

La protection des rivières traversant la ville de Bujumbura au Burundi : un grand défi à relever

André NDUWIMANA^{1*}, Gilbert NDAGIGIMANA¹, Nestor NIYONZIMA² et Erasme NGIYE³

¹ *Université du Burundi, Faculté d'Agronomie et de Bio Ingénierie (FABI), Centre de Recherche en Sciences des Productions Animales, Végétales et Environnementales (CRAVE), BP 2940 Bujumbura, Burundi*

² *Université du Burundi, Faculté des Sciences de l'Ingénieur (FSI), Centre de Recherche en Infrastructures, Environnement et Technologie (CRIET), BP 2700 Bujumbura, Burundi*

³ *Université du Burundi, Centre de Recherche et d'Études sur le Développement dans les Sociétés en Reconstruction (CREDSR), BP 5142 Bujumbura, Burundi*

(Reçu le 28 Mars 2025 ; Accepté le 07 Mai 2025)

* Correspondance, courriel : andnduwi@yahoo.fr

Résumé

La présente étude a pour objectif d'évaluer la protection des berges des principales rivières traversant la ville de Bujumbura qui est une des caractéristiques hydro-morphologiques qui influencent le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et des surfaces associées. La méthodologie utilisée a consisté en la collecte des données sur les types de couverture du sol avec estimation du pourcentage de recouvrement par la méthode de Braun Blanquet et en une évaluation de l'empreinte de l'activité anthropique par la mesure de la densité des constructions dans la zone de protection de 25 m autour de ces rivières affluents du lac Tanganyika. Les résultats montrent que la zone de protection des rivières traversant la ville de Bujumbura a été bâtie jusque au bord des rivières et qu'elle a continué de l'être après 2012, date à laquelle la loi instituant une zone de protection de 25 m autour de ces rivières a été promulguée ; que les données pour les variables mesurées varient en fonction des rivières et en fonction des différentes zones de ces rivières (Amont, centre, Aval). Ces résultats montrent que toutes ces rivières ne sont pas protégées et que la loi n'est pas respectée. Des mesures de protection efficaces devraient être prises et cela passera sans doute par un aménagement participatif avec des actions ciblées pour chacune de ces rivières.

Mots-clés : *conservation, rivière, berges, Ntahangwa, Muha, Kanyosha, Tanganyika.*

Abstract

Protecting the rivers running through the city of Bujumbura in Burundi : a major challenge

The aim of this study is to assess the protection of the banks of the main rivers crossing the city of Bujumbura, which is one of the hydro-morphological features influencing the functioning of aquatic ecosystems and associated surfaces. The methodology used consisted in collecting data on land cover types, estimating the percentage of cover using the Braun Blanquet method, and assessing the footprint of human activity by measuring building density in the 25 m protection zone around these tributaries of Lake Tanganyika. The results show that the protection zone of the rivers crossing the city of Bujumbura was built up to the river

banks and continued to be built up after 2012, when the law instituting a 25 m protection zone around these rivers was promulgated ; that the data for the variables measured vary according to the rivers and according to the different zones of these rivers (Upstream, Central, Downstream). These results show that not all these rivers are protected and that the law is not being respected. Effective protection measures need to be taken, and this will no doubt involve participatory planning with targeted actions for each of these rivers.

Keywords : *conservation, river, riverbanks, Ntahangwa, Muha, Kanyosha, Tanganyika.*

1. Introduction

La ville de Bujumbura n'a cessé de s'étendre passant d'une zone pratiquement non habitée, un petit village nommé Usumbura à l'époque de la rencontre des explorateurs Livingston et Stanley en 1871, pour atteindre aujourd'hui le statut de la plus grande agglomération du Burundi où pratiquement toutes les terres vacantes sont convoitées [1, 2]. L'expansion de la ville de Bujumbura par densification des infrastructures et extension du bâti aux nouvelles zones s'est faite sans planification préalable comme dans la plupart des pays en voie de développement [3] avec comme conséquences attendues l'augmentation de l'érosion, la dégradation de la qualité de l'eau, la réduction de la biodiversité, la dégradation des zones humides [4, 5]. Cette augmentation du bâti et des habitants va également de pair avec une production accrue des déchets et des problèmes associés de leur évacuation [6]. A côté de leurs fonctions de drainage et de contrôle des inondations, les rivières urbaines jouent divers autres rôles dont la purification de l'eau, le maintien de la verdure et la purification de l'air [7, 8] qui doivent être pris en considération par les systèmes de gestion urbaine. La ville de Bujumbura est traversée par des rivières qui, pour un pays dont le système d'assainissement collectif est lacunaire [9], sont utilisées pour l'évacuation des déchets provenant des ménages et des industries comme il en est pour la plupart des cours d'eau urbains de la majorité des pays en développement [10, 11]. Le relief dans lequel s'inscrit la traversée de ces rivières est caractérisé en amont dans les contreforts par de fortes pentes où des croupes sont séparées les unes des autres par des vallées encaissées où coulent ces mêmes rivières ; et en aval par une plaine où les volumes d'eaux et de matériaux charriés par ces rivières finissent par provoquer des inondations. [12]. Les principaux facteurs favorisant l'érosion hydrique que sont les précipitations agressives, la forte pente, l'érodibilité des sols, la faiblesse du couvert végétal et les mauvaises pratiques culturelles [13, 14] sont en effet réunis pour la zone en amont [15]. De fortes pluies provoquent en effet de fortes érosions et des inondations dans la plaine en contre-bas, suivies des destructions d'infrastructures socio-économiques et même des pertes en vies humaines comme ce fut le cas en février 2014 dans une localité appelée Gatunguru et au niveau de la rivière Kinyankonge au nord de la ville Bujumbura [16]. S'il y a une intensification des catastrophes le plus souvent dues à des débordements, des glissements et inondations qui surviennent le long des cours d'eaux qui traversent la ville de Bujumbura, l'hypothèse en est que la réglementation en matière de protection des berges des rivières n'est pas respectée ou elle n'est pas appropriée. Il n'y a cependant pas de données sur l'organisation spatiale des berges des différentes rivières traversant la ville de Bujumbura pour donner la lumière à ces événements, la plupart des études ont concerné l'analyse du niveau de leur pollution et de celle du lac Tanganyika [17 - 19]. La présente étude vise à mettre en évidence des lacunes dans la mise en œuvre de la réglementation en matière de protection des rivières traversant la ville de Bujumbura et de proposer des orientations pour les combler. Les données sont collectées sur la géomorphologie et sur les pressions anthropiques au niveau des berges de trois principaux cours d'eau (Ntahangwa, Muha et Kanyosha) qui traversent la ville de Bujumbura et permettent une analyse comparative de leur état de protection. Cette analyse est en effet un préalable à la mise en œuvre d'une gestion cohérente et intégrée des cours d'eau [20]. Les données de l'analyse permettront aux décideurs de prendre des décisions éclairées et dont la mise en œuvre suscite moins de controverses.

