

IMPACT DE L'AGRICULTURE SUR LA VARIABILITE JOURNALIERE DES SEDIMENTS EN SUSPENSION ET LEUR FLUX DANS LA RIVIERE CIRHANYOBWA, LAC KIVU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

[IMPACT OF THE AGRICULTURE ON THE DAILY VARIABILITY OF SUSPENDED SEDIMENTS AND THEIR FLUX IN THE RIVER CIRHANYOBWA, LAKE KIVU, DEMOCRATIC REPUBLIC OF CONGO]

*Henri Ndahama Ntadumba¹, Jean Jacques Bagalwa Mashimango²⁻³, Pierre Batumike Cishibanji², Bertin Ndegeyi Kabale²,
Dieudonné Zirirane N³, Jean Louis Bahizire Kayeye², and Dieudonné Matembera Buzenga⁴*

¹Département de l'Environnement, Centre de Recherche en Sciences Naturelles, Lwiro, RD Congo

²Département de Biologie, Centre de Recherche en Sciences Naturelles, Lwiro, RD Congo

³Université Evangélique en Afrique, Faculté d'Agronomie, B.P. 3323 Bukavu, R. D. Congo

⁴Département de Documentation, Centre de Recherche en Sciences Naturelles, Lwiro, RD Congo

Copyright © 2014 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: In this present study an evaluation of a daily variability of suspended sediment flux of the river Cirhanyobwa, one of the important tributary of Lake Kivu, is reported. A daily sampling was done during one year. Suspended sediment and discharge was measured using standards method and floating method respectively. The results shown that agricultural has a impact on the transport of suspended sediment in this river. The quantity of suspended sediment in the river Cirhanyobwa was high during the beginning of the first tillage in July-August and February. Daily Suspended sediment and flux increased with daily flow. Ecological techniques are useful to prevent the suspended sediment transport in the river bed. These techniques consist of agricultural practices and conservation of river bank.

KEYWORDS: Daily variability, Suspended Sediment, Discharge, Agricultural.

RESUME: Dans ce présent travail, une évaluation de la variabilité journalière des flux des sédiments en suspension de la rivière Cirhanybwa, l'un des affluents importants du Lac Kivu, est reportée. Un échantillonnage journalier a été effectué durant une année. Ainsi, les sédiments en suspension et le débit de la rivière ont été mesurés suivant la méthode standards et la méthode de flotteur respectivement. Les résultats montrent que l'agriculture a un impact sur le transport des sédiments en suspension dans cette rivière. La quantité des sédiments en suspension dans la rivière Cirhanyobwa est élevée au début du premier labour en Juillet, Août et Février. La concentration journalière des sédiments en suspension et le flux augmentent avec le débit journalier dans la rivière Cirhanyobwa. Des mesures écologiques sont nécessaires pour empêcher que les sédiments n'arrivent dans le lit de la rivière. Ces mesures consistent à mettre en pratique les techniques agricoles et la conservation des berges de la rivière.

MOTS-CLEFS: Variabilité hebdomadaire, sédiment, débit, agriculture.

1 INTRODUCTION

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 [1]; [2]. 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 [3]. Les apports des 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 [4]. 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 [5]. La quantification du flux des sédiments en suspension dans les rivières est très important 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 [6]; [7].

Les effets du changement anthropogéniques et de l'utilisation des terres ont stimulés les recherches hydrobiologiques dans les rivières du bassin du Lake Kivu, un lac très sensible aux changements climatiques dans ces dernières années [8]; [9]; [10]. 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 dépende 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 de sédiments en suspension est fonction du climat, de la végétation, de la caractéristique du sol et de la topographie [1].

