UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Stratégies de gestion des zones à haut risque d'inondation : cas du delta de la Rusizi et la partie nord-est (entre la Riviere Muha et la Riviere Ntahangwa) du Lac Tanganyika

Bigirimana, Jacques; Directeur : Dr. Nkunzimana Athanase

2024
UB, FLSH
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/1657

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES LETTRES ET SCIENCES HUMAINES

MASTER EN SOCIETES, POUVOIRS, TERRITOIRES ET DEVELOPPEMENT DURABLE (SPTD)

STRATEGIES DE GESTION DES ZONES A HAUT RISQUE D'INONDATION : CAS DU DELTA DE LA RUSIZI ET LA PARTIE NORD-EST (ENTRE LA RIVIERE MUHA ET LA RIVIERE NTAHANGWA) DU LAC TANGANYIKA.

par :

BIGIRIMANA Jacques

Directeur :

Dr. NKUNZIMANA Athanase

Mémoire présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention d'un diplôme de Master en Sociétés, Pouvoirs, Territoires et Développement Durable

Filière : Aménagement

Bujumbura, septembre 2024

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY

Président du jury : Pr· Jean Marie SABUSHIMIKE

Directeur du mémoire : Dr· Athanase NKUNZIMANA

Secrétaire du jury : Dr· Apollinaire NIYONKURU

DEDICACE

A Dieu tout puissant

A Mes chers parents ; et beaux-parents

A Ma très chère épouse IRADUKUNDA Sandrine

A Mon cher enfant AHISHAKIYE Fanny Aurette

A Mes Frères et Sœurs

A tous ceux qui me sont chers

Je dédie ce travail.

REMERCIMENTS

Au terme de ce travail, une occasion très bonne et heureuse, nous est offerte pour exprimer notre profonde gratitude à l'endroit de toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à sa réalisation.

Nos remercîments les plus sincères sont spécialement portés à mes parents pour tous leurs sacrifices et leur affection qu'ils n'ont pas cessé de témoigner.

Du même coup, nous remercions sincèrement mon épouse, qui a toujours été à mon côté et pour ses encouragements pour pouvoir terminer mon travail. Que Dieu tout puissant lui donne également son mérite. Nos remerciments vont également à l'endroit de mes frères et sœurs qui nous ont soutenus.

Une mention la plus particulière est réservée au professeur NKUNZIMANA Athanase, directeur de ce mémoire, qui a accepté de diriger nos premiers pas de recherche malgré ses multiples obligations, son amour du travail, ses conseils et sa ruguer scientifique constituent le véritable pilier du présent travail. Qu'il trouve à travers chacune de ces lignes, le couronnement de ses efforts.

Nous exprimons nos sentiments de reconnaissances à tous nos enseignants de l'école primaire au secondaire, aux professeurs de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines, particulièrement ceux du Département de Sociétés, Pouvoirs, Territoires et Développement Durable, pour la formation tant morale qu'intellectuelle dont ils nous ont dotés.

A tous nos amis, à tous les étudiants qui ont témoignés amitié et sympathie ainsi qu'à nos camarades de classe avec qui nous avons partagés joies et peines durant nos séjours à l'Université du Burundi, ici nous notons particulièrement les personnes de NDAYIKENGURUKIYE Thérence et BUCUMI Aloys, nous leur assurons notre sentiment de profonde gratitude.

Enfin, que toute âme qui, de près ou de loin, nous a prêté main forte, trouve ici la joie de son action.

Jacques BIGIRIMANA

RESUME

Ce travail de mémoire est intitulé : « Stratégies de gestion des zones à haut risque d'inondation : cas du delta de la Rusizi et la partie Nord-Est du Lac Tanganyika ». C'est une partie qui est située à l'ouest du Burundi. Elle comprend la zone de Gatumba, une partie de Rukaramu et la partie Nord-Est du Lac Tanganyika. La partie de Gatumba est délimitée à Ouest par la petite blanche de la rivière Rusizi et à l'Est par la colline Buringa. Au Sud, elle fait frontière avec le Lac Tanganyika. La partie Nord-Est du Lac Tanganyika est délimité au Nord par la RN4, à l'Est par l'avenue du large, à l'Ouest par le Lac Tanganyika et au Sud par la rivière Muha.

Le choix de travailler sur cette zone s'inspire des cas des inondations régulières annuelles qu'on y observe et qui causent d'énormes dégâts. La disposition morphologique, le caractère torrentiel des cours d'eau accélérée par les changements climatiques, la forte croissance démographique, etc participent dans le processus des inondations de la ville de Bujumbura en général et dans notre zone d'étude en particulier.

Ces inondations se généralisent à l'Ouest du Burundi suite à la croissance urbaine mal planifiée, l'exploitation clandestine des matériaux de construction, la construction des caniveaux mal dimensionnés ou manque de caniveaux ainsi que la mauvaise gestion des déchets qui bouchent les caniveaux. Lorsque les inondations se produisent, les infrastructures comme les maisons, les routes, les ponts, les écoles ainsi que les champs sont ravagés ou dégradés par le débordement des eaux.

La présente étude vise à contribuer à la gestion des différents impacts occasionnés par ces inondations, à la détermination des éléments qui en sont facteurs et la réduction de la vulnérabilité de cette zone au risque d'inondation, en proposant des solutions pouvant aider à maitriser, à atténuer et s'adapter aux éventuels effets de cette catastrophe.

D'une manière générale, les phénomènes naturels catastrophiques tels que les inondations, les glissements de terrain, les sécheresses, etc sont liés aux changements climatiques et aux activités anthropiques. Il serait alors important de mettre en place des mécanismes adéquats et efficaces pour une bonne gestion des catastrophes d'inondation mais aussi une bonne pratique des mesures de prévention et de protection.

ABSTRACT

This work of memory is entitled:« Management of high-risk areas of flood : case of Delta of Rusizi and North-Eastern part of lake Tanganyika. It is the part lies at Gatumba, Rukaramu and the part of North-Eastern of lake Tanganyika. The part of Gatumba is bounded to the West by the small white section of the Rusizi river and to the East by the Buringa hill. To the South, it borders with lake Tanganyika.

The North-Eastern part of lake Tanganyika is bounded to the North by Rukaramu, to the West by lake Tanganyika and to the South by the Muha river.

The choise to the work on this area is inspired by regular annual floods that are observed there and which cause damage. Morphorigic arrangements torrential nature of water courses accelerated by climate change, strong demographic growth, etc participate in the flood process in the city of Buumbura in general and in our study area in particular.

These floods are becoming widespred in the west of Burundi due to unplanned urbun growth, the exploitation building materials, the construction of poorlysized gutters or kack of gutters as well as poor management of waste which block the gutters. When floods occur, infrustrure such as houses, roads, bridges, schools but also fields are ravaged by overflowing water.This present study aims to contribute to the management of different impact caused by these floods, to the determination of the elements which are factors of the vulnerability of this flood zone, by proposing solutions which can help to control , mitigate and adapt to the possible effects of this disaster.

Generally speaking, catastrophic natural phenomena such as floods, landslides, droughts, etc are linked to climate change and anthroropogigenic activities. It would therefore be important to put in place adequate and effective mechanisms for good management of flooddisastterss and good practice of prevention and protection measurers.

TABLE DES MATIERES

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY i
DEDICACE ii
REMERCIEMENTS iii
RESUME iv
ABSTRACT v
TABLE DES MATIERES vi
LISTE DES TABLEAUX ix
LISTE DES GRAPHIQUES x
LISTE DES FIGURES ET PHOTOS xi
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS xii
AVANT PROPOS xiii
0.INTRODUCTION 1
0.1. Problématique, objectifs et hypothèses de travail 2
0.1.1. Problématique 2
0.1.2 Hypothèses de travail 4
0.1.3. Objectifs 5
0.2. Choix et Intérêt du sujet 5
0.3. Articulation 6
CHAPITRE I : CADRE CONCEPTUEL ET THEORIQUE 7
I.1. Clarification des concepts 7
I.2 Cadre théorique 14
I.2.1. Historique démographique de la plaine de l'Imbo : zone de Gatumba 14
I.2.1.1. Les mesures d'assainissement 14
I.2.1.2. Assainissement et mouvement de la population 15
I.2.1.3. Peuplement des paysannats 17
I.2.2. Occupation des sols 18
I.2.2.1. Gatumba et Rukaramu : deux villages semi-ruraux 19
I.2.2.2. La planification et l'aménagement durable du milieu. 20
I.2.3. La gestion des territoires urbains 20
I.2.3.1. les capacités techniques de planification et de gestion des villes. 21
I.2.3.2. Obstacles dans le domaine d'aménagement 22

CHAPITRE II : PRESENTAION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE, DONNEES ET METHODOLOGIE 23
II.1 Présentation générale de la zone et données 23
II.1.1 Situation géographique 23
II.1.2. Les conditions climatiques 24
II.1.3 Morphologie, géologie et pédologie 26
II.1.4. Réseau hydrographique 29
II.1.5. La population 31
II.1.6. Faune et la flore 33
II.1.7. L'aménagement du territoire 33
II.2. Données utilisées 35
II.3. Démarche méthodologique 36
II.3.1. Recherche documentaire 36
II.3.2. Entretiens et entrevues 37
II.3.3. Observations directes 37
CHAPITRE III : PRESENTATION, ANALYSE, DISCUSSION DES RESULTATS ET PROPOSITION DES MESURES DE PREVENTION ET DE PROTECTION 38
III.1. PRESENTATION DES RESULTATS 38
III.1.1. Les données fournies par l'OIM 38
III.1.1.1. INFORMATION DEMOGRAPHIQUE SUR LE SITE KINYINYA II 38
III.1.1.2.INFORMATION DEMOGRAPHIQUE SUR LE SITE DE SOBEL 40
III.1.1.3. INTENTION DES PERSONNES DEPLACEES INTERNES (PDI) POUR LES SOLUTIONS DURABLES 41
III.1.1.4. CHIFFRES GLOBAUX DES PDI VIVANT DANS LES SITES 43
III.1.2. Les données fournies par la coordination provinciale pour la protection civile 43
III.1.2.1. Problèmes socio-économiques 43
III.1.3. Vulnérabilité des quartiers riverains du lac et/ou de la Rusizi 47
III.1.4. Causes de la montée des eaux du lac Tanganyika 49
III.1.5. Causes du débordement de la Rusizi 51
III.2. ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS 51
III.2.1. Les facteurs d'amplification des inondations 51
III.2.1.1. Les facteurs naturels 52
III.2.1.1.1 Changement climatique 52

III.2.1.1.2. Variation des précipitations 52
III.2.1.1.3 Influence des pluies sur l'écoulement de la rivière Rusizi 52
III.2.1.1.4. Les contrastes topographiques Mirwa/Plaine de l'Imbo 53
III.2.1.1.5. Les facteurs géologiques et pédologiques 54
III.2.1.2. Les facteurs anthropiques 55
III.2.1.2.1 La pression démographique de la zone de Gatumba 55
III.2.1.2.2. Aménagement mal planifié 55
III.2.1.2.2.1. Mauvaise canalisation des eaux pluviales 55
III.2.1.2.2.2. Attribution anarchique des parcelles 56
III.2.1.2.2.3. Les pratiques agricoles sur les versants péri-urbains 56
III.2.1.2.2.4. L'imperméabilisation des terrains 56
III.2.1.2.2.5. Evacuation des eaux de pluie 57
III.2.1.2.2.6. Les voies de communication 57
III.2.2. Impacts des inondations 57
III.2.2.1. Modification du paysage 57
III.2.2.2. Effondrement des berges de la Rusizi. 57
III.2.2. 3. Impacts environnementaux 58
III.2.2.4. Impacts sanitaires 58
III.3. STRATEGIES DE GESTION DES INONDATIONS DANS LA ZONE DE GATUMBA 59
III.3.1. Intégration de la prévention des risques et gestion des catastrophes dans les plans de contingence et communal de développement communautaire 59
lII.3.2. Actions prioritaires 60
III.3.3. Travaux d'aménagement 60
III.3.4. Délocalisation de la population 61
CONCLUSION 62
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 65
ANNEXES 67

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Installation des paysannats dans l'Imbo 18
Tableau 2:Températures moyennes issues des températures moyennes minimales et maximales de 2005 à 2022 25
Tableau 3: Population de la zone Gatumba (1949 à 2023) 32
Tableau 4: Comparaison démographique de la zone d'étude aux moyennes du pays 33
Tableau 5:Impacts socio-économiques des inondations des zones Gatumba et Rukaramu 44
Tableau 6: Effectif des déplacés de 2019 à 2020 46
Tableau 7: Dégâts des inondations sur les cultures à Gatumba de 2020 47
Tableau 8 : Vulnérabilité des quartiers riverains du lac et/ou de la Rusizi 48
Tableau 9 : Raison de la vulnérabilité des quartiers riverains du lac Tanganyika ou de la Rusizi 48
Tableau 10: Causes de la montée des eaux du lac Tanganyika 49
Tableau 11 : Autres périodes de la montée des eaux du lac Tanganyika 50
Tableau 12 : Causes du débordement de la Rusizi 51

LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique 1: Représentation graphique 26
Graphique 2: Evolution de la population de Gatumba (de 1949 à 2023) 32
Graphique 3:Répartition par âge et sexe 39
Graphique 4: Pourcentage par sexe 39
Graphique 5: Nombre des ménages déplacés par colline d'origine 40
Graphique 6: Répartition par âge et sexe 40
Graphique 7: Pourcentage par sexe 41
Graphique 8: Nombre des ménages déplacés par colline d'origine 41
Graphique 9: Intention des PDI pour le site Kinyinya II 42
Graphique 10: Intention des PDI pour le site Sobel 42

LISTE DES FIGURES ET PHOTOS

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation de la zone d'étude 24
Figure 2 : carte géologique 28
Figure 3: Carte hydrologique du sous bassin versant de la rivière Rusizi (côté Burundi) 30
Figure 4 : carte des pentes 54

LISTE DES PHOTOS

Photo 1: Maison construite dans des matériaux précaires 34
Photo 2: Maison construite en brique adobe 34
Photo 3: Maison construite en matériaux durables à côté des maisons en matériauxprécaires 34
Photo 4: Destruction des maisons en boue 44
Photo 5: Site nouvellement installé à Kigaramango 45
Photo 6: Ecole temporairement fermée suite aux inondations 46

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

CCNUCC : Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental pour l'Evolution du Climat

GMT : Greenwigich Mean Time

IGEBU : Institut Géographique du Burundi

OIM : Organisation Internationale des Migrations

ONGs : Organisations Non Gouvernementales

PDI : Personnes Déplacées Internes

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

RDC : République Démocratique du Congo

RN : Route Nationale

AVANT PROPOS

Le Burundi a subi des impacts liés aux changements climatiques·

Des catastrophes naturelles, en l´occurrence les glissements de terrain et les inondations, se manifestent à des intervalles très courts· Leurs effets se répercutent sur la vie humaine, la perte des biens matériels (maisons d ´habitation, infrastructures, socio-économiques, champs etc.) des écosystèmes (aquatiques et terrestres) et surtout des mouvements inattendus incitant les victimes à vivre dans des situations déplorables·

Le delta de la Rusizi et la partie Nord-Est du lac Tanganyika, objet de notre étude, sont des unes des localités de la plaine de l´Imbo, les plus vulnérables aux inondations· Ces dernières causent des dégâts de tout genre à la population habitante et semblent avoir un caractère annuel·

Notre étude est menée dans l´optique de contribuer à la compréhension des facteurs de catastrophe d´inondation et ses impacts ainsi qu´à la proposition des actions qui, d'une manière ou d´une autre pourraient contribuer à la gestion des zones à haut risque d´inondation et à la prise de décision résiliente tant pour le gouvernement du Burundi que pour les particuliers concernés·

0. INTRODUCTION

Les inondations sont le péril mondial le plus répandu. Là où il y a des précipitations, il y a un risque d'inondation. Les inondations comptent parmi les catastrophes naturelles les plus fréquentes et graves. Elles bouleversent le quotidien des populations et leurs moyens de subsistance et causent des dégâts et des souffrances immenses en particulier dans les pays à faible revenu où les réseaux d'évacuation des eaux et les dispositifs de protection, notamment, ont tendance à être moins développés. Tous les pays sont confrontés aux risques d'inondation quel que soit leur niveau de développement, mais la vaste majorité des populations exposées (89%) réside dans des pays à revenu faible ou intermédiaire (rapport de la Banque Mondiale du 12 novembre 2020). Près d'une personne sur cinq dans le monde, soit quelque 1,5milliard de personnes est exposée au risque d'inondation selon la Banque Mondiale. Les régions les plus durement éprouvées pourraient être l'Asie de l'Est et l'Asie du Sud (rapport de la Banque Mondiale du 12 novembre 2020). Ces deux régions abritent la majorité des personnes exposées aux inondations, soit environ 1,36milliard d'individus dont un tiers réside en Chine et en Inde. Plusieurs régions densément peuplées se trouvent en effet dans des zones à haut risque d'inondation, comme les zones côtières ou les plaines fluviales de basse altitude.

En Afrique de l' Est, les inondations catastrophiques provoquent dans quelques pays comme le Kenya, Somalie, Burundi, etc une crise humanitaire, les habitants étant confrontés à des déplacements de la population, à des système de santé et de transport mis à rude épreuve, à une interruption de l'enseignement, à un manque de produits de première nécessité et à la perte de leur moyen de subsistance(Rapport de la Banque Mondiale,2020).

Au Burundi comme partout ailleurs dans le monde, on assiste à des phénomènes tragiques des risques naturels souvent catastrophiques qui menacent les hommes et les biens. Ces risques naturels sont le plus souvent les inondations, les mouvements gravitaires, les tempêtes, les séismes, l'invasion des insectes nuisibles, etc. A côté de ces risques naturels, des risques dites technologiques dues directement aux activités anthropiques existent également : il s'agit des incendies, des explosions nucléaires, des accidents de roulage, etc. Le système climatique dans lequel s'inscrit l'Afrique de l'Est en général et le Burundi en particulier, connaît des modifications climatiques à grande échelle qui sont amplifiées par des facteurs anthropiques (Rapport de PNUD, 2008).

Au Burundi, parmi les risques climatiques majeurs inventoriés, les inondations constituent l'une des catastrophes les plus dévastatrices pour la population surtout dans les régions de basses altitudes (Rapport de PNUD, 2013).

Ce risque provoque plus de dégâts en termes de perte de vies humaines et de destruction des biens tant individuels, privés que publics. La zone de Gatumba est régulièrement frappée par des catastrophes hydrométéorologiques. Les dernières enregistrées sont les inondations d'Avril et Mai 2024 survenues à Gatumba et aux zones littorales du lac Tanganyika.

Une crise écologique de grande ampleur, résultant notamment du défrichement généralisé et de la mise en culture, qui, toute en aggravant la lutte pour la terre, a accéléré la dégradation des versants, bouleversé les équilibres hydrologiques et amplifié, sinon déclenché, un cycle de crues dévastatrices, enfin une crise urbaine associée à la croissance exponentielle de l'agglomération qui s'installe dans les zones inconstructibles. Les conséquences de l'installation de la population dans les zones à haut risque d'inondations sont énormes. Ces dégâts causés par ces risques varient selon la catastrophe survenue. Au cours de notre travail de recherche intitulé « **Stratégies de gestion des zones à haut risque d'inondation : cas du delta de la Rusizi et la partie Nord-Est du lac Tanganyika** », nous comptons donner une contribution salutaire pour atténuer les risques causés par les inondations qui sévissent dans notre zone d'étude.

0.1. Problématique, objectifs et hypothèses de travail

0.1.1. Problématique

Les inondations, au Burundi en général et dans la zone de Gatumba en particulier, sont depuis longtemps manifestées. En cas de fortes averses, des dégâts aussi bien matériels que financiers, voire humains sont enregistrés dans la zone Gatumba.

Le delta de la rivière Rusizi et la partie Nord-Est du lac Tanganyika sont devenus la zone la plus ciblée par les inondations. Les pluies diluviennes accompagnées d'inondations dévastatrices, des tempêtes tropicales destructrices, des épidémies de maladies dues aux inondations, sont devenus monnaie courante depuis un certain temps.

La fréquence et l'intensité du risque des catastrophes s'accentuent et s'observent du jour au lendemain. Après le passage d'une forte pluie, les axes de circulation deviennent impraticables, certains d'entre eux se transforment en un véritable lac de retenue ou en une rivière temporaire.

Il arrive même que la circulation des biens et des personnes devient quasiment impossible. L'eau déborde dans les maisons. Certaines d'entre elles sont détruites et les produits pourrissables sont endommagés.

En plus de pertes matériels énormes de grande valeur très difficile à identifier, les vies des hommes ne sont pas épargnées, certaines perdent leurs vies lors des débits excessifs. Les plus vulnérables sont les enfants qui meurent par des maladies diarrhéiques comme le choléra, la dysenterie bacillaire, les vers intestinaux, le paludisme aux mêmes titres que les femmes enceintes.

Les quartiers les plus menacés sont Mushasha I, Mushasha II, Gaharahwe, Kibenga et Kajaga. Les eaux demeurent stagnantes dans ces endroits pendant la saison pluvieuse. Depuis quelques années, l'Ouest du Burundi est soumis aux phénomènes catastrophiques sans précédent. Après la tombée des pluies, souvent sous formes d'averses, les cours d'eau qui prennent source dans les Mirwa deviennent de véritables torrents avec parfois des débits très élevés. Il s'ensuit des conséquences néfastes aussi bien sur les escarpements que dans la plaine qui est la plus ciblée.

Depuis 2015, le niveau du Lac Tanganyika a sensiblement monté dépassant le niveau normal ; le débordement de la Rusizi a envahi le lit majeur de cette rivière. La montée du Lac et le débordement de la Rusizi qui sont à la base d'inondation de plusieurs infrastructures et le déplacement des personnes, ont généré de grandes pertes matérielles et financières. Des ouvrages de grande valeur économique et des maisons sont détruites, des sans-abris augmentent du jour au jour, des champs de cultures sont aussi dévastés. A maintes reprises, les cours d'eau qui prennent source dans la région de Mirwa ne cessent de causer des dégâts aussi bien en amont qu'en aval. Leur vitesse et l'intensité d'écoulement, leur encaissement ainsi que le volume des matériaux charriés varient du jour au lendemain. Les lits mineurs des rivières s'élargissent et s'encaissent d'une manière inquiétante. Des travaux de tentatives d'aménagement mis en place en vue de réduire les pertes humaines et matérielles ont été toujours remis en cause par des inondations ou des mouvements de masse.

Questions de recherche

Au début de ce travail de recherche, beaucoup de questions en rapport avec le sujet ont surgi en nous. La question générale que nous nous sommes posée a été celle de savoir comment peut-on gérer les inondations catastrophiques dans la zone de Gatumba et la partie Nord-Est du Lac Tanganyika.

Nous avons ensuite formulé les questions spécifiques suivantes qui peuvent bien mener notre travail de recherche :

- Les pluies intenses ou exceptionnelles seraient-elles à l'origine des inondations dans le delta de la Rusizi et la partie Nord-Est du lac Tanganyika ?
- Les facteurs naturels et anthropiques auraient-ils une influence sur l'amplification des inondations dans le delta de la Rusizi et la partie Nord-Est du lac Tanganyika ?
- Les inondations dans notre zone d'étude auraient-elles des impacts négatifs pour la population, les habitations et les infrastructures dans le delta de la Rusizi et la partie Nord-Est du lac Tanganyika ?

Toutes ces questions seront vérifiées au cours de notre travail.

Vu l'état actuel des choses, il est nécessaire de réaliser des études approfondies pour enfin prévenir et gérer les impacts des inondations sur l'écoulement des rivières. Notre étude va donner une contribution à la gestion du danger des inondations, à déterminer leurs causes et à dégager des mesures qui peuvent atténuer ces risques.

0.1.2 Hypothèses de travail

Pour mener notre travail de recherche, nous avons formulé des hypothèses ci−après qui ont servi à étudier les résultats de la recherche :

Hypothèse générale

Les inondations du delta de la Rusizi et de la partie Nord-Est du lac Tanganyika résultent de la mauvaise gestion de ce territoire ;

Hypothèses spécifiques

1. Les crues de la rivière Rusizi résultent directement des pluies intenses ou exceptionnelles ;
2. Il existe une relation nette entre les inondations, l'occupation anarchique des sols et les risques naturels ;
3. La rigueur des crues est amplifiée par des facteurs naturels et des facteurs anthropiques.

0.1.3. Objectifs

L'objectif principal de cette étude est de contribuer à la bonne gestion du delta de la Rusizi et la partie Nord-Est du lac Tanganyika.

Les objectifs spécifiques de notre travail consistent à :

- Protéger des espaces menacés par les inondations spécialement le delta de la Rusizi
- Mettre en exergue les risques et les catastrophes liés directement aux effets des inondations;
- Identifier des différents impacts occasionnés par ces inondations, à la détermination des éléments qui en sont facteurs et à la réduction de la vulnérabilité de cette zone au risque d'inondation, en proposant des solutions pouvant aider à maitriser, à atténuer et à s'adapter aux éventuels effets de cette catastrophe**.**

0.2. Choix et Intérêt du sujet

Depuis quelques années, les rivières de l'Ouest du Burundi, spécialement la Rusizi et celles qui traversent la ville de Bujumbura, débordent et entraînent des inondations dévastatrices jamais connues. Pendant une période moins longue, nous avons assisté à des crues dévastatrices qui détruisent les constructions, les infrastructures, endommagent les champs de cultures et les mouvements de masse sont observés sur l'ensemble des versants. Nous avons toujours gardé l'ambition de connaître les causes majeures et de dégager l'explication de ces phénomènes. Dans le souci de donner notre contribution pour fournir des solutions aux problèmes causés par ces cours d'eau et tenant compte des observations personnelles que nous avons faites aussi bien pendant la saison pluvieuse que pendant la saison sèche, avant, pendant et après la tombée des averses, nous avons choisi de mener une étude scientifique approfondie pour analyser les différentes causes et mettre à la portée du public

la relation qui existe entre le caractère d'écoulement des eaux des cours d'eau de l'Ouest du Burundi, les inondations et l'aménagement du territoire.