Le code de l'eau révisé (loi n°1/02 du 26 mars 2012 portant code de l'eau au Burundi) prévoit, en son article 5, pour les cours d'eaux affluents du lac Tanganyika une zone de protection de 25 m. L'étude montrera dans quelle mesure cette loi est respectée pour les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha et des suggestions seront faites pour une gestion efficace de l'environnement urbain en général, la protection des berges des rivières traversant la ville de Bujumbura en particulier.

2. Matériel et méthodes

2-1. La zone d'étude

La zone d'étude se localise en mairie de Bujumbura, une ville située sur la rive nord-est du lac Tanganyika dans la partie ouest du Burundi, entre $3^{\circ}17'58''$ et $3^{\circ}29'5''$ de latitude sud ; $29^{\circ}19'35''$ et $29^{\circ}25'17''$ de longitude est. Elle concerne trois principales rivières traversant la ville qui sont la rivière Ntakangwa au nord séparant la commune Ntakangwa de la commune Mukaza, la rivière Muha au milieu séparant la commune Mukaza de la commune Muha et vers le sud la rivière Kanyosha (**Figure 1**). Ces rivières traversent la ville de l'est vers l'ouest. En amont se trouve une zone de collines escarpées, les contreforts du Mumirwa et en aval on a une zone de plaine bordant le lac Tanganyika. Le Mumirwa présente un relief montagneux, accidenté et en fortes pentes. De fortes densités de populations y pratiquent une agriculture traditionnelle à la houe sans mécanisme de protection des sols et des eaux et la zone enregistre des précipitations abondantes pendant toute la saison des pluies [21]. L'érosion marquée par des fossés et ravines occasionne des dégâts importants en aval à l'occasion des glissements des berges, des inondations et dépôts de boue et sédiments.

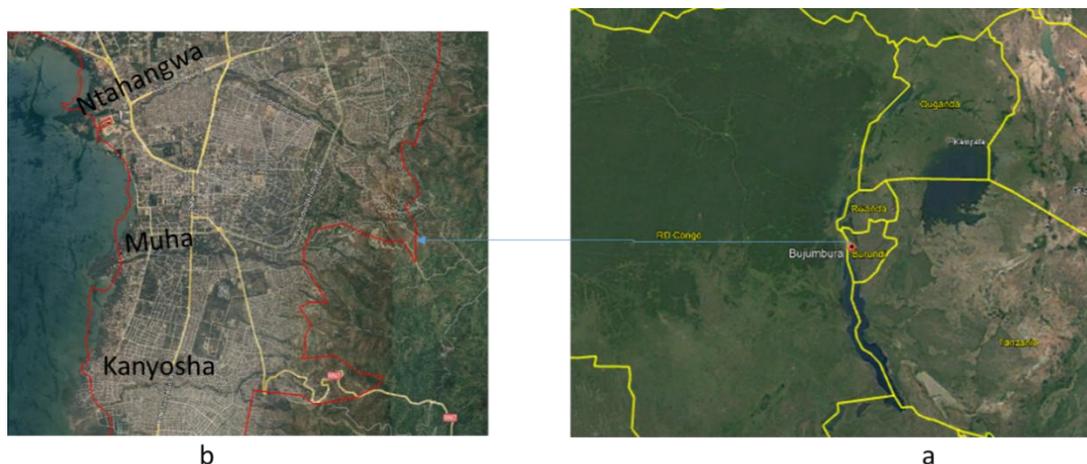


Figure 1 : (b) Les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha traversant (a) la ville de Bujumbura, capitale économique du Burundi

2-2. Méthodologie

La protection des berges ou zones riveraines est une des caractéristiques hydro-morphologiques qui influencent le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et des surfaces associées [22 - 24]. Ces zones riveraines sont importantes car elles constituent la frontière entre une zone riche en activités humaines et la rivière qui est un écosystème sensible à ces activités et à la pollution [25]. La collecte des données a concerné une bande riveraine d'une largeur de 25 m de part et d'autres des rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha que le code de l'eau révisé (loi n°1/02 du 26 mars 2012 portant code de l'eau au Burundi), en son article 5, institue zone de protection. Sur toute la longueur de la partie en ville et sur toutes les rives des rivières

analysées, des informations ont été collectées au sein des bandes successives de 300 m, à leur tour regroupées en trois zones (amont, centre, aval) résultant d'un découpage réalisé suivant l'aspect topographique de la partie de la ville traversée par chacune des rivières (**Figure 2**). Les informations sur les types de couverture du sol (couvert arboré, couvert herbeux, sol nu, sol) et des pourcentages de recouvrement correspondants estimés par la méthode de Braun Blanquet (1932) ont été collectées à l'aide d'un échantillonnage systématique dans des placettes linéaires de 50 m sur 25m en s'acheminant le long des rivières de l'aval en amont. Outre les types de couverture du sol et leur pourcentage de recouvrement, l'empreinte de l'activité anthropique et le degré de protection des rivières ont été évalués par la mesure de la densité des bâtiments, du nombre de déversoirs d'égouts et dépotoirs sauvages dans la zone de protection, le nombre est ramené au km linéaire pour faciliter la comparaison. Des données sur la nature et la date de construction des bâtiments ont été recueillies auprès des propriétaires ou occupants afin de voir à quel degré la loi établie en 2012 a été respectée. Trois catégories de bâtiments ont été considérées : la première catégorie concerne les maisons en dur avec du béton qui ne peuvent pas être érigées sans autorisation des services d'urbanisme, la deuxième catégorie est celle des maisons relativement solides avec des murs en briques cuites qui constituent en grande partie des extensions ou des constructions appartenant à des propriétaires moins nantis, la troisième catégorie est celle des maisons de fortune avec des murs en briques adobe ou en bois, dominées par des occupations sauvages. Les données ont été collectées pendant la période d'octobre 2021 à janvier 2022. L'organisation des données dans des tableaux synthétiques, le calcul des moyennes, l'établissement des histogrammes et l'analyse de la variance sont les principales opérations de traitement et analyse des données effectuées.



