

UNIVERSITE DU BURUNDI



FACULTE DES SCIENCES

**FACTEURS PHYSIQUES ET ANTHROPIQUES CARACTERISTIQUES DE
L'ORGANISATION SPATIALE DES RIVES DES COURS D'EAU TRAVERSANT LA
VILLE DE BUJUMBURA. Cas des rivières Ntahangwa, Muha et Kanyosha**

Gilbert NDAGIJIMANA

MEMOIRE

**Présenté en vue d'obtenir le Diplôme de Master en Sciences et Gestion Intégrée de
l'Environnement**

Option : Génie de l'Environnement

Sous la direction de : André NDUWIMANA, PhD (Directeur)

Dr Ir Nestor NIYONZIMA (Co-directeur)

Bujumbura, Octobre 2020

DEDICACE

A Dieu Tout Puissant

A mes parents,

A mes frères et sœurs,

A tous mes amis et connaissances,

Je dédie ce Mémoire.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous tenons à adresser nos vifs et sincères remerciements à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à son accomplissement.

Nos vifs remerciements s'adressent premièrement au Dr NDUWIMANA André, promoteur et directeur de ce travail. Sa rigueur scientifique, sa compétence au travail, sa disponibilité, ses remarques pertinentes, ses conseils et son esprit de compréhension nous ont été d'une grande importance. Nos sentiments de reconnaissance vont ensuite à l'endroit du Dr Ir NIYONZIMA Nestor qui a assuré la co-direction de ce mémoire sans oublier le Dr NGIYE Erasme dont la contribution nous a été beaucoup bénéfique.

Nous remercions également le professeur NTAKIMAZI Gaspard, responsable de Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement; sa compétence et sa responsabilité nous ont été d'une importance capitale.

Nous adressons aussi nos sentiments de gratitude au centre de recherche en sciences des productions animales, végétales et Environnementales (CRAVE) qui nous a appuyés financièrement dans la collecte des données, leur soutien nous a été fortement utile.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury qui, malgré leurs nombreuses préoccupations, ont bien voulu lire ce mémoire et participer à son évaluation. Nos vifs remerciements s'adressent également à tous nos éducateurs qui nous ont formés d'une façon scientifique et humaine, depuis l'école primaire jusqu'à l'université du Burundi.

Nous ne pouvons pas oublier de remercier Mr MFISUMUKIZA Didier pour sa contribution si importante durant toute la période de nos études de Master.

Enfin, que quiconque qui, d'une manière ou d'une autre, aura contribué à la réalisation de ce mémoire, trouve ici nos sentiments de gratitude.

SIGLES ET ABBREVIATIONS

- RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat
- ISTEEBU : Institut de Statistiques et d'Etudes Economiques du Burundi
- CRAVE : Centre de Recherche en sciences des productions Animales, Végétales et Environnementales
- IGEBU : Institut géographique du Burundi

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation de la rivière Ntakangwa, Muha et Kanyosha dans la ville de Bujumbura..	7
Figure 2: Mesure de la Hauteur à la berge de la rivière Ntakangwa.....	11
Figure 3 : Illustration de la couverture herbeuse sur la rivière Ntakangwa (A) et de la Couverture arborée sur la rivière Muha (B)	12
Figure 4 : Illustration de Dépotoir sauvage sur la rivière Kanyosha (A), Dépotoir sauvage sur la rivière Ntakangwa (B) et Déversoir en caniveau sur la rivière Muha (C)	12
Figure 5: Illustration des maisons non en dur sur la rivière Ntakangwa (A), la maison en dur sur la rivière Muha (B) et la maison intermédiaire sur la rivière Kanyosha (C).....	13
Figure 6: Illustration des inondations et destruction des maisons sur la rivière Kanyosha (A), éboulement des berges sur la rivière Muha (B) et sur la rivière Kanyosha (C), maisons en danger de destruction sur la rivière Ntakangwa (D).....	14
Figure 7: Localisation des points échantillonnés sur la rivière Ntakangwa.....	15
Figure 8: Localisation des points échantillonnés sur la rivière Muha	16
Figure 9 : Localisation des points échantillonnés sur la rivière Kanyosha.....	17
Figure 10: Localisation des points échantillonnés sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha.....	18
Figure 11. Moyenne de la largeur sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha	20
Figure 12. Proportion de la texture du sol sur la rivière Ntakangwa	21
Figure 13. Proportion de la texture du sol sur la rivière Muha	21
Figure 14. Proportion de la texture du sol sur la rivière Kanyosha	22
Figure 15. Type de couverture du sol sur la rivière Ntakangwa.....	22
Figure 16. Proportion des types de la couverture du sol sur la rivière Ntakangwa	23
Figure 17. Niveau de couverture sur la rivière Muha	23
Figure 18. Proportion des types de la couverture du sol sur la rivière Muha	24
Figure 19. Types de la couverture du sol sur la rivière Kanyosha.....	24
Figure 20. Proportion des types de la couverture du sol sur la rivière Kanyosha.....	25
Figure 21 : Nombre total d'égouts et de déversoirs sur les rives gauche et droites des rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha	26
Figure 22 : Nombre de dépotoirs sauvages sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha selon les 2 rives.....	27

Figure 23. Pourcentage de chaque type de maison à la rive gauche de la rivière Ntakangwa ...	28
Figure 24. Pourcentage de chaque type de maison se trouvant à la rive droite de la rivière Ntakangwa	29
Figure 25. Période de construction des maisons par rapport à 2012 pour chaque zone de la rive gauche à la rivière Ntakangwa	29
Figure 26. Période de construction des maisons pour chaque zone de la rive droite de la rivière Ntakangwa	30
Figure 27. Pourcentage de chaque type de maison à la rive gauche de la rivière Muha	31
Figure 28. Pourcentage de chaque type de maison à la rive droite de la rivière Muha	31
Figure 29. Période de construction des maisons pour chaque zone de la rive gauche de la rivière Muha	32
Figure 30. Période de construction des maisons pour chaque zone de la rive droite de la rivière Muha	32
Figure 31. Pourcentage de chaque type de maison sur la rive Gauche de la rivière Kanyosha....	33
Figure 32. Pourcentage de chaque type de maison sur la rive droite de la rivière Kanyosha.....	34
Figure 33. Période de construction des maisons pour chaque zone de la rive Gauche sur la rivière Muha	34
Figure 34. Période de construction des maisons pour chaque zone de la rive droite sur la rivière Kanyosha.....	35
Figure 35 : Retrecissement de la largeur en amont de la rivière Muha	37
Figure 36. Diagramme de Gumbel.....	44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Moyenne de la hauteur sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha	19
Tableau 2. Moyenne de la hauteur/Largeur sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha	20
Tableau 3. Degré de significativité de la moyenne de la couverture du sol.....	25
Tableau 4. Densité d'égouts et déversoirs	26
Tableau 5. Densité de dépotoirs sauvage	27
Tableau 6. Densité de maison sur la rivière Ntakangwa.....	28
Tableau 7. Densité de maison sur la rivière Muha.....	30
Tableau 8. Densité de maison sur la rivière Kanyosha.....	33
Tableau 9. Les dégâts et menaces sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha	35
Tableau 10: Les grands débits journaliers par mois et par an depuis 2013 à 2019 sur la Rivière Ntakangwa.....	43

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Caractéristiques hydromorphologiques de la Rivières NTAHANGWA	52
Annexe 2: Caractéristiques hydromorphologiques de la Rivières MUHA.....	53
Annexe 3: Caractéristiques hydromorphologiques de la Rivières KANYOSHA	54
Annexe 4: Caractéristiques Végétatifs sur la Rivière NTAHANGWA.....	55
Annexe 5: Caractéristiques végétatifs de la Rivières MUHA	56
Annexe 6: Caractéristiques Végétatifs sur la Rivière KANYOSHA.....	57
Annexe 7: Caractéristiques des structures anthropiques de la Rivières NTAHANGWA	58
Annexe 8: Caractéristiques des structures anthropiques de la Rivières MUHA	59
Annexe 9: Caractéristiques des structures anthropiques de la Rivières KANYOSHA	60
Annexe 10: Nature du bâti autour de la Rivière NTAHANGWA	61
Annexe 11: Nature du bâti autour de la Rivière MUHA	62
Annexe 12: Nature du bâti autour de la Rivière KANYOSHA	63

RESUME

Depuis les années 1970, les questions de l'environnement sont une préoccupation majeure des populations tant dans les pays industrialisés que dans les pays en développement. Dans la ville de Bujumbura, la population est en pleine croissance et cette croissance se répercute négativement sur l'environnement urbain et périurbain de façon générale et sur les rivières traversant la ville de Bujumbura en particulier. Le présent travail de fin d'études de Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement apporte sa contribution en essayant de mettre en évidence des facteurs de contrôle de l'organisation spatiale des berges de trois cours d'eau traversant la ville de Bujumbura, à savoir la rivière Ntakangwa, Muha et Kanyosha. Nous allons vérifier si la zone tampon de 25 m de largeur autour des rivières traversant la ville de Bujumbura est respectée; ou est facile à mettre en œuvre.

Notre étude vise généralement à contribuer dans l'aménagement de la ville de Bujumbura en améliorant les connaissances sur les principaux facteurs d'évolution des trois rivières (Ntakangwa, Kanyosha et Muha) traversant la ville de Bujumbura et de façon spécifique de quantifier les principaux patrons de la dynamique de leurs berges tout en mettant en relation les dégradations localisées et les contrastes paysagers pour voir s'il y a des relations de cause à effets.

Nous avons procédé à une collecte des données tout en mesurant la largeur du lit et la hauteur des berges, nous avons aussi compté les maisons en dur, intermédiaires et non en dur; nous nous sommes informés sur leur période de construction (avant ou après 2012); nous avons aussi compté le nombre de dépotoirs sauvages, égouts et de déversoirs de caniveaux. Par des observations directes nous avons estimé la couverture du sol (pourcentage de végétation arborée ou herbacée, de sol nu et bâti) et enfin nous avons pris des coordonnées GPS afin de faciliter la localisation des points échantillonnés.

D'après les résultats de notre étude, dans les zones tampons des trois rivières, l'occupation du sol est de 44% de la couverture végétale, puis 26% du sol bâti, 20% de la couverture arborée et enfin 10 % du sol nu. Concernant le bâti, sur la Ntakangwa, nous avons compté 94 maisons qui ont été construites avant 2012 et 85 maisons qui ont été construites après 2012, quant à la rivière Muha nous avons compté 29 maisons construites avant 2012 et 34 maisons construites après 2012 et sur la rivière Kanyosha nous avons trouvé 85 maisons construites avant 2012 et 113 maisons construites après 2012. Etant donné que tous ces maisons sont construites dans la zone tampon de 25m de part et d'autres des rivières faisant objet de notre étude, nous réalisons que cette zone n'est pas respectée.

Mots clés: Bujumbura; zone tampon ; rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha ; Couverture du sol, érosion, Nature du bâti.

ABSTRACT

Since the 1970s, environmental issues have been a major concern of populations in both industrialized and developing countries. In the city of Bujumbura, the population is growing and this growth has a negative impact on the urban and peri-urban environment in general and on the rivers flowing through the city of Bujumbura in particular. The present work of the end of studies of the Master in Sciences and Integrated Management of the Environment brings its contribution by trying to highlight the factors controlling the spatial organization of the banks of three rivers crossing the city of Bujumbura. , namely the Ntahangwa, Muha and Kanyosha river. We are going to check whether the 25 m wide buffer zone around the rivers crossing the city of Bujumbura is respected; or is easy to implement.

Our study generally aims to contribute to the development of the city of Bujumbura by improving knowledge on the main factors of evolution of the three rivers (Ntahangwa, Kanyosha and Muha) crossing the city of Bujumbura and in a specific way to quantify the main patterns of the dynamics of their banks while relating the localized degradations and the landscape contrasts to see if there are cause and effect relationships.

We collected data while measuring the width of the bed and the height of the banks, we also counted the solid, intermediate and non-solid houses; we inquired about their construction period (before or after 2012); we also counted the number of wild dumps, sewers and gutter weirs. By direct observations we estimated the ground cover (percentage of wooded or herbaceous vegetation, bare and built-up soil) and finally we took GPS coordinates in order to facilitate the location of the sampled points.

According to the results of our study, in the buffer zones of the three rivers, the land use is 44% of the plant cover, then 26% of the built-up soil, 20% of the tree cover and finally 10% of the soil naked. Regarding the building, on the Ntahangwa, we counted 94 houses that were built before 2012 and 85 houses that were built after 2012, as for the Muha river we counted 29 houses built before 2012 and 34 houses built after 2012 and on the Kanyosha River we found 85 houses built before 2012 and 113 houses built after 2012. Since all of these houses are built in the 25m buffer zone on either side of the rivers that are the subject of our study, we realize that this zone is not respected.

Keywords: Bujumbura; buffer ; Ntahangwa, Muha and Kanyosha rivers; Ground cover, erosion, Nature of the building.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	i
REMERCIEMENTS.....	ii
SIGLES ET ABBREVIATIONS.....	iii
LISTE DES FIGURES	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
RESUME	vii
ABSTRACT.....	viii
TABLE DES MATIERES	ix
CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE	1
I.1. Contexte et justification du sujet	1
I.2. Problématique.....	2
I.3. Hypothèses.....	3
I.4. Objectifs.....	3
I.5. Organisation du mémoire	3
CHAPITRE II. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE.....	4
II.1. Description du Burundi	4
II.2. Description de la ville de Bujumbura.....	4
II.2.1. Historique.....	4
II.2.2. Description géographique de la ville de Bujumbura.....	5
II.2.3. Démographie	5
II.2.4. Relief	5
II.2.5. Climat.....	6
II.3. Délimitation spatiale de notre zone d'étude.....	6
II.4. Description de la rivière Ntahangwa et de son bassin versant	7
II.5. Description de la rivière Muha et de son bassin versant.....	8
II.6. Description de la rivière Kanyosha et son bassin versant	9
CHAPITRE III. MATERIEL ET METHODE	10
III.1. Matériel et équipement	10
III.2. Méthodologie	10

III.2.1. Collecte de données	10
III.2.2. Le traitement et analyse des données.....	14
CHAPITRE IV. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS	15
IV.1. Présentation des résultats.....	15
IV.1.1. Caractéristiques hydromorphologiques des rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha	19
IV.1.1.1. La hauteur	19
IV.1.1.2. La largeur.....	19
IV.1.1.3. Proportion de la texture du sol sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha.....	21
IV.1.1.3.1. Texture du sol sur la rivière Ntakangwa.....	21
IV.1.1.3.2. Texture du sol sur la rivière Muha.....	21
IV.1.1.3.3. Texture du sol sur la rivière Kanyosha.....	22
IV.1.2. Les caractéristiques végétatifs sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha	22
IV.1.2.1. Couverture du sol sur la rivière Ntakangwa	22
IV.1.2.2. Couverture du sol sur la rivière Muha	23
IV.1.2.3. Pourcentage de la couverture du sol sur la rivière Kanyosha	24
IV.1.2.4. Test de significativité des différences entre les types de couverture du sol	25
IV.1.3. Caractéristiques des structures anthropiques sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha.....	26
IV.1.3.1. Densité d'égouts et déversoirs sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha	26
IV.1.3.2. Densité de dépotoirs sauvages	26
IV.1.4. Nature du Bâti autour des rivières	28
IV.1.4.1. Nature du Bâti autour de la rivière Ntakangwa	28
IV.1.4.2. Nature du Bâti autour de la rivière Muha	30
IV.1.4.3. Nature du Bâti autour de la rivière Kanyosha	33
IV.1.5. Menaces et dégâts	35
IV.2. Discussion des résultats	36
IV.2.1. Caractéristiques hydromorphologiques	36
IV.2.2. Les caractéristiques de la couverture du sol	37
IV.2.3. Caractéristiques des structures anthropiques	38
IV.2.4. Nature du bâti	39
IV.2.5. Prédétermination des crues de la rivière Ntakangwa.....	42

IV.2.5.1. Prédétermination des crues de la rivière Ntakangwa selon la Méthode de GUMBEL .	43
IV.2.5.2. Prédétermination des crues de la rivière Ntakangwa selon la méthode des MOMENTS	44
IV.2.5.3. Prédétermination des crues de la rivière Ntakangwa selon la méthode de PEARSON III.....	45
CHAPITRE V. CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATION.....	46
1. Conclusion générale.....	46
2. Recommandations.....	47
REFERENCES BIBLIGRAPHIQUES.....	48
ANNEXES	51

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

I.1. Contexte et justification du sujet

Depuis les années 1970, les questions de l'environnement sont une préoccupation majeure des populations tant dans les pays industrialisés que dans les pays en développement. Ainsi, les scientifiques en ont fait un domaine prioritaire d'études pour tenter de comprendre les processus et les phénomènes tant au niveau global qu'au niveau local alors que les responsables politiques, les administrations et les acteurs privés recherchent les solutions aux problèmes que rencontrent les populations au quotidien. Il s'est ainsi créé de nombreux métiers dans le domaine de l'environnement, plus exactement dans la gestion de l'espace, des ressources naturelles et des pollutions. Et ces métiers vont des praticiens de terrain aux experts de haut niveau sur le plan local et/ou planétaire (Boy, 2009).

L'Université du Burundi s'est ainsi donnée comme objectif de participer à l'effort pour la gestion de l'environnement au niveau national et régional, en formant les cadres de haut niveau en génie de l'environnement qui interviendront dans la gestion intégrée de l'environnement. (<http://www.ub.edu.bi/wp-content/uploads/2017/09/Masterrgionalfinal.pdf>)

Dans la ville de Bujumbura, la population est en pleine croissance et cette croissance se répercute négativement sur l'environnement urbain et périurbain de façon générale et sur les rivières traversant la ville de Bujumbura en particulier.

Ces derniers temps, la ville de Bujumbura a été secouée par des catastrophes, le plus souvent dues à des débordements, des glissements et inondations qui surviennent le long des cours d'eaux qui la traversent. Souvent on se pose la question de savoir si les mesures prises sont appropriées ou si elles sont respectées.

Les études détaillées sur l'organisation spatiale des berges des rivières traversant la ville de Bujumbura et d'autres pouvant aider à répondre à cette interrogation restent rares.

Le présent travail de fin d'études de Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement apporte sa contribution en essayant de mettre en évidence des facteurs physiques et anthropiques caractéristiques de l'organisation spatiale des berges de trois cours d'eau traversant la ville de Bujumbura.

Nous pensons que l'état des berges est un indicateur des phénomènes qui affectent le cours d'eau et de l'efficacité des mesures prises pour leur stabilité.

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 tampon de 25 m.

On a l'impression que cette loi n'est pas respectée du moins pour les rivières Ntahangwa, Muha et Kanyosha.

Ndihokubwayo (2019) fait le même constat et déplore le fait que le non-respect de la réglementation conduit à des catastrophes.

Il ressortira de ce travail entre autres l'état de lieu de la mise en œuvre de cette loi et des conclusions qui permettront de dégager des recommandations pour une meilleure gestion intégrée de l'environnement urbain.

I.2. Problématique

La ville de Bujumbura vit ces derniers temps des catastrophes liées à des phénomènes affectant le lac et rivières qui la traversent.

Les principales menaces se présentent sous différentes forme d'érosion, les débordements et inondations pouvant causer des dégâts matériels et humains énormes.

Les précipitations agressives, la pente et la longueur de pente, l'érodibilité des sols, le couvert végétal, les pratiques culturelles et l'imperméabilisation des sols étant les principaux facteurs qui contrôlent l'érosion hydrique (Sadiki et al., 2009 ; Melun, 2012). On se doit d'identifier les principaux facteurs qui gouvernent l'évolution de ces cours d'eau en mairie de Bujumbura et d'éclairer le décideur pour qu'il prenne des mesures appropriées et les fasse respecter.

On sait que l'extension d'une ville se planifie et que la planification doit intégrer le milieu urbain, le milieu péri-urbain, le milieu bâti et les zones non bâties.

Si aujourd'hui on assiste à une intensification des catastrophes comme éboulements des berges des rivières traversant la ville de Bujumbura, érosion de leurs lits et leurs berges conduisant à des destructions d'ouvrages d'intérêt public (routes, ponts, écoles,...), des maisons et des parcelles, on se doit de vérifier si la réglementation est suffisante ou si on ne doit pas la refaire à la lumière de nouvelles données acquises, si elle est respectée.