De ce fait, notre travail présente un triple intérêt :

- Intérêt personnel : Etant donné que cette étude traite le sujet en rapport avec les inondations, c'est pour nous un plaisir de traiter un sujet de ce domaine car, les recherches contribuent au développement des connaissances théoriques acquises en classe en matière de prévention et gestion des catastrophes.
- Intérêt scientifique et académique : Cette étude a été menée suite aux catastrophes répétitives qui touchent le delta de la Rusizi. D'une part, elle inspirera sans doute les autres chercheurs qui auront besoin d'approfondir les recherches en matière d'inondation sur cette zone et les scientifiques qui voudront confirmer ou infirmer nos hypothèses d'autres part.
- Intérêt public : cette étude permettra aux décideurs politiques de connaître les effets de l'occupation anarchique des sols et les impacts des inondations sur le développement afin de poursuivre les objectifs issus des experts internationaux. Ils pourront par après orienter leurs politiques suivant le schéma directeur d'aménagement du territoire pour lutter contre les méfaits de l'occupation non contrôlée des sols dans les milieux urbains.

Notre travail contribuera dans la mise en place des mesures d'atténuation ou de prévention des effets des inondations en mettant un accent particulier sur les rivières torrentielles et sur les risques liés à l'eau.

0.3. Articulation

Notre travail s'articule sur trois chapitres qui sont à leur tour subdivisés en sous chapitres.
Le premier chapitre porte sur le cadre conceptuel et théorique où nous mettons au clair les différents concepts les plus couramment utilisés en matière de prévention des risques et gestion des catastrophes.
Le deuxième chapitre concerne la présentation générale de la zone d'étude, les données et la méthodologie utilisée ;
Le troisième chapitre porte sur la présentation, l'analyse et discussions des résultats et enfin la conclusion générale.

CHAPITRE I : CADRE CONCEPTUEL ET THEORIQUE

I.1. Clarification des concepts

Pour mener nos lecteurs à mieux comprendre le contenu du présent travail, nous avons défini et expliqué certains termes et concepts qui font objet de grandes articulations de notre étude. Néanmoins, nous ne pouvons pas prétendre définir tous les termes, seuls ceux qui évoquent une notion nouvelle ou ambiguë qui cadre bien avec le sujet sont définis.

(i). Inondation

Le terme inondation fait traditionnellement référence à la représentation du mythe d'un déluge biblique, qui provient donc de la colère divine. Présentement, l'inondation est donc une submersion, rapide ou lente d'une zone qui peut être provoquée de plusieurs façons par des pluies exceptionnelles en durée et en intensité (Boubchir, 2007).

Quant à Hangnon (2009), il s'agit d'un phénomène naturel lié aux caractéristiques géomorphologiques et météorologiques d'un bassin versant. L'inondation ne devient que lorsqu'elle occasionne des dommages de tout genre.

Dictionnaire Robert définit l'inondation comme étant : « Débordement d'eaux qui inondent le pays environnant. Inondation causée par les pluies, la fonte de neige, la crue d'un torrent, les hautes eaux d'une rivière.

• Le glossaire international d'hydrologie définit l'inondation comme étant : « La submersion par l'eau débordant le lit normal d'un cours d'eau ou d'autres surfaces d'eau, ou accumulation d'eau provenant de drainages, sur les zones qui sont pas normalement submergées ».

(ii). Risque

Le terme risque vient de l'italien : Risco qui signifie « ce qui coupe » et désigne un danger potentiel perçu dans un contexte social, économique et culturel donné. La notion du risque est très proche de celle d'incertitude (Boubchir, 2007).

Le risque est une notion composite. Il est le produit d'un aléa et d'une vulnérabilité. C'est la probabilité qu'un phénomène potentiellement dangereux survienne, et qui par caractéristiques, peut provoquer des dégâts et dommages sur un espace et une période donnés.

Il comporte deux facteurs explicatifs. D'une part, il s'agit de la fréquence et l'amplitude des événements pouvant causer des dommages et du potentiel de dommages ou de la vulnérabilité qui dépend du type, de la valeur et de l'exposition des éléments affectés par ces aléas, d'autre part (Kane, 2007).

La méthode utilisée pour obtenir le risque est l'application directe de sa définition mathématique qui se traduit par la formule suivante (Https : /geoconfluences.ens-lyon.fr>risque) :

Risque = $\frac{Aléa \times Vulnérabilité}{Capacité\ d'intervention}$

(iii). Aléa

L'aléa est un phénomène menaçant d'origine naturelle et /ou anthropique, susceptible d'affecter un espace donné. Il se caractérise par sa nature, son identité, sa probabilité d'occurrence et sa fréquence quand elle peut être estimée (Gbeassor, 2006).

Dans le contexte de l'étude des risques, l'aléa se définit comme la probabilité d'occurrence d'un phénomène dans le temps et dans l'espace.

(iv). Vulnérabilité

Etymologiquement, la vulnérabilité est le fait d'être sensible aux blessures et/ou aux attaques. Il n'existe pas de définition unifiée du concept vulnérabilité dans la littérature scientifique (Cherizard & al., 2005).

Cutter (1996) voit de ce contexte une formulation rhétorique permettant d'avertir un danger et des pertes qui pourraient I ‘accompagner.

La vulnérabilité est l'ensemble de conditions et de processus résultant de facteurs naturels et anthropiques (sociaux, économiques et environnementaux), qui augmentent la sensibilité d'une communauté, d'une région et d'une nation aux effets des aléas. Elle traduit les conséquences dommageables de l'aléa sur les populations et les aménagements. C'est-å-dire, la vulnérabilité concerne directement les populations et notamment les lieux de forte concentration.

Elle est donc un ensemble de pré conditions qui se révèlent au moment de la catastrophe (Watson & al. , 1996).

(v). Bassin versant

Le bassin versant se définit comme une zone géographique drainée par un cours d'eau. Il correspond à l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets (FA0, 2006).

Le bassin versant est une surface élémentaire mini close en hydrologie, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section à l'exutoire. Le bassin versant topographique est limité par une ligne de partage des eaux, mais celui-ci peut différer du bassin versant réel à cause des circulations souterraines ou à cause d'effets anthropiques (https://echo2.epfl.ch, le bassin versant et son complexe, page consultée le 20/9/2023 à 16h GMT).

Le bassin versant est compris comme une région délimitée, drainée par un cours d'eau et ses affluents dont elle constitue l'aire d'alimentation.

(vi). Capacité d'adaptation

La capacité d'adaptation d'un système fait référence à son habilité à s'ajuster ou à faire face aux conséquences des changements climatiques.

Le GIEC (2014) précise que cette habilité dépend de l'ensemble des capacités, des ressources et des institutions d'une région lui permettant de mettre en œuvre des mesures d'adaptation efficaces.

Par contre, cette définition a le déficit de ne prendre en compte que le niveau géographique (région) alors que la capacité d'adaptation d'une région est intrinsèquement liée à la capacité d'adaptation individuelle de ses ménages.

De ce fait, dans le cadre de cette étude, la capacité d'adaptation est comprise comme l'ensemble des capitaux (humain, social, naturel, physique et financier) dont disposent les ménages pour faire face aux conséquences des risques d'inondation dans la zone d'étude.

(vii). Catastrophe

Dans le cours de Géomorphologie appliquée, on définit une catastrophe comme étant « une grave perturbation du fonctionnement d'une société causant des pertes étendues en vies humaines, en biens et dans l'environnement au point de dépasser des possibilités de la société frappée d'y faire face en recouvrant à ses seules ressources. » (SABUSHIMIQUE J. Marie : cours de Géomorphologie appliquée page 8).

(viii). Changement climatique

Il correspond à une modification durable (de la décennie aux millions d'années), des paramètres statistiques (paramètres moyens, variabilité) du climat global de la Terre ou des divers climats régionaux.

Ces changements peuvent être dus à des processus intrinsèques à la Terre, à des influences extérieures ou, plus récemment aux activités humaines.

Selon le GIEC (2007), le changement climatique est considéré comme une variation de l'état du climat que l'on peut déceler (par exemple au moyen de tests statistiques) par des modifications de la moyenne et /ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus. Il se rapporte à tout changement du climat dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou à l'activité humaine.

Cette définition est distincte de celle donnée par la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), selon laquelle les changements climatiques désignent des changements qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours des périodes comparables.

(ix). Climat

Le vocable « climat » a connu des définitions diverses suivant les époques :

L'une des définitions classiques est celle de HANN, J. (1882).Ce dernier définit le climat comme étant « l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un point de la surface terrestre »

En 1934, MAX SORRE définit le climat comme étant «ambiance atmosphérique constituée par la série des états de I ‘atmosphère au-dessus d'un lieu dans leur succession habituelle ».

Le professeur CARTON, M.P. donne la définition suivante : « Le climat d'un lieu est la succession habituelle normale des états de l'atmosphère en ce lieu caractérisée par les valeurs et les variations moyennes, diurnes, mensuelles et annuelles des éléments observés et la fréquence de leurs différentes valeurs ».

Selon MAX SORRE, FLOHN, H.; PEGUY, Ch. ; CARTON, M.P. le climat est « La série des états de l'atmosphère au-dessus d'un lieu dans leur succession habituelle ».

Le climat peut être défini comme étant les conditions moyennes qu'il fait dans un endroit donné (température, précipitations, ...) calculées d'après les observations d'au moins 30ans (défini par l'Organisation Météorologique Mondiale). Il est donc caractérisé par des valeurs moyennes, mais également par des variations et des extrêmes.

A l'échelle de la planète, le climat représente une machinerie complexe. Cette complexité est le produit, dans l'espace et dans le temps, de toute une série d'interactions entre les éléments qui composent les différents compartiments comme l'hydrosphère (l'ensemble des mers, des océans, des lacs et des cours d'eau de la planète), la lithosphère, l'asthénosphère, la cryosphère (les glaces du monde entier) et la biosphère, c'est-à-dire l'ensemble des êtres vivants(https://www.actuenvironnement.com/aeldictionnaireenvironnemen t/definition/climatphp4#, page consultée le 6 octobre 2023 à l4h GMT).

(x). Une crue

La crue correspond à l'augmentation de la quantité d'eau qui s'écoule dans la rivière (débit) et peut concerner l'ensemble du lit majeur de la rivière. Il s'agit d'un phénomène naturel périodique qui n'est exceptionnel que lorsque les débits deviennent considérables par rapport aux débits habituels (Salomon 1997).

Selon le même auteur, une crue se caractérise par son hydrogramme graphique qui représente les variations de débit en fonction de temps. Plus précisément, c'est la partie montante de cet hydrogramme qui est appelée « crue », tandis que la partie descendante est désignée sous le terme de « décrue ».

La crue se définit par différents critères : sa genèse, sa durée, sa fréquence, son débit de pointe et son volume.

(xi). Exposition

L'exposition consiste à identifier les éléments soumis au risque en combinant adéquatement les bases de données identifiant les enjeux étudiés et la cartographie des caractéristiques de l'inondation (Detrembleur S. & al. 2011).

L'exposition qui forme la première composante de la vulnérabilité est le degré de stress climatique que subit une unité d'analyse qu'elle soit une ressource naturelle, une communauté ou un ménage (Heltberg & Bonch-Osmolovskiy, 2011).

Dans le contexte de cette étude, l'exposition, est le degré auquel les ménages et leurs biens sont exposés aux variations climatiques importantes liées à la pluviométrie.

(xii). Relief

En géographie, le relief est l'ensemble des bosses, des creux, des escarpements qui modèlent la croûte terrestre. Autrement dit, il s'agit de l'ensemble des inégalités de la surface terrestre. Il se caractérise par son altitude et sa pente (https:/'www.larousse.fr>divers.relief, page consultée le 6 Octobre 2023 à 14h GMT).

On distingue le relief continental du relief océanique, mais également le relief structural du relief modelé. ll est engendré soit par le jeu de l'érosion ou des érosions successives au cours du temps, soit par l'ensemble des phénomènes d'altération ou de dégradation des surfaces.

(xiii). Résilience

La résilience c'est la capacité des systèmes sociaux, économiques et environnementaux à faire face à un événement, une tendance ou une perturbation dangereuse, en répondant ou réorganisant de manière à maintenir la capacité d'adaptation, d'apprentissage et de transformation (GIEC, 2014).

(xiv). Sensibilité

Selon le GIEC (2007), la sensibilité est le degré auquel un système est influencé, positivement ou négativement, par la variabilité du climat ou les changements climatiques.

La sensibilité est comprise dans le contexte de ce travail comme les caractéristiques qui définissent le niveau auquel le ménage pourrait être affecté par les effets climatiques.

Contrairement à l'exposition qui se rapporte au niveau régional, la sensibilité est abordée au niveau du ménage.(GIEC,2007)

(xv). Pluies extrêmes

On appelle pluies extrêmes les épisodes pluvieux courts mais de très forte intensité, qui sont souvent à l'origine des crues.

(xvi). Vulnérabilité hydrologique

C'est la sensibilité d'un territoire à un aléa hydrologique. Cette sensibilité se définit en terme de dommages aux personnes et aux biens économiques et de perturbation socio-économique.

(xvii). Le danger

C'est ce qui « menace ou compromet la sûreté, l'existence d'une personne ou d'une chose ».

(xviii). Coefficient d'écoulement

Il représente la relation entre la quantité d'eau écoulée et la quantité d'eau précipitée pendant une période donnée et un bassin donné.

(xix). Un torrent

C'est un cours d'eau irrégulier et excessif des régions montagneuses ou non, en crise de bio-rhexistasie.