Figure 2 : Localisation des sites échantillonnés le long des trois rivières (Ntuhangwa, Muha, Kanyosha) traversant la ville de Bujumbura

3. Résultats

3-1. Types de couverture du sol dans la bande riveraine et pourcentage correspondant

La **Figure 3** montre que les pourcentages des types d'occupation du sol diffèrent pour les berges des trois rivières étudiées. La couverture herbeuse est importante pour les 3 rivières, la surface bâtie est prépondérante pour les rivières Ntakangwa et Kanyosha tandis que la couverture arborée est bien représentée pour la rivière Muha. L'analyse de la variance montre que les différences entre la rivière Muha et les autres rivières sont significatives (P-value = 0,022 en ce qui est de la comparaison de la couverture arborée entre Muha et Kanyosha ; P-value < 0,0001 pour ce qui est de la comparaison des proportions des sols nus, de la surface bâtie entre la rivière Muha et les 2 autres rivières prises séparément). La **Figure 4** montre qu'il existe des différences si on chemine le long des rivières de l'amont en aval. Les différences ne sont pas significatives pour ce qui est de la surface bâtie (P-value = 0,603 entre le tronçon centre et amont, P-value = 0,452 entre le centre et l'aval et P-value = 0,291 entre l'amont et l'aval), elles sont par contre très significatives pour ce qui est de la couverture arborée (P-value = 0,001 entre le tronçon centre et l'aval), de la couverture herbeuse (P-value = 0,0001 entre le tronçon centre et l'aval) et des proportions des sols nus (P-value = 0,0001 entre le tronçon aval et les tronçons amont et centre pris séparément).

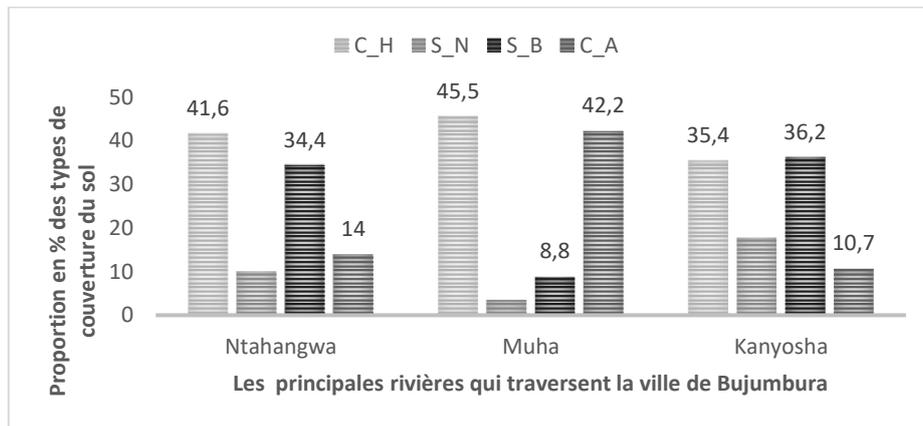


Figure 3 : Etat de la couverture des berges pour chacune des 3 rivières (C_A : couverture arborée ; C_H : couverture herbeuse ; S_N : sol nu ; S_B : Sol bâti)

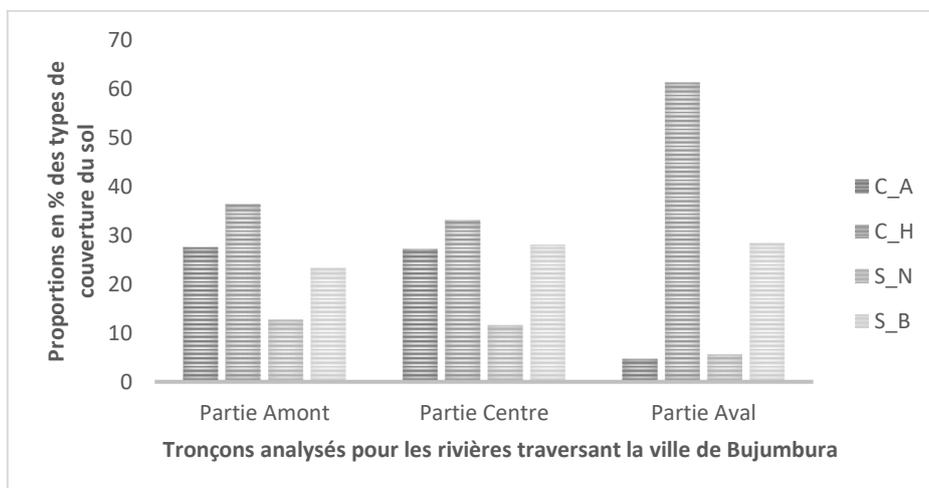


Figure 4 : Etat de couverture (C_A : couverture arborée ; C_H : couverture herbeuse ; S_N : sol nu ; S_B : Sol bâti) par tronçons (amont, centre, aval)

3-2. Déversoirs, égouts et dépotoirs sauvages

La **Figure 5** montre que les bandes riveraines des trois rivières sont utilisées pour évacuer les eaux usées domestiques et comme sites de dépotoirs sauvages. Des différences en ce qui est de la quantité des installations s'observent entre les bandes riveraines des différentes rivières, différences qui sont significatives pour les observations concernant la rivière Muha, pour laquelle on dénombre peu d'installations, et les deux autres rivières (P-value = 0,041 pour ce qui est des déversoirs et égouts entre la rivière Muha et Ntakangwa, P-value < 0,0001 en ce qui est des dépotoirs sauvages en comparant la rivière Muha aux 2 autres prises séparément). Des différences s'observent également si on regarde les tronçons des rivières (**Figure 6**) qui ne sont significatives qu'entre la zone aval par rapport aux autres zones en ce qui est des déversoirs de caniveaux et égouts (P-value = 0,022 entre l'aval et l'amont ; P-value = 0,004 entre l'aval et le centre).