Des hypothèses à vérifier nous aideront à répondre à cette interrogation (problématique).

I.3. Hypothèses

Hypothèse 1: La zone tampon de 25 m de largeur autour des rivières traversant la ville de Bujumbura ne serait pas respectée; ou serait difficile à mettre en œuvre.

Hypothèse 2: Il y aurait des facteurs plus importants que d'autres dans l'organisation spatiale des rivières traversant la ville de Bujumbura. La prise en compte de ces facteurs pourrait servir à l'orientation des aménagements et contribuer à l'élaboration de beaux textes législatifs.

I.4. Objectifs

L'objectif du présent travail est de contribuer à l'aménagement de la ville de Bujumbura en améliorant les connaissances sur les principaux facteurs d'évolution des rivières traversant la ville de Bujumbura.

De façon spécifique, l'objectif est de quantifier les principaux patrons de la dynamique des berges des trois rivières (Ntahangwa, Muha et Kanyosha) qui traversent la ville de Bujumbura en mettant en relation les dégradations localisées et les contrastes paysagers pour voir s'il y a des relations de cause à effets.

I.5. Organisation du mémoire

Le présent travail se subdivise en 5 chapitres:

- ❖ Le premier chapitre concerne l'introduction générale;
- ❖ Le second chapitre est consacré à la description de la zone d'étude;
- ❖ Le troisième chapitre est consacré à la description du matériel et de la méthodologie utilisé;
- ❖ Le quatrième chapitre est dédié à la présentation et la discussion des résultats;
- ❖ Et enfin le cinquième chapitre concernent la conclusion et les recommandations.

CHAPITRE II. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1. Description du Burundi

Le Burundi est un pays de l'hémisphère Sud, situé entre 28°58' et 30°53' de longitude Est et entre 2° 15' et 4°30' de latitude Sud, dans la région des Grands Lacs africains. Aux confins de l'Afrique orientale et de l'Afrique centrale, il est délimité par le Rwanda au Nord, la République Démocratique du Congo (R.D.C.) à l'Ouest et la République Unie de Tanzanie au Sud et à l'Est. Au cœur de l'Afrique sur la rive Nord-est du lac Tanganyika, le Burundi est un pays enclavé et de petite taille, avec une superficie de 27.834 km² dont 2.000 km² environ sont occupés par la partie burundaise du lac Tanganyika et seulement 23.500 km² sont des terres potentiellement agricoles, soit environ 84,5 % de terres cultivables. Il se trouve à vol d'oiseau à environ 1.100 km de l'océan Indien et à plus de 2.100 km de l'océan Atlantique, et n'a pas de façade maritime. Cet enclavement constitue une véritable contrainte dans les échanges avec l'extérieur (Minani, 2014).

D'après le recensement général de la population de 2008, la population totale du Burundi est de 8 038 618 personnes, il a une densité démographique de 280 habitants au Km² pour un accroissement annuel de l'ordre d'environ 2,96% (Muhirwa, 2011).

II.2. Description de la ville de Bujumbura

II.2.1. Historique

L'histoire de la ville de Bujumbura remonte des années 1871 avec l'exploration du site par David Livingston et Sir Henri Morton Stanley. Sa délimitation ne commencera que 6 ans plus tard et dès lors l'extension de la ville n'a cessé de s'amplifier du jour au lendemain passant de 0,3 km² à 37 km² depuis 1907 jusqu'en 1983 tandis de 1983 à 2018, sa superficie a presque triplé passant de 37 km² à 115 km² (Ndikubwayo, 2019).

II.2.2. Description géographique de la ville de Bujumbura

La ville de Bujumbura est située au Nord-est du lac Tanganyika sur une plaine riveraine de celui-ci. Elle se situe entre 29°17'16" et 29°25'32" de longitude Est et 3°18'17" et 3°29'07" de latitude Sud.

Bujumbura, capitale économique du Burundi est situé à 1200 km de l'Océan Indien, à 2200 km de l'Océan Atlantique, à 3800 km de la mer Méditerranée et à 3500 km du Cap (Afrique du Sud) (Gahiro, 2011).

II.2.3. Démographie

D'après le plus récent recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) d'août 2008, la population de la Mairie de Bujumbura était de 497 166 habitants. La rivière Ntakangwa traverse les zones Buyenzi (47363 habitants), Bwiza-Jabe (37688 habitants), Ngagara-Kigobe (30296 habitants), Gihosha (39503 habitants) ; la rivière Muha traverse les zones Kinindo (21920 habitants), Rohero (17481 habitants) et Musaga (43735 habitants) et la rivière Kanyosha séparent les zones Kinindo, Musaga et Kanyosha (59181 habitants). Selon la même source, de 1979 à 2008, le taux d'accroissement annuel moyen de la population est resté presque constant, passant de 2,5 % entre 1979 et 1990 à 2,4% (ISTEEBU, 2008).

II.2.4. Relief

Le relief du Burundi lui confère 5 zones agro-écologiques:

- ✓ la plaine occidentale correspondant à la région naturelle de l'Imbo et occupe 7% de la superficie terrestre du pays, l'altitude est comprise entre 760 m et 1000 m;
- ✓ l'escarpement occidental du Mimirwa qui couvre 10% de la superficie du pays, l'altitude est comprise entre 1000m et 1700m;
- ✓ la crête Congo-Nil qui comprend les régions naturelles du Mugamba et du Bututsi avec environ 15% de la superficie du pays, l'altitude est comprise entre 1800 et 2400m;
- ✓ les plateaux centraux englobant les régions naturelles de Buyenzi, Kirimiro, Buyogoma et Bweru et représentant 52 % de la superficie du territoire national, l'altitude est comprise entre 1500 et 1850m;

- ✓ les dépressions de Kumoso et de Bugesera qui occupent environ 16% de la superficie du pays et dont l'altitude est comprise entre 1350 à 1500m Hörchner (1981).

Nous avons réalisé notre étude sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha traversant la ville de Bujumbura qui se trouve dans la région naturelle de l'Imbo dont l'altitude est comprise entre 760 m et 1000 m. La pente est faible avec la moyenne de 12% (Nzigidahera, 2012).

L'altitude de la ville de Bujumbura est comprise entre 774 et 1000 m ce qui lui confère un niveau relativement bas par rapport à celui de l'ensemble du pays (Gaston, 2015).

II.2.5. Climat

La partie faisant objet de notre zone d'étude se trouve dans la plaine de l'Imbo avec un climat tropical chaud ayant des températures moyennes supérieures à 23°C, les précipitations annuelles moyennes sont faibles allant de 800 à 1000 mm et une saison sèche de cinq à six mois. Dans la plaine de l'Imbo, on observe des moyennes les plus élevées par rapport aux autres zones agroécologiques (Bisore, 2006).

II.3. Délimitation spatiale de notre zone d'étude

Notre travail a été réalisé le long des rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha et plus précisément dans leurs zones tampon (25m de part et d'autre de ces rivières. Cette zone d'étude commence depuis les exutoires de ces trois rivières avec le lac Tanganyika jusqu'à la sortie de la ville de Bujumbura. Ces trois rivières ont été prises comme référence dans la délimitation des 3 communes de la Mairie de Bujumbura, à savoir la commune Ntakangwa limitée au sud par la rivière Ntakangwa; la commune Mukaza comprise entre la rivière Ntakangwa et Muha, et enfin la commune Muha limitée au Nord par la rivière Muha. La figure 1 nous montre la localisation des 3 rivières dans la Mairie de Bujumbura.

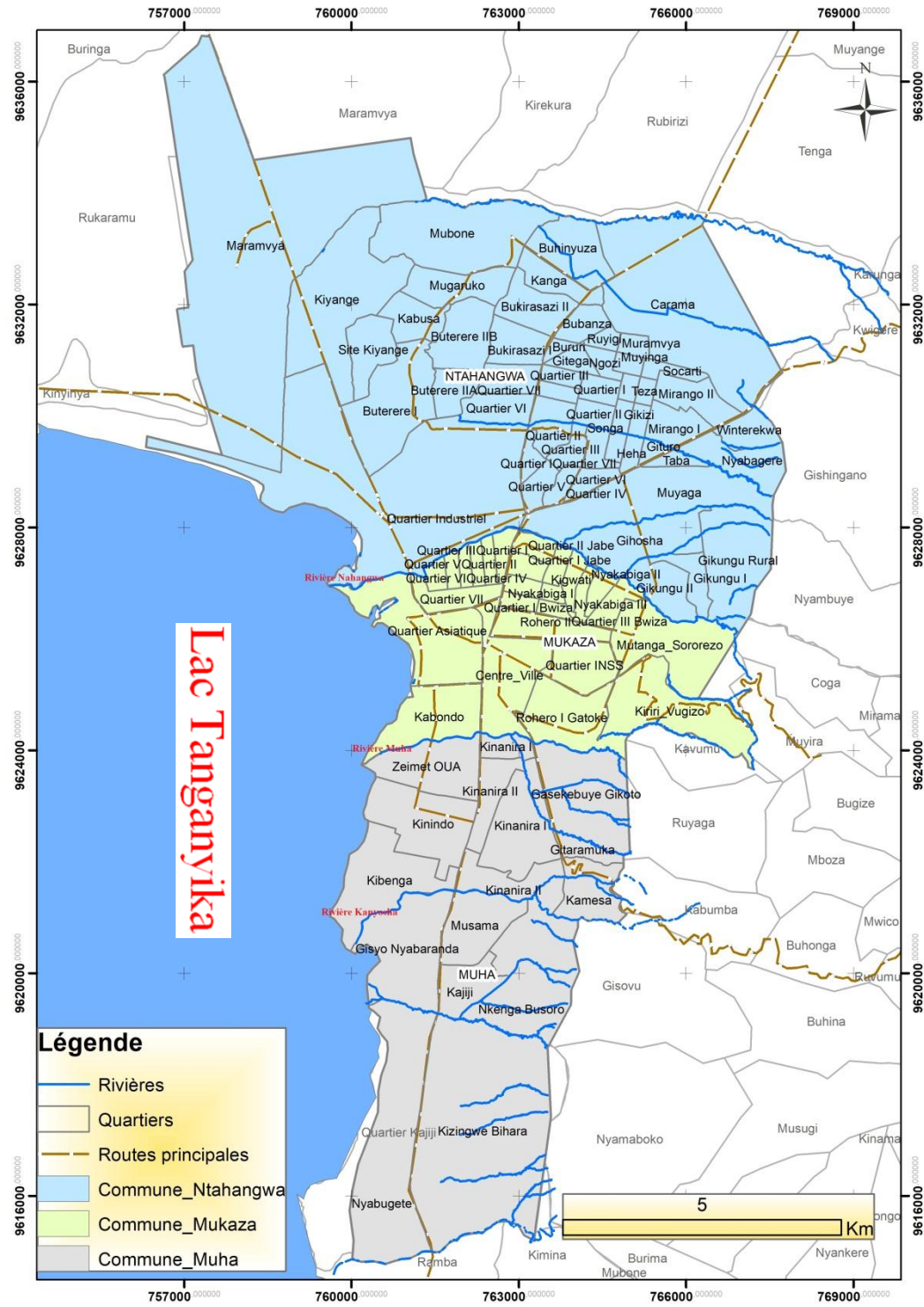


Figure 1: Localisation de la rivière Ntakangwa, Muha et Kanyosha dans la ville de Bujumbura

II.4. Description de la rivière Ntakangwa et de son bassin versant

La rivière Ntakangwa à une longueur de 23 km et prend sa source dans les hautes montagnes surplombant la ville de Bujumbura à une altitude de 2300 m. Elle se localise dans une zone du rift africain où se succèdent les failles d'effondrement depuis le sommet (host) jusqu'au fossé (grabben). Elle fait partie des rivières qui traversent la ville de Bujumbura avant de se jeter dans le lac Tanganyika. Notons que pendant les fortes précipitations, la rivière Ntakangwa subit une érosion sans cesse croissante jusqu'au niveau du lac Tanganyika et cette érosion est suivie d'un transport d'une charge matérielle importante arrachée et causant des inondations de grande ampleur. La pente va en diminuant de la région de Mirwa vers le lac Tanganyika et par conséquent, la force de charriage diminue et les matériaux transportés (Bizimana, 2017).

A cause du phénomène de l'érosion et le transport des matériaux solides, la trace du lit de la Ntakangwa subit des modifications permanentes et la section d'écoulement s'en trouve réduite, d'où les inondations dans la zone basse pendant les moments des crues. Une grande partie de ces matériaux se décantent dans le cours inférieur de la rivière et conduit en ces endroits aux rehaussements du fond (Bizimana, 2017).

II.5. Description de la rivière Muha et de son bassin versant

La rivière Muha prend sa source dans les montagnes surplombant la ville de Bujumbura à environ 1800m d'altitude. De nombreux petits ruisseaux saisonniers, souvent secs durant la saison sèche, alimentent la rivière Muha tout au long de son parcours vers le grand exutoire qu'est le Lac Tanganyika (Pruvot, 1974).

La rivière Muha a deux principaux affluents dont Gasenyi et Mpimba. L'affluent Gasenyi, venant du nord est constitué par deux petits ruisseaux qui coulent dans des lits stables et rocheux. Ces petits ruisseaux continuent ensemble, après leur confluence, jusqu'à une chute d'une hauteur d'environ 6m. Après la chute, l'affluent Nord arrive dans une zone de composition sablo-latéritique et sur toute la longueur, jusqu'au confluent avec Muha. Le lit suffisamment encastré dans le terrain, avec des parois souvent verticales sur des hauteurs d'environ 6 à 8m. L'affluent Mpimba, venant du sud, creuse son lit de la même façon comme l'affluent Nord quoique la profondeur du lit se situe autour de 4m.

Le cours de la rivière Muha proprement dit se présente dans la partie supérieure comme un ruisseau assez instable dans un lit herbeux et c'est vers le confluent avec l'affluent du nord qu'elle continue à creuser son lit très profondément dans le terrain. Le lit reste cependant assez large et la rivière s'écoule faisant des méandres pendant les faibles débits, ou remplissant toute la largeur pendant les crues.

Signalons que de l'amont en aval, les rives de la rivière Muha subissent une érosion permanente. Cette dernière cause plusieurs impacts comme l'éboulement des berges, les glissements de terrain sans oublier la destruction des différentes infrastructures riveraines.

II.6. Description de la rivière Kanyosha et son bassin versant

La rivière Kanyosha prend naissance dans les contreforts des Mirwa fortement déboisés et traverse la partie sud de la ville de Bujumbura. Elle charrie beaucoup de sédiments arrachés des contreforts montagneux et cela avec un accent particulier pendant la saison des pluies. Cependant, une bonne partie de ce qu'elle transporte sédimente dans le cours inférieur et plus précisément aux environs des deux derniers kilomètres avant de se jeter dans le lac Tanganyika.

Le bassin versant de la rivière Kanyosha prolonge au sud les bassins versants des rivières Ntahangwa et Muha, il limite le Nord du bassin versant de la rivière Mugere. Entre l'endroit où elle quitte la chaîne des montagnes et celui où elle croise la RN3 et respectivement son embouchure dans le lac Tanganyika, elle parcourt la plaine en formant des méandres très serrés, détachant des blocs sur ses deux rives très escarpés par le phénomène d'érosion qui se remarque sur tout son parcours de l'amont en aval.

Au débit naturel de la rivière Kanyosha, il s'ajoute, un fort débit dû au transport des matériaux érodés du lit de la rivière ou des roches jusque dans la cours inférieure. Des dépôts réduisent les sections utiles du cours, ce qui est à l'origine des inondations mettant en danger des maisons et cultures se trouvant dans la zone tampon de la rivière Kanyosha et même au-delà. (Nduwimana, 2001)

CHAPITRE III. MATERIEL ET METHODE

III.1. Matériel et équipement

La présente étude a nécessité un nombre de dispositifs pour le travail de terrain afin de collecter les données:

Bottes de caoutchouc - Crayons, calepin, appareil photo, clinomètre décamètre pour mesurer la hauteur des berges et la largeur des lits, GPS type Garmin pour la prise des coordonnées

III.2. Méthodologie

La méthodologie de ce travail comprend l'étape de collecte de données, le traitement et l'analyse des données.

III.2.1. Collecte de données

La collecte des données a procédé :

- ✓ Par délimitation des stations de mesure : Chaque rive de la rivière a été subdivisée en tronçon de 300 m depuis l'embouchure en remontant vers l'amont à la sortie de la ville. Les observations ont été notées sur les 2 rives.
- ✓ Par mesure et comptage pour les données quantitatives : on a mesuré la largeur du lit (en bas et en haut des berges), la hauteur des berges et on a compté les maisons construites avec des identifications concernant la nature des matériaux (en dur ou en terres battue), la date de construction (avant ou après 2012). Le nombre de décharges publics et égouts, le nombre de déversoirs de caniveaux ont été dénombrés pour chaque station.
- ✓ Par observations directes: on a estimé la couverture du sol (pourcentage de végétation arborée ou herbacée, de sol nu et bâti), la granulométrie, les dégâts et menaces aux rives et leur ampleur (érosion de berges, inondations, glissement de terrains ou de maison, etc.)
- ✓ Par la prise de coordonnées : Les coordonnées GPS des points médians de chaque station ont été saisies pour permettre une représentation cartographique des données.

Concrètement, les paramètres considérés pour la collecte de données sont :

1° Les caractéristiques hydro-morphologiques

Concernant l'inventaire des caractéristiques hydro-morphologiques nous avons mesuré la hauteur des berges en trois points différents du tronçon en cours. Puis après cela, nous avons mesuré la longueur du lit majeur et celle du lit mineur dans le sens de la largeur de la rivière pour chaque tronçon et enfin nous avons observé la structure du sol pour chaque tronçon.



Figure 2: Mesure de la Hauteur à la berge de la rivière Ntakangwa

2° Caractéristiques en rapport avec la végétalisation des berges (% par rapport à la distance de 25 m)

Dans la zone tampon de chaque tronçon, nous avons estimé le pourcentage du couvert arboré, du couvert herbeux, du sol nu et du sol bâti pour chaque tronçon.



Figure 3 : Illustration de la couverture herbeuse sur la rivière Ntakangwa (A) et de la Couverture arborée sur la rivière Muha (B)

3° Implantation des structures anthropiques

Restant dans la zone tampon, nous avons compté le nombre de déversoirs de caniveaux, des égouts et des dépotoirs sauvages se trouvant dans chaque tronçon.



Figure 4 : Illustration de Dépotoir sauvage sur la rivière Kanyosha (A), Dépotoir sauvage sur la rivière Ntakangwa (B) et Déversoir en caniveau sur la rivière Muha (C)

Dans le but de bien identifier la nature du bâti se trouvant dans chaque tronçon, nous avons procédé au comptage des maisons en dur, les maisons intermédiaires et les maisons non en dur. Les maisons en dur se caractérisent le plus souvent par des fondations en béton, les maisons intermédiaires sont construites par des matériaux moyens tandis que les maisons non en dur sont construites avec des matériaux non en dur par exemple des briques en terre non cuites, des bois,... Pour toutes ces maisons nous avons aussi fait une enquête pour savoir si les différentes constructions ont été construites avant ou après 2012.