(xx). Torrentialité

C'est un ensemble des phénomènes d'érosion sur les versants dus au ruissellement concentré.

(xxi). Aménagement du milieu

L'aménagement du territoire désigne l'action publique qui s'efforce d'orienter la répartition des populations, de leurs activités, leurs équipements dans un espace donné et en tenant compte des choix politiques globaux. L'aménagement est l'une des formes de l'appropriation d'un territoire afin de le rendre mieux vivable pour tous. L'aménagement du territoire est présenté comme « un ensemble de mesures destinées à assurer un développement équilibré des régions par une meilleure répartition des populations et des activités ». L'aménagement se décide et se manifeste politiquement. Il engage des acteurs, nécessite des outils et des disciplines.

C'est toute une série de méthodes auxquelles on recourt pour aménager les territoires et qui prennent en compte la complexité de l'aménagement (urbanisme, transport, mutations de société, enjeux et forces des territoires,…) et la diversité des inégalités des territoires.

I.2 Cadre théorique

Au Burundi, l'amplification des actions négatives de l'homme sur son environnement est sous-tendue par des facteurs d'ordre démographique et culturel. La population et la pression qu'elle exerce sur le milieu sont responsables de la dégradation des sols. Le Burundi est actuellement un des pays au monde les plus densément peuplés.

Sa population est en pleine croissance avec plus de 50% de moins de 15 ans (49% en 1998). Cela signifie que la population totale va continuer à s'accroitre quelques soient les mesures qui pourraient être prises.

Le manque d'activités alternatives, la pression démographique couplée au système successoral sont à la base de la rareté des terres[1]. En effet, la population burundaise double tous les 30 ans sur l'espace limité (SINDAYIHEBURA B.,2005) Cette population, par manque d'autres activités alternatives, cherche à survivre de l'agriculture et de l'élevage accélérant ainsi la dégradation des sols agricoles. Le morcellement des exploitations agricoles suite au système de succession provoque l'atomisation et la surexploitation des propriétés familiales et limite les possibilités pour les agri-éleveurs d'accroître la production agricole par l'extension des terres cultivées.

Dans les conditions normales, un seuil minimal d'exploitation exigé pour un ménage est de 2ha. Cependant, dans le pays la taille moyenne de l'exploitation agricole pour un ménage tourne autour de 0,5ha (SINDAYIHEBURA B.,2005)·

I.2.1. Historique démographique de la plaine de l'Imbo : zone de Gatumba

I.2.1.1. Les mesures d'assainissement

Les premières mesures destinées à contrôler la trypanosomiase datent de la période coloniale allemande. Les autorités de l'époque étaient convaincues que la plaine de la Rusizi et tout le littoral du lac Tanganyika, traversés par de nombreuses rivières s'achevant le plus souvent en marécages et couverts d'une végétation formée de papyrus, de bananeraies,

[1] SINDAYIHEBURA B.,2005. De l'Imbo au Mirwa ; dynamique de l'occupation du sol, croissances urbaines et risques naturels dans la région de Bujumbura. Toulouse le Mirail,U.F.R.Sciences,espaces et sociétés,336P

de roseaux et de petits arbustes, constituaient un milieu particulièrement favorable à l'expansion de la mouche tsé-tsé. En conséquence, elles considéraient la coupe comme le seul moyen efficace de lutte contre la maladie du sommeil. Face au progrès de l'épidémie, l'administration allemande, en collaboration avec les autorités coutumières, exigea et imposa alors dès 1911 une série de mesures draconiennes, consistant notamment en des corvées de déboisement général qui conduisirent à la coupe des immenses palmeraies et à la destruction des bananeraies sauvages et plantées dans toute la plaine d'Usumbura (SINDAYIHEBURA,2005)·

Les autorités mandataires belges prirent le relais après la première Guerre Mondiale. Toutes les rives des cours d'eau devaient être débroussaillées, les bananeraies éclaircies. Le centre d'Usumbura qui compte à cette époque environ 3000 habitants pose un grave problème (Gahama J.,1983). De nombreux travailleurs d'entreprises et les recrues pour diverses corvées (constructions des premières routes du pays) sont exposés à l'infection. Mais les campagnes contre la maladie du sommeil désorganisent la région d'Imbo.

Dès 1924, l'administration, pour mieux contrôler la main d'œuvre (pour la construction des premières routes) et faciliter l'assainissement des campagnes, décide le regroupement des populations en village le long des routes. Cette mesure est mal vécue par la population : dans un pays à tradition d'habitat dispersé, le fait d'être rassemblés dans un village, d'aller se fixer loin de ses ressources et de voir ses cultures détruites n'a guère été accueilli de gaieté de cœur par la population indigène et ces mesures ont eu du mal à être appliquées. La disparition des bananerais, en particulier, engendre un grand trouble dans la vie indigène. Ces mesures extrêmes conduiront même plus tard du dépeuplement des chefferies voisines d'Usumbura, en poussant les populations à l'émigration vers le centre du pays, alors même qu'une mise en culture généralisée, donc exigeante en main d'œuvre, allait bientôt être préconisée par les autorités mandataires pour pérenniser l'assainissement de la région.

I.2.1.2. Assainissement et mouvement de la population

Assainir la plaine et éradiquer la maladie du sommeil par l'occupation et la mise en culture intensive était l'objectif visé par l'administrateur territorial. L'assainissement de cette partie de la plaine, décrété par l'administrateur territorial énonçait les trois conditions suivantes :

- ❖ Création de pistes permettant de circuler et d'inspecter la région ;
- ❖ Etablissement de bananeraies éclaircies (écartement de 3m entre les bananeraies)
- ❖ Cultures basses près des rivières débroussées (riz, patates douces, manioc, coton, arachides).

Cette mesure de mise en culture totale de Bugoma (zone inhabitée d'environ 3000ha comprise entre les rivières Mutimbuzi, Muzazi, Murago, les routes d'Uvira décrétée le 2 mai 1935 et d'exécution immédiate, a été imposée aux swahilis originaires du congo belge qui occupaient alors les terres des localités proches d'Usumbura, notamment Kanyosha, Kamenge, Nyabagere, Gatunguru, Tenga et Buyenzi, dont ils furent expulsés les jours suivants[2].

C'est le même administrateur colonial belge E. Simon, que l'on retrouve en poste en 1947, convaincu que *« seul un peuplement dense peut éliminer les circonstances favorables au développement de la trypanosomiase et rendre le pays propre par les cultures intensives et des débroussaillements systématiques »* (Simon E., 1947). Et c'est toujours ce même administrateur Simon qui, une fois encore, impose cette même année à la population indigène d'Imbo trois mesures préventives qui complètent celles édictées en 1935.

- ➢ Cultiver les cultures basses à proximité des rivières et des fossés ;
- ➢ Débroussailler les rives des cours d'eau ;
- ➢ Construire la maison au milieu des cultures pour la défendre les phacochères.

A cette époque, l'Imbo est encore majoritairement occupé par de grandes étendues de savanes et des bananeraies sauvages, dans la plaine et à proximité des rivières qui débordent pendant la saison des pluies. Malgré la détermination des autorités coloniales, les premières mesures prévues pour rendre effectifs ces déplacements de population indigène depuis les régions surpeuplées vers les régions à faible densité n'ont guère suivies d'effet, très peu de gens ont alors accepté d'émigrer.

[2] Simon E., Usumbura, Date de l'installation des paysannats dans l'Imbo,1960

I.2.1.3. Peuplement des paysannats[3]

L'occupation de cette région d'Imbo a été mise en œuvre en faisant appel aux burundais des régions surpeuplées. Ce sont les trois provinces de Ngozi, Muramvya et Gitega, zones de montagne surpeuplées avec plus de 97 habitants/km^2, qui ont fourni les occupants des paysannats d'Imbo. Le premier paysannat est installé à Gatumba en 1949, dans le delta de la Rusizi ; les autres suivent deux ans plus tard, à partir de 1951. Enfin en 1955, neuf paysannats étaient en place (tableau 1), le nombre de familles installées atteignait pratiquement 5000 et la longueur cumulée des canaux d'irrigation dépassait 233km (SINDAYIHEBURA, 2005)

La politique officielle prévoyait, à l'origine, deux catégories de paysannats : des paysannats « cotonniers » d'une part, des paysannats « rizicoles » ou « riziers » d'autre part.

- ✓ Dans les paysannats cotonniers, une partie importante des terres était destinée au coton et à une riziculture « moderne » assurée par les infrastructures d'irrigation planifiées. De ce fait, les trois paysannats cotonniers (Gihanga, Ninga et Nyamabere) ont été établis au Nord ou à proximité de la Mpanda, là où dominent les vertisols supposés, une fois convenablement drainés, favorables au coton et où les travaux de canalisation et de prises d'eau sur la Ninga et la Mpanda permettraient d'aménager un vaste périmètre de production rizicole.
- ✓ Au sud de la Mpanda, une riziculture moderne de même type avait été programmée initialement, en particulier pour Gatumba et Rukaramu, à partir des eaux de la Rusizi. Mais le projet a dû etre rapidement abandonné en raison de la teneur excessive en sel du fleuve. Il a fallu se rabattre sur une riziculture « traditionnelle » dans les paysannats.

Cependant, ces paysannats ont connu une dérive rapide dès la fin des années 1960, si bien que la riziculture traditionnelle est restée limitée, voire ne s'est jamais développée comme à Gatumba et Rukaramu. Au 31 décembre, les paysannats riziers de Kirekura, Maramvya, Rukaramu, Mubone et Rubirizi totalisaient 2033 parcelles distribuées dans le territoire d'Usumbura contre 4862 parcelles cotonniers à Bubanza(Gihanga, Ninga et Nyamabere). En janvier 1953, les rizières localisées près de la ville d'Usumbura couvraient 1158ha cultivés par 787 planteurs.

[3] SINDAYIHEBURA, 2005

Tableau 1:Installation des paysannats dans l'Imbo[4]

Territoire	Nom du paysannat	Date d'installation	Superficie par lotissement (ares)	Parcelles occupées au 31/11/1958
Bubanza	Gihanga	1952	400	2224
	Ninga	1951-1953	400	2114
	Nyamabere	1951	400	524
Usumbura	Gatumba	1949	400	261
	Kirekura	1951-1952	400	283
	Maramvya	1952-1953	400	431
	Rukaramu	1954	400	415
	Mubone	1955	400	541
	Rubirizi	1953	400	633

Source : Usumbura, Date d'installation des paysannats dans l'Imbo, 1960

I.2.2. Occupation des sols

Le manque et l'atomisation des propriétés sont à l'origine des phénomènes de migration et d'exode rural dans toutes les provinces du pays. Les quartiers périphériques de la ville de Bujumbura sont considérés comme des territoires d'accueil des immigrants.

Autour de Bujumbura s'est peu à peu édifiée une vaste couronne de quartiers périphériques et semi-ruraux parfois fort éloignés du centre de la capitale. Ce sont trois principaux facteurs conjugués, l'exode rural au cours des années 1960, la croissance démographique forte des années 1970 et la guerre civile de 1993-1994, qui ont joué un rôle prépondérant dans cette évolution, et notamment dans l'utilisation massive de l'espace par l'habitat spontané, en dehors des zones officiellement attribués à cet effet.

La période de 1970-2002 se caractérise par la densification, la saturation des quartiers populaires les plus anciens et par une poussée des quartiers populaires périphériques et semi-ruraux.

[4] Simon E.,Usumbura, Date de l'intallation des paysannats dans l'Imbo,1960

I.2.2.1. Gatumba et Rukaramu : deux villages semi-ruraux[5]

Les deux villages ruraux, Gatumba et Rukaramu, sont officiellement établis depuis 1994 et ont accueilli principalement les réfugiés originaires de la ville de Bujumbura. Le village de Gatumba s'étendait désormais tout le long de la route nationale 4 (RN4), vers Uvira. Les cultures de marais se sont sensiblement étendues en rive gauche de la grande Rusizi. Les petites exploitations à cultures annuelles ont poursuivi leur développement par rapport à 1986 et 1994. La région de l'Imbo et sa bordure de Mirwa ont connu, depuis la première moitié du XX^{ème} siècle, une série de mutations radicales dans l'occupation du sol. Deux grandes périodes peuvent être sommairement distinguées (SINDAYIHEBURA, 2005) :

- Les années 1930 aux années 1970 : c'est la phase décisive au cours de laquelle l'espace majoritairement naturel, répulsif (Imbo) et vide d'hommes, devient un espace majoritairement anthropisé, mis en valeur et peuplé. Les grands aménagements (routiers, hydrauliques, drainages,…) ont été mis en œuvre, la population agricole accompagnée, encadrée (paysannats) et modernisée (périmètre rizicole, coton,…) ; la population regroupée en villages ruraux, tandis que l'agglomération de Bujumbura est en plein essor.
- Depuis les années 1970-1980 : outre la guerre civile de 1972, la croissance démographique, la pression démographique et foncière et les mouvements migratoires qui en résultent constituent la toile de fond d'une situation de crise latente que le nouveau conflit de 1994 et l'état d'insécurité qui règne depuis n'ont fait qu'entretenir.

