

Efficacité de rétention des polluants par les marais Ciranga et Kabamba du Lac Kivu, République Démocratique du Congo

Dieudonné N. Zirirane, J. G.M. Majaliwa, B. J.B. Muhigwa, N. G. Mushagalusa, Katcho Karume et Mashi Bagalwa

Volume 15, numéro 1, mai 2015

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1035744ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Université du Québec à Montréal
Éditions en environnement VertigO

ISSN

1492-8442 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Zirirane, D. N., Majaliwa, J. G., Muhigwa, B. J., Mushagalusa, N. G., Karume, K. & Bagalwa, M. (2015). Efficacité de rétention des polluants par les marais Ciranga et Kabamba du Lac Kivu, République Démocratique du Congo. *VertigO*, 15(1).

Résumé de l'article

Les marais sont de plus en plus menacés par les activités anthropogéniques mettant en péril leur capacité de filtrant des eaux des bassins versants. Cette étude a permis de déterminer l'efficacité de rétention des nutriments par les marais de Ciranga et de Kabamba et les effets de l'utilisation des terres et de la végétation sur la rétention des nutriments. Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'entrée de la rivière dans le marais et à l'embouchure, et aussi sur sept stations identifiées dans le marais caractérisées par différents types de végétation et d'utilisation. Les prélèvements ont été effectués mensuellement entre août 2011 et juillet 2012. L'efficacité de rétention relative des polluants a été calculée par la différence entre la concentration au site de à l'entrée du marais et celle au site récepteur. Les résultats montrent que l'efficacité de rétention des nutriments des marais de Ciranga et de Kabamba diffèrent au vu de leur état d'utilisation des terres et de la couverture végétale. Le marais de Ciranga a une potentialité de rétention des nutriments plus élevée que le marais de Kabamba. L'efficacité de rétention du marais Ciranga est de 13% pour l'azote, mais celui de Kabamba est de 2% pour le phosphore. Le marais de Ciranga possède une concentration élevée en phosphore dans la rivière Lwiro (0,5 µmole/l). Par ailleurs, la rétention d'azote total est plus significative dans le marais de Kabamba que dans le marais de Ciranga. Comme le marais de Kabamba a été drainé et transformé en terre de culture, sa fonction naturelle de purification a été réduite. Des mesures de restauration des marais seraient d'une grande importance pour la stabilité du Lac Kivu et d'autres écosystèmes importants de la région.



Dieudonné N. Zirirane, J.G.M. Majaliwa, B.J.B. Muhigwa, N.G. Mushagalusa, K. Karume et M. Bagalwa

Efficacité de rétention des polluants par les marais Ciranga et Kabamba du Lac Kivu, République Démocratique du Congo

Introduction

- 1 Les marais sont de plus en plus menacés par les activités anthropogéniques qui mettent en péril leur capacité filtrante des eaux des bassins versants (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 marais 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).
- 2 Le traitement des eaux par les marais est fréquemment utilisé pour réduire les nutriments dans les eaux polluées. La capacité de réduction varie en fonction des marais et est difficile à prédire (Kadlec et Knight, 1996; Reddy *et al.*, 1999). Cette diminution des nutriments dans les marais est due à la dénitrification (Reddy et Patrick, 1984; Bachand et Horne, 2000) qui peut être inhibée par plusieurs moyens. Les plantes jouent plusieurs rôles dans les marais, mais les interactions entre les différents effets des plantes sur la dénitrification ne sont pas correctement comprises (Kansiime et Nalubega, 1999). La présence des feuilles de certaines plantes séchées (cas de *Typha sp.*) a montré une suppression considérable des nitrates.
- 3 Au contraire, les plantes peuvent aussi jouer le rôle de réduction de la dénitrification dans les marais (Kansiime et Nalubega, 1999). Les plantes submergentes augmentent la concentration de l'oxygène dans l'eau à partir de leur photosynthèse et ainsi créent ainsi des conditions moins favorables à la dénitrification (Bastviken *et al.*, 2005). Les effets de la végétation dépendent des espèces des plantes, du taux de croissance et de leur biomasse totale (Biswas *et al.*, 1999). Les différentes espèces des plantes retiennent différemment les nutriments (Kansiime et Nalubega, 1999). Des études ont montré que les niveaux des nitrates sont réduits plus efficacement dans les marais contenant des plantes que dans ceux qui n'en contiennent pas (Zhu et Sikora, 1995). D'autres études effectuées sur la problématique de rétention des nutriments par les plantes caractéristiques des marais ont démontré une amélioration de la qualité des eaux résiduelles par ces espèces de plantes (Marti *et al.*, 2004; Braskerud *et al.*, 2005). Ces substances chimiques sont absorbées par les plantes des marais pour réduire leur concentration dans le milieu récepteur (Kansiime et Nalubega, 1999). De même, certaines plantes de la famille des cypéracées disposent d'une capacité de rétention des nutriments dans leurs racines et purifient ainsi les eaux se jetant dans le milieu récepteur (Kansiime et Nalubega, 1999; Marti *et al.*, 2004). Ces auteurs ont comparé le taux de rétention des nutriments des eaux résiduelles de marais de Nakivubo par deux espèces de plantes caractéristiques de ce marais le *Cyperus papyrus* et le *Miscanthidium violaceum* in vitro. Ces plantes ont un effet considérable sur la rétention des nutriments (azote et phosphore).
- 4 Kivu est un lac d'altitude situé entre des collines dénudées à cause des activités anthropogéniques des populations riveraines dans les deux flancs (Rwanda et République Démocratique du Congo). Cette topographie couplée au système cultural entraîne des érosions qui influencent la qualité des eaux du lac. Plusieurs auteurs (Bagalwa 2005 et 2006; Bisimwa, 2009; Muvundja *et al.*, 2009) ont montré que les rivières tributaires du Lac Kivu (Kahuwa, Lwiro, Chula, Ciranyobwa) constituent une importante source de pollution de nutriments. Ces

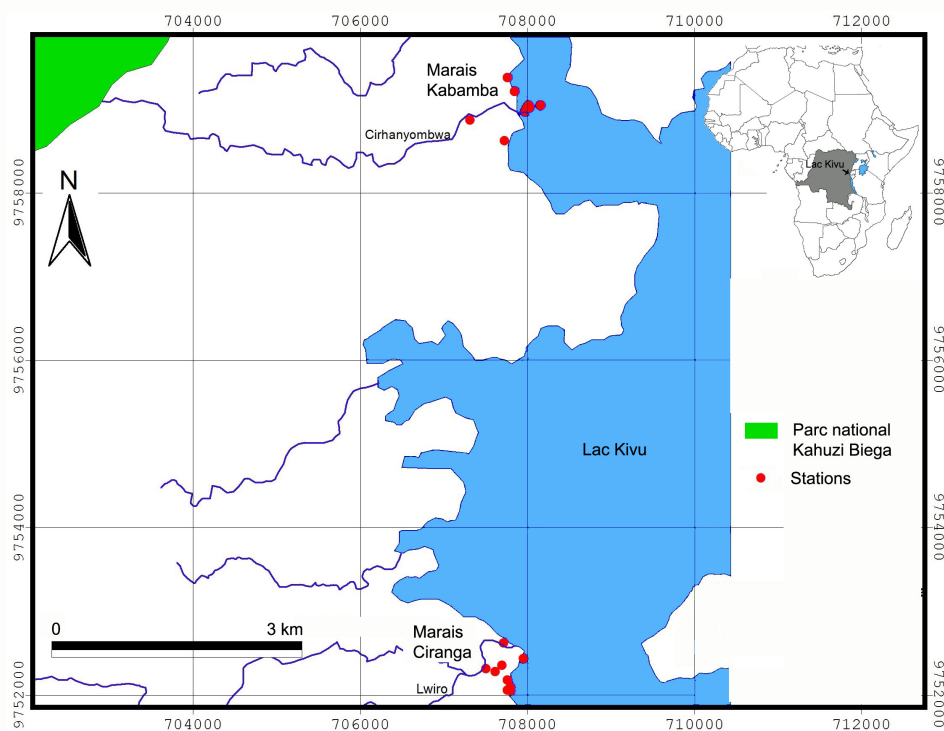
derniers proviennent des industries, des eaux usées provenant des habitations, des eaux de ruissellement de la ville, ainsi que des activités agricoles dans le bassin versant.