Figure 5: Illustration des maisons non en dur sur la rivière Ntakangwa (A), la maison en dur sur la rivière Muha (B) et la maison intermédiaire sur la rivière Kanyosha (C)

Pas mal de dégâts sont souvent observés sur les rives des rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha

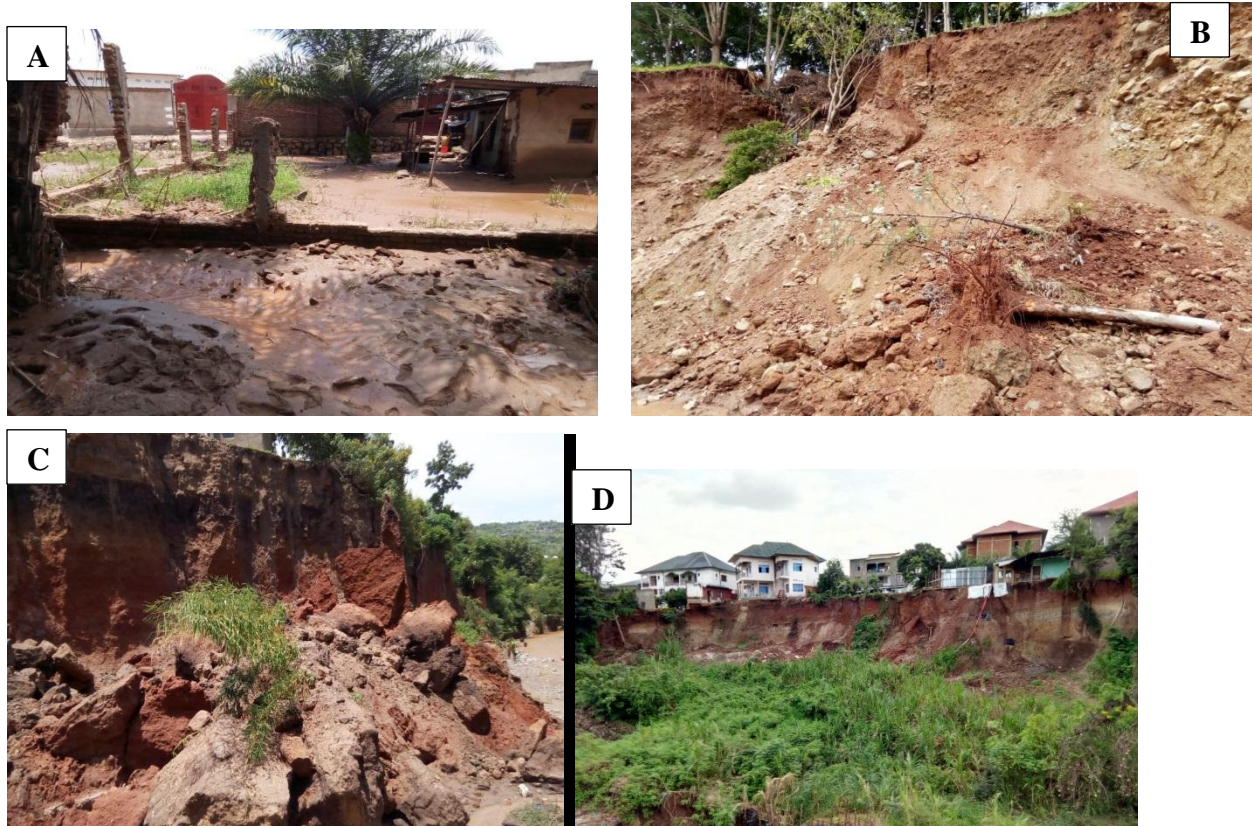


Figure 6: Illustration des inondations et destruction des maisons sur la rivière Kanyosha (A), éboulement des berges sur la rivière Muha (B) et sur la rivière Kanyosha (C), maisons en danger de destruction sur la rivière Ntakangwa (D)

6° Localisation de la zone d'étude

Pour passer à la localisation de notre zone de recherche, nous nous sommes servis du GPS pour enregistrer systématiquement les coordonnées géographiques (Latitude et Longitude) du point de départ pour chaque tronçon et d'au moins un coude se trouvant au niveau du tronçon

III.2.2. Le traitement et analyse des données.

Les données collectées ont été saisies avec le logiciel Excel et des graphiques ont été tracés pour permettre l'interprétation des phénomènes. Le logiciel Arc GIS a été utilisé pour la représentation cartographique des points échantillonnés.

CHAPITRE IV. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

IV.1. Présentation des résultats

Pour une bonne analyse des données, nous les avons organisées en trois unités selon qu'on est en périphérie-amont (Nt-P_Am : Ntakangwa Périphérie en Amont; Mu-P_Am : Muha Périphérie en Amont; Kan-P_Am : Kanyosha Périphérie en Amont), en centre urbain (Nt-C_Ur: Ntakangwa Centre Urbain; Mu-C_Ur : Muha Centre Urbain; Kan-C_Ur: Kanyosha Centre Urbain) ou en périphérie-aval (Nt-P_Av : Ntakangwa Périphérie Aval; Mu-P_Av : Muha Périphérie Aval; Kan-P_Av : Kanyosha Périphérie Aval) pour chacune des trois rivières faisant objet de notre étude.

La figure 7 nous montre la localisation des différents points de départ pour chaque tronçon et au moins un des coudes se trouvant dans chaque tronçon sur la rivière Ntakangwa.

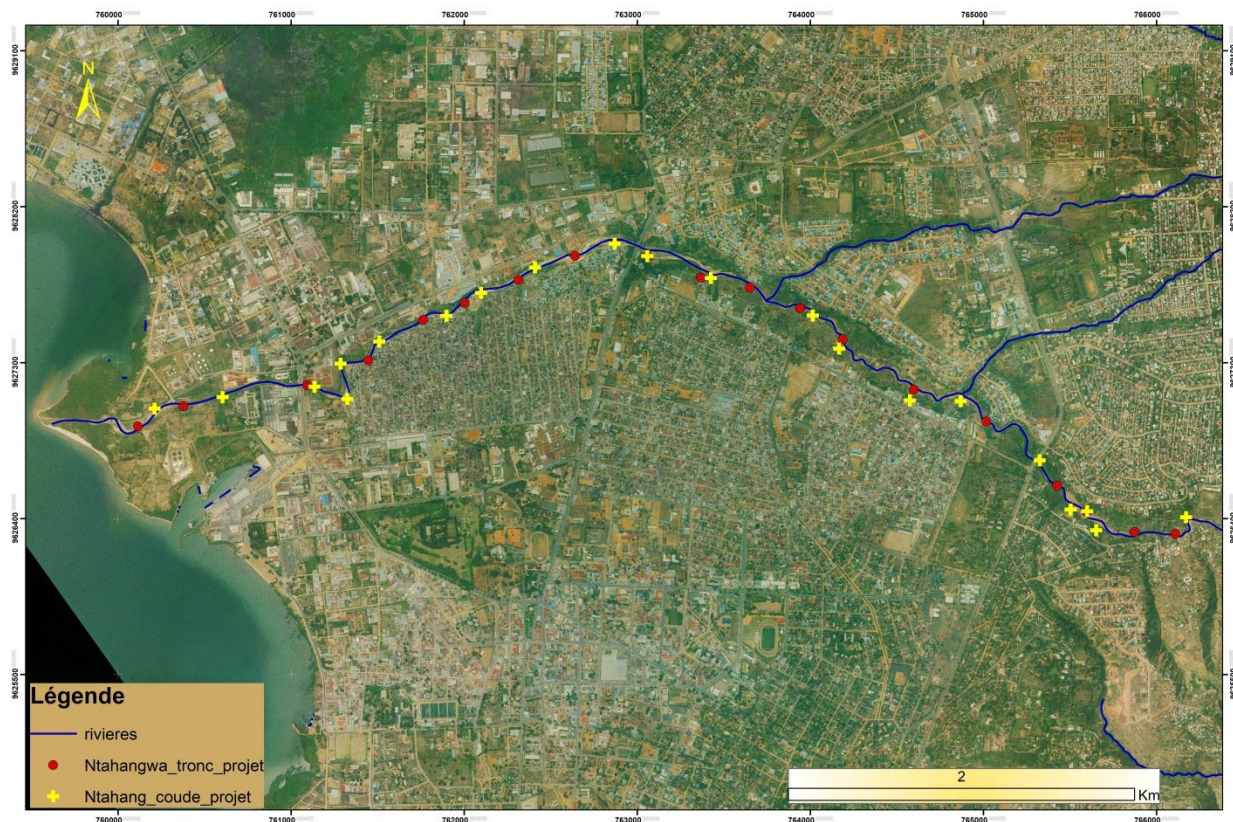


Figure 7: Localisation des points échantillonnés sur la rivière Ntakangwa

La figure 8 nous montre la localisation des différents points de départ pour chaque tronçon et au moins un des coudes se trouvant dans chaque tronçon sur la rivière Muha.

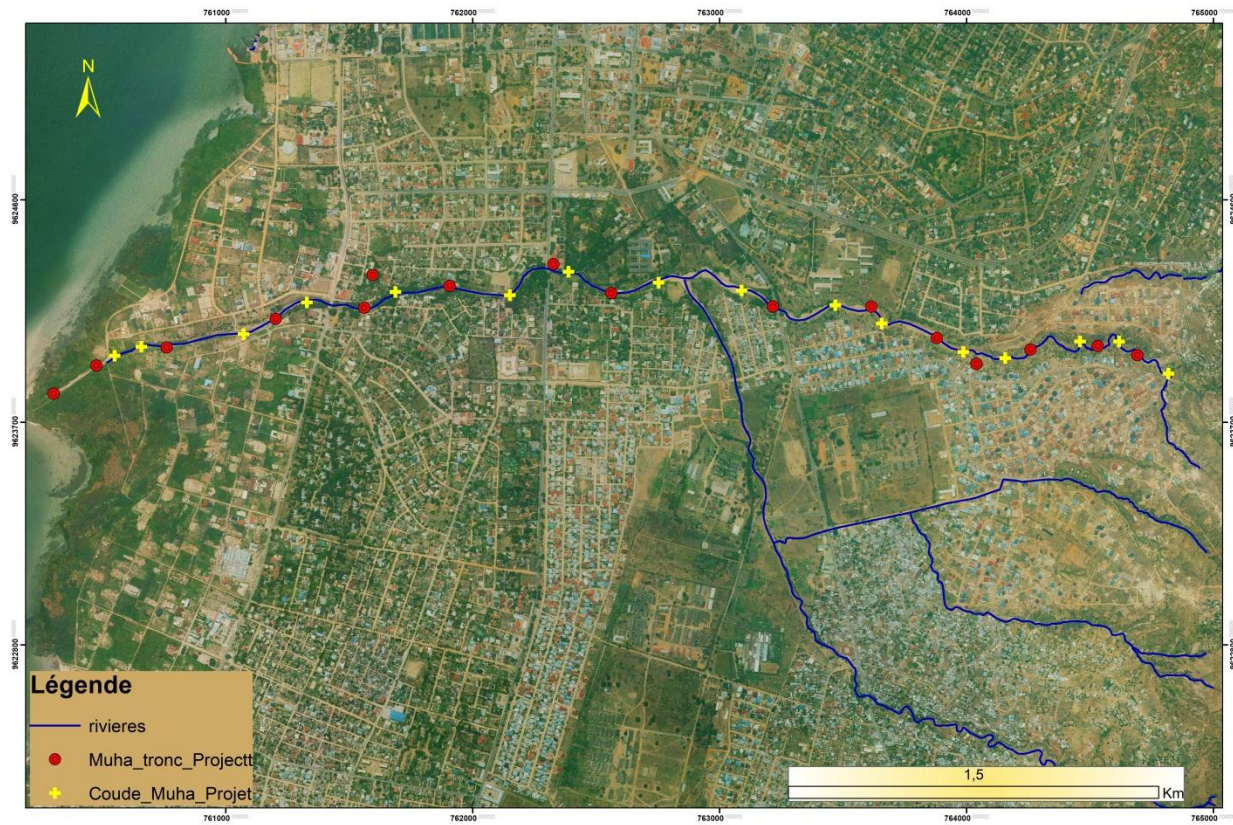


Figure 8: Localisation des points échantillonnés sur la rivière Muha

La figure 9 nous montre les différents points de départ pour chaque tronçon et au moins un des coudes se trouvant dans chaque tronçon sur la rivière Kanyosha.



Figure 9 : Localisation des points échantillonnés sur la rivière Kanyosha

La figure 10 nous montre une vue d'ensemble des trois rivières avec les différents points échantillonnés

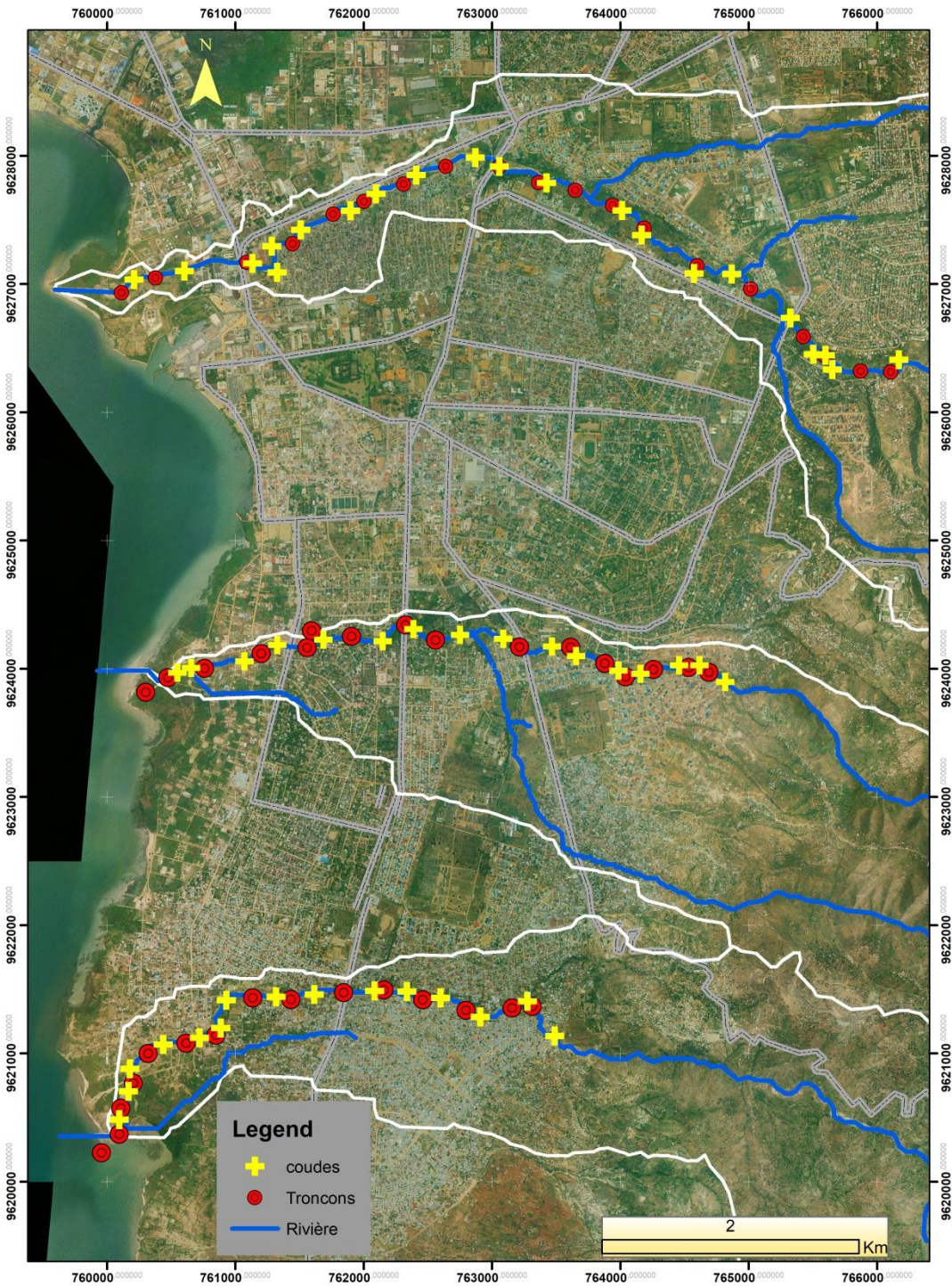


Figure 10: Localisation des points échantillonnés sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha

IV.1.1. Caractéristiques hydromorphologiques des rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha

IV.1.1.1. La hauteur

Lors de notre étude, la moyenne de la plus grande hauteur est de 16,25 m et se trouve sur la rivière Ntakangwa dans sa partie périphérique en amont. Tandis que la moyenne de la plus petite hauteur est de 0,65 m et se trouve sur la rivière Kanyosha dans sa partie périphérique se trouvant en aval.

En analysant la variabilité de la hauteur sur toutes les rivières de notre étude, nous remarquons que la hauteur augmente progressivement depuis l'aval jusqu'en amont. Le tableau 1 nous montre la moyenne des hauteurs que nous avons mesuré sur les trois rivières. La différence de la hauteur entre la rive droite et la rive gauche a été symbolisée par D-G.

Tableau 1. Moyenne de la hauteur sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha

Zone	Rive gauche	Rive droite	D-G
Nt-P_Am	16,25	13,75	-2,5
Mu-P_Am	15,5	15,5	0
Kan-P_Am	12,5	10,75	-1,75
Nt-C_Ur	13,4	7,016	-6,384
Mu-C_Ur	7,625	8,25	0,625
Kan-C_Ur	2,8125	2,6875	-0,125
Nt-P_Av	3,25	4,75	1,5
Mu-P_Av	2,1	2,875	0,775
Kan-P_Av	0,65	0,65	0

IV.1.1.2. La largeur

Les résultats de notre étude nous ont montrés que la moyenne la plus grande de la largeur est de 13.83 m et nous l'avons trouvée sur la rivière Ntakangwa, cette largeur est fonction de l'érosion et des glissements de terrain très prononcés dans la zone du centre urbain de la rivière Ntakangwa. La largeur la plus petite est de 7 m et a été trouvé sur la rivière Kanyosha dans sa partie périphérique se trouvant en aval. Pour toutes les rivières nous avons remarqué que la

largeur la plus grande se trouve au niveau du centre urbain. Ce qui s'explique par le niveau d'influence des activités anthropiques. La figure 11 nous montre la variation de la largeur de l'amont en aval des rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha.

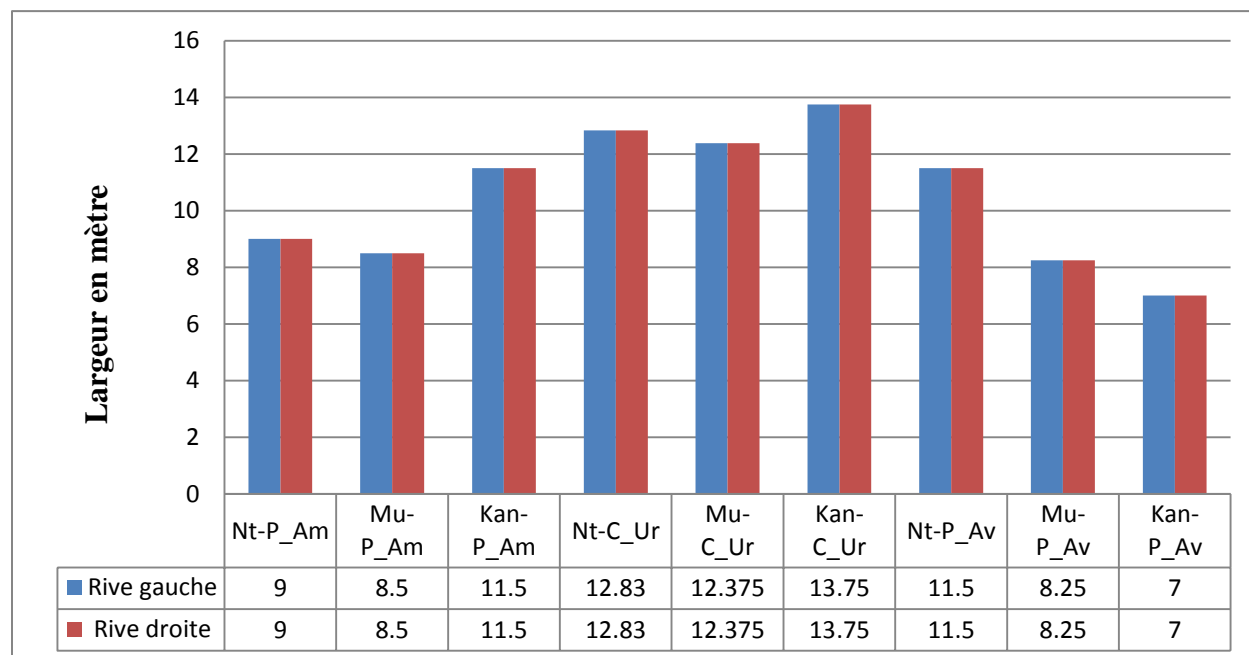


Figure 11. Moyenne de la largeur sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha

Le tableau 2 nous montre les valeurs résultant du rapport de la hauteur sur la largeur.