La rivière Cirhanyobwa est soumise à la pression des activités anthropogéniques exercées dans le sous-bassin versant sur un parcours respectivement de 14,8 Km (rivière Cirhanyobwa) avant de se déverser 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 [11] [8]; [12] 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. L'objectif principal de ce travail est d'étudier les comportements des sédiments en suspension dans la rivière, puis de tenter d'en tirer des informations pour la gestion du bassin versant. Les données d'une année (Juillet 2012 à Juin 2013) ont utilisées à cette fin.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DU MILIEU D'ÉTUDE

La rivière Cirhanyobwa est située en territoire de Kabare plus précisément à Kabamba. Elle prend source à plus de 2000 m d'altitude dans le Parc National de Kahuzi-Bièga, coule dans une région cultivée pour se déverser dans le lac Kivu à 1460 m d'altitude [13]. Sa longueur de la source à l'embouchure est estimée à 14,8 Km, sa profondeur moyenne varie de la source (28 cm) à l'embouchure (250 cm) et sa largeur est en moyenne de 2,5 m. Elle arrose une superficie de 59 Km² dans la zone de Kabare [14]. Cette rivière est ravitaillée par des différents cours d'eau tel que : Nyaweza, Kanyeremavurha, Kanyamwera, Nyamakoma, et Nyakatorwa (Figure 1).