- 5 Dans le bassin de Kalehe, on trouve deux marais importants: Ciranga et Kabamba qui sont traversés par deux grandes rivières (Lwiro et Ciranyobwa) qui se jettent dans le lac Kivu. Ces marais sont actuellement menacés par une mise en culture, engendrant leur déséquilibre écosystémique. Ces rivières traversant ces deux marais transportent des nutriments et des sédiments qui polluent les eaux en aval dans son milieu récepteur. Ces polluants avant d'atteindre son milieu récepteur (le Lac Kivu) passent dans les deux grands marais de Ciranga et de Kabamba. Des études récentes (Bagalwa, 2006; Bagalwa et Kubuya, 2009) ont montré que le degré de pollution est relativement atténué par l'influence de marais, causant une réduction significative dans la concentration des solides en suspension et les nutriments, avant leurs rejets dans les milieux récepteurs. Mais, le degré de rétention dans les deux marais n'a pas été étudié. Connaître le rôle que jouent ces marais dans la rétention des nutriments polluant le lac Kivu est un atout important pour la bonne gestion de ces écosystèmes. La question principale qui se pose est celle de savoir quel est le taux d'efficacité de rétention des nutriments par les marais Ciranga et Kabamba et de quelles caractéristiques environnementales cela dépend-il? Nos suppositions sont qu'un marais sauvegardé à l'état naturel retiendrait mieux les nutriments que le marais transformé en agro-écosystème.
- 6 Cette étude vise à quantifier le degré de rétention des nutriments par les marais de Ciranga et de Kabamba et à déterminer les effets de l'utilisation des terres et de la végétation sur la rétention des nutriments.

Méthodologie

Description des stations de prélèvements

- 7 L'étude a été menée dans les marais Ciranga et Kabamba dans le bassin de Kalehe (République Démocratique du Congo) (Figure 1). Les deux marais appartiennent au Groupement d'Irhambi-Katana. Celui-ci se situe entre 2° et 2° 30' de latitude Sud et 28° 30' de longitude Est et entre 1470 m et 2200 m d'altitude dans le territoire de Kabare (Province du Sud-Kivu, République Démocratique du Congo), à 45 km au nord de la ville de Bukavu. Il bénéficie d'un climat tropical humide comprenant une longue saison de pluies (de septembre à mai) et une courte saison sèche (de juin à août). La température annuelle moyenne de l'air est de 19,5 °C, l'humidité relative varie entre 68 et 75% (Service climatologique du CRSN-Lwiro, 1973 – 2008) et la pluviosité annuelle est de 1500 mm (Bagalwa *et al.* 2013).

Figure 1. Carte localisant les marais Ciranga et Kabamba et les stations de prélèvement.

- 8 L'échantillonnage a été fait sur la base de mesures mensuelles pendant une année (août 2011-juillet 2012). Ainsi, neuf stations d'échantillonnage ont été choisies par marais. Pour le marais de Ciranga, ces stations ont été choisies de manière aléatoire raisonnée selon leur emplacement le long de la rivière Lwiro et des activités culturelles dans le marais, et ce, enfin d'avoir une représentativité de tous les différents biotopes. Trois stations ont été choisies dans la rivière. La première à l'entrée de la rivière dans le marais, la seconde dans la rivière au milieu du marais et la troisième à 500 m de l'embouchure de la rivière au Lac Kivu. Dans le marais, six stations ont été choisies dont trois d'une part et trois de l'autre part de la rivière. Le tableau 1 présente les caractéristiques des stations de prélèvement dans le marais de Ciranga.

Tableau 1. Caractéristiques des stations des prélèvements de Ciranga.

| Station | Coordonnées géographiques | | Caractéristiques |
|-----------|---------------------------|-------------|---|
| | Lat. | Long. | |
| Ciranga 1 | 2° 14.382 S | 28°51.954 E | Entrée de la rivière Lwiro dans le marais |
| Ciranga 2 | 2° 14.04 S | 28°52.004 E | Milieu de la rivière à ± 800 m de l'entrée de la rivière dans le marais |
| Ciranga 3 | 2° 14.502 S | 28°52.11 E | Embouchure à ± 500 m du Lac Kivu, bords occupés par les espèces de plantes appartenant aux familles de Typhacées, Poacées et Polygonacées |
| Ciranga 4 | 2° 14.358 S | 28°52.056 E | Milieu non anthropogénisé colonisé par des <i>Cyperus</i> et <i>Typha</i> , proche de la rivière |
| Ciranga 5 | 2° 14.454 S | 28°52.092 E | Champ de culture: haricot, taro, bananeraie |
| Ciranga 6 | 2° 14.316 S | 28°52.194 E | Champ de cultures abandonnés mais actuellement colonisées par les espèces de plantes |

| | | | |
|-----------|-------------|-------------|--|
| | | | appartenant à la famille des Fabacées |
| Ciranga 7 | 2° 14.52 S | 28°52.092 E | Milieu non anthropogénisé colonisé par des <i>Fragmites</i> |
| Ciranga 8 | 2° 14.526 S | 28°52.11 E | Milieu non anthropogénisé avec des eaux en décomposition et colonisé par des <i>Cyperus</i> |
| Ciranga 9 | 2° 14.214 S | 28°52.068 E | Ancien champ de culture abandonné: patate douce, haricot, maïs dont les activités culturales ont repris au mois d'avril 2012 |

- 9 Dans le marais de Kabamba, neuf sites ont aussi été choisis suivant le même critère que précédemment. Leurs caractéristiques sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2. Caractéristiques des stations des prélèvements de Kabamba.

| Station | Coordonnées géographiques | | Caractéristiques |
|-----------|---------------------------|-------------|--|
| | Lat. | Long. | |
| Kabamba 1 | 2° 10.824 S | 28°51.846 E | Entrée de la rivière Ciranyombwa dans le marais de Kabamba |
| Kabamba 2 | 2° 10.728 S | 28°52.224 E | Station située au milieu de la rivière à \pm 1000 m de l'entrée de la rivière dans le marais |
| Kabamba 3 | 2° 10.728 S | 28°52.302 E | Embouchure dont les bords sont occupés par les <i>Cyperus</i> |
| Kabamba 4 | 2° 10.638 S | 28°52.134 E | Milieu occupé par la culture de la canne à sucre |
| Kabamba 5 | 2° 10.74 S | 28°52.23 E | Station située dans un drain dont les bords sont cultivés par des Taro |
| Kabamba 6 | 2° 10.746 S | 28°52.212 E | Milieu non anthropogénisé colonisé par les <i>Cyperus</i> , les <i>Typha</i> |
| Kabamba 7 | 2° 10.77 S | 28°52.2 E | Milieu de culture abandonné |
| Kabamba 8 | 2° 10.548 S | 28°52.146 E | Milieu non anthropogénisé colonisé par les <i>Cyperus</i> et les <i>Phragmites</i> |
| Kabamba 9 | 2° 10.956 S | 28°52.068 E | Milieu de culture de Taros et Manioc |