Tableau 2. Moyenne de la hauteur/Largeur sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha

Zone	Hauteur/Largeur Rive gauche	Hauteur/Largeur Rive droite
Nt-P_Am	1,75	1,4375
Mu-P_Am	2,548	2,491
Kan-P_Am	1,207	1,041
Nt-C_Ur	2,44	0,676
Mu-C_Ur	0,6625	0,725
Kan-C_Ur	0,188	0,17375
Nt-P_Av	0,20625	0,43125
Mu-P_Av	0,16125	0,2
Kan-P_Av	0,0065	0,0065

IV.1.1.3. Proportion de la texture du sol sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha

IV.1.1.3.1. Texture du sol sur la rivière Ntakangwa

La figure 12 nous montre les proportions de la texture du sol sur la rivière Ntakangwa

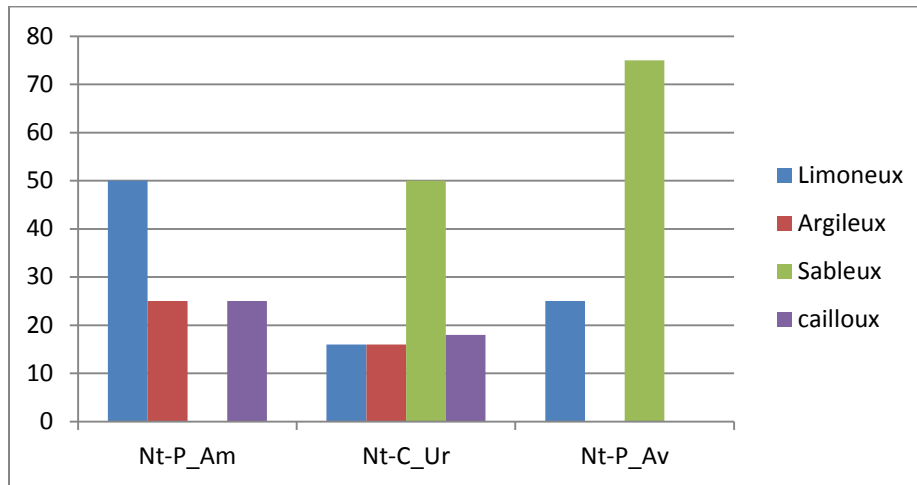


Figure 12. Proportion de la texture du sol sur la rivière Ntakangwa

IV.1.1.3.2. Texture du sol sur la rivière Muha

La figure 13 ci-dessous nous montre les proportions de la texture du sol sur la rivière Muha

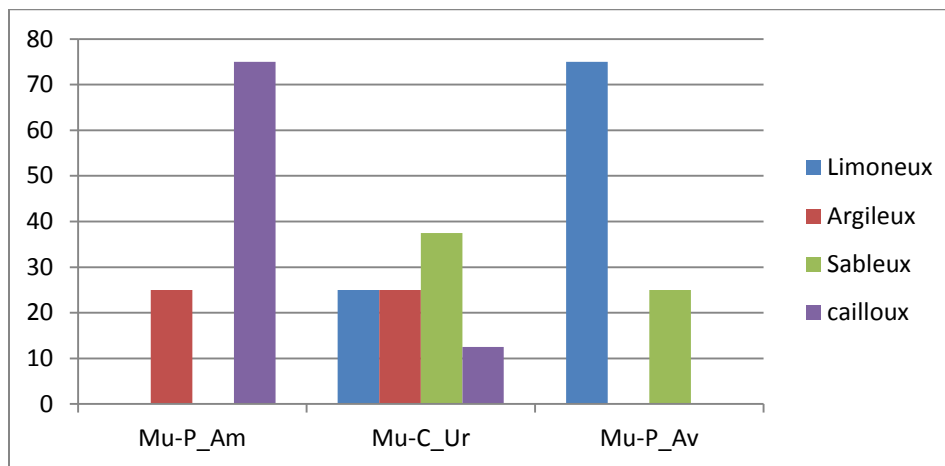


Figure 13. Proportion de la texture du sol sur la rivière Muha

IV.1.1.3.3. Texture du sol sur la rivière Kanyosha

La figure 14 ci-dessous nous montre les proportions de la texture du sol sur la rivière Kanyosha

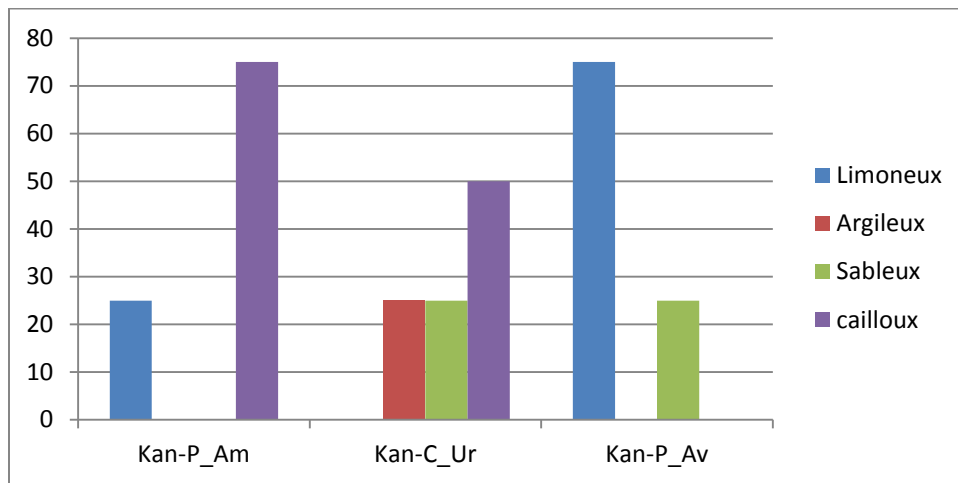


Figure 14. Proportion de la texture du sol sur la rivière Kanyosha

IV.1.2. Les caractéristiques végétatifs sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha

IV.1.2.1. Couverture du sol sur la rivière Ntakangwa

La figure 15 montre les types de couverture du sol le long de la rivière Ntakangwa

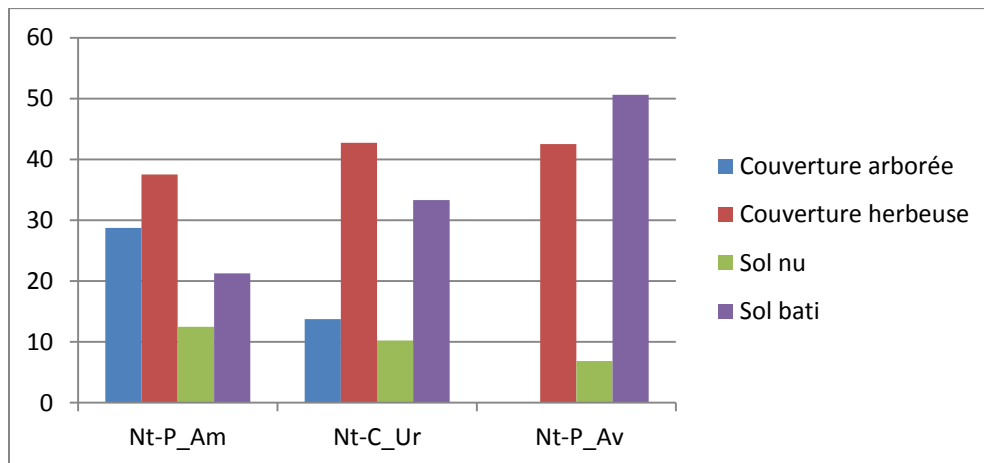


Figure 15. Type de couverture du sol sur la rivière Ntakangwa

La figure 16 montre les proportions des types de couverture du sol le long de la rivière Ntakangwa

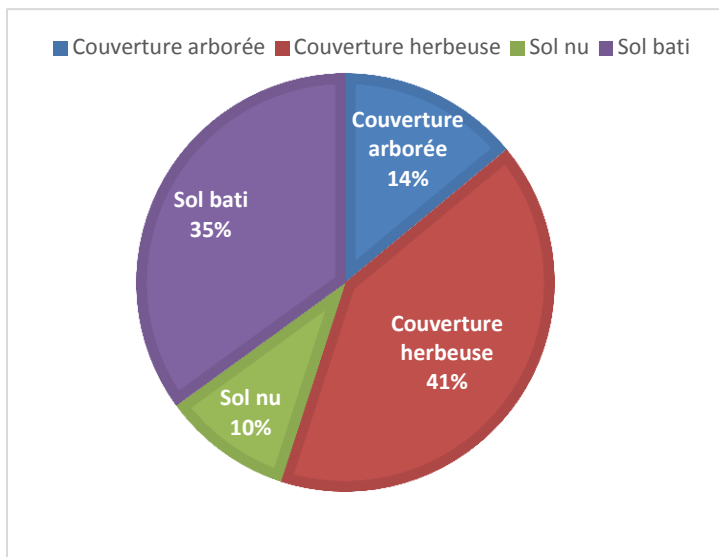


Figure 16. Proportion des types de la couverture du sol sur la rivière Ntakangwa

IV.1.2.2. Couverture du sol sur la rivière Muha

La figure 17 montre les types de couverture du sol le long de la rivière Muha

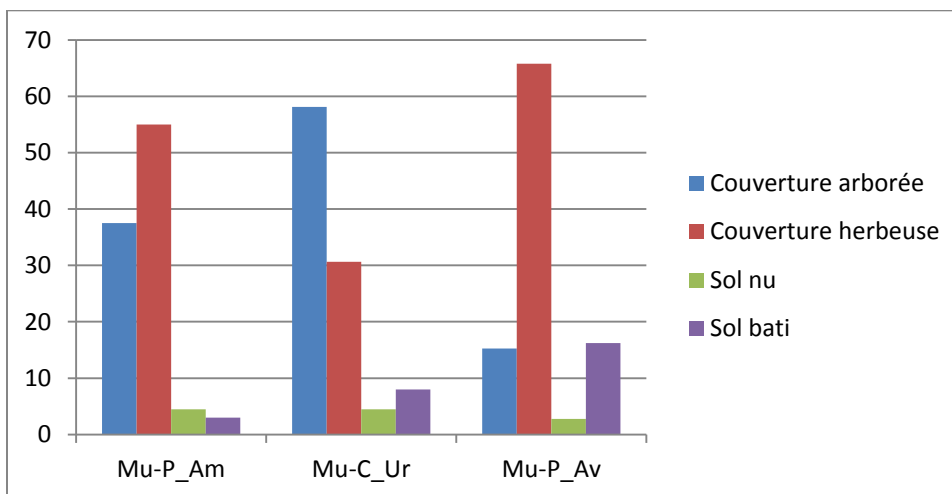


Figure 17. Niveau de couverture sur la rivière Muha

La figure 18 montre les proportions des types de couverture du sol le long de la rivière Muha

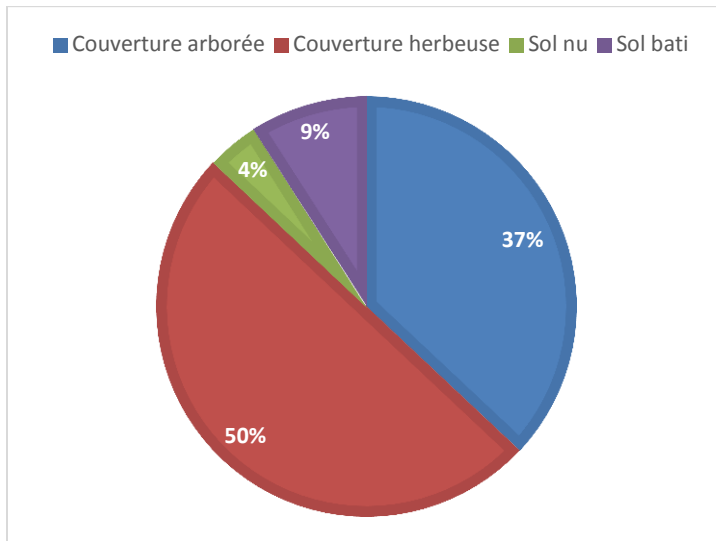


Figure 18. Proportion des types de la couverture du sol sur la rivière Muha

IV.1.2.3. Pourcentage de la couverture du sol sur la rivière Kanyosha

La figure 19 montre les types de la couverture du sol le long de la rivière Kanyosha

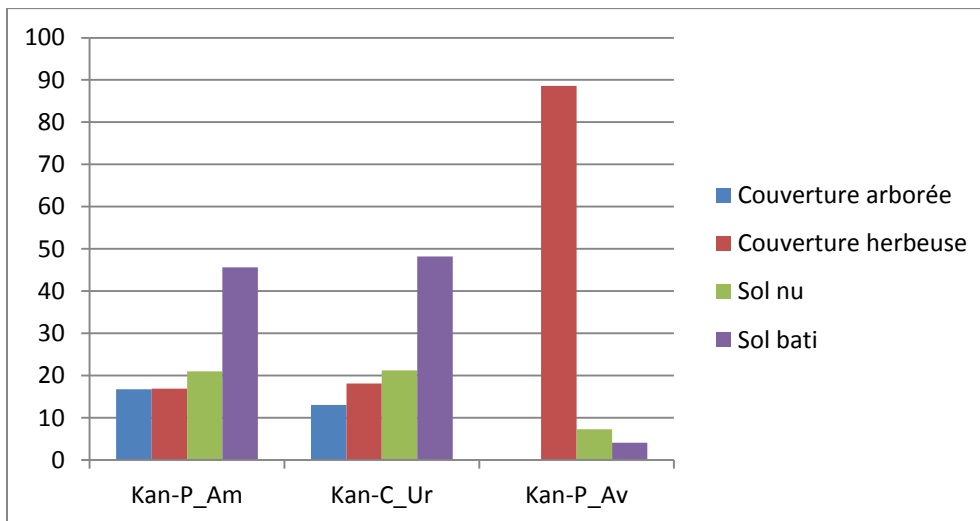


Figure 19. Types de la couverture du sol sur la rivière Kanyosha

La figure 20 montre les proportions des types de couverture du sol le long de la rivière Kanyosha

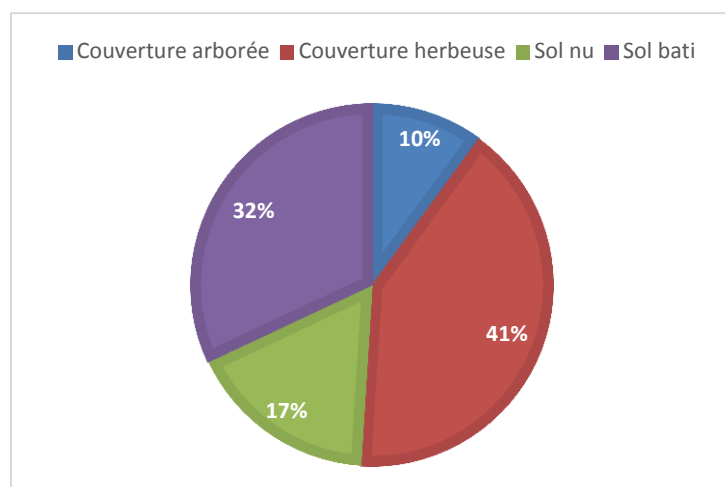


Figure 20. Proportion des types de la couverture du sol sur la rivière Kanyosha

IV.1.2.4. Test de significativité des différences entre les types de couverture du sol

Pour vérifier si les différences sont significatives, nous avons jugé bon d'utiliser le logiciel SPSS qui nous a donné via l'ANNOVA, l'état de la significativité des différences de la couverture du sol sur les trois rivières de notre étude. Nous avons remarqué que les différences de la couverture du sol sont significatives car nous avons une significativité tournant autour de 0,00.

Tableau 3. Degré de significativité de la moyenne de la couverture du sol.

ANOVA				Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	(combiné)			30916,619	7	4416,660	36,764	,000
	Terme linéaire	Pondérés		5124,176	1	5124,176	42,653	,000
		Ecart		25792,443	6	4298,740	35,782	,000
Intragroupes				2883,256	24	120,136		
Total				33799,875	31			
			Ecart	3323,443	6	553,907	3,631	,010
Intragroupes				3661,107	24	152,546		
Total				6986,875	31			
			Ecart	17734,336	6	2955,723	15,283	,000
Intragroupes				4641,720	24	193,405		
Total				22377,969	31			

IV.1.3. Caractéristiques des structures anthropiques sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha

Lors de notre étude, nous nous sommes beaucoup focalisés sur les structures résultant des activités anthropiques comme les déversoirs en caniveaux, les égouts et les dépotoirs sauvages.

IV.1.3.1. Densité d'égouts et déversoirs sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha

La figure 21 nous montre le nombre total d'égouts et déversoirs dans chaque zone des rivières faisant objet de notre étude.

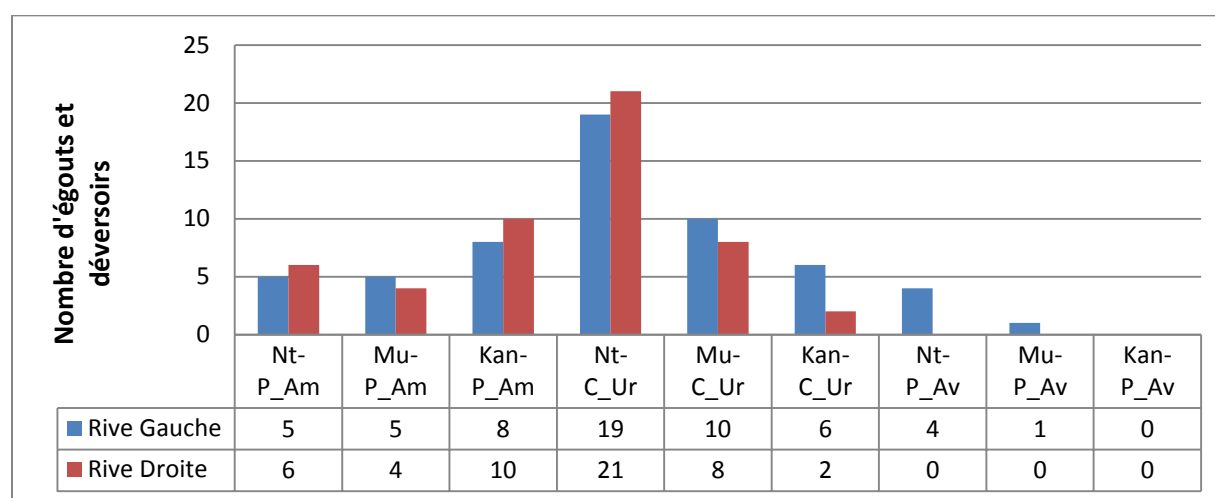


Figure 21 : Nombre total d'égouts et de déversoirs sur les rives gauche et droites des rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha

Le tableau 4 nous montre les résultats de la densité (nombre/km) d'égouts et déversoirs dans chaque zone des rivières faisant objet de notre étude.

Tableau 4. Densité d'égouts et déversoirs

Zone	Rive Gauche	Rive Droite
Nt-P_Am	4.16	5
Mu-P_Am	4.16	3.33
Kan-P_Am	6.66	8.33
Nt-C_Ur	5.27	5.83
Mu-C_Ur	4.16	3.33
Kan-C_Ur	2.5	0.83
Nt-P_Av	3.33	0
Mu-P_Av	0.83	0
Kan-P_Av	0	0

IV.1.3.2. Densité de dépotoirs sauvages

Le tableau 5 nous montre les résultats de la densité de dépotoirs sauvage dans chaque zone des rivières faisant objet de notre étude.