Les fortes densités humaines des campagnes (villages ruraux surpeuplés, habitats dispersés de plus en dense) conduisent à un morcellement de plus en plus poussé des exploitations familiales, faute d'espace et de pâturages, l'élevage des bovins chute fortement, voire disparaît dans les Mirwa, dans l'Imbo, les structures et productions se dégradent ou s'effondrent. Ce morcellement de terres de plus en plus poussé, conduit à l'exode rural. Actuellement l'exode rural contribue énormément à l'augmentation de la population notamment dans les périphéries de la ville de Bujumbura et en milieux semi-ruraux ce qui explique l'occupation anarchique des zones à haut risque.

[5] NDAYIRUKIYE S.,1986.La plaine occidentale du Burundi: Etude régionale.Nice,Université de Nice,lettres et sciences humaines,thèse de doctorat,721P

I.2.2.2. La planification et l'aménagement durable du milieu.

La planification urbaine au Burundi a connu une certaine période (2000 à 2015) dépourvue des outils de planification et de gestion urbaine, c'est-à- dire les documents existants ayant été tombés en désuétude. Il est évident que pendant toute cette période, et jusqu'à maintenant le développement urbain se réalise à travers un pilotage à vue, avec parfois des conséquences néfastes sur l'extension des milieux urbains et semi-urbains.

I.2.3. La gestion des territoires urbains

La gestion des terres urbaines se réalise à deux niveaux à savoir la mise en œuvre des outils et de documents de planification à l'intérieur du périmètre urbain ; et le suivi pro- actif de l'extension des périphéries immédiates à l'extérieur du périmètre de développement des villes.

Au niveau des compétences et des procédures, le pouvoir de cession de parcelles urbaines appartient au Ministre en charge de l'urbanisme. Il ne peut céder ou concéder plus d'un hectare conformément au code foncier. Ce dernier doit partager ses pouvoirs avec une Commission foncière nationale, qui doit donner son avis préalable sur les dossiers de demande. Dans la gestion quotidienne, les pouvoirs du Ministre sont actuellement délégués au Directeur général de l'urbanisme et de l'habitat[6].

La procédure de cession des parcelles telle que régie par les dispositions du Code foncier comprend trois phases :

- La demande écrite de la personne physique ou morale intéressé ;
- L'instruction du dossier par l'autorité compétente;
- La décision de cession ou de rejet de la demande par l'autorité compétente.

En pratique, le terrain est d'abord loti, (c'est-à-dire divisé en lots) et viabilisé par les aménageurs publics ou privés agréés par la Ministère ayant l'urbanisme dans ses attributions. Après les opérations de viabilisation, les parcelles sont mises à la disposition de l'Administration de l'urbanisme et de l'habitat qui délivre aux candidats acquéreurs des lettres d'attribution.

[6] Rapport du ministère de l'urbanisme,2018

La procédure est longue, tortueuse et compliquée d'autant plus que l'offre est de loin inférieure au volume des demandes des parcelles.

Cela entraîne des arrangements des privés, et des spéculations foncières sur les périphéries des périmètres urbains. Il en résulte des établissements spontanés, caractérisés par des mélanges des constructions en dures, et semi dures, et par des voies de circulation aléatoires sans forme géométrique régulière ; et sans aucun assainissement planifié. Les cas illustratifs sont tels que KIBENGA , GIKUNGU, GIHOSHA en Mairie de Bujumbura en général ; GAHARAWE, VUGIZO , MUYANGE I et MUYANGE II dans la zone GATUMBA en particulier·

I.2.3.1. les capacités techniques de planification et de gestion des villes.

Les capacités techniques de planification et de gestion des villes comportent un aspect dynamique dans le temps et dans l'espace.

La faiblesse des capacités institutionnelles, techniques et financières des différents intervenants dans le domaine de l'habitat et de l'urbanisation (promoteurs immobiliers, municipalités, ONGs nationales, Etat,…) constituent un sérieux obstacle à la mise en œuvre des politiques et actions à initier dans le secteur[7].
Le rôle de l'Etat est de (i) créer un cadre approprié à la mise en œuvre réussie de ces politiques et stratégies et (ii) répondre aux besoins du plus grand nombre à travers les actions et mesures efficientes.

Le montage institutionnel mis en place par l'Etat au profit de l'habitat et de l'urbanisme est dense et à dimension nationale en ce sens qu'il n'y a pas de démembrement qui ne bénéficie ou ne contribue au développement du secteur de l'habitat et de l'urbanisme. Les institutions les plus directement impliquées dans l'action de ce secteur sont, cependant, peu nombreuses.

Au niveau des capacités techniques de planification et de gestion des villes, on peut relever :

- L'insuffisance en quantité et en qualité des capacités en termes de ressources humaines aussi bien au niveau central que local ;
- Insuffisance et parfois manque d'outils techniques de planification et de gestion des villes ;

[7] Rapport du ministère de l'urbanisme,2018

- Manque chronique des ressources matérielles et financières pour accompagner une planification efficace et une gestion efficiente des villes.

Les efforts sont à consentir pour les villes du Pays, particulièrement les chefs – lieux des provinces, qui annoncent déjà une croissance rapide.

Les efforts important sont également à consentir pour la renforcement des capacités des ressources humaines, que ce soit au niveau des cadres ou que ce soit au niveau des techniciens, et de collaboration.

I.2.3.2. Obstacles dans le domaine d'aménagement[8]

Les obstacles dans le domaine de l'urbanisation pourraient provenir de :

- la maîtrise limitée des techniques d'aménagement et de gestion urbaine en raison d'un nombre limité de professionnels tant au sein de l'administration, à tous les échelons, que dans le secteur privé, et des dysfonctionnements récurrents de l'administration ;
- la faible tradition urbaine du pays qui favorise une bidonvilisation des centres urbains ;
- le non-respect du contenu des outils de planification aussi bien par les administrations territoriales, que par certains habitants des villes.
- La non maîtrise ou la méconnaissance exacte des terres domaniales de l'Etat, et des Communes.
- Une politique de villagisation qui nécessite encore une finalisation, et une stratégie de mise en œuvre.
- la problématique de l'énergie électrique et l'absence de politique de promotion des énergies alternatives et renouvelables qui hypothèquent sérieusement le développement ;
- la criminalité et l'insécurité urbaines qui peuvent freiner les opportunités d'investissement ;
- l'inexistence d'un système global d'observation des villes n'est pas non plus à négliger.

[8] Rapport du ministère de l'urbanisme,2018

CHAPITRE II : PRESENTAION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE, DONNEES ET METHODOLOGIE

II.1 Présentation générale de la zone et données

II.1.1 Situation géographique

Notre zone d'étude est constituée par deux parties(le delta de la rivière Rusizi et la partie Nord-Est du Lac Tanganyika). La première partie constituée par le delta de la rivière Rusizi et une partie de Rukaramu. La zone de Gatumba occupe toute la partie drainée par la Rusizi I et Rusizi II. C'est ce delta formé entre les deux bras de la rivière Rusizi, déversoir des eaux du lac Kivu dans le lac Tanganyika. Cette première partie est délimitée :

- au Nord par la commune Gihanga de la province Bubanza ;
- au sud par le lac Tanganyika ;
- à l'Est par la petite Rusizi ;
- à l'Ouest par la grande Rusizi qui fait frontière entre le Burundi et la République Démocratique du Congo(RDC)

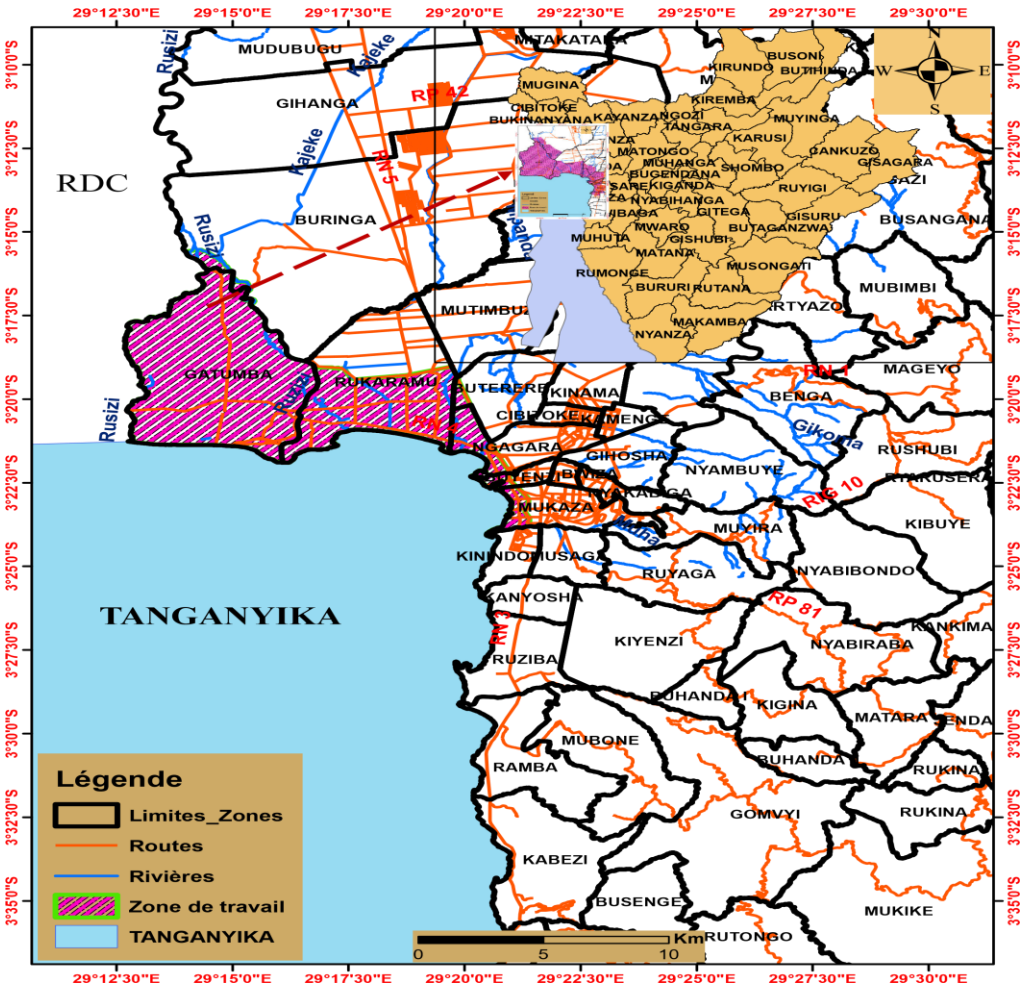
Administrativement, la zone de Gatumba est l'une des quatre zones de la commune Mutimbuzi en province de Bujumbura. Elle est constituée de dix collines à savoir :

- Vugizo
- Warubondo
- Mukoranya
- Gaharawe
- Kinyinya I
- Kinyinya II
- Muyange I
- Muyange II
- Mushasha I
- Mushasha II

Toutes ces collines connaissent des inondations chaque année au moment de la saison de pluies à l'exception des quartiers de Warubondo et Muyange II.

La deuxième partie de notre zone d'étude se situe au Nord-Est du Lac Tanganyika. Cette partie est délimitée :

- ✓ au Nord par la zone Rukaramu ;
- ✓ à l'Est par la RN5,le boulevard du Peuple Murundi et l'avenue du large ;
- ✓ à l'Ouest par le Lac Tanganyika ;



- ✓ au Sud par la rivière Muha

Figure 1: Localisation de la zone d'étude

SOURCE : Réalisation par l'auteur à partir de la carte de relief du Burundi

II.1.2. Les conditions climatiques

Le climat de la plaine de l'Imbo est inclus dans un climat tropical avec une longue saison sèche de plus de 6 mois et une saison de pluie relativement courte.

- **La température**

Selon les données fournies par l'IGEBU (2023) à sa station de l'Aéroport International de BUJUMBURA, la température annuelle varie de 23,7°C à 25°C avec une moyenne de 24,78°C. Cette température est indiquée par les moyennes données sur une période de 18 ans, c'est-à-dire de 2005 à 2022. Sa température est presque constante toute l'année.