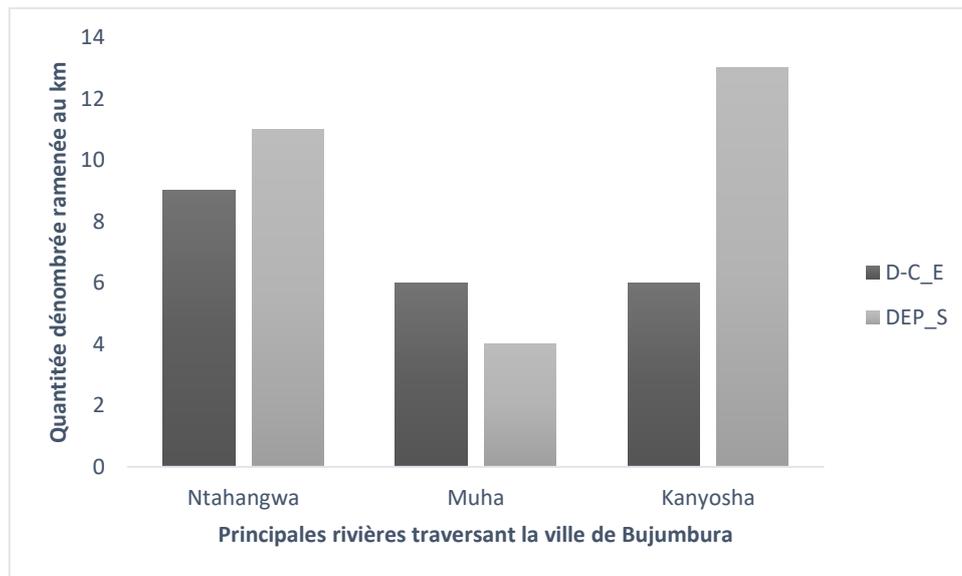


Figure 5 : Niveau de l'empreinte anthropique (D-C_E : Déversoir et égouts ; DEP_S : Dépotoirs sauvages) au niveau des berges des 3 rivières traversant la ville de Bujumbura

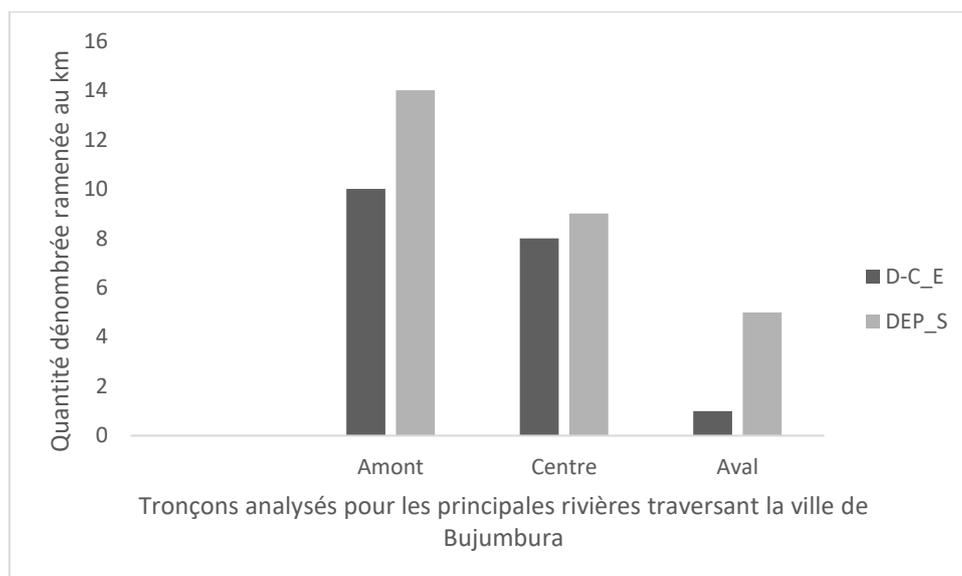


Figure 6 : Etat de l'empreinte anthropique (D-C_E : Déversoir et égouts ; DEP_S : Dépotoirs sauvages) par tronçon de rivière

3-3. Nature et nombre des bâtiments

La **Figure 7** montre que le nombre total et le nombre par catégorie de bâtiments diffèrent pour les 3 rivières analysées. Pour toutes les rivières, c'est la catégorie 1 correspondant aux bâtiments en durs qui domine. Des différences significatives s'observent pour cette catégorie de bâtiments quand on compare la situation de la rivière Kanyosha qui affiche un nombre élevé comparée à celles des autres rivières (P-value = 0,003 entre Kanyosha et Muha ; P-value = 0,05 entre Kanyosha et Ntakangwa). Pour la catégorie 2 correspondant aux bâtiments relativement moins solides, la différence significative s'observe pour la rivière Ntakangwa où le nombre est relativement élevé comparée aux autres rivières (P-value = 0,027 entre Ntakangwa et Muha ; P-value = 0,007 entre Ntakangwa et Kanyosha). Pour la catégorie 3 correspondant à des maisons de fortune, la différence significative s'observe pour la rivière Muha pour laquelle le nombre est relativement faible comparée aux autres rivières (P-value = 0,028 entre Muha et Ntakangwa ; P-value = 0,002 entre Muha et Kanyosha). La **Figure 8** montre que les situations diffèrent si on considère les tronçons des rivières mais ces différences ne sont significatives que pour la catégorie 2 où le nombre est relativement faible en amont (P-Value = 0,035 entre l'amont e le centre ; P-value = 0,026 entre l'amont et l'aval).