Tableau 5. Densité de dépotoirs sauvage

Zone	Rive Gauche	Rive Droite	Moyenne
Nt-P_Am	5.83	11.66	8.745
Mu-P_Am	2.5	0	1.25
Kan-P_Am	4.66	4	4.33
Nt-C_Ur	5.55	3.61	4.58
Mu-C_Ur	2.08	1.66	1.87
Kan-C_Ur	6.25	8.33	7.29
Nt-P_Av	4.33	0	2.165
Mu-P_Av	3.33	0.83	2.08
Kan-P_Av	0	0	0

La figure 22 nous montre le nombre de dépotoirs sauvage sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha

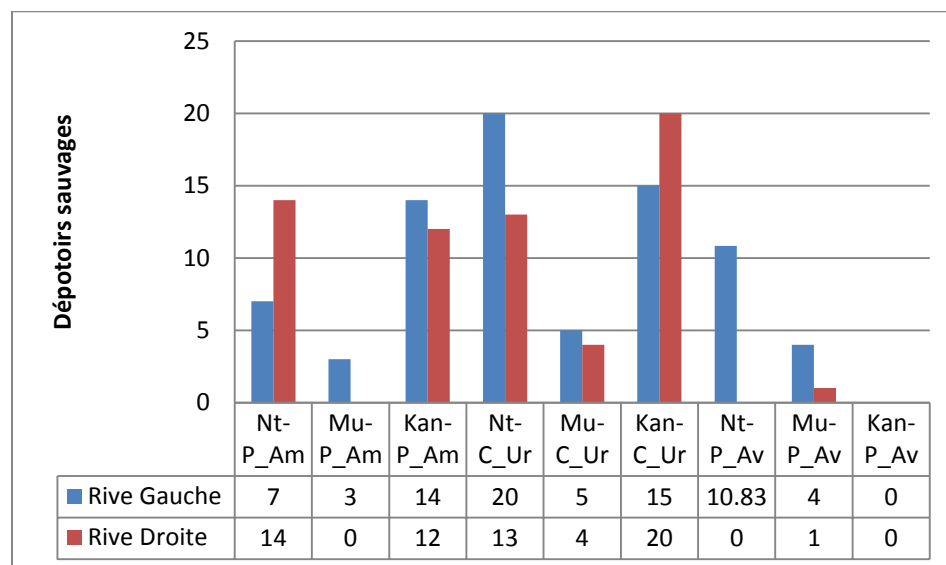


Figure 22 : Nombre de dépotoirs sauvages sur les rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha selon les 2 rives

IV.1.4. Nature du Bâti autour des rivières

La nature du bâti autour des rivières traversant la ville de Bujumbura est répartie en 3 sortes à savoir les maisons en dur, les maisons intermédiaires et les maisons non en dur. Les maisons en dur se caractérisent le plus souvent par des fondations en béton, les maisons intermédiaires sont construites par des matériaux moyens c'est à dire que les maisons non en dur sont construites avec des simples matériaux, par exemple des briques en terre non cuites, des bois, etc.

IV.1.4.1. Nature du Bâti autour de la rivière Ntakangwa

Le tableau 6 nous montre la densité de maison (Nombre de maison/km), pour chaque zone de la rivière Ntakangwa, rive par rive.

Tableau 6. Densité de maison sur la rivière Ntakangwa

Zone	Rive Gauche	Rive Droite
Nt-P_Am	22,5	13,33
Nt-C_Ur	16,94	11,66
Nt-P_Av	18,33	10,83

La figure 23 montre le Pourcentage de chaque type de maison se trouvant à la rive gauche de la rivière Ntakangwa

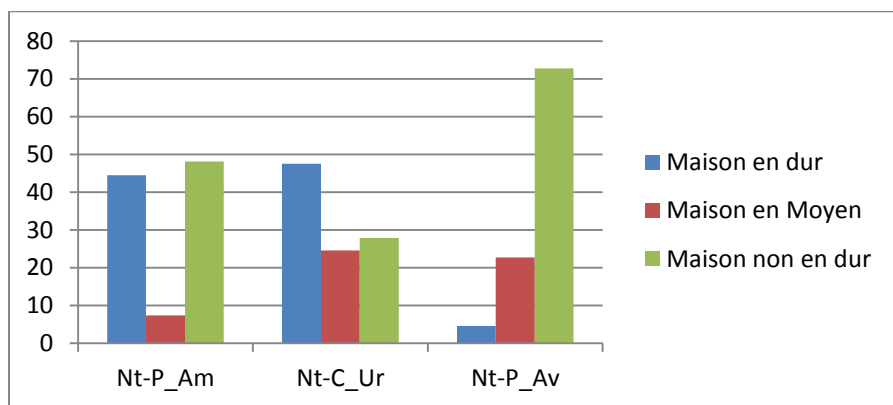


Figure 23. Pourcentage de chaque type de maison à la rive gauche de la rivière Ntakangwa

La figure 24 montre le Pourcentage de chaque type de maison se trouvant à la rive droite de la rivière Ntakangwa

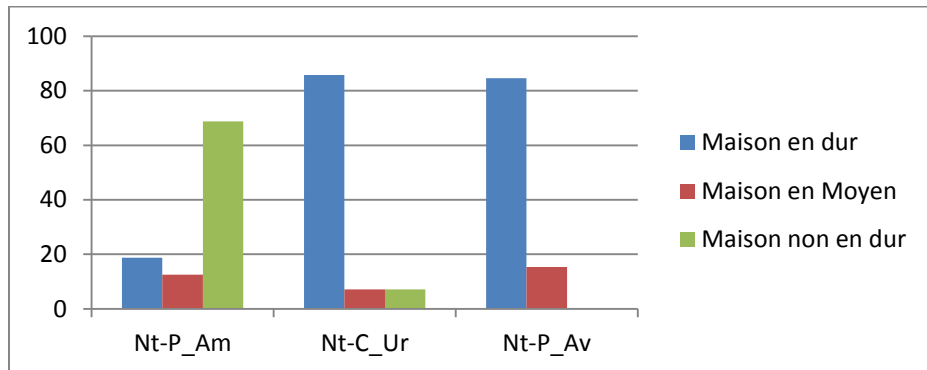


Figure 24. Pourcentage de chaque type de maison se trouvant à la rive droite de la rivière Ntakangwa

La figure 25 montre le nombre de maisons par rapport à 2012 pour chaque zone de la rive gauche à la rivière Ntakangwa

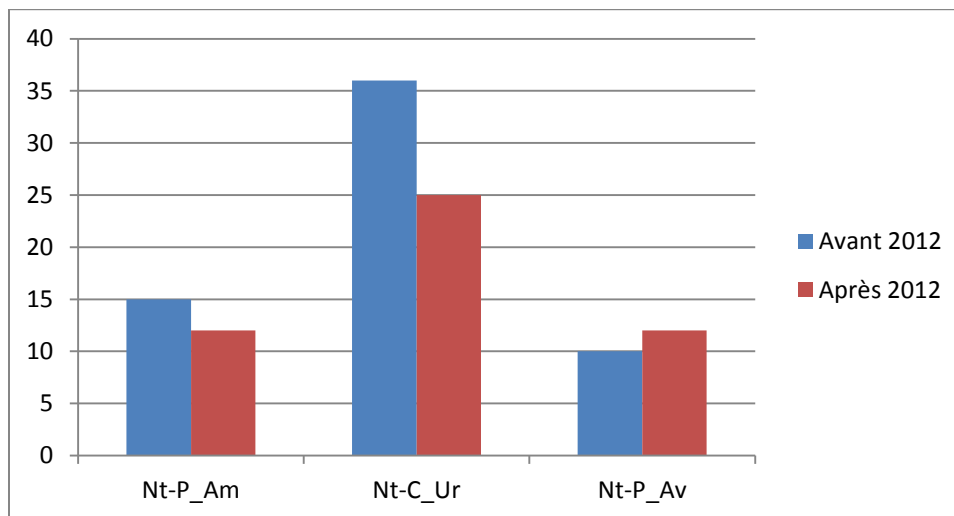


Figure 25. Période de construction des maisons par rapport à 2012 pour chaque zone de la rive gauche à la rivière Ntakangwa

La figure 26 montre le nombre de maisons par rapport à 2012 pour chaque zone de la rive droite à la rivière Ntakangwa

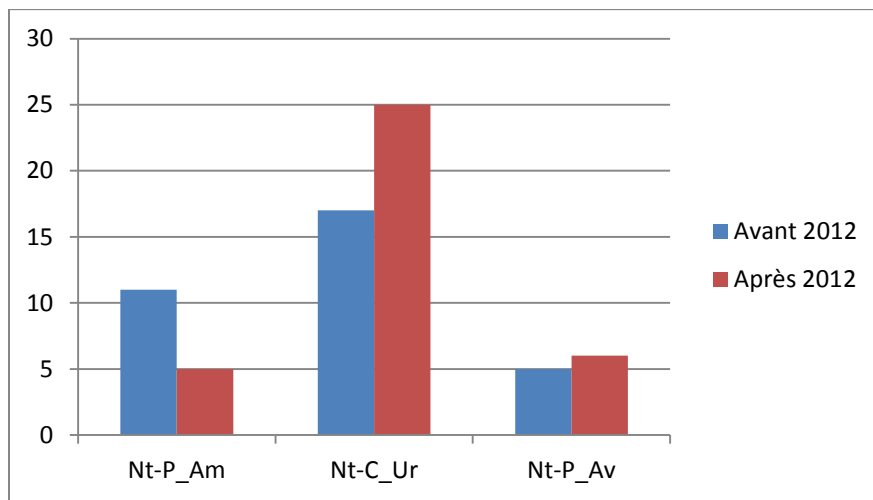


Figure 26. Période de construction des maisons pour chaque zone de la rive droite de la rivière Ntakangwa

IV.1.4.2. Nature du Bâti autour de la rivière Muha

Le tableau 7 nous montre la densité de maison (Nombre de maison /km), pour chaque zone de la rivière Muha, rive par rive.

Tableau 7. Densité de maison sur la rivière Muha

Zone	Rive Gauche	Rive Droite
Mu-P_Am	2,5	2,08
Mu-C_Ur	6,25	3,75
Mu-P_Av	9,16	3,33

La figure 27 montre le Pourcentage de chaque type de maison se trouvant à la rive gauche de la rivière Muha

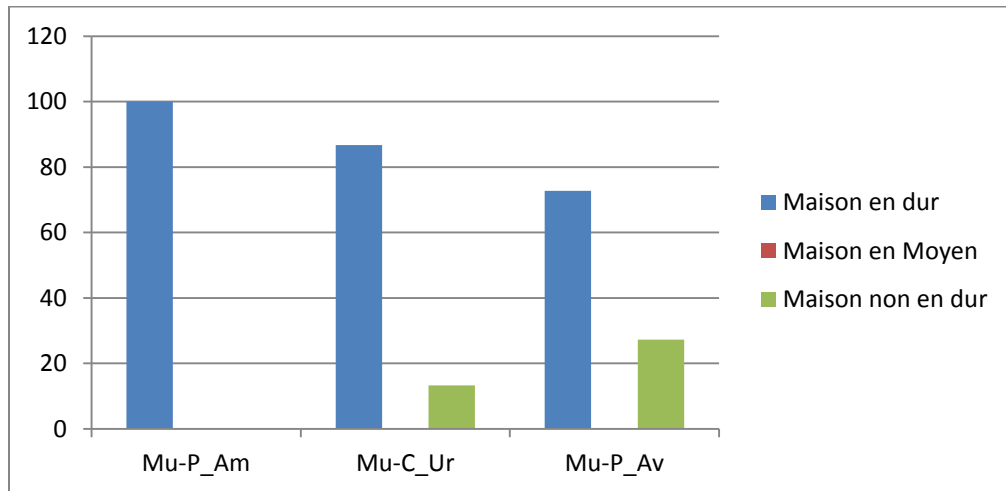


Figure 27. Pourcentage de chaque type de maison à la rive gauche de la rivière Muha

La figure 28 montre le Pourcentage de chaque type de maison se trouvant à la rive droite de la rivière Muha.

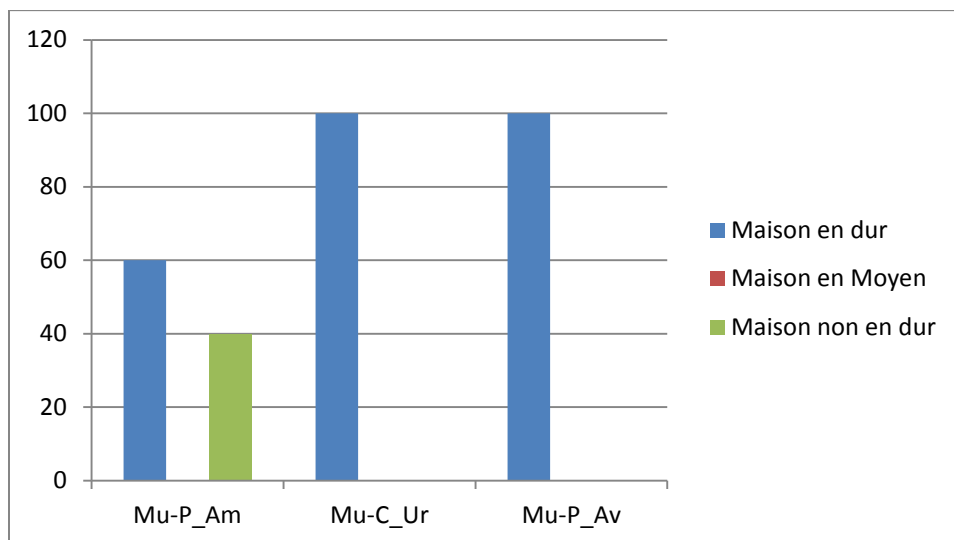


Figure 28. Pourcentage de chaque type de maison à la rive droite de la rivière Muha

La figure 29 montre le nombre de maisons par rapport à 2012 pour chaque zone de la rive gauche à la rivière Muha

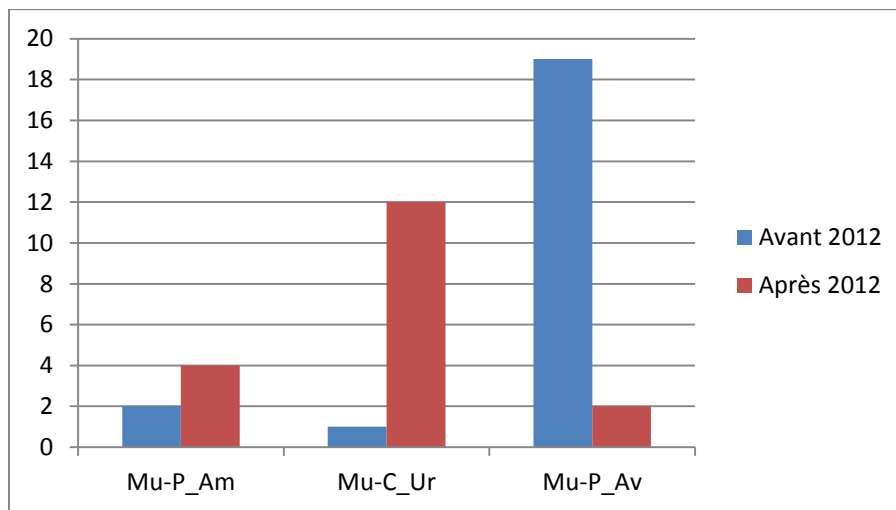


Figure 29. Période de construction des maisons pour chaque zone de la rive gauche de la rivière Muha

La figure 30 montre le nombre de maisons par rapport à 2012 pour chaque zone de la rive droite à la rivière Muha

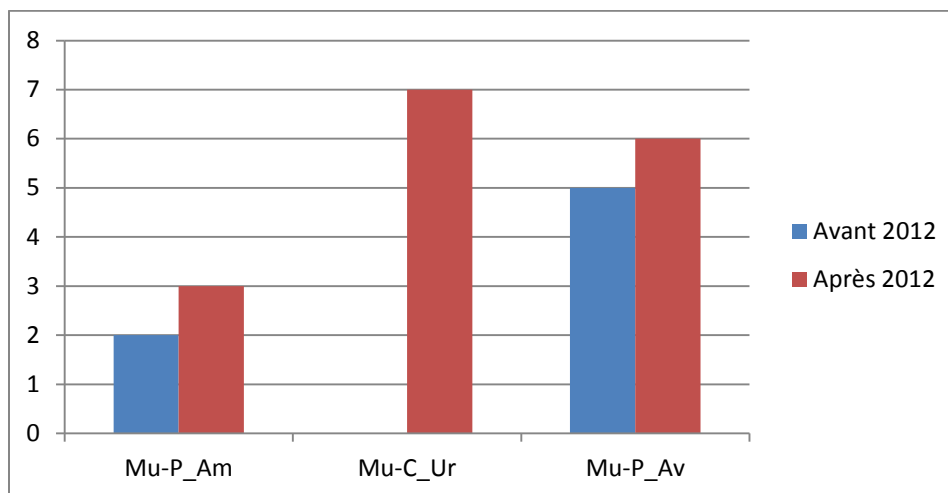


Figure 30. Période de construction des maisons pour chaque zone de la rive droite de la rivière Muha

IV.1.4.3. Nature du Bâti autour de la rivière Kanyosha

Le tableau 8 nous montre la densité de maison (Nombre de maison/km), pour chaque zone de la rivière Kanyosha, rive par rive.

Tableau 8. Densité de maison sur la rivière Kanyosha

Zone	Rive Gauche	Rive Droite
Kan-P_Am	32,5	27,5
Kan-C_Ur	60	40,83
Kan-P_Av	0,83	10,83

La figure 31 montre le Pourcentage de chaque type de maison se trouvant à la rive gauche de la rivière Kanyosha

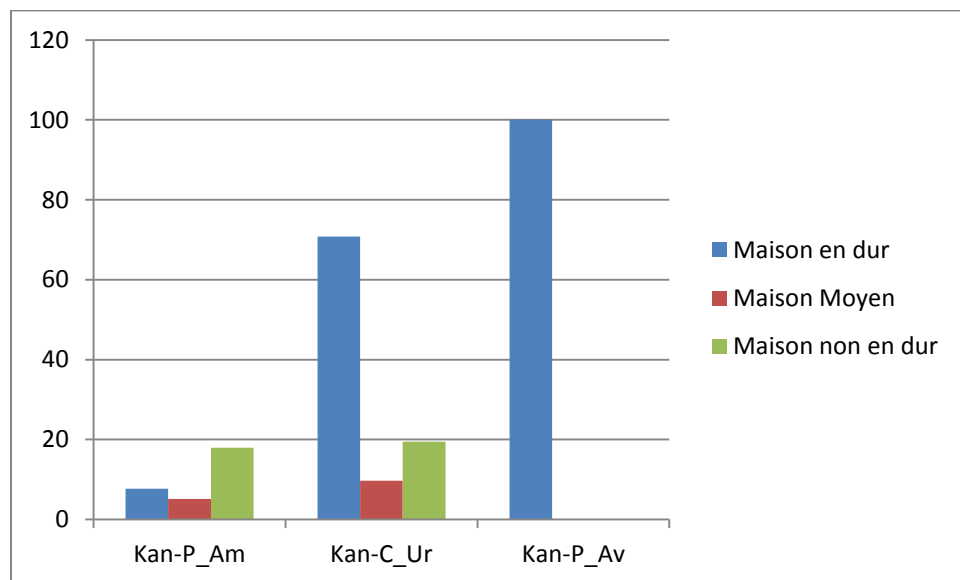


Figure 31. Pourcentage de chaque type de maison sur la rive Gauche de la rivière Kanyosha

La figure 32 montre le Pourcentage de chaque type de maison se trouvant à la rive droite de la rivière Kanyosha

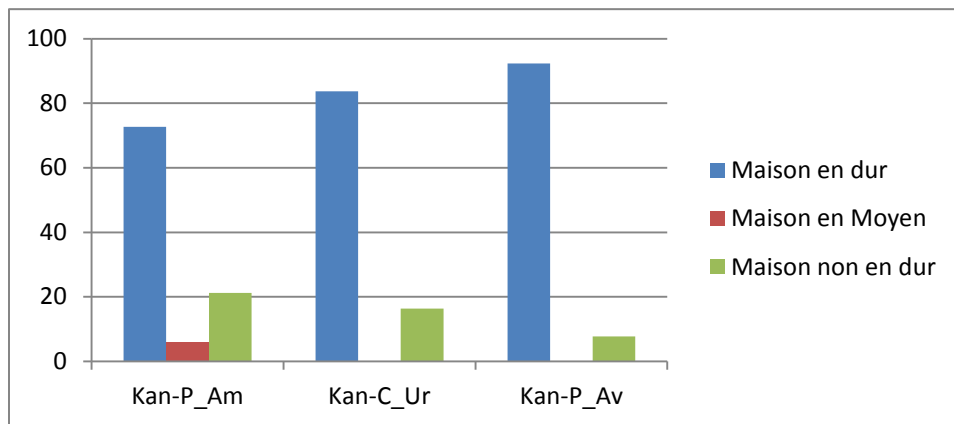


Figure 32. Pourcentage de chaque type de maison sur la rive droite de la rivière Kanyosha

La figure 33 montre le nombre de maisons par rapport à 2012 pour chaque zone de la rive gauche à la rivière Kanyosha.