Détermination des paramètres physico-chimiques des eaux

- 10 Les échantillons d'eau ont été prélevés le même jour sur les mêmes stations identifiées dans les deux marais entre 7 h et 12 h, et cela avec une fréquence mensuelle entre août 2011 et juillet 2012. Sur le terrain, le pH a été mesuré par le pH-mètre GPH 014 Greisinger, et la température par un oxymètre qui incorpore la température dans toutes les stations. Dans les stations localisées dans les deux rivières, la vitesse du courant d'eau a été mesurée à l'aide de la méthode des flotteurs, tandis que la profondeur et la largeur étaient mesurées avec un mètre ruban. La vitesse du courant, la profondeur et la largeur du lit mouillé nous ont permis de calculer le débit d'eau de la rivière (Karume, 2006; Azanga *et al.*, 2010). L'oxygène dissout a été fixé sur le terrain suivant la méthode iodométrique de Winkler (Golterman *et al.*, 1978; APHA, 1992). Les échantillons d'eau pour les analyses d'autres paramètres chimiques ont été transportés au laboratoire du Centre de recherche en sciences naturelles de Lwiro dans des flacons en plastiques fermés et déposés dans un bac frigorifique contenant des glaces.

Au laboratoire, ces échantillons ont été gardés au froid à une température de -4° C avant les analyses. Les échantillons pour la demande biologique en oxygène après 5 jours d'incubation (DBO₅) ont été gardés dans l'incubateur à 20° C. Les analyses physicochimiques réalisées ont été la demande chimique en oxygène (DCO), l'alcalinité, les matières en suspension (MES) et les nutriments (phosphore et azote, toutes les formes). Les nutriments (phosphore et azote) ont été analysés par la technique spectroscopique standard en utilisant un spectrophotomètre UV Unico, 1200 à 885 nm et 630 nm respectivement. Les échantillons étaient filtrés à travers du papier filtre (Whatman 589, 185 µm taille pore). Le phosphore total et l'azote total ont été mesurés dans les échantillons non filtrés après digestion avec le persulfate dans l'autoclave après une heure à 120 °C. Le phosphore soluble réactif a été déterminé en utilisant la méthode de bleu du molybdate. L'ammonium (NH₄⁺) a été analysé par la méthode colorimétrique au bleu de phénol tandis que le nitrate (NO₃⁻) par la méthode colorimétrique après réduction au Zinc (Wetzel et Likens, 2000). La demande biologique en oxygène après 5 jours d'incubation DBO₅ a été mesurée comme une diminution en oxygène dissout après incubation à 20 °C en 5 jours. La demande chimique en oxygène a été mesurée par oxydation en milieu acide en utilisant le permanganate de potassium. L'excès est ensuite déterminé par iodométrie, par titrage avec le thiosulfate de sodium. L'alcalinité totale a été mesurée par titrage avec le H₂SO₄ 0,1 N et les Matières en Suspension (MES) d'eau estimées par filtration d'eau sur papier Whatman n° 1 et séchage à 100 °C. Le pesage se fait avec une balance électronique (Mettler PG 300) avant et après filtration et séchage (Golterman *et al.*, 1978; APHA, 1992).

Estimation de la rétention des nutriments

- 11 La concentration des apports de nutriments et de la quantité retenue par les marais a été calculée en utilisant les concentrations des nutriments (µmole/l) et le débit (m³/l). Cette variation de la concentration des nutriments est utilisée pour estimer la concentration retenue du point d'entrée de la rivière dans les marais à un point déterminé. La rétention relative est calculée par la différence entre la concentration au site de l'entrée du marais et celle du site récepteur.
- 12 Le taux d'efficacité a été calculé suivant la formule ci-dessous suggérée par Okot-Okumu (1999):

$$\text{Taux d'efficacité} = \frac{C_n - C_1}{C_n} \times 100$$

- 13 Où C_n est la concentration du nutriment au site descripteur, C₁ concentration du nutriment à l'entrée de la rivière dans le marais.
- 14 Les concentrations des polluants à l'entrée et à la sortie des eaux ont été comparées en effectuant des analyses statistiques à l'aide de logiciel Statistica 8.0. Le test T de Student (p<0,05) et l'analyse de la variance (ANOVA) ont été utilisés pour comparer les variations temporelles de la concentration entre les nutriments au niveau des différents descripteurs dans les marais et dans les rivières. Les rapports entre les concentrations des différents nutriments ont été examinés en utilisant l'analyse de corrélation de Pearson.

Résultats et discussion

Variation moyenne des paramètres physico-chimiques dans le marais Ciranga

- 15 Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans le marais de Ciranga ont varié d'un site à l'autre et des paramètres à l'autre. Considérant les nutriments P et N totaux, les maximums ont été respectivement de 0,475 et 7,4 µmole/l (Tableau 3.). Le test t de Student montre que les différences entre les sites de prélèvement pour tous les paramètres sont très significatives (p<0,05). Le ratio N/P montre que le phosphore est limitant dans ces marais.

Tableau 3. Valeurs moyennes des paramètres chimiques dans les marais de Ciranga.

| | Ciranga4 | Ciranga5 | Ciranga6 | Ciranga7 | Ciranga8 | Ciranga9 | Min | Max | T | P |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|------|------|--------|
| P T µmole/L | 0,42 | 0,47 | 0,80 | 0,59 | 0,76 | 0,58 | 0,42 | 0,48 | 9,78 | <0,001 |

| | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| P soluble µmole/L | 0,23 | 0,25 | 0,48 | 0,28 | 0,29 | 0,31 | 0,23 | 15,70 | 8,65 | <0,001 |
| N T µmole/L | 13,12 | 15,70 | 10,95 | 12,18 | 14,60 | 12,83 | 10,95 | 7,40 | 19,05 | <0,001 |
| NO ₃ ⁻ µmole/L | 5,29 | 7,40 | 4,25 | 5,73 | 7,35 | 4,49 | 4,25 | 2,28 | 10,30 | <0,001 |
| NH ₄ ⁺ µmole/ L | 0,94 | 2,28 | 2,08 | 1,36 | 1,05 | 1,23 | 0,94 | 43,47 | 6,51 | <0,001 |
| Ratio_N: P | 35,22 | 37,46 | 16,20 | 25,74 | 43,47 | 23,51 | 16,20 | 0,92 | 7,31 | <0,001 |
| MES g/L | 0,68 | 0,80 | 0,92 | 0,60 | 0,92 | 0,72 | 0,60 | 2,72 | 14,49 | <0,001 |
| OD mg/ L | 2,72 | 2,25 | 1,79 | 2,05 | 1,38 | 2,12 | 1,38 | 1,48 | 11,15 | <0,001 |
| DBO ₅ mg/L | 1,33 | 1,48 | 1,25 | 1,25 | 0,84 | 0,99 | 0,84 | 0,00 | 12,54 | <0,001 |