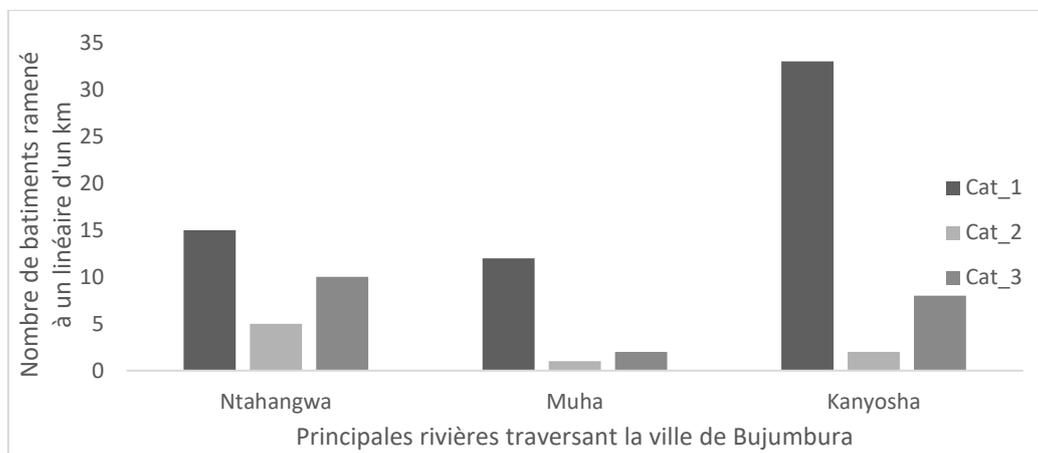


Figure 7 : Nature (Cat_1 : bâtiments en durs avec du béton, Cat_2 ; maisons relativement solides avec briques cuites, cat-3 : maisons de fortune) et nombre de bâtiments au niveau des rives de chacune des 3 rivières

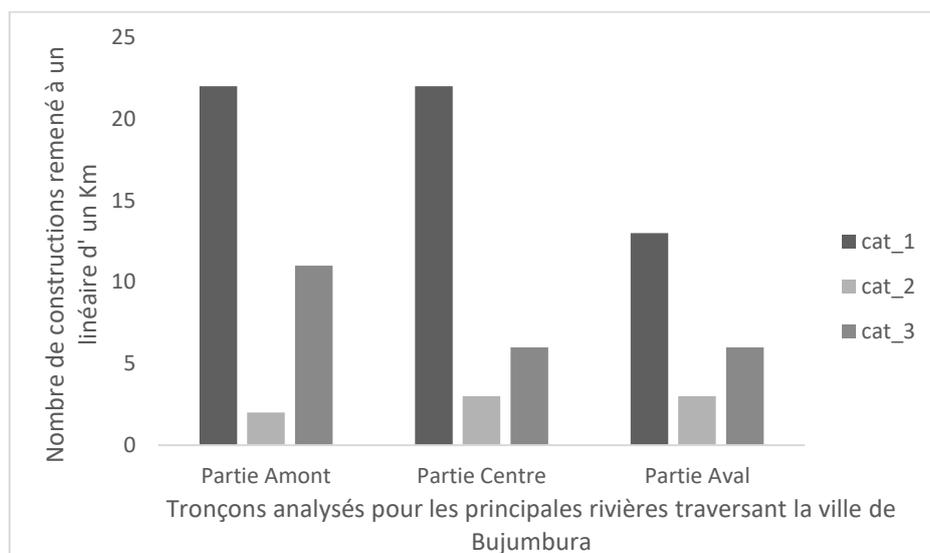


Figure 8 : Nature (Cat_2 ; maisons relativement solides avec briques cuites, cat-3 : maisons de fortune) et nombre de bâtiments par tronçon de rivière (amont, centre, aval)

3-4. Période de construction des bâtiments en référence à l'année 2012 d'adoption de la réglementation mettant en place des zones de protection autour des rivières

La **Figure 9** montre que des maisons ont été construites dans la zone riveraine des rivières avant 2012 et même après 2012 avec un nombre de constructions relativement élevé pour les rivières Kanyosha et Ntakangwa comparées à la rivière Muha (P-value = 0,028 entre Muha et Ntakangwa ; P-value = 0,002 entre Muha et Kanyosha). Alors que l'amont avait plus de maisons dans la zone riveraine avant 2012, on voit que c'est le centre qui a eu beaucoup de constructions après 2012 (**Figure 10**).

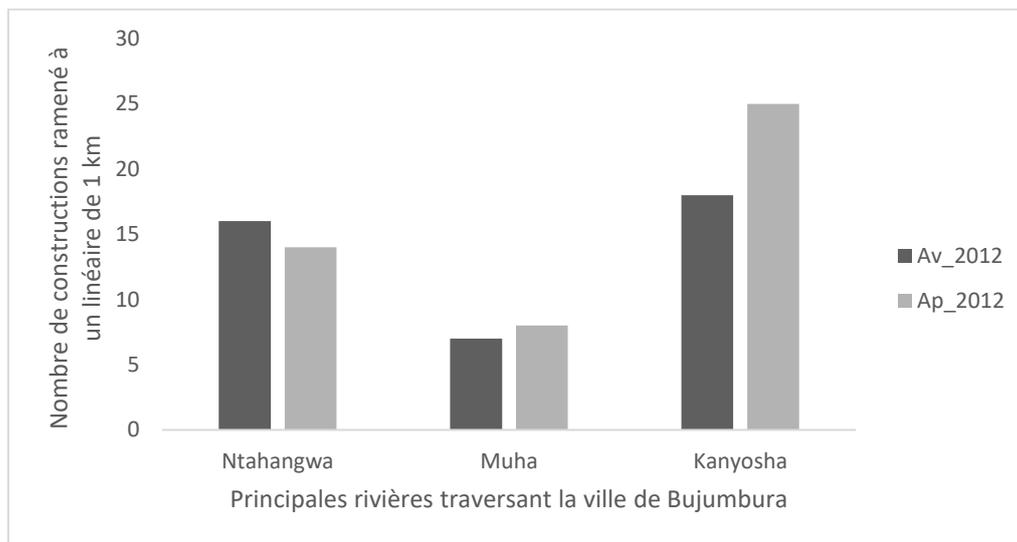


Figure 9 : Nombre et période de bâtiments par rivière en référence à l'année 2012 d'adoption de la réglementation mettant en place des zones de protection autour des rivières (Av_2012 : bâtiments construits avant 2012, Ap_2012 ; bâtiments construits après 2012)