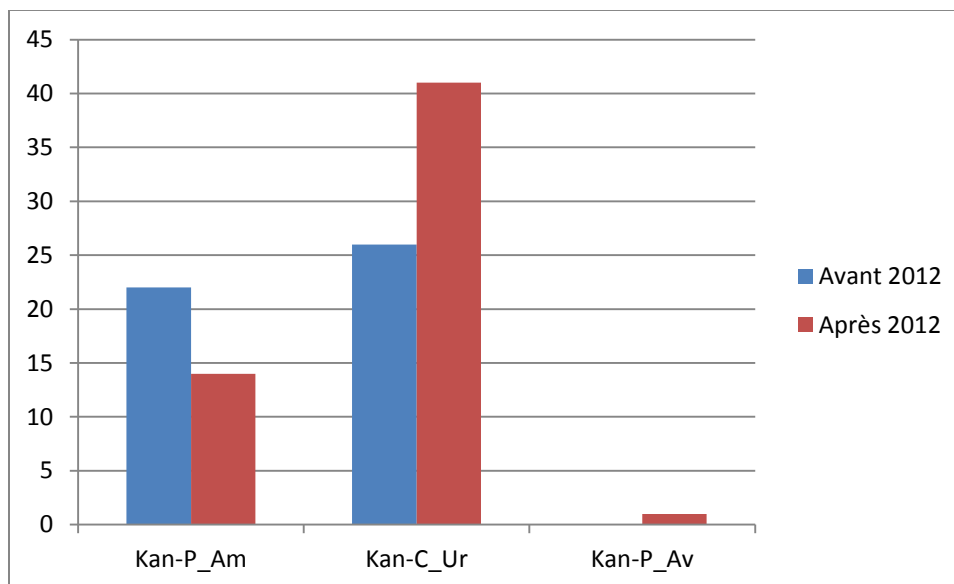


Figure 33. Période de construction des maisons pour chaque zone de la rive Gauche sur la rivière Muha

La figure 34 montre le nombre de maisons par rapport à 2012 pour chaque zone de la rive droite à la rivière Kanyosha.

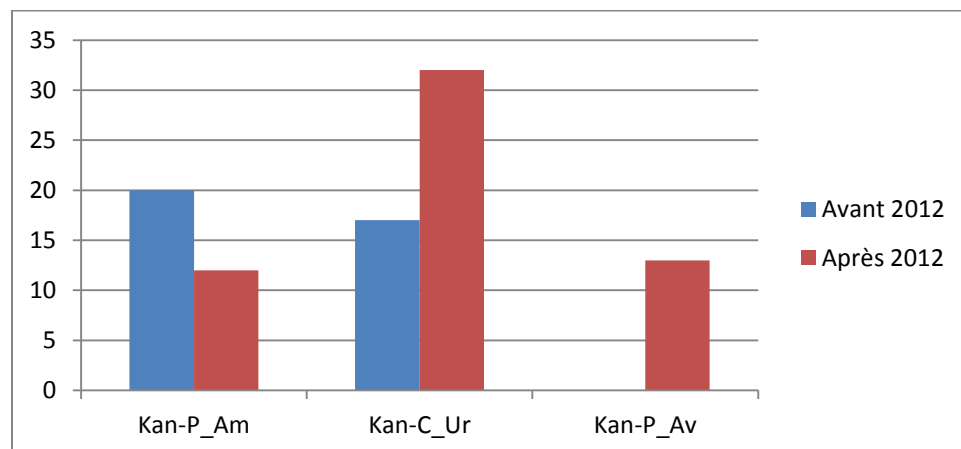


Figure 34. Période de construction des maisons pour chaque zone de la rive droite sur la rivière Kanyosha

IV.1.5. Menaces et dégâts

Le tableau 9 montre les dégâts et les menaces que nous avons remarqué sur le long des rivières Ntahangwa, Muha et Kanyosha.

Tableau 9. Les dégâts et menaces sur les rivières Ntahangwa, Muha et Kanyosha

Tronçons	Types de menaces
Nt-P_Am	Eboulement, destruction des maisons
Mu-P_Am	Eboulement, effondrement des berges
Kan-P_Am	Eboulement, Glissement
Nt-P_Ur	Glissement, érosion, destruction de la route
Mu-C_Ur	Glissement des berges, érosion des berges
Kan-C_Ur	Glissement, érosion
Nt-P_Av	Inondation, débordement des berges
Mu-P_Av	Inondation, débordement
Kan-P_Av	Inondation, érosion, destruction des maisons

IV.2. Discussion des résultats

IV.2.1. Caractéristiques hydromorphologiques

Selon les résultats de notre étude, la hauteur la plus grande que nous avons mesuré est de 16,25 m sur la rivière Ntakangwa dans sa partie périphérique en amont et sa valeur la plus petite est de 0,65 m et se trouve sur la rivière Kanyosha dans sa partie périphérique se trouvant en aval dans la zone littorale du lac Tanganyika. Cela confirme les résultats de Bizimana (2017) qui signale que la pente va en diminuant de la région des Mirwa vers le lac Tanganyika et par conséquent, la force de charriage diminue et les matériaux solides transportés se déposent tout en rehaussant le lit des rivières traversant la ville de Bujumbura.

Les résultats de notre étude nous ont montrés que la moyenne la plus grande de la largeur est de 13.83 m et nous l'avons trouvée sur la rivière Ntakangwa, dans sa partie du centre urbain. Cette largeur est fonction de l'érosion et des glissements de terrains très prononcés dans la zone du centre urbain de la rivière Ntakangwa. La largeur la plus petite est de 7 m et a été trouvé sur la rivière Kanyosha dans sa partie périphérique se trouvant en aval. Pour toutes les rivières nous avons remarqué que la largeur la plus grande se trouve au niveau du centre urbain. Ce qui s'explique par le niveau d'influence des activités anthropiques.

Notons que pendant la période pluvieuse, dans la zone en aval, il n'est pas facile de voir les berges car l'érosion déclenche l'arrachement et le transport de matières jusque dans les régions basses provoquant ainsi un rehaussement du lit, réduisant de cette façon la section d'écoulement des rivières d'où les débordements et les inondations dans la zone en aval des rivières Ntakangwa, Kanyosha et Muha (Ndayahoze, 2007). La largeur diminue de l'aval en amont dans les montagnes surplombant la ville de Bujumbura. La figure 36 nous montre la diminution de la largeur de la rivière Muha en amont.



Figure 35 : Retrecissement de la largeur en amont de la rivière Muha

IV.2.2. Les caractéristiques de la couverture du sol

La couverture arborée est absente dans les zones en aval des rivières Ntahangwa et Kanyosha, tandis elle est de 15,25% à la rivière Muha. Dans la zone du centre urbain, la couverture arborée est de 58,125% sur la rivière Muha, elle est de 13,75% sur la rivière Ntahangwa et 13,0625% sur la rivière Kanyosha. Dans la zone périphérique en amont, la couverture arborée est de 37,5% sur la rivière Muha, elle est de 28,75% sur la rivière Ntahangwa et elle est de 16,75% sur la rivière Kanyosha.

D'après les résultats de notre étude, la couverture herbeuse est beaucoup plus importante dans toutes les zones en aval des rivières Ntahangwa, Kanyosha et Muha; elle est de 88,625% sur la rivière Kanyosha, elle est de 65,75% sur la rivière Muha et de 42,5% sur la rivière Ntahangwa. Dans les zones du centre Urbains, la couverture herbeuse est de 42,708% sur la rivière Ntahangwa, elle est de 30,625% sur la rivière Muha et elle est de 18,125% sur la rivière Kanyosha. Dans les zones périphériques en amont, la couverture herbeuse la plus importante est de 55% sur la rivière Muha, elle de 37,5% sur la rivière Ntahangwa et de 16,875% sur la rivière Kanyosha.

Dans les zones en aval des rivières Ntahangwa, Kanyosha et Muha; le sol nu est de 7,25% sur la rivière Kanyosha, elle est de 6,875% sur la rivière Ntahangwa et de 2,75% sur la rivière Muha. Dans les zones du centre Urbains, le sol nu est de 21,25% sur la rivière Kanyosha, elle est de 10,208% sur la rivière Ntahangwa et elle est de 4,5% sur la rivière Muha. Dans les zones

périphériques en amont, le sol nu représente un pourcentage de 21% sur la rivière Kanyosha, elle de 12,5% sur la rivière Ntakangwa et de 4,5% sur la rivière Muha.

Dans les zones en aval des rivières Ntakangwa, Kanyosha et Muha; le pourcentage du sol bâti est de 50,625% sur la rivière Ntakangwa, elle est de 16,25% sur la rivière Muha et elle est de 4,125% sur la rivière Kanyosha. Dans les zones du centre Urbains, la surface du sol bâti est de 48,1875% sur la rivière Kanyosha, elle occupe une surface de 33,333% sur la rivière Ntakangwa et elle est de 8% sur la rivière Muha.

Les zones encore stables renferment une couverture végétale qui a un enracinement profond (Ndayahoze, 2007), comparativement aux résultats de notre recherche, dans la zone tampon de 25m de part et d'autres des rivières Ntakangwa, Muha et Kanyosha; nous avons remarqué que ça domine la couverture végétale avec une proportion de 44% , puis le sol bâti occupe 26%, la couverture arborée occupe 20% et enfin le sol nu occupe 10 % . Ce qui montre que la ville de Bujumbura en générale et particulièrement les zones tampons des rivières qui la traversant est une zone instable c'est-à-dire qui a été affaiblie par les activités de l'homme. D'où nous pouvons confirmer nos hypothèses en disant qu'à part le non-respect des 25m de la zone tampon, les caractéristiques végétatifs constituent un facteur très important dans l'organisation spatiale des rivières traversant la ville de Bujumbura.

IV.2.3. Caractéristiques des structures anthropiques

Les résultats de notre recherche nous montrent que le nombre des structures anthropiques constituées des déversoirs et égouts sont très faibles dans la périphérie en aval pour toutes les rivières, tandis que plus on s'approche de la zone du centre urbain, le nombre de déversoirs et égouts augmente progressivement jusqu'à arriver au pic. Après avoir arrivé au pic, le nombre de déversoirs et égouts diminue progressivement suivant qu'on s'approche de la périphérie en amont. Cela montre que l'urbanisation est un facteur de dégradation dans la zone tampon lorsque des infrastructures publiques ne sont pas aménagées. Le plan d'urbanisation doit prévoir des endroits destinés à ces usages collectifs.

La densité la plus élevée de déversoirs est de 8,33 dév/km sur la rivière Kanyosha dans sa partie en amont, elle est de 5,83 dév/km sur la rivière Ntakangwa dans sa zone du centre urbain et elle est de 4,16 dév/ha sur la rivière Muha dans sa zone en amont et dans celle du centre urbain. Ces résultats sont conformes à ceux de Ndikumana *et al.* (2012) affirmant que les différents déversoirs constituent des canaux de transfert des pollutions non traitées vers les rivières traversant la ville de Bujumbura et ces dernières les transportent jusqu'au lac Tanganyika.

Les résultats de notre recherche prouvent que beaucoup de dépotoirs sauvages sont concentrés dans la zone du centre urbain de la ville de Bujumbura; ce qui confirme les résultats de Gaston (2015) qui confirme que la production de déchets prend une allure de plus en plus inquiétante dans la ville de Bujumbura. Cela s'explique par le fait que c'est la zone où sont concentrés beaucoup de maisons d'habitation. Sur toutes les rives des rivières faisant objet de notre étude, nous avons remarqué que les 25m de part et d'autre de ces rivières constituent un milieu qui est beaucoup utilisé comme dépotoirs sauvages.

La plus grande densité de dépotoirs sauvages est de 11,66dép/km sur la rivière Ntakangwa dans sa périphérie en amont, elle est de 3,3 dép./km sur la rivière Muha dans sa périphérie en aval et dans son centre urbain; pour la rivière Kanyosha la densité de dépotoirs sauvages la plus grande est de 8,33 dép/km dans sa périphérie en amont. Nos résultats confirment ceux de Gaston (2015) qui affirme que la gestion des déchets (liquides et solides) est non contrôlée dans la ville de Bujumbura.

IV.2.4. Nature du bâti

Sur la rivière Ntakangwa; nous avons trouvé 48% de maisons en dur, 14% de maisons intermédiaires et 37% de maisons non en dur tandis que sur la rivière Muha nous avons trouvé 87% de maisons en dur et 13% de maisons non en dur, les maisons en moyen étant absentes; quant à la rivière Kanyosha, nous avons eu 82% de maisons en dur, 4% de maisons en moyen et 14% de maisons non en dur.

Après avoir recueilli les données le long de toutes les rivières faisant objet de notre étude, depuis leur exutoire avec le lac Tanganyika jusqu'à la sortie de la ville, nous avons remarqué que la zone tampon de 25 m de largeur autour des rivières traversant la ville de Bujumbura n'a pas été

respectée tel que prévu par le code de l'eau de 2012. En analysant la nature du bâti sur toutes ces rivières, nous avons remarqué que l'état des lieux de ces rivières est alarmant.

Partout sur les rivières étudiées, il y a dans la zone tampon des maisons construites avant et après 2012. Pour ces habitations d'avant 2012, la mesure était difficile à mettre en œuvre car ça demandait la démolition et les indemnités. Pour les maisons construites après 2012, c'est un signe que la mesure n'a pas été respectée. Les maisons en dur témoignent que des autorisations ont été données en violation de la loi, les maisons non en dur montrent qu'il y a des abris de fortune qui s'installent sauvagement mais qui sont tolérées par l'administration.

Sur la rivière Ntakangwa le long de sa rive gauche, la zone en aval contient beaucoup de maisons non en dur, tandis que dans sa zone du centre urbain, ce sont les maisons en dur qui dominent et enfin pour sa zone en amont, on a plus de maisons non en dur en nombre à peu près égale au nombre de maison en dur (Fig. 23). Comparativement à sa rive droite, c'est la zone en aval et la zone du centre urbain qui contiennent beaucoup de maisons en dur, étant donné que les maisons non en dur dominent en amont. Les maisons intermédiaires sont en nombre pratiquement insuffisant (Fig. 24). Sur la rive gauche de la rivière Ntakangwa, le nombre de maisons qui ont été construites avant 2012 est beaucoup plus élevé dans sa zone du centre urbain. Cela est de même pour les maisons qui ont été construites après 2012 (Fig.25). Ce même constat est valable pour la rive droite de la rivière Ntakangwa

Sur la rivière Muha le long de sa rive gauche, les maisons en dur dominent dans toutes les zones, tandis que les maisons non en dur dominent dans la zone en aval et très peu se trouve dans sa zone du centre urbain et absente en amont, les maisons intermédiaires sont absentes partout (Fig.27). Comparativement à sa rive droite, on a 100% de maison en dur dans la zone urbain et dans la zone du centre urbain. Dans sa zone en amont, les maisons non en dur sont en nombre inférieur aux maisons en dur, les maisons intermédiaires sont absentes (Fig.28). Sur la rive gauche de la rivière Muha, il domine les maisons qui ont été construites avant 2012 dans la zone en aval tandis que les maisons qui ont été construites après 2012 sont dominantes dans la zone du centre urbain. La zone de la périphérie en amont ne contient que très peu de maisons d'avant 2012 et d'après 2012 (Fig.33). Comparativement à sa rive droite, la partie en centre urbain contient seulement des maisons d'après 2012, les autres zones contiennent les maisons d'avant et après 2012.

Sur la rivière Kanyosha, le long de sa rive gauche, on a seulement les maisons en dur dans sa zone en aval, les maisons en dur dominant également dans toutes les zones, les maisons intermédiaires et celles non en dur sont en nombre très réduit dans la zone du centre urbain et celle de la périphérie en amont (Fig.31). Comparativement à sa rive droite, on a presque les maisons en dur seulement, les autres types de maisons ne sont pas suffisamment représentés (Fig.32). Sur la rive gauche de la rivière Kanyosha, on a beaucoup de maisons dans la zone du centre urbain mais les maisons d'après 2012 dominant sur les maisons d'avant 2012 dans la zone du Centre urbain. Dans la zone en aval il n'y a presque pas de maisons, dans la zone en amont, on a la dominance des maisons d'avant 2012 (Fig. 33). Comparativement à sa rive droite, la zone en centre urbain contient beaucoup de maisons d'après 2012, dans la zone en amont, on a seulement des maisons d'après 2012 tandis que dans la zone en aval on a la dominance des maisons d'avant 2012 (Fig. 34).

En analysant les résultats de notre recherche, nous avons remarqué que la rivière Kanyosha vient en première position en ce qui est du nombre de maisons bâties dans la zone tampon de 25m, avec 57% de maisons qui ont été construites après 2012 et 43% de maisons qui ont été construites avant 2012; la rivière Ntakangwa vient en deuxième position avec 53% de maisons qui ont été construites avant 2012 et 47% de maisons qui ont été construites après 2012 et en dernière position vient la rivière Muha avec 54% de maisons qui ont été construites après 2012 et 46% de maisons qui ont été construites avant 2012.

Dans nos jours, nous assistons à une augmentation du bâti au détriment du couvert végétale dans les bassins versants des rivières Ntakangwa, Kanyosha et Muha traversant la ville de Bujumbura. Par conséquent, le taux d'infiltration diminue et le taux de ruissellement augmente exponentiellement. D'où il se remarque beaucoup de dégâts et menaces le long de ces rivières. Les dégâts les plus remarquables sont entre autres l'érosion, les éboulements des berges, les inondations, les glissements de terrain, les destructions des infrastructures tant publiques que privées (les routes, les écoles, les maisons d'habitation, etc.). La saison des pluies est une saison de stress pour la population riveraine des rivières traversant la ville de Bujumbura. Via des organisations tant nationales qu'internationales, le gouvernement du Burundi essaie de mettre en action des activités susceptibles de réduire ces dégâts mais il vaut mieux prévenir que guérir.

IV.2.5. Prédétermination des crues de la rivière Ntakangwa

Dans le but de faire la prédétermination des débits qui pourront arriver avec des probabilités de l'état de retour bien prédéterminer dans les années à venir sur les rivières faisant objet de notre étude; nous avons fait recours à l' IGEBU afin de nous approvisionner des données hydrométéorologiques. Mais malheureusement nous n'avons eu que très peu de données ne s'étendant que sur 7ans. Ces données ont été recueillies sur la station de l'IGEBU se trouvant sur la rivière Ntakangwa tout près de la BRARUDI. Signalons que plus on a des données de plusieurs années, plus on a des résultats beaucoup plus fiables. Mais nous nous sommes contentés de ces données qui ont été mises à notre disposition. Il existe plusieurs méthodes, mais nous avons utilisé la méthode de GUMBEL, la méthode des MOMENTS et la méthode de PEARSON III. Avec ces méthodes nous avons cherché à déterminer le débit maximum qui pourra arriver une fois les 2 ans, une fois les 5ans, une fois les 10 ans, une fois les 20 ans, une fois les 50 ans et une fois les 100ans en aidant des données de l'IGEBU. Cela va nous aider à savoir si les gabaris existants pourront laisser passer l'eau qui viendra avec ce débit. Les décideurs politiques auront une information très importante sur la vigilance à adopter lors de l'aménagement de la ville de Bujumbura. Le tableau 10 nous montre les plus grands débits journaliers par mois et par an.

**Tableau 10: Les grands débits journaliers par mois et par an depuis 2013 à 2019 sur la
Rivière Ntakangwa**

Années/Mois	Jan.	Fév.	Mars	Av.	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Max
2013	11.58	4.54	5.25	10.49	3.06	2.21	1.62	4.41	8.43	3.61	4.74	7.26	11.58
2014	6.88	13.60	6.40	11.14	4.21	2.24	1.57	1.62	4.54	13.14	13.60	7.64	13.60
2015	3.33	8.00	5.43	4.64	5.96	5.01	1.57	2.80	5.32	13.14	13.60	7.64	13.60
2016	23.10	19.17	19.89	18.77	16.92	5.39	3.83	3.76	10.49	14.15	3.95	14.29	23.10
2017	11.58	4.54	5.25	10.49	3.06	2.21	1.62	3.76	8.43	3.61	4.74	7.26	11.58
2018	9.65	17.42	11.84	28.08	19.94	8.79	10.24	6.51	5.29	14.15	16.92	9.74	28.08
2019	7.26	8.87	7.84	14.01	7.64	8.11	6.73	6.36	7.34	12.06	16.92	9.74	16.92

IV.2.5.1. Prédétermination des crues de la rivière Ntakangwa selon la Méthode de GUMBEL

La Méthode de GUMBEL nous permet de faire une analyse fréquentielle d'une longue série de débits maximaux. Elle nous permet d'estimer le temps de retour d'une valeur particulière. Cette prédiction repose sur la mise en œuvre d'un modèle fréquentiel qui est une équation décrivant (modélisant) le comportement statistique d'un processus.