Tableau 2:Températures moyennes issues des températures moyennes minimales et maximales de 2005 à 2022

Mois	Moyennes minimas	Moyennes maximas	Moyennes (max. min.)
J	20.0	29.8	**24.9**
F	20.2	30.3	**25.25**
M	19.9	30.1	**25**
A	20.0	30.1	**25.05**
M	19.7	30.3	**25**
J	18.1	30.0	**24.05**
J	17.5	29.9	**23.7**
A	18.3	30.4	**24.35**
S	19.2	30.0	**24.6**
O	19.6	30.5	**25.05**
N	19.7	29.4	**24.6**
D	19.8	29.5	**24.65**

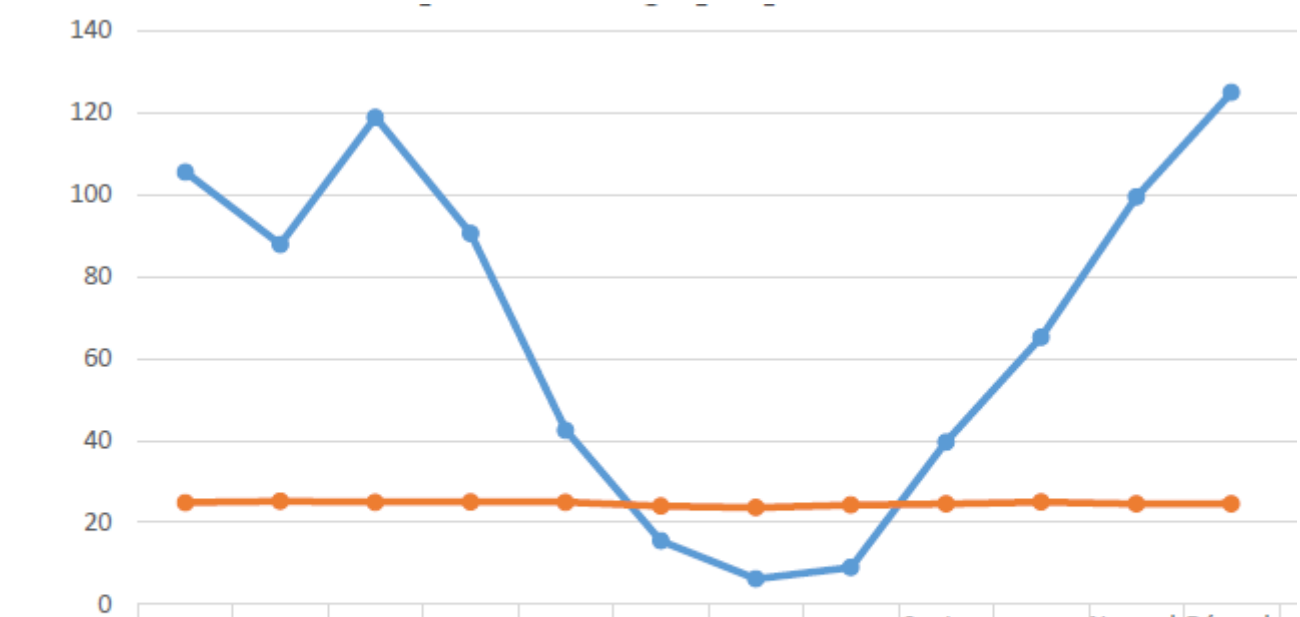
Source : Auteur sur base des températures moyennes en annexe

- **Les précipitations**

La pluviométrie de notre zone d'étude, selon l'IGEBU (2023), est irrégulièrement répartie entre les mois et les années. La pluviométrie annuelle sur une période d'observation de 18 ans varie de 272 mm à 1231 mm, soit une moyenne de 806mm. La variation mensuelle pour cette même période est de 6,3 mm à 12mm. Cette pluviométrie est indiquée par les moyennes données de l'année 2005 à 2022 à la station de l'Aéroport International de Bujumbura.

Toutefois, il y a lieu d'observer une alternance climatique très nette entre une saison pluvieuse allant de Février à mai et d'octobre à décembre et une saison sèche allant de juin à septembre.

Graphique 1: Représentation graphique



	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Pmm	105,6	87,9	118,9	90,6	42,6	15,6	6,3	9,1	39,7	65,3	99,5	125
T0	24,9	25,25	25	25,05	25	24,05	23,7	24,35	24,6	25,05	24,6	24,65

Source : Auteur sur base des données du tableau 2

- **Les vents**

Les vents dominants de Gatumba ont généralement une direction Nord-Sud et vice versa avec une dominance pour cette direction Nord-Sud. Pendant la journée, une brise souffle du lac vers la plaine dans les après-midi en saison sèche. Pendant la nuit, une brise de montagne qui est moins forte que la brise du lac prend le sens contraire c'est-à-dire qu'elle souffle de la plaine vers le lac.

II.1.3 Morphologie, géologie et pédologie

Le delta de la Rusizi, bordé par la petite Rusizi à l'Ouest et la grande Rusizi à l'Est, fait partie de la plaine basse de la Rusizi. Cette plaine est partagée entre la République Démocratique du Congo et le Burundi. Elle a une histoire géologique fortement liée à celle du lac Tanganyika, bien que la formation de la rivière Rusizi remonte au pléistocène moyen, âge plutôt récent par rapport à celui du lac Tanganyika.

La plaine de la basse Rusizi a subi diverses transgressions lacustres, ce qui explique que les sols du secteur delta, comme l'ensemble de la plaine de la Rusizi, sont d'origine à la fois lacustre (vertisols, solonetz, kaolisols, sols bruns eutrophes) et fluviatile (alluvions anciennes à actuelles). On distingue donc des sols de nature argileuse imperméable et gorgés d'eau pendant toute la saison de pluies, des sols sableux notamment aux abords immédiats de la rivière Rusizi et dans la zone littorale du lac Tanganyika et des secteurs de dépôts alluvionnaires résultant des inondations.

Morphologiquement, la zone écologique de l'Imbo est une plaine sédimentaire lacustre et fluviatile avec des dépôts d'alluvions.

Du point de vue géologique, le modelé de la plaine est un des résultats des épisodes d'effondrements de la fin du Tertiaire qui ont abouti à la configuration actuelle du graben. La zone de Gatumba se trouve sur une partie importante de la feuille de Bujumbura. Elle est située dans le lift valley occidental africain. Elle est constituée par des dépôts sédimentaires récents à la fois lacustres et fluviales du Quaternaire. Au Nord du lac Tanganyika, s'étend cette vaste plaine drainée par la Rusizi, émissaire du lac Kivu. La pente de la plaine descend de 1250m de la Ruhwa au Nord jusqu'à 775m au niveau du delta (Rapport IGEBU,2008).

Du point de vue pédologique, les sols de la plaine de l'IMBO sont d'origine à la fois lacustre et fluviatile, essentiellement alluvionnaires mais parfois sablonneux avec une grande richesse en sels minéraux mais à teneur variable en humus, d'où une fertilité bonne, variable d'autant plus que les sols sont diversifiés en fonction de la richesse en sels minéraux et de la profondeur des horizons pédologiques.

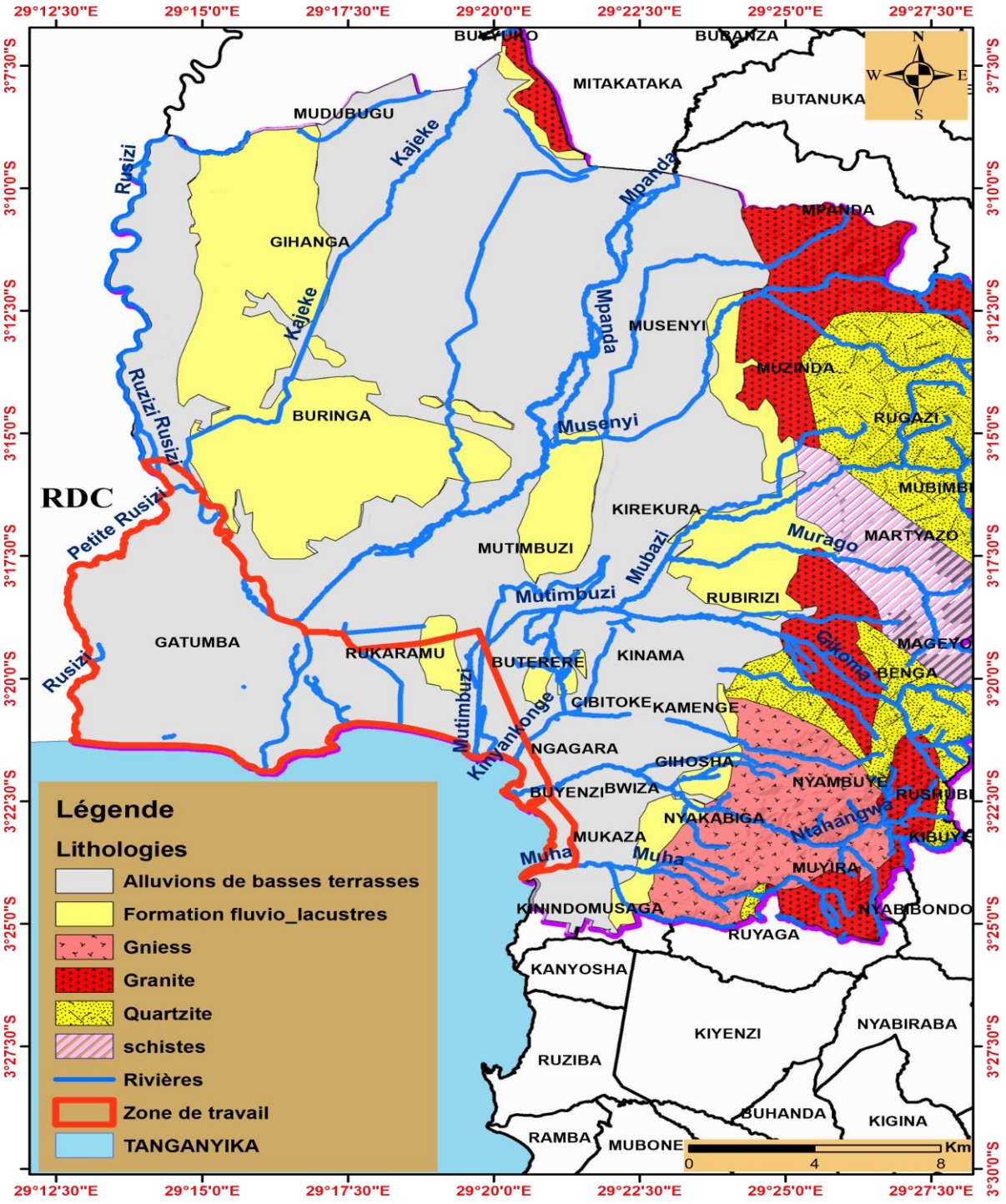


Figure2 : carte géologique

Source : Réalisation personnelle à partir de la carte géologique, Feuille Bujumbura à 1/50000

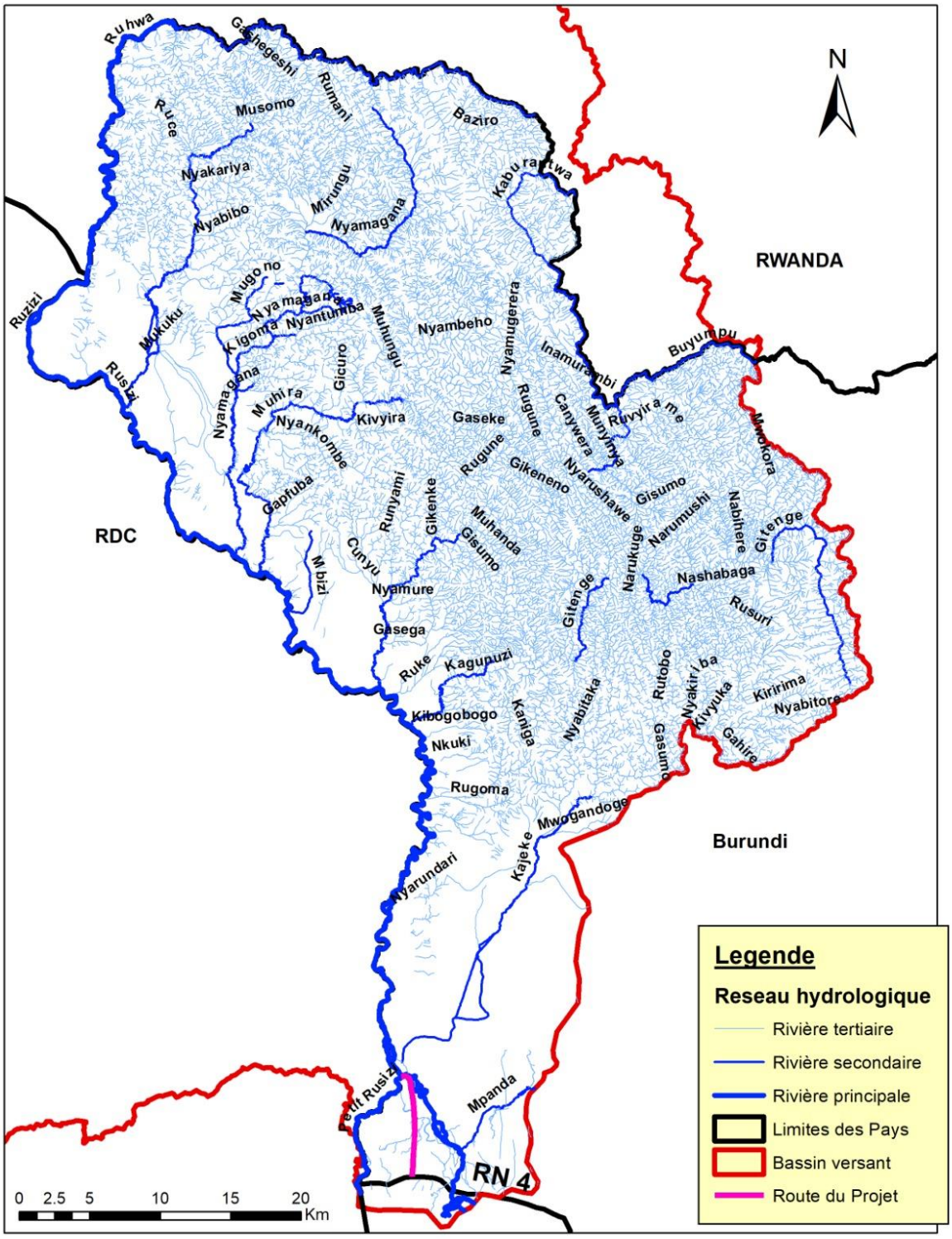
II.1.4. Réseau hydrographique

L'hydrographie de notre zone d'étude se place dans le contexte de celle du bassin du Congo et précisément dans le sous bassin situé à l'Ouest de la crête Congo−Nil. Ce dernier est formé par la rivière Rusizi qui reçoit les eaux déversées par le lac Kivu et ses affluents et d'autres grands affluents du lac Tanganyika tels que Mutimbuzi, Ntahangwa, Muha et Kanyosha.