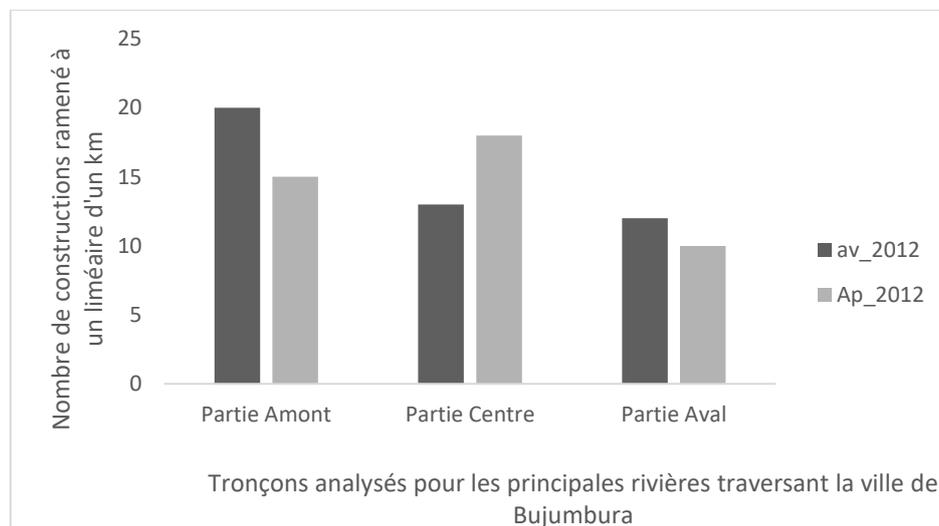


Figure 10 : Nombre et période (Av_2012 : bâtiments construits avant 2012, Ap_2012 ; bâtiments construits après 2012) de bâtiments par tronçon de rivière (amont, centre, aval)

4. Discussion

4-1. Types de couverture du sol dans la bande riveraine et proportions correspondantes

Les résultats de l'analyse des types de couverture du sol au niveau des berges des rivières traversant la ville de Bujumbura montrent des proportions élevées du bâti et une faiblesse du couvert arboré. Pourtant, l'efficacité écologique de la zone de protection est proportionnelle à la largeur de la bande végétalisée [26] et la couverture arborée protège mieux les cours d'eau que la zone enherbée encore mieux que les sols nus ou bâtis [27]. Les racines profondes d'une végétation dense contribuent à la stabilisation des berges d'un cours d'eau ou à la constitution de nouvelles berges de cours d'eau [28]. Cette faiblesse du couvert arboré traduit ainsi une fragilité des berges [29] et peut expliquer la grande ampleur des dégradations qui s'observent pour les rives des rivières Ntakangwa et Kanyosha présentant un très faible taux de couverture arborée. En comparant l'état de couverture pour les tronçons des trois rivières, la zone en aval présente une grande proportion de couverture herbeuse et de sol nu. Cela est dû au fait qu'elle est une zone basse, victime des inondations et envasement et qui ne peut développer qu'une végétation rudérale [29]. Par les facilités d'arrosage et irrigation, c'est dans cette zone où se pratique également des activités agricoles en ville comme le maraichage.

4-2. Déversoirs, égouts et dépotoirs sauvages

Certains sites des zones riveraines des rivières traversant la ville de Bujumbura sont utilisés comme lieu de transferts des eaux usées et pluviales ou de déchets ménagers. Cela traduit d'une part un système déficitaire d'assainissement et de gestion foncière dans la ville de Bujumbura et cette lacune est prononcée pour les zones périphériques, d'autres parts une faiblesse des pouvoirs publics pour faire respecter la réglementation environnementale établie [30, 31]. La conséquence est une altération physique des berges et une pollution des rivières et du lac Tanganyika [17]. Les rejets au niveau des berges sont la conséquence d'une faiblesse des mesures d'assainissement dans la plupart des pays en développement confrontés à une urbanisation grandissante [32] et peuvent conduire entre autres à une modification du régime hydrologique et de la morphodynamique des rivières, à des effets toxiques affectant la biocénose des milieux aquatiques, à des risques sanitaires associés à la contamination bactériologique et à une altération des paysages. La zone en aval a relativement moins d'égouts et de déversoirs parce que d'une part cette partie de la ville a relativement très peu d'habitations qui captent l'eau de ruissellement, elle est encore fragile pour supporter des canalisations. Conçus pour gérer des eaux pluviales et domestiques, il est important d'associer les égouts à des mesures de traitement ou des stratégies de rétention temporisée pour qu'il y ait moins de déversement au niveau des bandes riveraines. Celles-ci constituent en effet une barrière contre les apports de sédiments et de contaminants dans les rivières.

4-3. Constructions dans la zone riveraine

Les résultats sur l'analyse du bâti dans la bande riveraine des 3 rivières ciblées montrent que des maisons y sont installées même après la promulgation de la loi sur le respect d'une zone de protection de 25 m autour de ces rivières affluents du lac Tanganyika. La densification du bâti dans cette zone a pour conséquence l'augmentation de l'imperméabilité des sols conduisant à l'augmentation des phénomènes d'érosion et d'inondations pour les zones en aval. Le fait que ce sont des bâtiments en dur dont la construction demande une autorisation préalable des services de l'urbanisme qui dominant même après 2012, date de la promulgation de la loi instituant les zones tampons témoigne des lacunes au niveau des services publics quant à la mise en œuvre et au suivi des réglementations en rapport avec l'environnement. La même situation est observée pour le lac Kivu dans la ville de Bukavu où des bâtiments à usage résidentiel, couverts par des documents officiels délivrés par les services de l'État, ont été érigés dans la zone tampon du lac [33]. On voit

que ces maisons en dur dominant dans les zones centrales ce qui témoigne d'une tendance à la densification du bâti dans les zones qui étaient bâties en faisant des extensions dans les zones marginales que sont les bandes riveraines. Ces résultats corroborent ceux d'autres auteurs qui mettent en évidence une densification et une expansion centrifuge de la ville de Bujumbura au cours des trois dernières décennies [1]. La pression anthropique de l'extension urbaine est tellement forte qu'elle n'épargne pas les bandes riveraines s'il y a relâchement au niveau des mécanismes de suivi des réglementations [34]. On voit que la nature des maisons dominantes dans la bande riveraine de chaque rivière varie suivant le niveau de vie des quartiers traversés par ces rivières : en dur pour la rivière Muha qui traverse le centre de la ville, relativement solide pour la rivière Ntakangwa et des maisons de fortune pour la rivière Kanyosha à la périphérie. On assiste à phénomène centrifuge de périurbanisation qui conduit des fortes densités de gens confrontés à la cherté de la vie dans la ville à s'établir dans les zones périphériques et même fragiles comme les berges des rivières. Les zones en amont sont sur un relief accidenté, érodé et la construction doit utiliser des matériaux renforcés de béton pour les nantis sinon par endroits ce sont des habitations de fortune qui y sont installées car facile à réparer après chaque dommage. Ce sont les cours d'eau situées à la périphérie qui sont les plus vulnérables à cause de l'augmentation de la densité de la population et des changements d'affectation des terres [35].