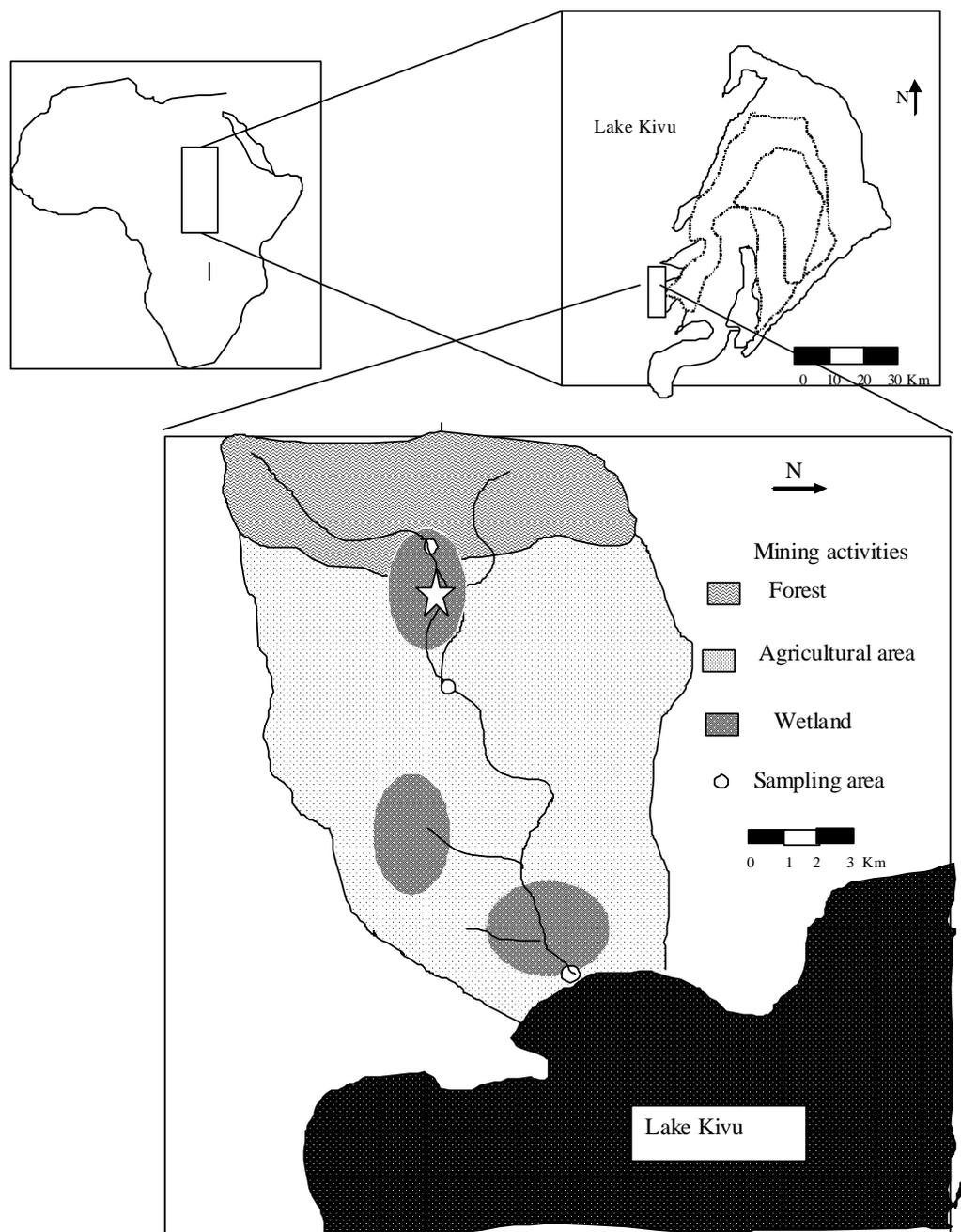


Figure 1. Carte du sous bassin de la rivière Cirhanyobwa
Figure 1. Map of the under basin of the river Cirhanyobwa

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 [10]. Sa végétation prédominante était constituée d'*Albizia grandibracteata*, *Fucus exasperata*, mais avec la pression de la population, on y trouve seulement des reliques aux alentours de la rivière. Du point de vue géologique, c'est un massif formé de roches anciennes ou récentes de nature diverse mais en majorité d'origine volcanique ou fortement métamorphisées [13].

Un site de prélèvement a été choisi sur la rivière Cirhanyobwa situé à 500 m de l'embouchure du Lac Kivu à 1515 m d'altitude. Ce site reçoit toutes les eaux des affluents de cette rivière avant de se jeter dans le Lac Kivu. A 100 m de l'amont de ce site la population utilise ses eaux pour le lavage des habits et leurs baignades. La végétation environnante est dominée par : *Achantus pubensis*, *Pennisetum purpureum*, *Senna spectabis*, *Eucalyptus globulis*.

2.2 ECHANTILLONNAGE D'EAU DANS LA RIVIERE CIRHANYOBWA

La quantité des sédiments en suspension de la rivière Cirhanyobwa a été suivie par les mesures hebdomadaires du débit et des prélèvements d'eaux du 10/07/2012 au 31/08/2013 pour les analyses des sédiments au laboratoire de Malacologie du Département de Biologie du Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro. La connaissance de la charge en sédiments d'un cours d'eau requiert une surveillance continue [3].

Les échantillons d'eau ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène de capacité de 250 ml et transportés au laboratoire pour filtrage. Les sédiments en suspension (mg/L) ont été estimés par filtration de 250 ml d'eau d'échantillonnage sur papier filtre (Whatman 589, 185 µm de porosité) qui était d'abord séché dans l'étuve à 105 °C pendant 1 heure et pré-pesée [15]; [16]. Après filtrage, les papiers ont été de nouveau séchés jusqu'à un poids constant et repesés. La différence des poids constitue la quantité des sédiments en suspension.

Le débit a été mesuré à partir de la largeur du lit, la profondeur et la vitesse du courant d'eau utilisant la méthode de flotteur. La vitesse a été mesurée à l'aide d'un courant mètre après une moyenne de 15 prélèvements dans la section du lit de la rivière. Le débit (m³/s) est alors le calcul de la vitesse (m/s) et la surface en (m²) [17].

2.3 ANALYSE DES ESTIMATIONS DU FLUX DES SÉDIMENTS EN SUSPENSION

L'estimation annuelle du flux des sédiments en suspension a été calculée en fonction de la concentration journalière des sédiments en suspension et du débit en utilisant la formule [18]; [19]; [20] ci-dessous :

$$L = aQ^b \quad (1)$$

L quantité des sédiments en suspension, **a** et **b** sont des constantes de l'équation de régression et **Q** le débit.

La détermination de la corrélation entre les sédiments en suspension et le débit [21] est calculée en utilisant les données recueillies à la station de jaugeage localisée à 500 m de l'embouchure de la rivière au Lac Kivu par le logiciel Past.

3 RESULTATS

Les activités anthropogéniques ont un potentiel d'augmenter le niveau des sédimentations. Les sédiments sont lavés des terres vers les rivières et les ruisseaux pendant la période de grandes pluies par voie de flux des terres. Toute activité qui dérange le sol et l'expose aux pluies permettra la déposition des sédiments (figure 2).