Variation moyenne des paramètres physico-chimiques dans le marais Kabamba

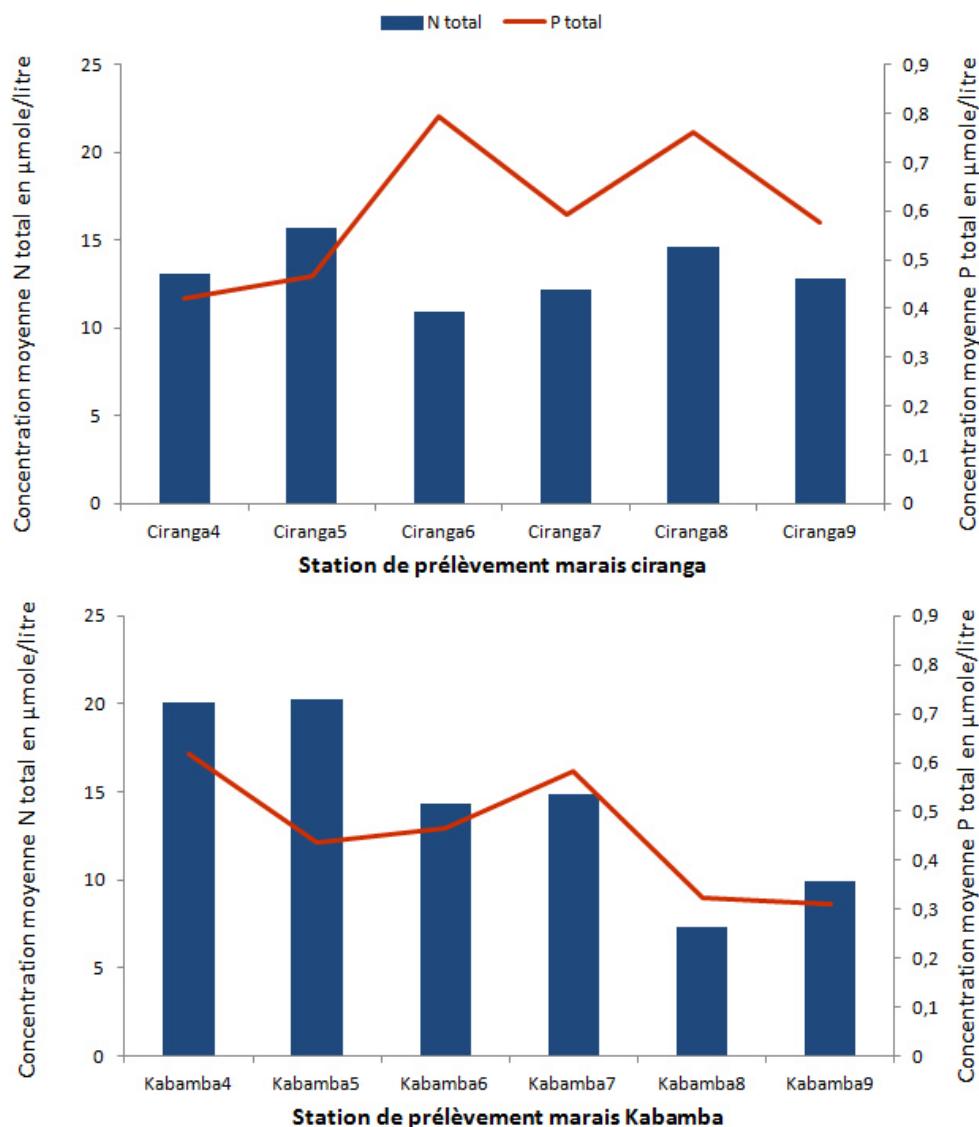
- 16 Les moyennes des concentrations des différents paramètres pour le marais de Kabamba sont présentées dans le tableau 4. Comme pour le marais de Ciranga, les paramètres physico-chimiques ont varié d'un site à l'autre. Les concentrations maximales sont respectivement de 0,62 et 20,28 µmole/l pour le phosphore et l'azote totaux. L'azote est accumulé dans le sol des marais plus que d'autres nutriments et agirait avec les bactéries pour déclencher la nitrification (Batson, 2010).

Tableau 4. Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans le marais de Kabamba.

| | Kabamba | Kabamba | Kabamba | Kabamba | Kabamba | Kabamba | Min | Max | T | P |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|--------|
| P T µmole/L | 0,62 | 0,44 | 0,47 | 0,58 | 0,33 | 0,31 | 0,31 | 0,62 | 8,76 | <0,001 |
| P soluble µmole/L | 0,16 | 0,22 | 0,19 | 0,33 | 0,23 | 0,12 | 0,12 | 0,33 | 7,16 | 0,001 |
| N T µmole/ L | 20,12 | 20,28 | 14,30 | 14,92 | 7,29 | 9,89 | 7,29 | 20,28 | 6,73 | 0,001 |
| NO ₃ ⁻ µmole/L | 9,39 | 6,13 | 5,50 | 6,70 | 4,43 | 3,33 | 3,33 | 9,39 | 6,93 | 0,001 |
| NH ₄ ⁺ µmole/ L | 3,46 | 3,80 | 1,74 | 1,36 | 1,10 | 1,14 | 1,10 | 3,80 | 4,25 | 0,008 |
| Ratio_N: P | 33,85 | 48,91 | 37,72 | 31,80 | 31,77 | 35,35 | 31,77 | 48,92 | 13,87 | <0,001 |
| MES g/L | 0,51 | 0,58 | 0,47 | 0,50 | 0,450 | 0,56 | 0,45 | 0,58 | 24,59 | <0,001 |
| OD mg/ L | 3,66 | 2,36 | 2,79 | 4,71 | 3,88 | 4,02 | 2,36 | 4,71 | 10,21 | <0,001 |
| DBO ₅ mg/L | 2,22 | 1,30 | 1,58 | 2,89 | 1,72 | 2,57 | 1,30 | 2,89 | 8,14 | <0,001 |

- 17 La moyenne des concentrations des nutriments (azote et phosphore totaux) dans les stations des prélèvements dans les deux marais a varié d'une station à l'autre et fluctue en dent de scie (Figure 2.).

Figure 2. Variation moyenne des nutriments dans les sites de prélèvement des marais de Ciranga et Kabamba.



18 Comparant les résultats obtenus dans les deux marais concernant ces deux nutriments, nous constatons que le marais de Kabamba a des concentrations en azote total plus élevées que pour celui de Ciranga. Par contre, les concentrations en phosphore total sont plus élevées dans le marais de Ciranga que dans celui de Kabamba. Ceci serait dû à l'utilisation des terres, au type de gestion de marais, au type de sol et à la topographie du terrain (Bagalwa, 2005 et 2006; Bagalwa et Kubuya, 2009). En effet, la végétation joue un rôle important dans le processus de traitement des polluants dans les marais engendrant, entre autres, la filtration des particules, la réduction de la turbulence, la stabilisation des sédiments et la rétention des nutriments (Wrong et al., 1998; Greenway, 2004). Le fait de transformer le marais en champ de culture, en éliminant la végétation spontanée et en appliquant un système de drainage, réduirait le potentiel de rétention du marais. Plusieurs études ont rapporté une grande efficacité dans la rétention des nutriments dans les ruisseaux du premier au troisième ordre (Munn, 1990; Marti, 1997; Peterson, 2001; Marti *et al.*, 2004). En effet, le marais de Kabamba est exploité pour des activités agricoles (canaux d'irrigation, maraichage, culture de canne à sucre, etc.) Celles-ci ont causé la disparition du couvert végétal naturel qui jouait le rôle du filtre. Dans un marais anthropisé comme celui de Kabamba, le fonctionnement écologique de l'hydro système est fortement influencé par les apports ponctuels de la rivière. Par contre, le marais de Ciranga

non encore anthropogénisé, conservant donc encore sa végétation native, a des concentrations faibles en nutriments (Figure 2).

Variation de la concentration des nutriments et de la matière solide en suspension transportés par les deux rivières dans leur parcours dans les marais.

- 19 Les concentrations des nutriments transportés par les rivières Lwiro et Ciranyobwa dans leur traversée dans les marais sont présentées dans les tableaux 5 et 6.