Année	Débits max	rang r	Qcroiss	F(x)	U(x)	T(ans)	F(x)	U(x)	Q ajustée
2013	11.58	1	11.575	0.071	-0.970	2	0.5000	0.367	15.18
2014	13.60	2	11.575	0.214	-0.432	5	0.8000	1.500	21.14
2015	13.60	3	13.596	0.357	-0.029	10	0.9000	2.250	26.18
2016	23.10	4	13.596	0.500	0.367	20	0.9500	2.970	31.84
2017	11.58	5	16.923	0.643	0.817	50	0.9800	3.902	40.35
2018	28.08	6	23.0976	0.786	1.422	100	0.9900	4.600	47.61
2019	16.92	7	28.0826	0.929	2.602				

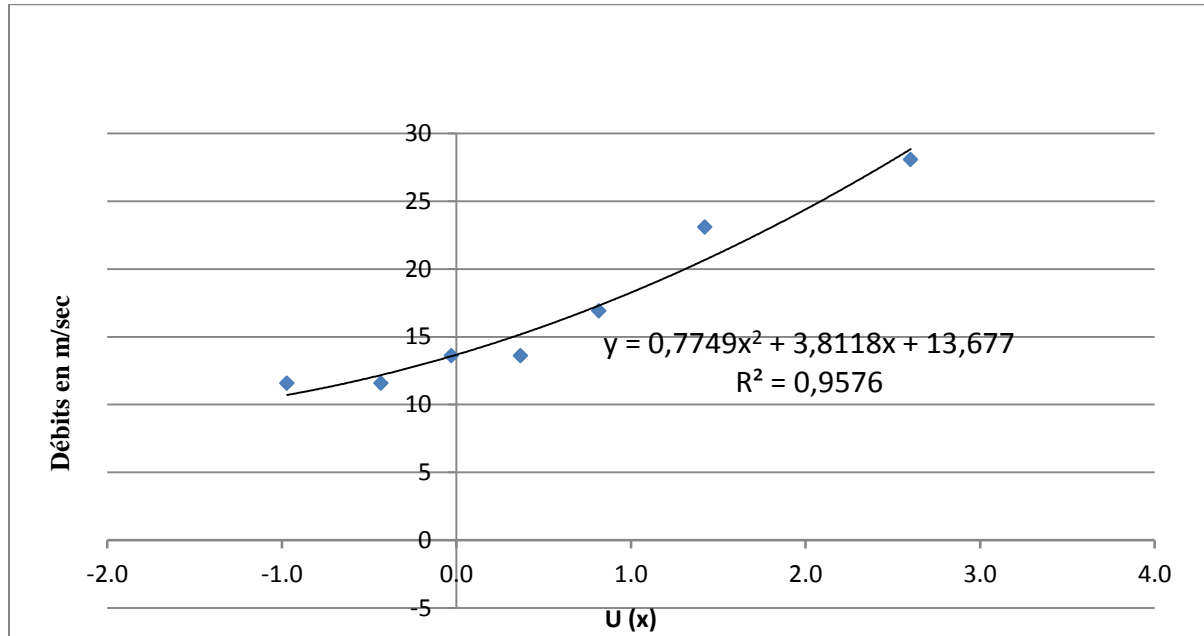


Figure 36. Diagramme de Gumbel

IV.2.5.2. Prédétermination des crues de la rivière Ntakangwa selon la méthode des MOMENTS

La méthode des moments est très proche de celle de GUMBEL mais elle inclut l'utilisation de l'écart-type qui est l'écart par rapport à la moyenne. On cherche le coefficient de corrélation des moments.

Année	Débits max	rang r	Qcroiss	F(x)	U(x)	Ecart-type	T(ans)	F(x)	U(x)	P _{ajustée}
2013	11.58	1	11.575	0.071	-0.970	6.35	2	0.5000	0.367	15.88
2014	13.60	2	11.575	0.214	-0.432		5	0.8000	1.500	21.49
2015	13.60	3	13.596	0.357	-0.029		10	0.9000	2.250	25.21
2016	23.10	4	13.596	0.500	0.367		20	0.9500	2.970	28.78
2017	11.58	5	16.923	0.643	0.817		50	0.9800	3.902	33.39
2018	28.08	6	23.098	0.786	1.422		100	0.9900	4.600	36.85
2019	16.92	7	28.083	0.929	2.602					

IV.2.5.3. Prédétermination des crues de la rivière Ntahangwa selon la méthode de PEARSON III

Elle est aussi proche de la méthode de GUMBEL mais On va chercher la probabilité de non dépassement

Année	Débits max	rang r	Q décroiss	Q _{moy}	(Ki-1) ²	Cv	T(ans)	Prob	Kpi	Qajustée
2013	11.58	1	28.08261	16.92	0.44	0.4	2	0.5	1.66	28.09
2014	13.60	2	23.09758	16.92	0.13		5	0.2	1.68	28.43
2015	13.60	3	16.92297	16.92	0.00		10	0.1	1.70	28.77
2016	23.10	4	13.59603	16.92	0.04		20	0.05	1.71	28.93
2017	11.58	5	13.59603	16.92	0.04		50	0.02	1.73	29.19
2018	28.08	6	11.57504	16.92	0.10		100	0.01	1.73	29.27
2019	16.92	7	11.57504	16.92	0.10					

Synthèse

Temps (ans)	2	5	10	20	50	100
Gumbel	15.1782	21.1379	26.1792	31.835	40.3484	47.6098
Moments	15.88	21.49	25.21	28.78	33.39	36.85
Pearson III	28.09	28.43	28.77	28.93	29.19	29.27
Moyenne	21.98	24.96	26.99	28.86	31.29	33.06
Hauteur	2.95	3.22	3.40	3.57	3.78	3.93

Après avoir fait la synthèse des résultats des trois méthodes, nous remarquons que la méthode de Gumbel s'écarte beaucoup plus aux deux autres méthodes car la méthode de Gumbel est beaucoup fiable quand on a des données qui s'étendent sur beaucoup d'années. C'est pourquoi nous avons calculé la moyenne par rapport à ces deux autres méthodes. A l'IGEBU on ne nous a pas donné la formule qui lie les hauteurs et les débits afin que nous puissions déterminer les hauteurs correspondantes aux débits déjà prédéterminés. Pour avoir la formule, nous nous sommes servis des données que nous avons déjà mesurées sur terrain. En comparant la hauteur mesurée (3m) sur terrain et les hauteurs prédéterminées (2.95m tous les 2ans, 3.22m tous les 5ans, 3.40m tous les 10ans, 3.57m tous les 20ans, 3.78m tous les 50ans et 3.93m tous les 100ans) nous avons remarqué que la hauteur pourra augmenter selon des années jusqu'à dépasser le niveau du pont. D'où il faut prendre toutes les dispositions nécessaires pour faire face à toutes les facteurs qui influencent l'augmentation du débit mais aussi protection des berges.

CHAPITRE V. CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATION

1. Conclusion générale

La présente étude visait à contribuer à l'aménagement de la ville de Bujumbura tout en améliorant les connaissances sur les principaux facteurs d'évolution des rivières traversant la ville de Bujumbura. Il était aussi question de quantifier les principaux patrons de la dynamique des berges des trois rivières (Ntahangwa, Kanyosha et Muha) qui traversent la ville de Bujumbura en mettant en relation les dégradations localisées et les contrastes paysagers pour voir s'il y a des relations de cause à effets.

Les résultats de notre étude montrent que la zone tampon de 25 m de largeur autour des rivières traversant la ville de Bujumbura n'est pas respectée car en parcourant les zones tampons de ces trois rivières depuis leurs exutoires avec le lac Tanganyika jusqu'en amont à la sortie de la ville de Bujumbura, nous avons trouvé beaucoup d'activités anthropiques se traduisant par les différentes formes de couverture du sol. On a également trouvé que la mesure n'était pas facile à mettre en œuvre. A part les maisons, nous avons trouvé d'autres structures anthropiques comme des déversoirs de caniveaux, des dépotoirs sauvages et des égouts en nombre très élevée.

La nature du sol de notre milieu d'étude est facilement érodable car composée par des matériaux qui ne sont pas suffisamment liés. La couverture végétale disparaît progressivement du jour au jour au détriment des infrastructures qui augmentent incessamment. D'où nous assistons souvent aux phénomènes d'érosions, d'inondations, d'éboulements et de glissement des berges car il y a la diminution de l'infiltration à cause de l'imperméabilisation du sol et de la destruction du couvert végétal.

De l'amont en aval des trois rivières, nous avons remarqué qu'en amont il y a beaucoup de phénomène d'érosion en profondeur tandis qu'au milieu il y a le dépôt de cailloux, l'érosion des berges et éboulements tandis qu'en aval on observe le dépôt du sable et des inondations très remarquable. L'augmentation du bâti dans la ville de Bujumbura et la topographie qui va en diminuant de l'amont en aval, vont amplifier l'ampleur des différentes formes de dégâts qu'on observe le long des rivières traversant la ville de Bujumbura.

Ces dégâts se produisent avec l'augmentation des débits des cours d'eau lors des fortes précipitations pendant la saison pluvieuse. C'est pourquoi, lors des différents aménagements, il faut prendre en considération les résultats de la prédétermination des débits qui pourront arriver dans les années à venir sur les rivières faisant objet de notre étude.

Le sujet étant trop vaste et complexe, nous n'affirmons nullement, l'avoir épuisé, mais nous sommes conscient d'avoir mis à la disposition des autres chercheurs un document de base très utile concernant les facteurs physiques et anthropiques caractéristiques de l'organisation spatiale des rives des cours d'eau traversant la ville de Bujumbura; raison pour laquelle nous invitons nos successeurs à poursuivre cette recherche afin de mieux approfondir le sujet.

2. Recommandations

Aux décideurs politiques :

- Un plan d'urbanisation;
- L'élaboration des lois devrait partir des données de base pour éviter des documents législatifs difficile à mettre en œuvre;
- La loi devrait être respectée et des textes de mise en application élaborés
- Aujourd'hui on recommanderait de mettre en place des infrastructures publiques d'assainissement pour éviter l'érosion et la pollution au niveau des berges de ces rivières

A la population :

- De respecter la loi
- De s'approprier des problèmes environnementaux afin de prendre toutes les mesures possibles de prévention.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. AWA NKUBONAGE, D. (2017). Etude de la stabilité de la rivière Ntahangwa : « Cas du renforcement de la stabilité de pont de la chaussée Peuple Murundi », 89p.
2. Bergen, D., (1983). Contribution à la connaissance des régions naturelles du Burundi : Régions naturelle de l'Imbo, vol II, partie b. Bujumbura.
3. BISORE, S. (2006). La problématique climatique au Burundi : analyse de la contribution du pays, risques de dommages potentiels, politique d'adaptation et comparaison dans le contexte global. *Université Libre de Bruxelles*, 88p.
4. Bizimana, A. (2017).: Gestion de l'espace alluvial des rivières dynamiques, enjeux et problèmes, cas de la NTAHANGWA
5. Boy, D. (2009). La place de la question environnementale dans le débat public. *Regards croisés sur l'économie*, 6(2), 48-55.
6. Désiré, K., Lahsen, A. B., Mahfoud, B., Olivier, D., Abdellah, A., & Tarik, B. (2018). Landslides susceptibility assessment using AHP method in Kanyosha watershed (Bujumbura-Burundi): Urbanisation and management impacts. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 149, p. 02071). EDP Sciences.
7. Hörchner, F., Schlichting, H., Merker, M., Winkler, G., & Mulier, I. (1981). La répartition des helminthes chez les veaux au Burundi. *Ann. Soc. belge Méd. trop*, 61, 413
8. IRYAMUKURU, P. (2014)., Contribution à l'analyse des causes de la ruine des ouvrages d'art aménagés sur la rivière Kanyosha : Cas de la passerelle reliant les quartiers Gisyo et Kibenga, . 99p.
9. LES TRAVAUX, E. D. F. P. (2003). Etude d'impact sur l'environnement.
10. MUHIGIRWA, G. (2011). L'approche de prévention et de gestion des risques naturels au Burundi et le droit international de l'environnement,. 28p.
11. Nahimana, L. (2010) S. Nature et importance de l'érosion catastrophique dans la région du Kivu, Congo (ROC). *Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens Contribution à l'agroécologie*, 34p.
12. NDAYAHOZE, J.M. (2007). Contribution à l'étude de la flore et de la végétation des berges des rivières de la ville de Bujumbura : Cas des rivières Ntahanga, Muha et Kanyosha, 125p.

13. Ndikubwayo, E. (2019). Contribution de la télédétection et des systèmes d'information géographique (sig) dans l'étude de la dynamique spatio-temporelle de l'environnement urbain et périurbain de la partie nord de la mairie de Bujumbura, Burundi.
14. Nibigira, L., Havenith, H. B., Archambeau, P., & Dewals, B. (2018). Formation, breaching and flood consequences of a landslide dam near Bujumbura, Burundi. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18, 1867-1890.
15. NSAVYIMANA, N. (2015). -421. Modélisation des processus physiques et biologiques dans des fosses septiques et voies de valorisation des boues de vidange : application à Bujumbura-Burundi, . 298p.
16. Ntunzwenimana, D. (2016). : Contribution à l'évaluation de l'impact des activités anthropiques pratiquées dans les zones tampons des affluents du lac Tanganyika sur l'Ichtyofaune : cas des rivières Ntahangwa et Mutimbuzi
17. NZIGIDAHERA, B. (2012). Description du Burundi : Aspects physiques. *MEEATU, Bujumbura*, 10p.
18. Riveros, C., & Nijimbere, G. (2019). Application of the SWAT model focused on the volume of sediments discharged by the Ntahangwa, Muha and Kanyosha rivers in the city of Bujumbura Mairie.
19. Riveros, C., & Nijimbere, G. Application of the SWAT model focused on the volume of sediments discharged by the Ntahangwa, Muha and Kanyosha rivers in the city of Bujumbura Mairie.
20. Sadiki, A., Faleh, A., Zêzere, J. L., & Mastass, H. (2009). Quantification de l'Erosion en Nappes dans le Bassin Versant de l'Oued Sahla-Rif Central Maroc. *Cahiers Géographiques*, 6, 59.
21. Sahiri, C. (1989). Contribution des affluents de la Ntahangwa dans la pollution du Lac Tanganyika. *Revue de l'Université du Burundi. Série, Sciences exactes*, (10), 29-40.
22. Sindayihebura, B. (2005). *De l'Imbo au Mirwa. Dynamique de l'occupation du sol, croissance urbaine et risques naturels dans la région de Bujumbura (Burundi)* (Doctoral dissertation, Toulouse 2).
23. Vandelannoote, A., Robberecht, H., Deelstra, H., Vyumvuhore, F., Bitetera, L., & Ollevier, F. (1996). The impact of the River Ntahangwa, the most polluted Burundian

affluent of Lake Tanganyika, on the water quality of the lake. *Hydrobiologia*, 328(2), 161-171.

24. Yongue-Fouateu, R., Baboulé, Z. B., Temgoua, E., & Bitom, D. L. (2000). Erosion hydrique en milieu urbain: le cas du site d'oyomabang dans la ville de Yaoundé. *Influence de l'homme sur l'érosion: bassins versants, élevage, milieux urbain et rural. Bull du réseau érosion*, 20(2), 332-341.
25. Yu, C., Chen, S. S., Zhang, L., Gao, Q., Wang, Z., & Shen, Q. (2018). Changes in water quality of the rivers discharging into Lake Tanganyika in Bujumbura, Burundi. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 21(2), 201-212.

ANNEXES

Annexe 1: Caractéristiques hydromorphologiques de la Rivières NTAHANGWA

Zones	Troçons	Hauteur	Largeur	Hauteur/ Largeur	Texture du sol	Troçons	Hauteur	Largeur	Hauteur/ Largeur	Texture du sol	Différence de hauteur
Nt-P_Av	Ntah_1G	1	100	0,01	Aluvionnaire	Ntah_1D	6	10	0,6	Aluvionnaire	5
Nt-P_Av	Ntah_2G	4	100	0,04	sableux	Ntah_2D	5	10	0,5	sableux	1
Nt-P_Av	Ntah_3G	3	20	0,15	sableux	Ntah_3D	5	20	0,25	sableux	2
Nt-P_Av	Ntah_4G	5	8	0,625	sableux	Ntah_4D	3	8	0,375	sableux	-2
Nt-C_Ur	Ntah_5G	3,6	8	0,45	sableux	Ntah_5D	3,2	8	0,4	sableux	-0,4
Nt-C_Ur	Ntah_6G	6	25	0,24	sableux	Ntah_6D	3	25	0,12	sableux	-3
Nt-C_Ur	Ntah_7G	20	8	2,5	sableux	Ntah_7D	5	6	0,83333	sableux	-15
Nt-C_Ur	Ntah_8G	0,2	25	0,008	sableux	Ntah_8D	3	25	0,12	sableux	2,8
Nt-C_Ur	Ntah_9G	15	40	0,375	sableux	Ntah_9D	6	40	0,15	sableux	-9
Nt-C_Ur	Ntah_10G	15	1	15	Argileux	Ntah_10D	5	15	0,33333	Argileux	-10
Nt-C_Ur	Ntah_11G	13	8	1,625	Argileux	Ntah_11D	8	8	1	Argileux	-5
Nt-C_Ur	Ntah_12G	14	6	2,33333	Limoneux	Ntah_12D	8	6	1,33333	Argileux	-6
Nt-C_Ur	Ntah_13G	14	8	1,75	sableux	Ntah_13D	8	8	1	Sableux	-6
Nt-C_Ur	Ntah_14G	20	10	2	Limoneux	Ntah_14D	10	10	1	Limoneux	-10
Nt-C_Ur	Ntah_15G	20	12	1,66666	sableux	Ntah_15D	10	12	0,83333	sableux	-10
Nt-C_Ur	Ntah_16G	20	15	1,33333	sableux	Ntah_16D	15	15	1	sableux	-5
Nt-P_Am	Ntah_17G	10	8	1,25	sableux	Ntah_17D	20	20	1	sableux	10
Nt-P_Am	Ntah_18G	10	8	1,25	Limoneux	Ntah_18D	10	8	1,25	Argileux	0
Nt-P_Am	Ntah_19G	25	10	2,5	Argileux	Ntah_19D	10	5	2	Argileux	-15
Nt-P_Am	Ntah_20G	20	10	2	Argileux	Ntah_20D	15	10	1,5	Limoneux	-5

Annexe 2: Caractéristiques hydromorphologiques de la Rivières MUHA

Zones	Troçons	Hauteur	Largeur	Hauteur/ Largeur	Texture du sol	Troçons	Hauteur	Largeur	Hauteur/ Largeur	Texture du sol	Différence de hauteur
Mu-P_Av	Muha_1G	0,1	20	0,005	Limoneux	Muha_1D	2,5	20	0,125	Limoneux	2,4
Mu-P_Av	Muha_2G	3	8	0,375	Limoneux	Muha_2D	3	8	0,375	Limoneux	0
Mu-P_Av	Muha_3G	5	20	0,25	Limoneux	Muha_3D	5	20	0,25	Limoneux	0
Mu-P_Av	Muha_4G	0,3	20	0,015	Sableux	Muha_4D	1	20	0,05	Sableux	0,7
Mu-C_Ur	Muha_5G	3	8	0,375	Sableux	Muha_5D	3	8	0,375	Sableux	0
Mu-C_Ur	Muha_6G	8	15	0,533333	Sableux	Muha_6D	8	15	0,533333	Sableux	0
Mu-C_Ur	Muha_7G	8	10	0,8	Sableux	Muha_7D	8	10	0,8	Sableux	0
Mu-C_Ur	Muha_8G	6	40	0,15	Argileux	Muha_8D	6	40	0,15	Argileux	0
Mu-C_Ur	Muha_9G	6	15	0,4	Argileux	Muha_9D	6	15	0,4	Argileux	0
Mu-C_Ur	Muha_10G	10	15	0,666667	Sableux	Muha_10D	10	15	0,666667	Sableux	0
Mu-C_Ur	Muha_11G	5	10	0,5	Argileux	Muha_11D	10	10	1	Argileux	5
Mu-C_Ur	Muha_12G	15	8	1,875	Limoneux	Muha_12D	15	8	1,875	Limoneux	0
Mu-P_Am	Muha_13G	7	9	0,777778	Argileux	Muha_13D	15	9	1,666667	Limoneux	8
Mu-P_Am	Muha_14G	15	4	3,75	Sableux	Muha_14D	20	4	5	Sableux	5
Mu-P_Am	Muha_15G	30	6	5	Sableux	Muha_15D	15	6	2,5	Sableux	-15
Mu-P_Am	Muha_16G	10	15	0,666667	Sableux	Muha_16D	12	15	0,8	Sableux	2