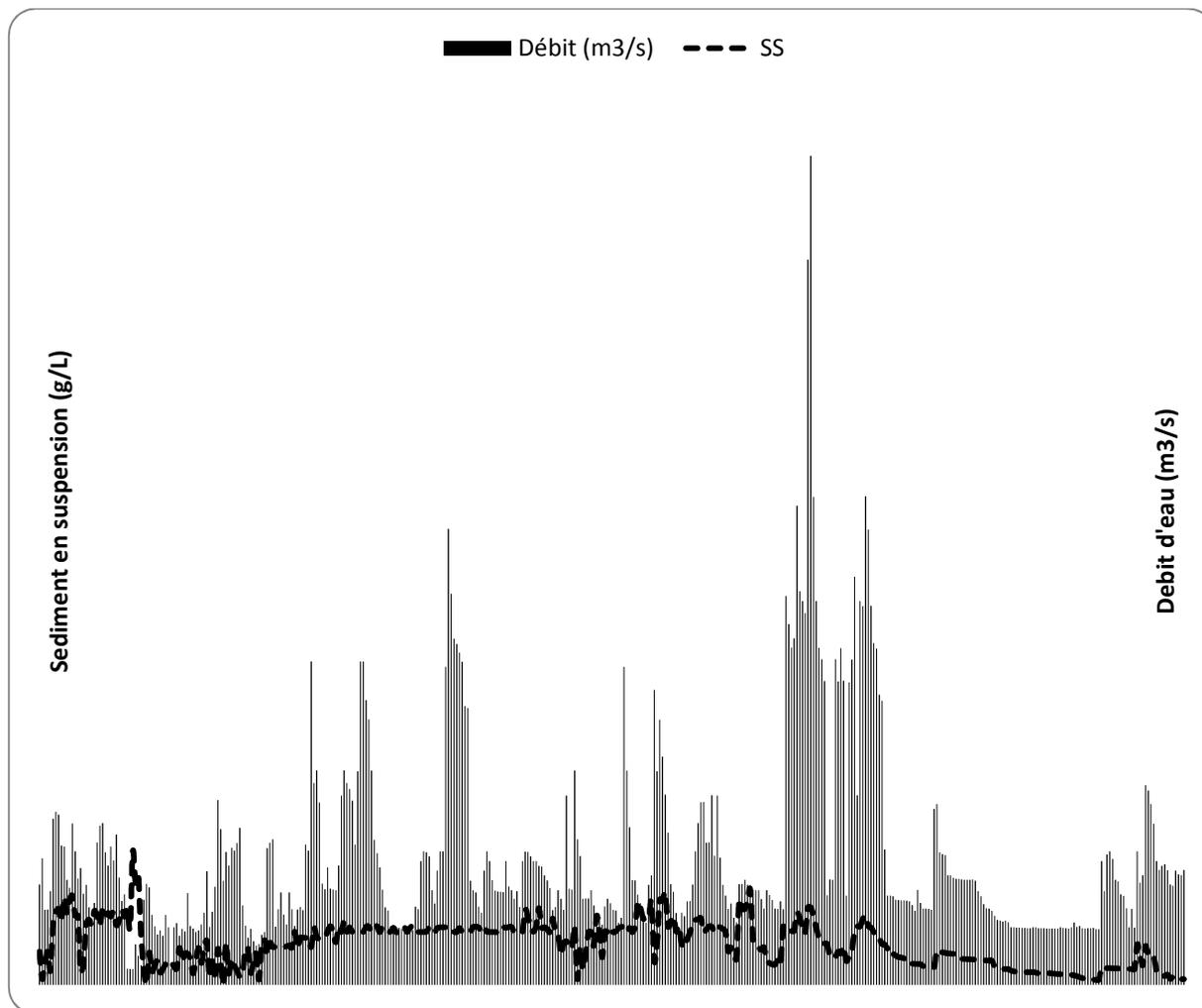


Figure 2. Variation journalière du débit et des MES dans la rivière Cirhanyobowa du 10 Juillet 2012 au 31 Août 2013.
Figure2. Daily variation of flow and the suspended matter in the river Cirhanyobowa from 10 July 2012 to 31 August 2013.

Le débit journalier de la rivière Cirhanyobwa est représenté dans la figure 3.