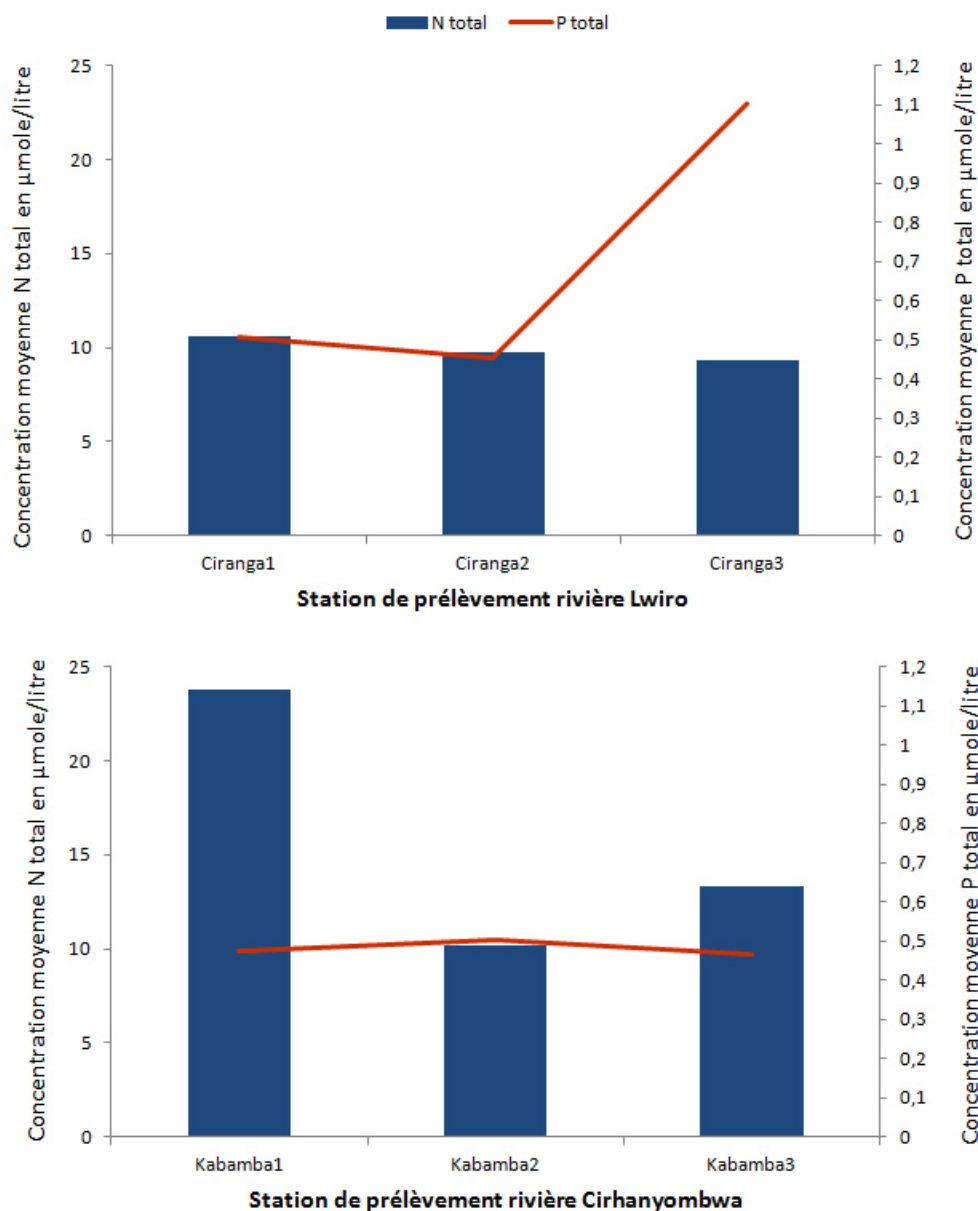
Tableau 5. Valeurs moyennes des concentrations en nutriments et matière solide en suspension dans la rivière Lwiro.

| | | Ciranga1 | Ciranga2 | Ciranga3 | Min | Max | T | P |
|------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|--------|
| P total | µmole/L | 0,51 | 0,46 | 1,10 | 0,46 | 1,10 | 3,32 | 0,080 |
| P soluble | µmole/L | 0,30 | 0,30 | 0,41 | 0,30 | 0,44 | 7,74 | 0,016 |
| N total | µmole/L | 10,59 | 9,77 | 9,36 | 9,36 | 10,59 | 27,52 | <0,001 |
| NO ₃ ⁻ | µmole/L | 3,06 | 3,61 | 2,97 | 2,97 | 3,61 | 16,13 | 0,004 |
| NH ₄ ⁺ | µmole/L | 2,11 | 0,85 | 2,23 | 0,85 | 2,23 | 3,92 | 0,059 |
| Ratio_N: P | | 26,39 | 22,65 | 17,48 | 17,48 | 26,39 | 8,58 | 0,013 |
| Debit | m ³ /s | 14,27 | 16,81 | 22,34 | 14,27 | 22,34 | 7,48 | 0,017 |
| MES | g/L | 0,63 | 0,65 | 0,65 | 0,63 | 0,65 | 127,9 | <0,001 |

Tableau 6. Valeurs moyennes des concentrations en nutriments et matière solide en suspension dans la rivière Kabamba.