Il n'y a aucun cours d'eau qui prend source dans la zone de Gatumba. Seuls des petits rigoles présentant un écoulement faible à cause de la faible pente y sont observées durant les mois pluvieux. Le régime hydrologique de la Rusizi varie de mois en mois et dépend de la pluviométrie dans ce bassin versant. Selon Sindayihebura B. dans sa thèse, la nappe phréatique est tout près de la surface dans la plaine de l'Imbo. A quelques endroits, elle se situe même en dessous d'un mètre. Cette situation de la nappe phréatique à une petite profondeur la rend plus vulnérable aux problèmes de pollution[9].

[9] NDAYIZEYE A.,2022. Analyse des facteurs des inondations reccurntes et leurs impacts dans la zone Gatumba. Bujumbura, UB,mémoire,Flsh,66P

Figure 3: Carte hydrologique du sous bassin versant de la rivière Rusizi (côté Burundi)



Source: Réalisation personnelle à partir de la carte hydrologique du Burundi

II.1.5. La population

Dans la zone d'étude, la densité de la population s'élève à environ 237 habitants par km^2, elle est l'une des plus élevée du pays, comparée à la moyenne nationale qui est de 230 habitants par km^2.

Le fait que le recensement général de la population et de l'habitat ne s'effectue pas dans un intervalle de temps régulier dans notre pays, la non maîtrise des mouvements migratoires et l'insuffisance des données sur la natalité et la mortalité, ne permettent pas d'aborder convenablement le taux de la croissance démographique de notre zone d'étude. Il est alors très difficile de connaitre le nombre de la population que la zone Gatumba a connu chaque année.

Cependant, l'estimation de la population varie d'une source à l'autre. Pour connaitre la situation démographique de la zone Garumba, nous avons fait recours aux données du ministère ayant le recensement dans ses attributions, de certaines institutions, des données de l'administration locale et de certains chercheurs. Ainsi., en 1949, la population de Gatumba était de 1291 dont 646 hommes et 437 femmes (PDDES, I949).

Le recensement général de la population et de l'habitat effectué en 1979 a montré que la population était de 3.380. En 1983, elle s'élevait à 5.528 personnes tandis qu'elle est passée 5.406 personnes dont 2.776 hommes et 2632 femmes en 1990.

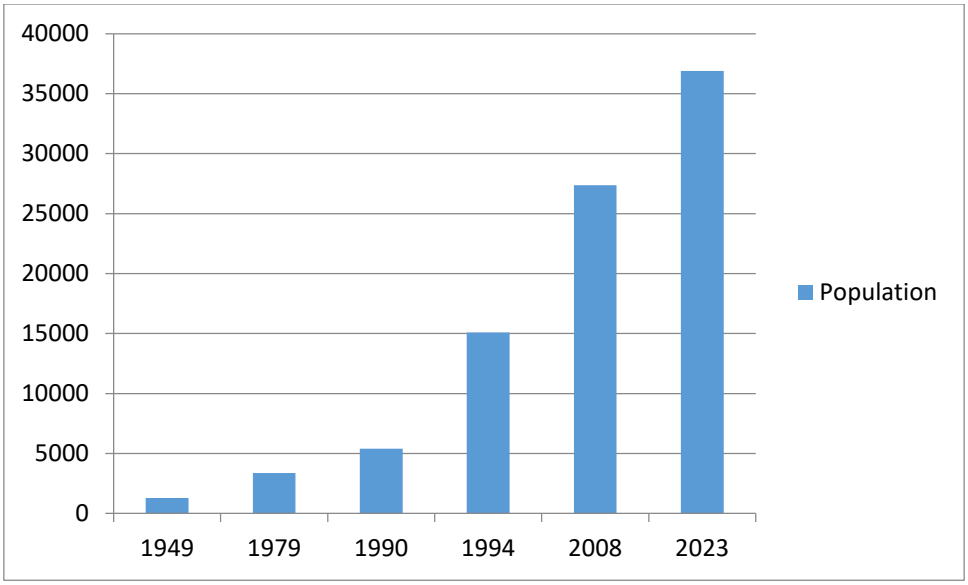
Cette population n'a cessé d'augmenter. L'étude commanditée par le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) a montré qu'en 1994, cette population était estimée 15.083 personnes (Sindayizeruka, 2000). En 2008, cette zone était peuplée de 27.361 personnes (ISTEEBU, 2008). En 2023, elle est estimée à 36.900 selon les autorités administratives locales.

Tableau 3: Population de la zone Gatumba (1949 à 2023)

Années	Populations
1949	1291
1979	3380
1990	5406
1994	15083
2008	27361
2023	36900

Source: Auteur sur base des différents données récoltées

Graphique 2: Evolution de la population de Gatumba (de 1949 à 2023)



Source : Auteur sur base des données du tableau 3

La comparaison dont le tableau ci−dessous montre que la tranche d'âge de la population active (entre 15 et 65 ans) et la tranche d'âge des adolescents (< 15 ans) sont respectivement assez élevées (47,5%) et (50,3%).

Tableau 4: Comparaison démographique de la zone d'étude aux moyennes du pays

Age	Paine de l'Imbo (1994)	Burundi (1991)
< 5 ans	17,8%	20%
< 15 ans	50,3%	46%
≥ 15ans < 65 ans	47,5%	50%
>65 ans	1,4%	4%

Source : J.E.Bidou, S. Ndayirukiye, J.P.Ndayishimiye, P. Sirven, Géogr. Du Burundi.

II.1.6. Faune et la flore

Les principales formations végétales dans la plaine de la Rusizi sont marquées par des contrastes bien distincts. La composition floristique fait apparaitre l'existence de centaines d'espèces de végétation naturelle, des bosquets xérophiles, des forêts à Hyphaene petersiana et des forêts artificielles (RAMSAR, 2019).

On trouve dans le delta de la Ruisizi la faune terrestre (les oiseaux, les mammifères, les reptiles et les amphibiens) et la faune aquatique (plusieurs espèces de poissons dans le lac Tanganyika et dans la Rusizi ainsi que des mollusques).

La formation végétale est soumise aux sévères conditions naturelles du milieu. Après des inondations qui laissent longtemps stagner les eaux, les plantes souffrent de la longue saison sèche qui fait même fissurer le sol (Nzigidahera, 2003).

Cette zone est également confrontée à de multiples défis liés à la gestion durable des ressources naturelles. Cette problématique s'observe à travers divers facteurs notamment l'exploitation irrationnelle des ressources forestières, la pression démographique, le changement climatique et les catastrophes naturelles**.**

II.1.7. L'aménagement du territoire

En tenant compte de la définition de l'aménagement du territoire vue au premier chapitre, la zone de Gatumba est moyennement équipée que ce soit les ouvrages et infrastructures publics et privés, que ce soit les voies de communications, etc ; elle n'est pas aménagée suivant les normes urbanistiques et résilientes à l'aléa d'inondation.

Lors de notre descente sur terrain dans la zone de Gatumba, nous avons identifiés des principaux défis d'aménagement qui peuvent déclencher et aggraver les catastrophes d'inondation.

Ces défis sont spécialement l'inexistence d'un plan local d'aménagement, les constructions dans des zones inconstructibles, le problème de viabilisation, les constructions anarchiques non résilientes aux aléas hydrométéorologiques et géologiques, le problème d'assainissement, le problème des voies de communication inter-quartiers non aménagés etc. Les maisons d'habitation sont construites anarchiquement, les unes en briques adobes, les autres en boue et d'autres encore en matériaux dures.

Photo 1: Maison construite dans des matériaux précaires



Source : Prise par l'auteur le 7/4/2023

Photo 2: Maison construite en brique adobe



Photo 3: Maison construite en matériaux durables à côté des maisons en matériauxprécaires





Source : Prise par l'auteur le 7/4/ 2023

De manière générale, chacun construit selon les moyens qu'il dispose ce qui accentue les dégâts tant matériels qu'humains en cas de catastrophe d'inondation.

II.2. Données utilisées

Les données que nous avons utilisées regroupent les données spatialisées rassemblant les cartes topographiques du Burundi au 1/50000ème ainsi que les cartes géologiques couvrant notre zone d'étude. La collecte des données indispensables a permis d'établir avec précision des conditions naturelles de la zone d'étude, tels que la topographie, la géologie, l'hydrographie, le sol et le climat.

Toutes les données ont été récoltées auprès de l'administration technique et administrative entre autre U.B, IGEBU, DPSP de Bujumbura Mairie, le Ministère de la sécurité publique, le Ministère de la solidarité, l'OIM. A part les données statistiques issues pour la plus part, des rapports administratives, des archives et autres qui seront référencées dans la bibliographie, auxquels s'ajoute le travail de terrain, les autres données ont été recueillies sous forme de consultation dans cette zone d'étude.

Les logiciels utilisés sont Microsoft Word et QGIS. Le premier module nous a permis l'ouverture au traitement du texte, le second nous a été utile pour l'élaboration des différentes cartes visant à fournir des données de base nécessaires pour comprendre la vulnérabilité de la zone d'étude.

II.3. Démarche méthodologique

Pour aboutir à ce travail, nous avons d'abord procédé aux travaux de terrain qui étaient consacrés à la localisation des zones affectées par les inondations dans les quartiers de Gatumba.

Ensuite, nous avons fait une documentation dans différents manuels comme les ouvrages généraux, les thèses, les mémoires et /ou autres publications.

Les exploitations des documents cartographiques comme les cartes topographiques, cartes géologiques, ortho-photo plan 2013 ainsi que l'internet nous ont aidés dans la réalisation de ce travail.

Pour bien mener ce travail de mémoire, la méthode qualitative composée de la combinaison de la recherche documentaire, des entretiens et des entrevues ainsi que de l'observation directe a été utilisée. Cette méthode a été appuyée par une phase si importante du travail de bureau au cours de laquelle il était question de dépouiller, traiter, confronter, analyser et discuter les résultats obtenus.

II.3.1. Recherche documentaire

Pour la bonne marche de cette recherche, nous nous sommes référés tout d'abord à la documentation écrite où nous avons consulté les ouvrages généraux, rapports, mémoires, thèses, articles, internet et d'autres documents en rapports avec l'occupation du sol et les inondations. Afin de faire une analyse de l'occupation du sol et les inondations en milieu menacé par les inondations, nous avons consulté divers documents dans les différentes institutions tels que le ministère de l'environnement, de l'agriculture et de l'élevage ainsi que l'Institut de Statistique et des Etudes Economiques du Burundi (ISTEEBU) pour l'enrichir de la littérature empirique théorique mais aussi nous avons visité les différents sites officiels de certaines institutions tant nationale qu'internationale pour la collectes des données.

II.3.2. Entretiens et entrevues

Pour avoir des informations fiables, les données ont été collectées à l'aide des entretiens et des entrevues menés sous formes de questions. Les entretiens et entrevues ont ciblé les ménages et certains acteurs clés de la commune Mutimbuzi comme les autorités administratives locales à différent niveau, les responsables des différents secteurs d'activité et les habitants. Le choix de la personne à nous entretenir s'est fait sur base des critères du degré élevé de sensibilité, de sa proximité par rapport aux sources du risque (delta de la Rusizi et le Lac Tanganyika) et de sa durée de vie dans la localité (au moins 10ans). Il s'agissait des entretiens semi-directifs à réponses libres qui avait pour objet de saisir les aspects en rapport avec les caractéristiques socio-économiques des ménages, l'exposition, la sensibilité, la capacité d'adaptation, la fréquence, la perception de l'inondation et le niveau de la culture du risque, les facteurs d'inondation, la réaction pendant la survenue de celle-ci, le genre de dégâts enregistrés et ce qu'ils envisagent. Cette phase a été d'une grande importante à l'obtention des données relatives aux différentes structures concernées par l'étude et par conséquent à la compréhension des questions pertinentes liées à l'étude.

II.3.3. Observations directes

En plus de la recherche documentaire, des entretiens et entrevues, nous avons procédé à des observations directes de la zone submersible. Les observations ont été faites pendant la journée et ont beaucoup ciblé la zone bâtie ainsi que le comportement du lac Tanganyika.

La phase d'observation directe a été d'une importance capitale car, c'est au cours de cette dernière que plus d'informations utiles à appuyer nos réflexions et nos résultats d'entretien ont été recueillies. De plus, des photos ayant servi aux illustrations ont été prises au cours de cette phase.

Au cours de la réalisation de ce travail, les difficultés rencontrées ne peuvent pas manquer. Il s'agit entre autre de l'insuffisance des moyens matériels et financier sans oublier que le terrain était difficilement accessible. Nous ne manquerons pas d'ajouter que la prise des photos exigeait au préalable la demande d'une permission auprès des autorités locales et des agents de la sécurité publique.