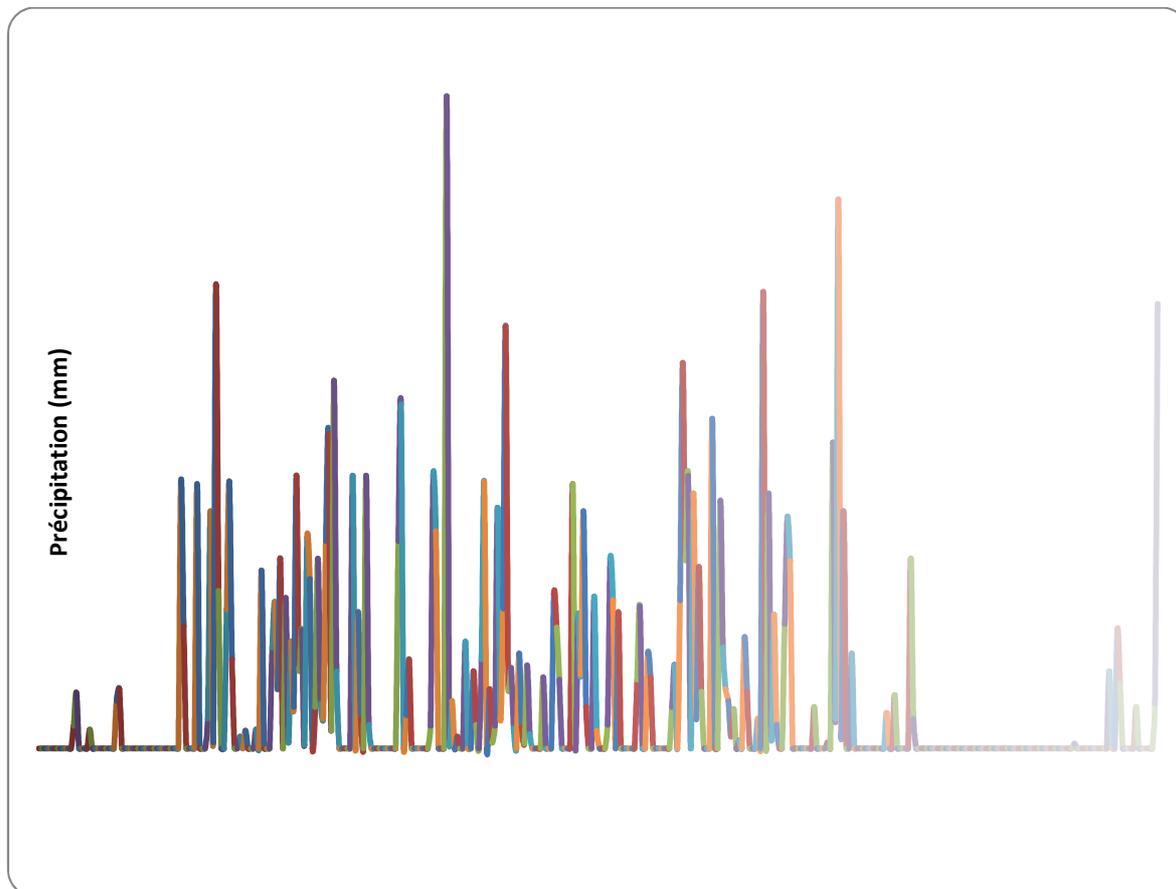


Figure 3. Variation de précipitation (mm) durant la période d'échantillonnage
Figure 3. Variation of the precipitation (mm) during the period of sampling.

Le flux (t/jr) journalier des sédiments en suspension dans le sous-bassin de la rivière Cirhanyobwa est présenté dans la figure 4.