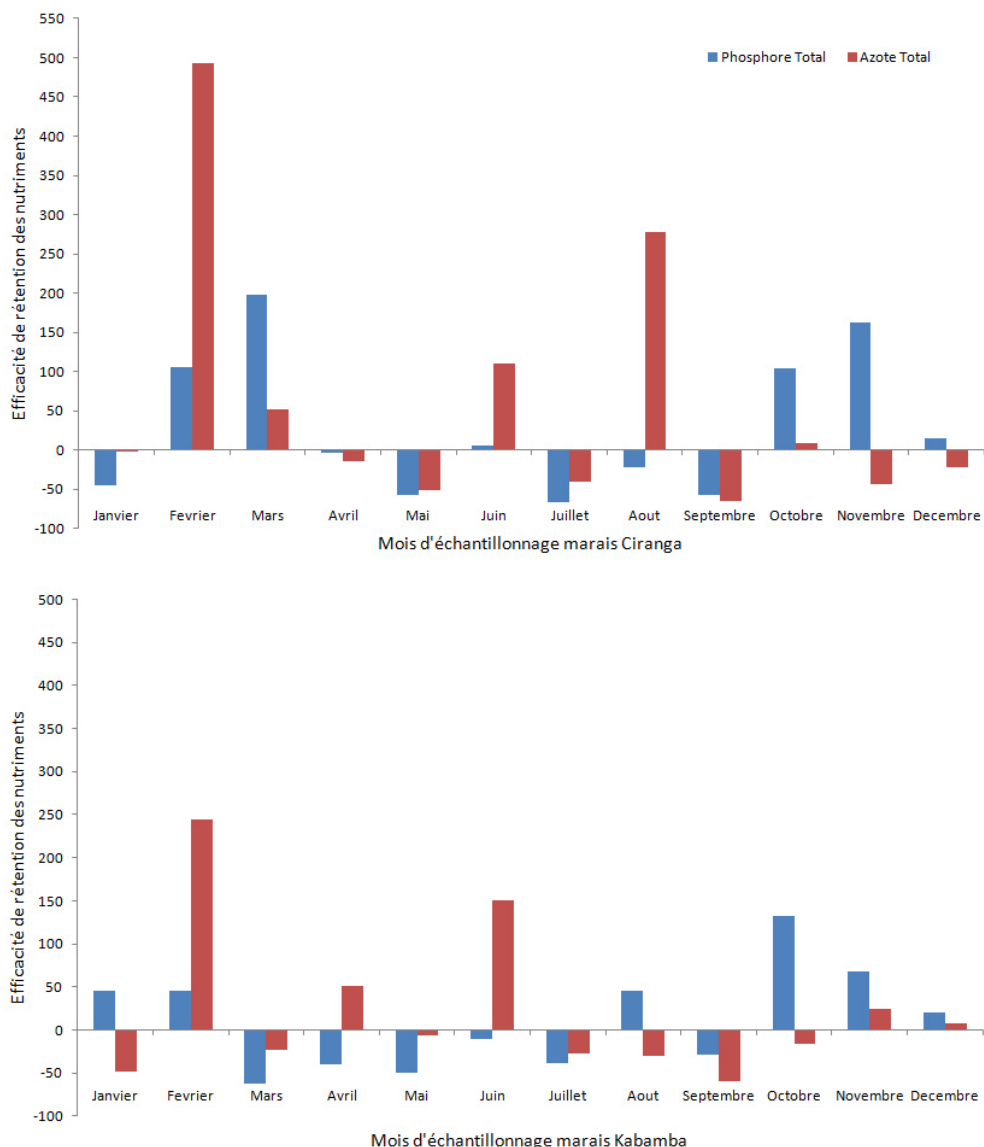
| | | Kabamba1 | Kabamba2 | Kabamba3 | Min | Max | T | P |
|------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|--------|
| P total | µmole/L | 0,48 | 0,51 | 0,47 | 0,47 | 0,51 | 40,40 | <0,001 |
| P soluble | µmole/L | 0,30 | 0,33 | 0,31 | 0,30 | 0,33 | 30,08 | 0,001 |
| N total | µmole/L | 23,74 | 10,17 | 13,29 | 10,17 | 23,73 | 3,84 | 0,062 |
| NO ₃ ⁻ | µmole/L | 11,40 | 4,76 | 7,74 | 4,76 | 11,40 | 4,15 | 0,053 |
| NH ₄ ⁺ | µmole/L | 2,68 | 1,16 | 1,52 | 1,16 | 2,68 | 3,89 | 0,060 |
| Ratio_N: P | | 51,09 | 24,14 | 29,95 | 24,14 | 51,09 | 4,28 | 0,050 |
| Debit | m ³ /S | 2,59 | 6,42 | 9,26 | 2,59 | 9,26 | 3,15 | 0,088 |
| MES | g/L | 0,50 | 0,72 | 0,45 | 0,45 | 0,72 | 6,62 | 0,022 |

- 20 La lecture de ces tableaux montre que les concentrations en nutriments et en MES dans les eaux des deux rivières Lwiro et Ciranyobwa varient de l'entrée du marais jusqu'à l'embouchure comme le confirme le test t de Student. Pour la rivière Lwiro, les valeurs minimale et maximale de phosphore total dans la rivière ont été de 0,456 et 1,101 µmole/l et celles de l'azote total ont été de 9,361 et 10,586 µmole/l respectivement. Les MES ont varié elles aussi, mais elles ont été importantes en considérant le débit de la rivière. Cette charge contribue à la pollution du Lac Kivu (Bagalwa, 2006) avec des conséquences néfastes sur la biodiversité aquatique dans la zone cotière (Basima *et al.*, 2006). Alors que pour la rivière Ciranyobwa comme le montre le tableau 6, l'allure des résultats reste la même avec une augmentation de concentration en azote respectivement de 10,174 et 23,727 µmole/l et soit un écart absolu de 0,465 et 0,505 µmole/l par rapport à la rivière Lwiro.
- 21 Dans la rivière Ciranyobwa, le débit a été faible comparativement à la rivière Lwiro. Le ratio N/P est très élevé, ceci montre bien que la concentration de l'azote a été supérieure et que le phosphore est resté limitant dans le marais. Cette concentration élevée des nutriments a déjà été reportée par Bagalwa et Kubuya (2009) dans cette rivière. Les différences des caractéristiques physico-chimiques de ces deux rivières sont dues notamment à l'intensification d'utilisation des terres, du type et distribution des sols (sols érodables) dans les différents sous-bassins (Bagalwa, 2005; 2006; Bagalwa et Kubuya, 2009).
- 22 Les variations moyennes des nutriments transportés par les deux rivières sont présentées dans la figure 3 ci-dessous.

Figure 3. Variation de la concentration en azote et en phosphore totaux dans les deux rivières.

23 Cette figure montre que la concentration du phosphore total a augmenté avec la diminution de la concentration de l'azote total. En effet, la concentration du phosphore est liée à la quantité de MES, le phosphore étant généralement lié aux particules des sols (Majaliwa *et al.*, 2004). La concentration en phosphore est plus élevée dans la rivière Lwiro que dans la rivière Ciranyobwa. Ceci serait dû aux activités anthropogéniques intenses dans le bassin de la rivière Lwiro. Pour l'azote total, on a observé qu'il n'y avait pas de tendance claire. Il a évolué en dent de scie pour la saison pluvieuse avant de suivre une diminution. L'augmentation du débit ne conduit pas à l'augmentation de la concentration de l'azote.

24 L'efficacité de rétention des nutriments transportés par les rivières dans les deux marais est présentée par la figure 4.

Figure 4. Efficacité de rétention des nutriments dans les deux marais durant l'année.

- 25 Il ressort de cette figure que les deux marais ont une même tendance en termes de rétention des nutriments durant l'année. Mais le marais de Ciranga a retenu plus de phosphore que celui de Kabamba. Quant à la concentration de l'azote, le marais de Kabamba en a retenu plus que le marais de Ciranga. Ce qui lui permet de retenir à l'aide de sa végétation des quantités des nutriments contenus dans les eaux de la rivière Lwiro. Cette végétation, constituée de cypéracées, typhacées et polygonacées, est connue par sa grande capacité de rétention des nutriments et est utilisée dans la restauration artificielle de gestion des eaux (Jenkins et Greenway 2007; Zinger *et al.*, 2007; Sommer *et al.*, 2007; Giroud *et al.*, 2007). La capacité de rétention des nutriments est fonction des saisons. En effet, lorsque les eaux sont plus élevées (flux fort ou moyen), les concentrations de rétention des nutriments diminuent dans les marais.
- 26 Les marais de Ciranga et de Kabamba montrent des variabilités en rapport avec leur potentialité de filtration des nutriments provenant de leurs sous-bassins. Les paramètres physicochimiques varient d'un site à l'autre dépendant de leur localisation dans l'un ou l'autre marais. Le marais de Ciranga reçoit plus de polluants que celui de Kabamba, mais ce premier est moins anthropogénisé et ainsi son potentiel de filtration est plus élevé que celui de Kabamba. En effet, la bio géochimie de ces deux marais pour la capacité de perte en nutriment est différente (Gale *et al.*, 1993). Les études montrent qu'il existe peu d'informations sur l'effet de la disponibilité du phosphore sur le cycle biogéochimique de l'enrichissement de l'azote dans le marais (White et Reddy, 2003). Dans le marais non anthropogénisé comme celui de Ciranga, les plantes et le sol accumulent l'azote plus facilement que dans le marais anthropogénisé comme celui de

Kabamba (Gale *et al.*, 1993). C'est ainsi qu'on a observé que la concentration de l'azote à l'embouchure de la rivière Ciranyobwa est élevée. Le marais n'a pas retenu assez d'azote apporté par la rivière.