Annexe 3: Caractéristiques hydromorphologiques de la Rivières KANYOSHA

Zones	Tronçons	Hauteur	Largeur	Hauteur/ Largeur	Texture du sol	Tronçons	Hauteur	Largeur	Hauteur/ Largeur	Texture du sol	Différence
Kan-P_Av	Kany_1G	0,3	100	0,003	Limoneux	Kany_1D	0,3	100	0,003	Limoneux	0
Kan-P_Av	Kany_2G	0,3	100	0,003	Limoneux	Kany_2D	0,3	100	0,003	Limoneux	0
Kan-P_Av	Kany_3G	0,5	100	0,005	Limoneux	Kany_3D	0,5	100	0,005	Limoneux	0
Kan-P_Av	Kany_4G	1,5	100	0,015	Limoneux	Kany_4D	1,5	100	0,015	Limoneux	0
Kan-C_Ur	Kany_5G	1	80	0,0125	Sableux	Kany_5D	2	80	0,025	Sableux	1
Kan-C_Ur	Kany_6G	2	15	0,13333	Argileux	Kany_6D	1	15	0,06666	Argileux	-1
Kan-C_Ur	Kany_7G	2	10	0,2	Argileux	Kany_7D	2	10	0,2	Argileux	0
Kan-C_Ur	Kany_8G	1,5	100	0,015	Argileux	Kany_8D	1,5	100	0,015	Argileux	0
Kan-C_Ur	Kany_9G	1	20	0,05	Sableux	Kany_9D	1	20	0,05	Sableux	0
Kan-C_Ur	Kany_10G	6	10	0,6	Sableux	Kany_10D	6	10	0,6	Sableux	0
Kan-C_Ur	Kany_11G	3	15	0,2	Sableux	Kany_11D	2	15	0,13333	Sableux	-1
Kan-C_Ur	Kany_12G	6	20	0,3	Sableux	Kany_12D	6	20	0,3	Sableux	0
Kan-P_Am	Kany_13G	3	15	0,2	Sableux	Kany_13D	8	15	0,53333	Sableux	-5
Kan-P_Am	Kany_14G	20	12	1,66667	Limoneux	Kany_14D	8	12	0,66666	Limoneux	-12
Kan-P_Am	Kany_15G	15	12	1,25	Sableux	Kany_15D	15	12	1,25	Sableux	0
Kan-P_Am	Kany_16G	12	7	1,71428	Sableux	Kany_16D	12	7	1,71428	Sableux	0

Annexe 4: Caractéristiques Végétatifs sur la Rivière NTAHANGWA

Zones	Troçons	Couverture arborée en %	Couverture herbeuse en %	Sol nu en %	Sol bati en %	Troçons	Couverture arborée en %	Couverture herbeuse en %	Sol nu en %	Sol bati en %
Nt-P_Av	Ntah_1G	0	95	5	0	Ntah_1D	0	80	15	5
Nt-P_Av	Ntah_2G	0	50	0	50	Ntah_2D	0	30	0	70
Nt-P_Av	Ntah_3G	0	10	10	80	Ntah_3D	0	10	10	80
Nt-P_Av	Ntah_4G	0	30	5	65	Ntah_4D	0	35	10	55
Nt-C_Ur	Ntah_5G	0	10	10	80	Ntah_5D	0	10	0	90
Nt-C_Ur	Ntah_6G	0	10	10	80	Ntah_6D	10	5	5	80
Nt-C_Ur	Ntah_7G	0	5	15	80	Ntah_7D	5	5	5	85
Nt-C_Ur	Ntah_8G	10	50	10	30	Ntah_8D	5	20	15	60
Nt-C_Ur	Ntah_9G	35	65	0	0	Ntah_9D	30	70	0	0
Nt-C_Ur	Ntah_10G	10	90	0	0	Ntah_10D	5	20	0	75
Nt-C_Ur	Ntah_11G	5	85	10	0	Ntah_11D	20	80	0	0
Nt-C_Ur	Ntah_12G	10	90	0	0	Ntah_12D	10	70	0	20
Nt-C_Ur	Ntah_13G	20	70	5	5	Ntah_13D	10	50	10	30
Nt-C_Ur	Ntah_14G	15	50	5	30	Ntah_14D	10	40	20	30
Nt-C_Ur	Ntah_15G	50	40	5	5	Ntah_15D	20	60	10	10
Nt-C_Ur	Ntah_16G	20	10	65	5	Ntah_16D	30	20	45	5
Nt-P_Am	Ntah_17G	40	30	10	20	Ntah_17D	20	30	10	40
Nt-P_Am	Ntah_18G	40	40	10	10	Ntah_18D	40	50	10	0
Nt-P_Am	Ntah_19G	20	30	10	40	Ntah_19D	30	60	10	0
Nt-P_Am	Ntah_20G	20	30	20	30	Ntah_20D	20	30	20	30

Annexe 5: Caractéristiques végétatifs de la Rivières MUHA

Zones	Troçons	Couverture arborée en %	Couverture herbeuse en %	Sol nu en %	Sol bati en %	Troçons	Couverture arborée en %	Couverture herbeuse en %	Sol nu en %	Sol bati en %
Mu-P-Av	Muha_1G	1	98	1	0	Muha_1D	1	98	1	0
Mu-P-Av	Muha_2G	20	60	0	20	Muha_2D	20	70	0	10
Mu-P-Av	Muha_3G	20	40	10	30	Muha_3D	20	40	10	30
Mu-P-Av	Muha_4G	20	60	0	20	Muha_4D	20	60	0	20
Mu-C-Ur	Muha_5G	50	20	10	30	Muha_5D	50	20	10	30
Mu-C-Ur	Muha_6G	50	30	10	10	Muha_6D	50	30	10	10
Mu-C-Ur	Muha_7G	70	20	5	5	Muha_7D	70	20	5	5
Mu-C-Ur	Muha_8G	75	20	2	3	Muha_8D	75	20	2	3
Mu-C-Ur	Muha_9G	75	20	2	3	Muha_9D	75	20	2	3
Mu-C-Ur	Muha_10G	60	35	2	3	Muha_10D	60	35	2	3
Mu-C-Ur	Muha_11G	45	50	0	5	Muha_11D	45	50	0	5
Mu-C-Ur	Muha_12G	40	50	5	5	Muha_12D	40	50	5	5
Mu-P-Am	Muha_13G	40	60	0	0	Muha_13D	40	60	0	0
Mu-P-Am	Muha_14G	40	55	0	5	Muha_14D	40	55	0	5
Mu-P-Am	Muha_15G	40	55	0	5	Muha_15D	40	55	0	5
Mu-P-Am	Muha_16G	30	50	18	2	Muha_16D	30	50	18	2

Annexe 6: Caractéristiques Végétatifs sur la Rivière KANYOSHA

Zones	Troçons	Couverture arborée en %	Couverture herbeuse en %	Sol nu en %	Sol bati en %	Troçons	Couverture arborée en %	Couverture herbeuse en %	Sol nu en %	Sol bati en %
Kan-P_Av	Kany_1G	0	90	10	0	Kany_1D	0	90	10	0
Kan-P_Av	Kany_2G	0	90	10	0	Kany_2D	0	90	10	0
Kan-P_Av	Kany_3G	0	95	5	0	Kany_3D	0	95	3	2
Kan-P_Av	Kany_4G	0	94	5	1	Kany_4D	0	65	5	30
Kan-C_Ur	Kany_5G	30	60	5	5	Kany_5D	10	35	5	50
Kan-C_Ur	Kany_6G	5	15	30	50	Kany_6D	5	15	30	50
Kan-C_Ur	Kany_7G	5	15	10	70	Kany_7D	5	15	10	70
Kan-C_Ur	Kany_8G	20	10	30	40	Kany_8D	30	10	20	40
Kan-C_Ur	Kany_9G	10	10	50	30	Kany_9D	30	10	30	30
Kan-C_Ur	Kany_10G	5	15	50	30	Kany_10D	30	30	10	30
Kan-C_Ur	Kany_11G	2	10	5	83	Kany_11D	2	10	5	83
Kan-C_Ur	Kany_12G	10	10	30	60	Kany_12D	10	20	20	50
Kan-P_Am	Kany_13G	15	20	15	50	Kany_13D	15	20	15	50
Kan-P_Am	Kany_14G	2	5	8	85	Kany_14D	10	10	10	70
Kan-P_Am	Kany_15G	40	20	10	30	Kany_15D	40	20	10	30
Kan-P_Am	Kany_16G	5	20	50	25	Kany_16D	5	20	50	25

Annexe 7: Caractéristiques des structures anthropiques de la Rivière NTAHANGWA

Zones	Tronçons	Déversoir caniveau	Egouts	Dépotoir sauvage	Tronçons	Déversoir caniveau	Egouts	Dépotoir sauvage
Nt-P_Av	Ntah_1G	0	0	0	Ntah_1D	0	0	0
Nt-P_Av	Ntah_2G	0	0	0	Ntah_2D	0	0	0
Nt-P_Av	Ntah_3G	1	0	7	Ntah_3D	0	0	0
Nt-P_Av	Ntah_4G	2	1	6	Ntah_4D	0	0	0
Nt-C_Ur	Ntah_5G	5	0	5	Ntah_5D	0	5	0
Nt-C_Ur	Ntah_6G	1	1	4	Ntah_6D	0	0	3
Nt-C_Ur	Ntah_7G	1	5	3	Ntah_7D	0	0	0
Nt-C_Ur	Ntah_8G	0	1	3	Ntah_8D	1	0	0
Nt-C_Ur	Ntah_9G	0	0	0	Ntah_9D	0	2	1
Nt-C_Ur	Ntah_10G	1	0	2	Ntah_10D	0	4	5
Nt-C_Ur	Ntah_11G	1	0	0	Ntah_11D	0	0	0
Nt-C_Ur	Ntah_12G	0	0	0	Ntah_12D	1	1	1
Nt-C_Ur	Ntah_13G	0	0	1	Ntah_13D	0	3	0
Nt-C_Ur	Ntah_14G	1	1	1	Ntah_14D	1	0	1
Nt-C_Ur	Ntah_15G	0	0	0	Ntah_15D	2	0	2
Nt-C_Ur	Ntah_16G	1	0	1	Ntah_16D	1	0	0
Nt-P_Am	Ntah_17G	1	1	1	Ntah_17D	1	1	9
Nt-P_Am	Ntah_18G	0	0	3	Ntah_18D	0	0	0
Nt-P_Am	Ntah_19G	0	0	0	Ntah_19D	0	1	0
Nt-P_Am	Ntah_20G	2	1	3	Ntah_20D	2	1	5

Annexe 8: Caractéristiques des structures anthropiques de la Rivière MUHA

	Tronçons	Déversoir caniveau	Egouts	Dépotoir sauvage	Tronçons	Déversoir caniveau	Egouts	Dépotoir sauvage
Mu-P_Av	Muha_1G	0	0	0	Muha_1D	0	0	0
Mu-P_Av	Muha_2G	0	1	2	Muha_2D	0	0	0
Mu-P_Av	Muha_3G	0	0	1	Muha_3D	0	0	0
Mu-P_Av	Muha_4G	0	0	1	Muha_4D	0	0	1
Mu-C_Ur	Muha_5G	0	0	0	Muha_5D	1	0	1
Mu-C_Ur	Muha_6G	2	1	1	Muha_6D	1	0	1
Mu-C_Ur	Muha_7G	1	0	0	Muha_7D	1	2	2
Mu-C_Ur	Muha_8G	1	0	0	Muha_8D	0	0	0
Mu-C_Ur	Muha_9G	0	1	0	Muha_9D	1	0	0
Mu-C_Ur	Muha_10G	2	1	1	Muha_10D	0	0	0
Mu-C_Ur	Muha_11G	0	0	0	Muha_11D	1	0	0
Mu-C_Ur	Muha_12G	1	0	3	Muha_12D	1	0	0
Mu-P_Am	Muha_13G	0	1	0	Muha_13D	0	2	0
Mu-P_Am	Muha_14G	1	2	2	Muha_14D	0	0	0
Mu-P_Am	Muha_15G	0	0	1	Muha_15D	0	0	0
Mu-P_Am	Muha_16G	1	0	0	Muha_16D	2	0	0

Annexe 9: Caractéristiques des structures anthropiques de la Rivière KANYOSHA

Zones	Tronçons	Déversoir caniveau	Egouts	Dépotoir sauvage	Tronçons	Déversoir caniveau	Egouts	Dépotoir sauvage
Kan-P_Av	Kany_1G	0	0	0	Kany_1D	0	0	0
Kan-P_Av	Kany_2G	0	0	0	Kany_2D	0	0	0
Kan-P_Av	Kany_3G	0	0	0	Kany_3D	0	0	0
Kan-P_Av	Kany_4G	0	0	0	Kany_4D	0	0	0
Kan-C_Ur	Kany_5G	0	0	0	Kany_5D	0	0	0
Kan-C_Ur	Kany_6G	0	0	0	Kany_6D	0	0	0
Kan-C_Ur	Kany_7G	0	0	1	Kany_7D	0	0	0
Kan-C_Ur	Kany_8G	1	0	2	Kany_8D	0	0	2
Kan-C_Ur	Kany_9G	0	0	2	Kany_9D	0	0	1
Kan-C_Ur	Kany_10G	2	0	4	Kany_10D	0	0	3
Kan-C_Ur	Kany_11G	1	2	4	Kany_11D	2	0	8
Kan-C_Ur	Kany_12G	0	0	2	Kany_12D	1	2	6
Kan-P_Am	Kany_13G	1	1	4	Kany_13D	2	0	3
Kan-P_Am	Kany_14G	2	2	6	Kany_14D	1	0	2
Kan-P_Am	Kany_15G	1	0	2	Kany_15D	3	0	4
Kan-P_Am	Kany_16G	1	0	2	Kany_16D	1	0	3

Annexe 10: Nature du bâti autour de la Rivière NTAHANGWA

Zones	Tronçons	Fondation et béton	Fondation et mur crépus	Maison non en dur	Av. 2012	Ap. 2012	Tronçons	Fondation et béton	Fondation et mur crépus	Maison non en dur	Av. 2012	Ap. 2012
Nt-P_Av	Ntah_1G	0	0	6	0	6	Ntah_1D	2	0	0	0	0
Nt-P_Av	Ntah_2G	0	0	1	1	0	Ntah_2D	1	0	0	0	1
Nt-P_Av	Ntah_3G	1	1	4	4	2	Ntah_3D	4	2	0	1	5
Nt-P_Av	Ntah_4G	0	4	5	5	4	Ntah_4D	4	0	0	4	0
Nt-C_Ur	Ntah_5G	3	6	0	7	2	Ntah_5D	1	0	0	0	1
Nt-C_Ur	Ntah_6G	4	5	10	9	10	Ntah_6D	3	0	0	0	3
Nt-C_Ur	Ntah_7G	1	4	2	3	4	Ntah_7D	4	0	0	2	2
Nt-C_Ur	Ntah_8G	2	0	4	2	4	Ntah_8D	2	0	1	0	3
Nt-C_Ur	Ntah_9G	0	0	0	0	0	Ntah_9D	4	1	0	2	3
Nt-C_Ur	Ntah_10G	0	0	0	0	0	Ntah_10D	10	2	1	9	4
Nt-C_Ur	Ntah_11G	0	0	0	0	0	Ntah_11D	0	0	0	0	0
Nt-C_Ur	Ntah_12G	0	0	0	0	0	Ntah_12D	6	0	0	4	2
Nt-C_Ur	Ntah_13G	1	0	1	0	2	Ntah_13D	1	0	0	0	1
Nt-C_Ur	Ntah_14G	15	0	0	15	0	Ntah_14D	3	0	0	0	3
Nt-C_Ur	Ntah_15G	3	0	0	0	3	Ntah_15D	2	0	1	0	3
Nt-C_Ur	Ntah_16G	0	0	0	0	0	Ntah_16D	0	0	0	0	0
Nt-P_Am	Ntah_17G	3	0	2	5	0	Ntah_17D	0	2	10	10	2
Nt-P_Am	Ntah_18G	3	0	5	3	5	Ntah_18D	0	0	0	0	0
Nt-P_Am	Ntah_19G	5	1	4	5	5	Ntah_19D	0	0	0	0	0
Nt-P_Am	Ntah_20G	1	1	2	2	2	Ntah_20D	3	0	1	1	3

Annexe 11: Nature du bâti autour de la Rivière MUHA

	Tronçons	Fondation et béton	Fondation et mur crépus	Maison non en dur	Av. 2012	Ap. 2012	Tronçons	Fondation et béton	Fondation et mur crépus	Maison non en dur	Av. 2012	Ap. 2012
Mu-P_Av	Muha_1G	0	0	0	0	0	Muha_1D	0	0	0	0	0
Mu-P_Av	Muha_2G	4	0	5	2	2	Muha_2D	1	0	0	0	1
Mu-P_Av	Muha_3G	5	0	0	10	0	Muha_3D	3	0	0	0	3
Mu-P_Av	Muha_4G	3	0	0	3	0	Muha_4D	0	0	0	1	2
Mu-P_Av	Muha_5G	4	0	1	4	0	Muha_5D	4	0	0	4	0
Mu-C_Ur	Muha_6G	2	0	0	0	2	Muha_6D	2	0	0	0	3
Mu-C_Ur	Muha_7G	2	0	0	0	2	Muha_7D	1	0	0	0	1
Mu-C_Ur	Muha_8G	1	0	0	0	1	Muha_8D	1	0	0	0	1
Mu-C_Ur	Muha_9G	2	0	2	1	1	Muha_9D	1	0	0	0	1
Mu-C_Ur	Muha_10G	2	0	0	0	2	Muha_10D	0	0	0	0	0
Mu-C_Ur	Muha_11G	3	0	0	0	3	Muha_11D	3	0	0	0	3
Mu-C_Ur	Muha_12G	1	0	0	0	1	Muha_12D	1	0	0	0	1
Mu-P_Am	Muha_13G	0	0	0	0	0	Muha_13D	0	0	0	0	0
Mu-P_Am	Muha_14G	4	0	0	2	2	Muha_14D	2	0	0	2	0
Mu-P_Am	Muha_15G	1	0	0	0	1	Muha_15D	1	0	2	0	3
Mu-P_Am	Muha_16G	1	0	0	0	1	Muha_16D	0	0	0	0	0

Annexe 12: Nature du bâti autour de la Rivière KANYOSHA

Zones	Tronçons	Fondation et béton	Fondation et mur crépus	Maison non en dur	Av. 2012	Ap. 2012	Tronçons	Fondation et béton	Fondation et mur crépus	Maison non en dur	Av. 2012	Ap. 2012
Kan-P_Av	Kany_1G	0	0	0	0	0	Kany_1D	0	0	0	0	0
Kan-P_Av	Kany_2G	0	0	0	0	0	Kany_2D	0	0	0	0	0
Kan-P_Av	Kany_3G	0	0	0	0	0	Kany_3D	2	0	1	0	3
Kan-P_Av	Kany_4G	1	0	0	0	1	Kany_4D	10	0	0	0	10
Kan-C_Ur	Kany_5G	1	0	0	0	1	Kany_5D	6	0	0	0	6
Kan-C_Ur	Kany_6G	5	0	0	2	3	Kany_6D	8	0	0	3	5
Kan-C_Ur	Kany_7G	4	2	5	3	8	Kany_7D	7	0	0	2	5
Kan-C_Ur	Kany_8G	8	0	0	3	5	Kany_8D	3	0	1	1	3
Kan-C_Ur	Kany_9G	10	1	0	2	8	Kany_9D	2	0	1	0	3
Kan-C_Ur	Kany_10G	8	0	4	5	3	Kany_10D	1	0	1	1	1
Kan-C_Ur	Kany_11G	12	2	2	8	8	Kany_11D	10	0	2	8	4
Kan-C_Ur	Kany_12G	3	2	3	3	5	Kany_12D	4	0	3	2	5
Kan-P_Am	Kany_13G	6	0	0	1	5	Kany_13D	4	2	0	1	4
Kan-P_Am	Kany_14G	6	2	3	8	3	Kany_14D	5	0	4	6	3
Kan-P_Am	Kany_15G	7	0	1	5	2	Kany_15D	6	0	1	5	2
Kan-P_Am	Kany_16G	11	0	3	8	4	Kany_16D	9	0	2	8	3