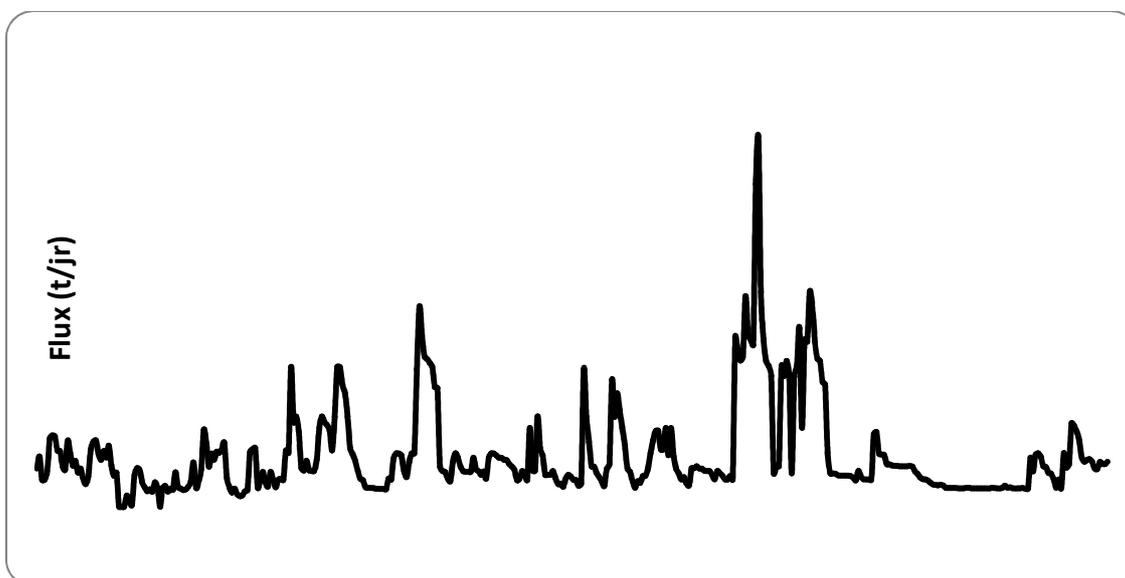


Figure 4. Quantité des sédiments en suspension apportée par la rivière Cirhanyobwa (t/jr) suivant la méthode courbe d'estimation.
Figure 4. Quantity of suspended sediments carried by the river Cirhanyobwa (t/day) according to the estimation curve method.

4 DISCUSSION

Il ressort de la figure 2 que la concentration des sédiments en suspension dans la rivière Cirhanyobwa est faible en saison sèche (0,02 g/l mesurée en Août 2012) et le maximum est en même période (2,819 g/L en Août 2012). La variation des concentrations des sédiments en suspension dans cette rivière ne dépend pas du climat mais des activités anthropogéniques dans le sous-bassin. En effet, pendant la saison sèche, la population de Kabamba, se livre à la fabrication des briques cuites pour la construction le long de la rivière. Cette situation est probablement responsable de cette augmentation de la concentration des sédiments en suspension pendant cette période. Ces observations ont été révélées aussi ailleurs au Fleuve rouge en Vietnam [12] où les activités anthropogéniques influencent la concentration des sédiments dans la rivière.

Il ressort de la figure 3 que le débit journalier de la rivière Cirhanyobwa est élevé en Avril 2013 tandis que le débit faible a été enregistré en Aout 2012. Cette variation suit bien la variation des précipitations dans la région [10]. En effet, le mois d'avril est parmi les mois les plus arrosés de la région (Figure 3).

En effet, la grandeur du bassin versant joue un grand rôle dans le rechargement de la rivière et même de la quantité des sédiments en suspension entraînée dans celle-ci. Le petit bassin versant transporte souvent une grande proportion des sédiments par unité de surface que pour le large bassin [22]. Ceci à cause de la probabilité des grandes orages qui apparaissent souvent dans le petit bassin et transportent les sédiments en suspension dans le lit de la rivière rapidement. La corrélation r de Person montre bien qu'il ya une faible corrélation positive ($r= 0.306$) entre le débit de la rivière Cirhanyobwa et les sédiments en suspension.

De la figure 4, le flux journalier possède un pic en Avril et présente une allure en dent de Cie pendant la saison sèche. Il varie en fonction du débit des eaux dans la rivière. [23], montre bien que la concentration et le flux des sédiments en suspension sont liés au débit des eaux dans certaines rivières. L'allure de la courbe de variation des sédiments en suspension de la rivière Cirhanyobwa montre bien que la cause principale de cette variation est l'agriculture pratiquée dans les endroits à forte pente; la destruction de la végétation aux bords de la rivière et aussi la fabrication des briques cuites dans la rivière. Les activités anthropogéniques, surtout l'agriculture dans les bassins de nombreuses rivières ont été à la base de l'augmentation des sédiments en suspension dans les rivières [24] ; [25].

