* 4, 2, pp. 901-908.
- Lima J., Lopes W. T., Carvalho N., Vicira M. R. et Da Silva E. M., 2005. "Suspended sediment fluxes in the large river basins of Brasil. *Sediment Budgets 1* (Proceedings of symposium S1 held during the Seventh IAHS Scientific Assembly at Foz do Iguacu, Brazil, April 2005). *IAHS Publ.* 291, 355 – 363.

- Luu T., Orange D., Dang T. H., Le L. A. et Garnier J., 2007. Impact des activités anthropogéniques sur les flux de matières en suspension et la qualité des eaux du fleuve Rouge à l'entrée du delta. Acte des JSIRAUF. Hanoi, 6 p.
- Mano V., Nemery J. et Belleudy P., 2007. "Un an de mesure des flux de Matières En Suspension (MES) et de Carbone sur une rivière alpine : l'Isère. SHF : «Transports solides et gestion des sédiments en milieux naturels et urbains», Lyon, 1 – 4, 2007.
- Marsily G., 1995. L'eau. Edition Flammarion, 128p.
- Melesse A., Ahmad S., McClain M.E., Wang X. et Lim Y.H., 2011. "Suspended sediment load prediction of river systems: An artificial neural network approach. *Agric. Water Manage.* 98: 855-866.
- Ndahama H.N., Bagalwa J.-J. M., Batumike P.C., Ndegeyi B.K., Zirirane D.N., Bahizire J.-L.K, et Matembera D.B., 2014. Impact de l'agriculture sur la variabilité journalière des sédiments en suspension et leur flux dans la rivière Cirhanyobwa, lac Kivu, République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 7, 4, pp. 1391-1399.
- Ndahama N., Bagalwa M. et Bayongwa C., 2014. Etude de la pollution organique totale et fécale dans les systèmes aquatiques de l'Est de la RD Congo. *Afrique Science*, 10 (2), pp 328 – 337.
- Nechad I. et Fadilk F., 2014. Qualité physico-chimique des eaux des sources AIN REGRAD et AIN SIDI BOUALI dans la région de SEFROU moyen ATLAS, Maroc, *Larhyss journal*, n°20, pp127-146.
- Olivry J. C., 1986. Opération "Transports de matières sur le bassin du fleuve Congo. "Rapp. ORSTOM Brazzaville, Congo. (Transports solides en suspension au Cameroun. In: *Erosion and Solid Matter Transport in Inland Waters*. Proc. Paris Symp. July 1977, IAHS Publ. no. 122, 134-141.
- Rodier J., 2005. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 7^e édition : Dunod, Paris, 45p.
- Sari H., 2014. Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source Attar (Tlemcen). Mémoire de Master, faculté des sciences de la nature de la vie et sciences de la terre et de l'univers, Université Abdou-Bekr Belkaid Tlemcen, 156p.

- Sommer H., Nikisch N. et Sieker H., 2007. Reduction of pollution load from street-runoff by an inlet-filtration-system filled with adsorptive material, Novatec, 3, 2, pp. 735-742.