- 27 En plus des facteurs liés à l'apport de nutriments et des facteurs hydrologiques, la température de l'eau peut avoir des effets significatifs sur la transformation des nutriments et la rétention dans les marais, comme il est lié à l'état des sols et de la végétation. La transformation de l'azote est beaucoup plus dépendante de la température que son implication dans la rétention du phosphore (Kadlec et Reddy, 2001). La rétention de nitrate est plus rapide durant la saison sèche que la saison de pluie. La concentration élevée de nitrates coïncide avec la température élevée des eaux (Crumpton *et al.*, 2008).

Conclusion

- 28 Les marais de Ciranga et de Kabamba ont des potentialités de réduction des nutriments différentes vue leur état d'utilisation des terres et de la couverture végétale. Les résultats de cette étude montrent que le marais de Ciranga possède des potentialités de réduction plus importantes que le marais de Kabamba. Comme le marais de Kabamba a été drainé et transformé en terre de culture, sa fonction naturelle de purification a été réduite. Les plantes qui se trouvent dans le marais de Ciranga ont plus de capacité de rétention des polluants que les cultures installées dans le marais de Kabamba. La restauration des marais est largement une attente pour la conservation du Lac Kivu et permet de rétablir les qualités purifiantes des marais pour lutter contre la pollution due aux nutriments. Par ailleurs, cette étude complète les connaissances sur les effets de la destruction des marais sur la pollution des écosystèmes aquatiques en particulier la dynamique des nutriments dans les marais. La grande concentration des nutriments apportés par les rivières et la faible efficacité de rétention des nutriments observés dans les deux marais témoignent des effets de ces sources de nutriments sur l'écologie de ces marais. L'efficacité de rétention de marais Ciranga est de 13% pour l'azote, mais celui de Kabamba est de 2% pour le phosphore. Au vu de ces résultats, nous recommandons, un aménagement intégré du bassin versant pour réduire les apports des nutriments dans les rivières et une diminution de la destruction du couvert végétal dans les deux marais par une exploitation rationnelle. Mais aussi, des recherches sont nécessaires pour mieux prévoir la réduction des nutriments, la séquestration du carbone, et les émissions de gaz à effet de serre de ces systèmes afin d'assurer que ces marais peuvent fournir des temps de séjour suffisants pour la transformation efficace des nutriments et la rétention.

Remerciements

- 29 Nos sincères remerciements à l'équipe de chercheurs au Laboratoire de malacologie du Centre de recherche en sciences naturelles CRSN Lwiro République Démocratique du Congo et à Josephine Nampijja de l'Université de Makerere en Ouganda pour leurs appuis.

Bibliographie

- American Public Health and Association (APHA), 1992, Standard Methods for Examination of Water and wastewater, 18th Edition, American Public Health and Association, Washington D.C., USA.
- Ayala, D.J, 1996, Create wetlands in Denmark and Skane: An analysis of impacts on Nutrient retention and Biodiversity, Master Thesis, University of California, 51p.
- Azanga, E., J.G.M. Majaliwa et F.Kansiime, 2010, Sediments and nutrients hotspot areas dynamics in selected micro-catchments of the Lake Tanganyika basin in Democratic Republic of Congo, Second RUFORUM Biennial Meeting 20 – 24 September 2010, Entebbe, Uganda, pp. 579-584.
- Bachand, P.A.M et A.J. Horne, 2000, Denitrification on constructed free-water surface wetlands, Part II, Effects of vegetation and temperature, Ecological Engineering journal, 14, pp. 17-32.
- Bagalwa, M., 2005, Environmental impact of land use change on water quality of inflowing tributaries of Lake Kivu, dans: E.Odada, D Olago, W. Ochola, M. Ntiba, S. Wandiga N. Gichuki et H. Oyieke, 11th World Lakes Conference Nairobi, Proceedings Vol 2, pp. 379-383.
- Bagalwa, M., 2006, 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), pp. 137-143.

- Bagalwa, M. et B. Kubuya, 2009, Study of water quality of a mountain Cirhanyobowa River, Eastern of Democratic Republic of Congo , Cahier du CERUKI, Numéro Special CRSN- LWIRO, pp. 34-44.
- Bagalwa, M., Majaliwa J.G.M., Mushagalusa N., Karume K., 2013, Estimation of transported pollutant load from small urban Kahywa micro-catchment in Lake Kivu, Democratic Republic of Congo, Journal of Environment Science and Engeneering B 2, pp. 460-470.
- Basima, B., M. Mbalassa, B. Muhigwa et M. Nshombo, 2006, Anthropogenic influence on littoralzone biota of Lac Kivu Bukavu basin RD Congo, Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie., 29, 6 p.
- Bastviken, K.S, P.G. Eriksson, A. Premrov et K. Tonderski, 2005, Potential denitrification in wetland sediments with different plant species detritus, Ecological Engineering 25, pp. 183- 190.
- Batson, B.A., 2010, Denitrification and a Nitrogen Budget of Created Riparian Wetlands, Master Thesis, Environmental Science Graduate Program, Graduate School of The Ohio State University, 119 p.
- Bisimwa, M., 2009, Water quality management in lake Kivu basin: A case study of Bukavu Sub-basin, D.R Congo, Thesis of master in intregated water ressource management, University of Dar-es-salaam, 126 p.
- Biswas, T.K, F.R. Higginson et I. Shannon, 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.
- Braskerud, B.C., K.S. Tonderski, B. Wedding, R. Bakke, A.G.B. Blankenberg, B. Ulen et J. Koskiaho, 2005, Can constructed wetlands reduce the diffuse Phosphorus loads to Eutrophic water in cold temperate regions, Journal of Environmental Quality, 34, pp. 2145-2155.
- Crumpton, W.G., D.A. Kovacic, D. Hey et J.A. Kostel, 2008, Potential of restored and constructed wetlands to reduce nutrient export from agricultural watershed in the Corn Belt, pp. . 29-42 dans UMRSHNC (Upper Mississippi River Sub-basin Hypoxia Nutrient Committee), 2008, *Final Report: Gulf Hypoxia and Local Water Quality Concerns Workshop*, St. Joseph, Michigan: ASABE.
- Gale, P.M., I. Devai, K.R. Redd et D.A. Graetz, 1993, Denitrification potentiel of soils from constructed and natural wetlands, Ecological Engineering, 2, pp. 119-130.
- Giroud, V., D. Esser, L. Fournet et F. Davoli, 2007, Les filtres plantés de roseaux pour le traitement des eaux pluviales: notion d'efficacité, Novatech 4,2, pp. 869-876.
- Golterman H.L., R.S. Clymo et M.A.M. Ohnstad, 1978, Methods for physical and chemical analysis of fresh waters, Blackel scientific publication, London, 213 p.
- Greenway, M., 2004, Constructed wetlands for water pollution control - processes, parameters and performance, Developments in Chemical Engineering and Mineral Processing, 12(5/6), pp. 1-14.
- Hecky, R.E., H.A. Bootsma et M.L. Kingdon, 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.
- Jenkins, G.A. et M. Greenway, 2007, Ecological and hydrological assessment for a constructed stormwater wetland restoration, Novatech 4, 2, pp. 901-908.
- Kadlec R.H. et R.L. Knight, 1996, Treatment wetland, Lewis Publisher, Boca Raton, FL, 893 p.
- Kadlec R. H. et K. R. Reddy, 2001, Temperature effects in treatment wetlands, *Water Environment Research*, 73, pp. 543-557.
- Kansiime F. et M. Nalubega, 1999, Wasterwater Treatment by a Natural Wetland: the Nakivubo Swamp, Uganda Processes and Implications, AABalkema, Netherlands.
- Karume, K., 2006, Biomass and hydropower potential and demand in the Uganda Albertine rift region, Doctoral Thesis, Makerere University, 181p.
- Majaliwa, J.G.M, M.K. Magunda et M.M. Tenywa, 2004, Non-point pollution loading in a selected micro-catchment of the Lake Victoria basin, *in the proceedings of the Ninth International Symposium on river Sedimentation (9th ISRS) Yichang, China*, pp. 2206-2211.
- Marti, E., 1997, Pre- and post-flood retention efficiency of nitrogen in a Sonoran Desert stream, Journal of the North American Benthological Society, 16, pp. 805-819.
- Marti, E., J. Aumatell, L. Gode, M. Poch et F. Sabater, 2004, Nutrient retention efficiency in streams receiving inputs from wastewater treatment plants, Journal of Environmental Quality, 33, pp. 285-293.
- Munn, N. L., 1990, Habitat specific solute retention in two small streams: An intersite comparison, Ecology, 71, pp. 2069-2082.