Une charge excessive de sédiments peut avoir des effets négatifs sur la faune aquatique, comme par exemple l'ensablement des frayères et la réduction de la qualité de l'eau [26]. Les sédiments entraînés par le ruissellement peuvent

aussi réduire la capacité de stockage de l'eau des lacs et réservoirs, engorger les rivières et les canaux, augmenter la fréquence et la sévérité des inondations et endommager les réseaux de distribution d'eau. Les sédiments en suspension dans l'eau servent de véhicule pour le transport du phosphore et d'autres polluants tels que les pesticides et les métaux [27]; [28].

A part l'augmentation de la turbidité, la qualité de l'eau peut être affectée par l'augmentation des nutriments et substances toxiques attachées aux particules des sédiments en suspension. L'augmentation de la turbidité a des effets physique, physiologique et comportemental sur les poissons. Les sédiments en suspension sont dangereux sur les branchies, causent des maladies, réduisent la croissance et causent la mort éventuelle. Les poissons aiment voir leur proie souffrir avec la diminution de la visibilité dans l'eau turbide. La déposition des sédiments en suspension dans le lit de la rivière change la diversité de l'habitat dans la rivière. Certaines espèces vivent dans les roches au fond de la rivière, d'autres vivent dans les sables profonds ou dans les débris végétaux morts. Une sédimentation importante dans la rivière Cirhanyobwa peut conduire à l'envasement progressif de celle-ci mais aussi du Lac Kivu.

5 CONCLUSION

La qualité de l'eau de la rivière Cirhanyobwa est affectée sérieusement par les activités agricoles qui prennent place dans le bassin versant mais aussi des autres activités anthropogéniques comme la fabrication des briques cuites pendant la saison sèche. Les méthodes traditionnelles de travail du sol, le manque de pratiques de conservation des sols et les autres activités anthropogéniques sont autant de raisons qui expliquent les apports de sédiments en suspension. Un plan d'action axé sur le contrôle de ces sources de pollution pourrait contribuer à la réduction à long terme des impacts négatifs qui ont été rapportés dans ce travail.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les laborantins du Laboratoire de Gestion des Ressources Intégrées en Eau, Département de l'Environnement pour les travaux de terrain effectués et les laborantins du Laboratoire de Malacologie, Département de Biologie pour les travaux de Laboratoire.

REFERENCES

- [1] J Lima, W. T. Lopes, N. Carvalho, M. R. Vicira et E. M. Da Silva, "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 Iguaçu, Brazil, April 2005). IAHS Publ. 291, 355 – 363, 2005.
- [2] J. P Bravard, M. Goichot et H. Tronchere , " 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, 2014.
- [3] V Mano, J. Némery et P. Belleudy, " 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, 28-29 novembre 2007, 1 – 4, 2007.
- [4] Eisma D. (1993) Suspended matter in the aquatic environment. *Springer-Verlag, Berlin*.
- [5] J Downing, "Twenty-five years with OBS sensors: The good, the bad, and the ugly. *Continental Shelf Research*, 26 (17-18): 2299-2318, 2006.
- [6] A Melesse., S. Ahmad, M.E. McClain, X. Wang et Y.H. Lim, "Suspended sediment load prediction of river systems: An artificial neural network approach. *Agric. Water Manage.* 98: 855-866, 2011.
- [7] S Isik, "Regional rating curve models of suspended sediment transport for Turkey. *Earth Sci. Inform.*, 6: 87-98, 2013.
- [8] M Bagalwa, "The Impact of land use on water quality of the Lwiro River, Democratic Republic of Congo, Central Africa. *African Journal of Aquatic science*, 31 (1): 137 – 143, 2006.
- [9] Basima B., M. Mbalassa, B. Muhigwa et M. Nshombo , Antropogenic influences on the littoral zone biota of Lake Kivu, Bukavu Basin, DR Congo, *Verh. Intrenat. Verein. Limnol.*, 29, 6p, 2006.
- [10] M Bagalwa, K. Karume, C. Bayongwa, N. Ndahama et K. Ndegeyi , "Land-use Effects on Cirhanyobowa River Water Quality in D.R. Congo. *Greener Journal of Environment Management and Public Safety*, 3(1): 21 – 30, 2013.
- [11] M Bagalwa, "Environmental impact of land use change on water quality of inflowing tributaries of Lake Kivu. In E.Odada, D Olago, W. Ochola, M. Ntiba, S. Wandiga N. Gichuki and H. Oyieke, 11th World Lakes Conference Nairobi, Proceedings Vol 2, 379 – 383 , 2005.