5. Conclusion

La présente étude a mis en évidence que les bandes riveraines des principales rivières traversant la ville de Bujumbura constituent des écosystèmes aujourd'hui dégradés non épargnés par des modifications d'ordre anthropique. L'homme a continué à impacter négativement (par les constructions et autres affectations du sol) ces zones même après la promulgation en 2012 d'une loi qui instaure comme zone de protection une bande d'une largeur de 25 m le long de ces rivières, une loi qui n'a malheureusement pas été suivie. Comme ces zones sont d'une importance capitale pour la stabilité des berges, la conservation de la biodiversité urbaine et la santé de la population urbaine, des mesures visant la protection de ces bandes et la restauration du couvert arboré et enherbé doivent être prises en respectant les caractéristiques éco morphologiques des tronçons de ces rivières. Il ne s'agira pas seulement de rendre effective la mesure de mise en défens de ces zones de protection par une approche participative prenant en compte les avis de toutes les parties prenantes ; il s'agira également de prendre des mesures de gestion intégrée de tout le bassin versant, de consolider par endroit les rives par une combinaison du génie civil et du génie végétal et de restaurer la végétation afin de renforcer la capacité d'infiltration et de filtration des eaux des bandes riveraines.

Références

- [1] - H. KABANYEGEYE, Y. U. SIKUZANI, K. R. SAMBIENI, M. T. LUBUMBASHI, F. HAVYARIMANA and J. BOGAERT, "Trente-trois ans de dynamique spatiale de l'occupation du sol de la ville de Bujumbura". *Afrique SCIENCE*, 18 (1) (2020) 203 - 215
- [2] - P. TURIMUBUMWE, A. G. ADAM and B. K. ALEMIE, "Managing public urban lands for sustainable urban development in Bujumbura, Burundi : The role of land administration system". *GeoJournal*, 89 (2024) 10. <https://doi.org/10.1007/s10708-024-10998-8>
- [3] - H. KABANYEGEYE, Y. U. SIKUZANI, K. R. SAMBIENI, D. MBARUSHIMANA, T. MASHARABU and J. BOGAERT, "Analysis of Anthropogenic Disturbances of Green Spaces along an Urban—Rural Gradient of the City of Bujumbura (Burundi)". *Land*, 12 (2023) 465. <https://doi.org/10.3390/land12020465>

- [4] - B. CHOCAT, "Le rôle possible de l'urbanisation dans l'aggravation du risque d'inondation : l'exemple de l'Yzeron (Lyon)". *Revue de géographie de Lyon*, 72 (4) (1997) 273 - 280
- [5] - B. FERGUSON and D. HORSEFIELD, "Improving urban water ways in emerging countries : an action plan for Madras". *Journal of the american water resources association*, 35 (4) (1999) 923 - 937
- [6] - E. DUHAWENIMANA, R. MANIRAKIZA and J. YATUHA, "Urbanization and Water Quality; The Effect of Bujumbura Municipal Effluents on the Western Shores of L. Tanganyika in Burundi". *International Journal of Science and Research*, 8 (6) (2019) 1643 - 1649. 10.21275/ART20197514
- [7] - G. VERNIERS, " Le cours d'eau : rôles écologiques et paysagers". In: "*L'eau, l'homme et la nature. 24èmes journées de l'hydraulique*". Congrès de la Société Hydrotechnique de France, Paris, (24) (1996) 195 - 203. Consulté sur https://www.persee.fr/doc/jhydr_0000-0001_1996_act_24_1_5464, le 15 mars 2023
- [8] - T. KANG, N. YU, M. SHIN, M. SHIN, K. NA, K. J. LIM and J. KIM "Design of Non-Structural Practices for Sustainable Water Quality Improvement in an Urban River : A Case Study of South Korea". *Sustainability*, 16 (6) (2024) 2298 ; <https://doi.org/10.3390/su16062298>
- [9] - P. BIGUMANDONDERA, "Étude de l'assainissement non collectif en Afrique Subsaharienne : Application à la ville de Bujumbura". Dissertation présentée pour obtention du grade de Docteur en Sciences à la Faculté des Sciences de l'Université de Liège, Liège, (2014) 301 p.
- [10] - S. BUHUNGU, M. A. OUSSOU, E. MONTCHOWUI, G. NTAKIMAZI, J. L. VASEL and T. NDIKUMANA, "Etablissement du pollutogramme et de l'hydrogramme de la rivière Kinyankonge, Burundi". *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11 (3) (2017) 1386 - 1399
- [11] - K. N. BEGBEAYA "Evaluation de l'impact des déchets ménagers de la ville de Kara (Togo) sur la qualité de la rivière Kara". Thèse défendue pour obtention du Grade de Docteur, Université de Lomé en cotutelle avec Université de Limoges, Lomé, (2012) 226 p.
- [12] - L. NIBIGIRA, "Etude des risques naturels liés aux interactions entre les mouvements de masse et le réseau hydrographique dans la région des lacs Kivu et Tanganyika". Thèse défendue pour obtention du grade de Docteur en Sciences, Université de Liège, Liège, (2018) 263 p.
- [13] - A. SADIKI, A. FALEH, J. L. ZEZERE and H. MASTASS, "Quantification de l'Erosion en Nappes dans le Bassin Versant de l'Oued Sahla-Rif Central Maroc". *Cahiers Géographiques*, 6 (2009) 59
- [14] - G. MELUN, "Evaluation des impacts hydromorphologiques du rétablissement de la continuité hydro-sédimentaire et écologique sur l'Yerres aval". Thèse présentée pour obtention du grade de Docteur, Université Paris 7 Diderot /CNRS, (2012) 335 p.
- [15] - T. RISHIRUMUHIRWA, "Effets des crises politiques au Burundi sur les processus érosifs dans la région du Mirwa central" in : Roose E., Duchaufour H., De Noni G, *Lutte antiérosive : Réhabilitation des sols tropicaux et protection contre les sols exceptionnelles*. IRD Editions Marseille, (2012) 675 - 688, ISBN : 978-2-7099-1728-5
- [16] - L. NIBIGIRA, H.-B. HAVENITH, P. ARCHAMBEAU and B. DEWALS, "Formation, breaching and flood consequences of a landslide dam near Bujumbura, Burundi". *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 18 (2018) 1867 - 1890, <https://doi.org/10.5194/nhess-18-1867-2018>
- [17] - J. NDAYISHIMIYE, G. NTAKIMAZI, G. NSAVYIMANA, C. SIBOMANA, B. MPAWENAYO, B. NZIGIDAHERA, L. NDAYIKEZA, P. M. VANHOVE MAARTEN, L. TRIEST and L. JANSSENS DE BISTHOVEN, "La dégradation du littoral du Lac Tanganyika : Approche multidisciplinaire". *Bull. Sci. Biodivers*, 6 (2023) 1 - 15
- [18] - H. PHIRI, D. MUSHAGALUSA, C. KATONGO, C. SIBOMANA, M. Z. AJODE, N. MUDERHWA, S. SMITH, G. NTAK D. NAHIMANA, P. M. MULUNGULA, L. H. HAAMBIYA, P. M. ISUMBISHO, P. LIMBU, I. A. KIMIREI, N. B. MARWA, R. J. MLINGI and A. M. MANGAZA, "Lake Tanganyika : Status, challenges, and opportunities for research collaborations". *Journal of Great Lakes Research*, 49 (6) (2023) 102223, <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2023.07.009>