- Muvundja, A.F, N. Pasche, W.B.F. Bugenyi, M. Isumbisho, B. Muller, J.N. Namugize, P. Rinta, M. Schmid, R. Stierli et A. Wuest, 2009, Balancing nutrient input to lake Kivu, *Journal of Great Lakes Research* 35, pp. 406-418.
- Okot-Okumu, J., 1999, Interaction between a littoral wetland and open lake (Lake Nabugabo) with spatial reference to phosphorus dynamics, PhD thesis, Makerere University.
- Peterson, B.J., 2001, Controls of nitrogen from watershed by headwater streams, *Science*, 292, pp. 86-90.
- Reddy, K.R et W.H. Patrick, 1984, Nitrogen transformation and lost in flooded soils and sediments, *Critical Reviews in Environmental Control*, 13, pp. 273-309.
- Reddy, K.R., R.H. Kadlec, E. Flaig et P.M. Gale, 1999, Phosphorus retention in streams and wetlands: A review, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 29, pp. 83-146.
- Sommer, H., N. Nikisch et H. Sieker, 2007, Reduction of pollution load from street-runoff by an inlet-filtration-system filled with adsorptive material, *Novatec*, 3, 2, pp. 735-742.
- Wetzel, R.G., 2001, *Limnology. Lake and rivers ecosystems*, Third edition Academic press, 1006 p.
- Wetzel, R.G. et G.E. Likens, 2000, *Limnological analysis*, Springer, 429 p.
- White J.R. et K. R. Reddy, 2003, Nitrification and denitrification rates of Everglades wetland soils along a phosphore impacted gradient, *Journal of Environmental Quality*, 32, pp. 1436-1443.
- Wrong, T.H.F., P.F. Breen, N.L.L. Somes et S.D. Lloyd, 1998, *Managing Urban Stormwater Using Constructed Wetlands*, Industry Report 98/7, Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology.
- Zhu T. et F.J. Sikora, 1995, Ammonium and nitrate removal in vegetated and unvegetated gravel bed microcosm wetlands, *Water Science and Technology*, 32, pp. 219-228.
- Zinger Y., T.D. Fletcher, A. Deletic, G.T. Blecken et M. Viklander, 2007, Optimisation of the nitrogen retention capacity of the stormwater biofiltration systems, *Novatech*, 4, 2, pp. 893-900.

Pour citer cet article

Référence électronique

Dieudonné N. Zirirane, J.G.M. Majaliwa, B.J.B. Muhigwa, N.G. Mushagalusa, K. Karume et M. Bagalwa, « Efficacité de rétention des polluants par les marais Ciranga et Kabamba du Lac Kivu, République Démocratique du Congo », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 15 Numéro 1 | mai 2015, mis en ligne le 15 mai 2015, consulté le 08 octobre 2015. URL : <http://vertigo.revues.org/16027> ; DOI : 10.4000/vertigo.16027

À propos des auteurs

Dieudonné N. Zirirane

Université évangélique en Afrique, Faculté d'agronomie, B.P. 3323 Bukavu, République Démocratique du Congo, courriel: didozirirane@yahoo.fr, didozirirane@gmail.com

J.G.M. Majaliwa

Makerere University, College of Agricultural and Environmental Sciences, P.O. Box 7062, Kampala, Uganda

B.J.B. Muhigwa

Université officielle de Bukavu, Faculté des sciences, département de biologie, Bukavu, République Démocratique du Congo

N.G. Mushagalusa

Université évangélique en Afrique, Faculté d'agronomie, B.P. 3323 Bukavu, République Démocratique du Congo

K. Karume

Observatoire volcanique de Goma, département de géochimie et environnement, Goma, République Démocratique du Congo

M. Bagalwa

Centre de recherche en sciences naturelles de Lwiro, Bukavu, République Démocratique du Congo

Droits d'auteur

© Tous droits réservés

Résumés

Les marais sont de plus en plus menacés par les activités anthropogéniques mettant en péril leur capacité de filtrant des eaux des bassins versants. Cette étude a permis de déterminer l'efficacité de rétention des nutriments par les marais de Ciranga et de Kabamba et les effets de l'utilisation des terres et de la végétation sur la rétention des nutriments. Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'entrée de la rivière dans le marais et à l'embouchure, et aussi sur sept stations identifiées dans le marais caractérisées par différents types de végétation et d'utilisation. Les prélèvements ont été effectués mensuellement entre août 2011 et juillet 2012. L'efficacité de rétention relative des polluants a été calculée par la différence entre la concentration au site de à l'entrée du marais et celle au site récepteur. Les résultats montrent que l'efficacité de rétention des nutriments des marais de Ciranga et de Kabamba diffèrent au vu de leur état d'utilisation des terres et de la couverture végétale. Le marais de Ciranga a une potentialité de rétention des nutriments plus élevée que le marais de Kabamba. L'efficacité de rétention du marais Ciranga est de 13% pour l'azote, mais celui de Kabamba est de 2% pour le phosphore. Le marais de Ciranga possède une concentration élevée en phosphore dans la rivière Lwiro (0,5 $\mu\text{mole/l}$). Par ailleurs, la rétention d'azote total est plus significative dans le marais de Kabamba que dans le marais de Ciranga. Comme le marais de Kabamba a été drainé et transformé en terre de culture, sa fonction naturelle de purification a été réduite. Des mesures de restauration des marais seraient d'une grande importance pour la stabilité du Lac Kivu et d'autres écosystèmes importants de la région.

Wetlands are more and more threatened by anthropogenic activities reducing their pollutant filtering capacity of waters. This study determined the pollutant retention efficiency of Ciranga and Kabamba wetlands in Lake Kivu basins. Water samples were collected once a month for a period of one year (August, 2011 in July, 2012) from the inlet and the outlet of the wetland, and at seven other locations in the wetland with different types of vegetation. The pollutant retention efficiency was computed as a relative change in a given pollutant concentration to the respective inlet concentration. Result showed that Ciranga and Kabamba wetlands retention efficiency varied over-time and for the type of vegetation and land use. The Ciranga wetland had a relatively higher retention efficiency than Kabamba wetland. The nutrient retention efficiency of Ciranga is 13% for Nitrogen. For Kabamba wetlands, the retention efficiency is about 2% for phosphorus. The concentration of phosphorus (0,5 $\mu\text{mole/l}$) is high in the river Lwiro crossing in Ciranga wetland. But the retention of Nitrogen is high in the Kabamba wetland. The Kabamba wetland was drained and transformed into farming land, its natural function of purification was reduced. Judicious wetland restoration measures are needed in order to stabilize Lake Kivu and other important ecosystems of the region

Entrées d'index

Mots-clés : marais, nutriments, rétention, lac, Kivu, République Démocratique du Congo

Keywords : wetland, nutrient, retention, lake, Kivu, Democratic Republic of Congo

Lieux d'étude : Afrique