- [12] T Luu, D. Orange, T. H. Dang, L. A. Le et J. Garnier, Impact des activités anthropiques sur les flux de matières en suspension et sur la qualité des eaux du fleuve Rouge à l'entrée du delta. Acte des JSIRAUF, Hanoi, 6-9 novembre 2007, 6p, 2007.
- [13] G Marlier, "Recherches hydrobiologiques dans les rivières du Congo Oriental. Etude écologique. *Hydrobiologia* 6(3/4): 225 – 264, 1954.
- [14] M Bagalwa et B. Kubuya, "Study of water quality of a mountain Cirhanyobowa River, Eastern of Democratic Republic of Congo (Central Africa). *Cahier du CERUKI, Numéro Spécial, CRSN- LWIRO*, pp 34 – 44, 2009.
- [15] H Golterman, R.S. Clymo et M. A. M. Ohnstad, Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. *Blackel scientific publication, London*, 213 p, 1978.
- [16] APHA (American Public Health Association), Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th edition, Washington DC, USA, 1587p, 1989.
- [17] E Azanga, *Sediment and nutrient hotspot areas dynamics in selected micro-catchment of the Lake Tanganyika basin in Democratic Republic of Congo*. Thesis Master, Makerere University, 97 p, 2013.
- [18] M Taniguchi, L. Hiroyuki, N. Egusa, T. Hirata et N. Araki, "The river water quality and estimation of pollutant loads in the Kinokawa catchments". *The Journal of Environmental Engineering Research*, 40, 161 – 169, 2003.
- [19] S Kao, T. Y. Lee et J. D. Milliman, "Calculating highly fluctuation suspended sediment fluxes from Mountainous rivers in Taiwan". *TAO*, 16, 3, 653 – 675, 2005.
- [20] P GAO, "Understanding watershed suspended sediment transport". *Progress in Physical and Geography*, 32, 2, 243 – 263, 2008.
- [21] A Jahani, "Calculating the suspended sediment load of Dez River. Erosion and Sediment Transport Monitoring Programmes in River Basins (Proceedings of the Osio Symposium, August 1992)". IAHS Publ. no. 210, 219 – 224, 1992.
- [22] L Gottschalk "Reservoir Sedimentation". In *Handbook of Applied Hydrology* (edited by V.T. Chow), pp. 17-1 to 17-34: McGraw Hill, New York, 1964.
- [23] R Meade, "Suspended sediments on the modern Amazon and Orinoco River"s. *Quaternary International*, 21, 29 – 39, 1994.
- [24] A Sidorchuk et V Golosov, "Erosion and sedimentation on the Russian Plain, II: the history of erosion and sedimentation during the period of intensive agriculture". *Hydrological Processes*, Vol. 17. Chichester, UK, Wiley, pp. 3347–58, 2003.
- [25] Walling D. E. The impact of global change on erosion and sediment transport by rivers: current progress and future challenges. Published by the *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*, 7 place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, France, 30p, 2009.
- [26] G Gangbazo, D Cluis et E Buon, "Transport des sédiments en suspension et du phosphore dans un bassin versant agricole". *Vecteur de l'environnement*, 35, 1, 44 – 53, 2002.
- [27] H Ng, T Mayer, et J. Marsalek, "Phosphorus transport in runoff from a small agricultural watershed". *Water Science and Technology* 28:451-460, 1993.
- [28] B Kronvang, A Laubel et R Grant, "Suspended sediment and particulate phosphorus transport and delivery pathways in an arable catchment, Gelbæk, Denmark". *Hydrological Processes* 11:627-642, 1997.