- [19] - J. NSABIMANA, S. HENRY, A. NDAYISENGA, D. KUBWIMANA, O. DEWITTE, F. KERVYN and C. MICHELLIER, "Geo-Hydrological Hazard Impacts, Vulnerability and Perception in Bujumbura (Burundi) : A High-Resolution Field-Based Assessment in a Sprawling City". *Land*, 12 (10) (2023) 10.3390/land12101876
- [20] - F. MOUCHET, A. LAUDELOUT, N. DEBRUXELLES, CLAESSENS, J. Y. PAQUET and J. RONDEUX, "Guide d'entretien des ripisylves", (2007). Disponible sur <http://www.fsagx.ac.be/gf/ripisylve/> consulté le 20 août 2022
- [21] - C. MATHIEU, "Contraintes techniques et sociales en conservation des sols et des eaux en zone à très forte densité de population : l'exemple des Montagnes du Mumirwa au Burundi". *Tropicultura*, 5 (3) (1987) 137 - 146
- [22] - G. VERNIERS, "Aménagement écologique des berges des cours d'eau, techniques de stabilisation". *GIREA— Presses Universitaires de Namur*, (1995) 77 p.
- [23] - L. SCHMIDT, J. J. BRAVARD and F. REY, "Maîtriser les évolutions du lit des cours d'eau (incision, atterrissement, etc.) et mieux gérer les formes fluviales. Ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques : Pourquoi ? Comment ?" B. CHOCAT (coord), *ASTEE*, (2013) 84 - 93
- [24] - H. CLAESSENS, H., J. RONDEUX, N. DEBRUXELLES, C. BURTON and P. LEJEUNE, "Le suivi des bandes riveraines des cours d'eau de Wallonie". *Rev. For. Fr.* LXI-6, (2009) 595 - 610
- [25] - D. DUNEA, P. BRETCAN, L. PURCOI, D. TANISLAV, G. SERBAN, A. NEAGOE, V. IORDACHE and S. IORDACHE, "Effects of riparian vegetation on evapotranspiration processes and water quality of small plain streams". *Ecohydrology & Hydrobiology*, 21 (4) (2021) 629 - 664. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2021.02.004>
- [26] - R. M. DUNN, J. M. B. AWKINS, M. S. A. BLACKWELL, Y. ZHANG and A. L. COLLINS, "Impacts of different vegetation in riparian buffer strips on runoff and sediment loss". *Hydrol Process*, 36 (11) (2022) e14733, doi: 10.1002/hyp.14733
- [27] - G. N. ZAIMES, R. C. SCHULTZ and M. TUFEKCIOGLU, "Gully and Stream Bank Erosion in Three Pastures with Different Management in Southeast Iowa". *Journal of the Iowa Academy of Science*, 1 (4) (2009) 1 - 8
- [28] - B. REUBENS, J. BENSEN, F. DANJON, G. GEUDEN S and B. MUYS, "The role of fine coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on root system architecture : a review". *Trees*, 21 (2007) 385 - 402
- [29] - Y. CAO and Y. NATUHARA, "Effects of urbanisation on vegetation in riparian Area : plant communities in artificial and semi-natural habitats". *Sustainability*, 12 (2020) 204, doi : 10.3390/su12010204
- [30] - E. KONDOH, M. B. BODJONA, E. AZIABLE, S. TCHEGUENI, K. A. ILI and G. TCHANBEDJI, "Etat des lieux de la gestion des déchets dans le grand Lomé". *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 13 (4) (2019) 2200 - 2209
- [31] - M. D. ZAAFAR, S. CHEKCHAKI and M. BENSLAMA, "Diagnostic simplifié d'une décharge sauvage (extrême nord-est de l'Algérie)". *Cairn.info/revue environnement, risques et santé*, 18 (2019) 49 - 59
- [32] - S. S. CHEN, I. A. KIMIREI, C. YU, Q. SHEN and Q. GAO, "Assessment of urban river water pollution with urbanization in East Africa". *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (2022) 40812 - 40825. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18082-1>
- [33] - K. BISHIKWABO, A. NYAWEZA, N. NYAKABWA, M. BUKINGA and Z. CIZA, "L'état de la zone tampon du lac Kivu dans la ville de Bukavu, RDC". *Annales des Sciences. UOB*, 1 (1) (2008) 109 - 113
- [34] - V. IAKOVOGLOU, G. N. ZAIMES, and D. GOUNARIDIS, "Riparian areas in urban settings : two case studies from Greece". *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 7 (2013) 271 - 288
- [35] - J. C. WALSH, A. H. ROY, J. W. FEMINELLA, P. D. COTTINGHAM, P. M. GROFFMAN and R. P. MORGAN II, "The urban stream syndrome : Current knowledge and the search for cure". *Journal of the North American Benthological Society*, 24 (3) 706 - 723, DOI:10.1899/0887-3593(2005)024