CHAPITRE III : PRESENTATION, ANALYSE, DISCUSSION DES RESULTATS ET PROPOSITION DES MESURES DE PREVENTION ET DE PROTECTION

Lorsque de fortes pluies tombent sur des espaces urbanisés, elles transforment les rues et les principaux collecteurs en un véritable torrent parce que leur cheminement normal a parfois été utilisé par le bâti ou divers aménagements. De gros écoulements se produisent en d'importantes averses, lesquels écoulements provoquent ou aggravent les inondations en aval de la Rusizi.

Dans ce chapitre nous allons alors mettre une grande attention sur les facteurs d'amplification des inondations, les impacts liés aux inondations et essayer de donner des propositions pour la prévention de ces risques.

III.1. PRESENTATION DES RESULTATS

III.1.1. Les données fournies par l'OIM

L'OIM à travers son outil de Matrice de Suivi des Déplacements et en étroite collaboration avec les autorités burundaises et les partenaires humanitaires, a conduit un exercice de profilage des ménages déplacés dans les provinces Bujumbura, Bujumbura Mairie, Rumonge et Makamba**.** Durant les mois d'avril et mai 2021, la montée des eaux du lac Tanganyika a causé des fortes inondations dans la province de Bujumbura Rural (commune de Mutimbuzi).

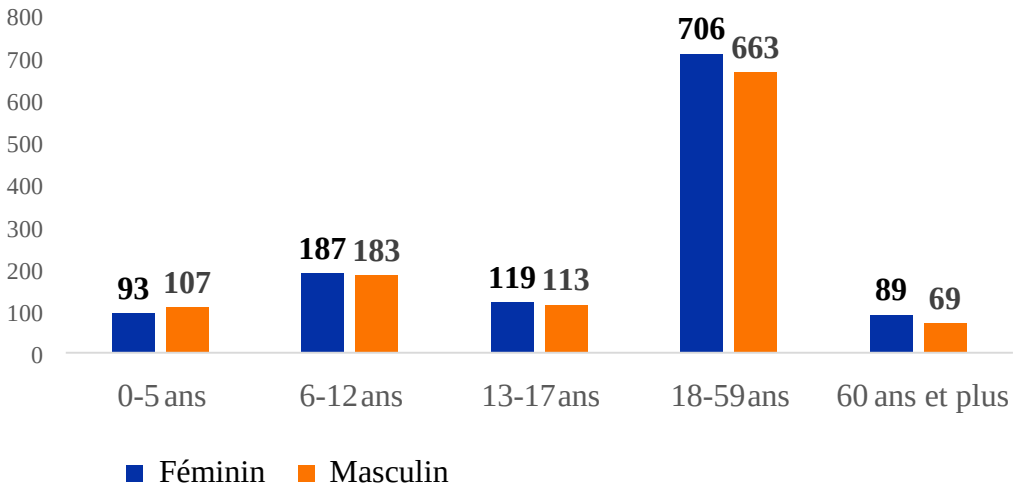
Les personnes déplacées ont été hébergées en grande partie dans des familles d'accueil mais aussi dans les sites temporaires de Kinyinya II et Sobel (commune Mutimbuzi). Les résultats de l'enquête menée dans ces différents sites montrent que :

- 4 419 personnes (1 763 ménages) soit 22% vivent dans les sites de Kinyinya II et Sobel (Commune Mutimbuzi, province Bujumbura)

III.1.1.1. INFORMATION DEMOGRAPHIQUE SUR LE SITE KINYINYA II

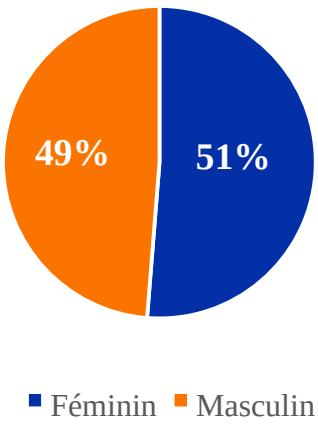
Le site de Kinyinya comptait 2 329 personnes déplacées dont 1135 de sexe masculin et 1194 de sexe féminin (soit 957 ménages déplacés) en 2021. Selon l'enquête de l'OIM en 2021, l'effectif le plus élevé des personnes vivant dans ce site est compris entre l'âge de 18 à 59ans(Graphique3)

Graphique 3: Répartition par âge et sexe

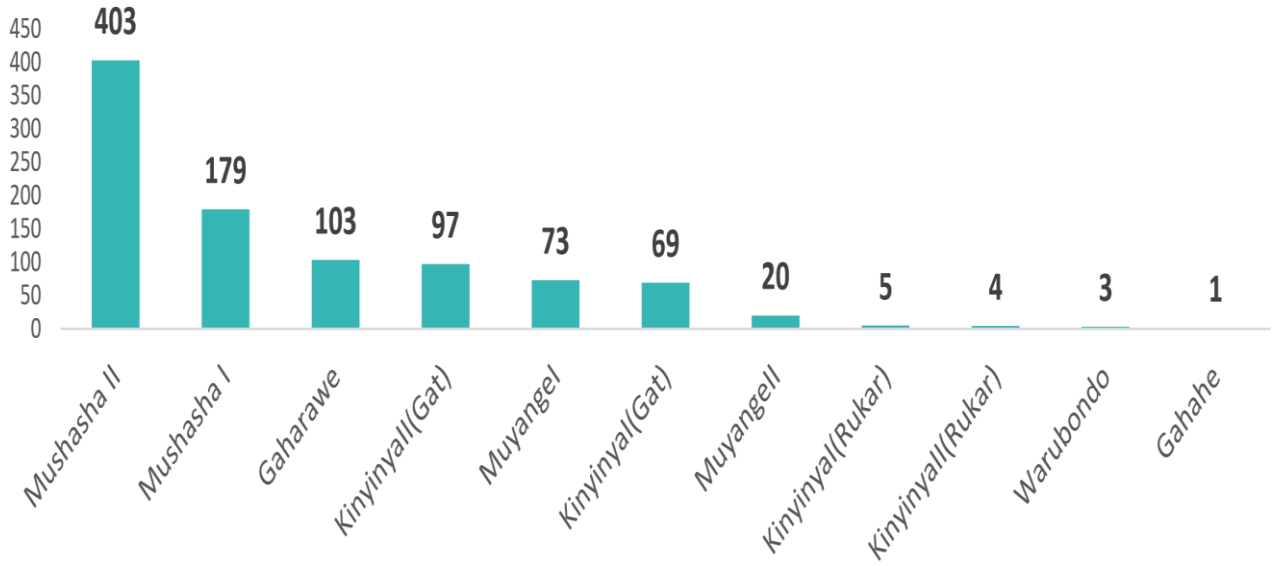


Les résultats de cette enquête ont également montré que l'effectif du sexe féminin est supérieur à l'effectif du sexe masculin.

Graphique 4: Pourcentage par sexe



Tous ces résultats ont montré que les collines les plus touchées par ces inondations recculentes sont MushashaII, MushashaI, Gaharawe et KinyinyaII(Graphique5)

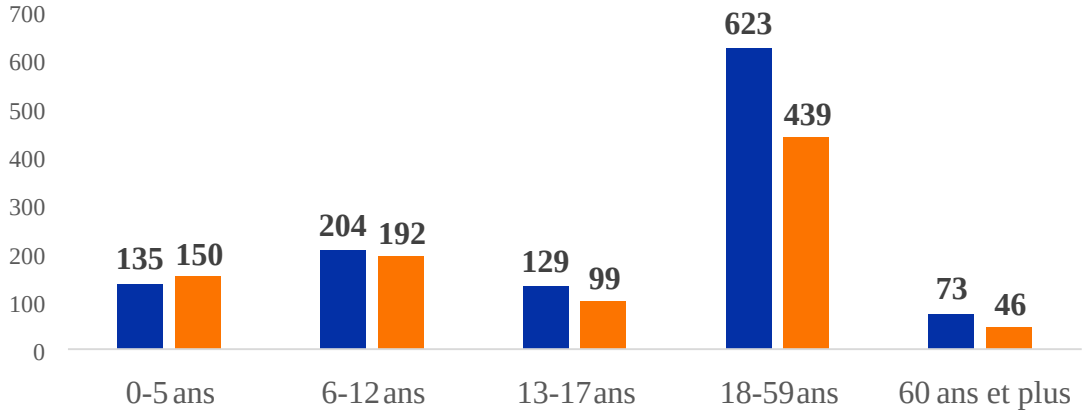


Graphique 5: Nombre des ménages déplacés par colline d'origine

III.1.1.2.INFORMATION DEMOGRAPHIQUE SUR LE SITE DE SOBEL

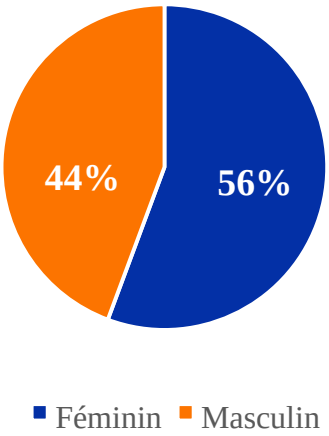
Le site de Sobel comptait 2 090 personnes déplacées dont 926de sexe masculin et 1164 de sexe féminin (soit 806 ménages déplacés). Selon l'enquête de l'OIM en 2021, l'effectif le plus élevé des personnes vivant dans ce site est compris entre l'âge de 18ans et 59ans (Graphique 6)

Graphique 6: Répartition par âge et sexe



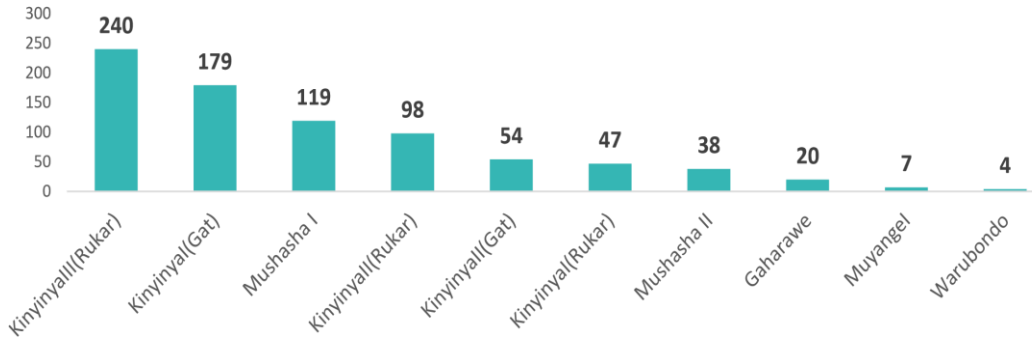
Les résultats de cette enquête ont ensuite montré que l'effectif du sexe féminin est de loin supérieur à l'effectif du sexe masculin(Graphique7)

Graphique 7: Pourcentage par sexe



Tous ces résultats ont également montré que les collines les plus touchées par ces aléas climatiques sont : KinyinyaIII à Rukaramu, KinyinyaI à Gatumba, MushashaI et KinyinyaII à Rukaramu(Graphique8)

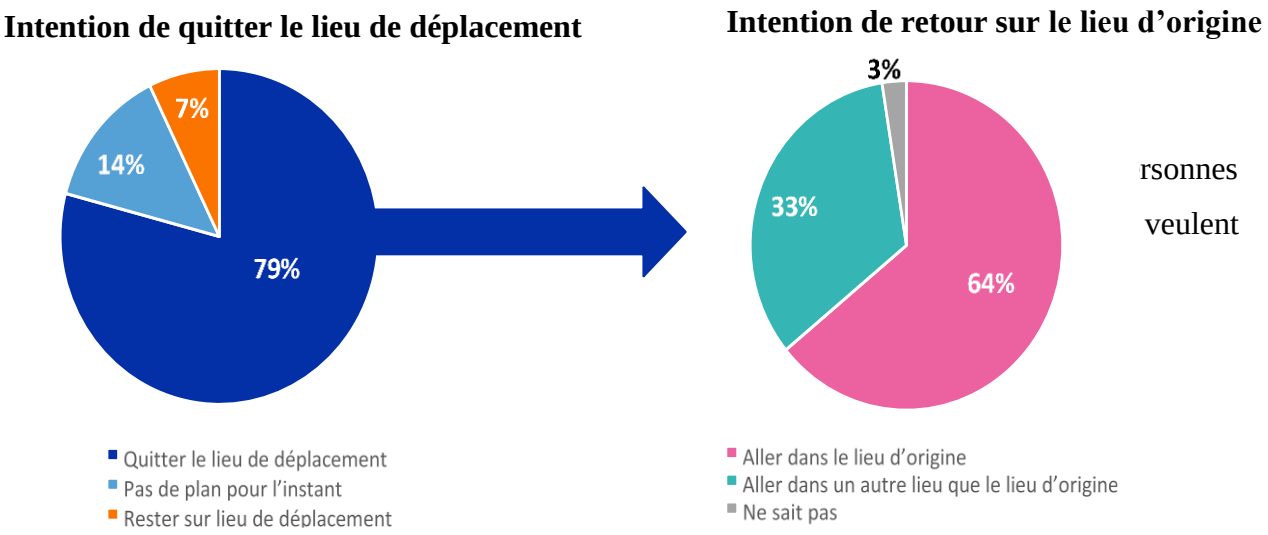
Graphique 8: Nombre des ménages déplacés par colline d'origine



III.1.1.3. INTENTION DES PERSONNES DEPLACEES INTERNES (PDI) POUR LES SOLUTIONS DURABLES.

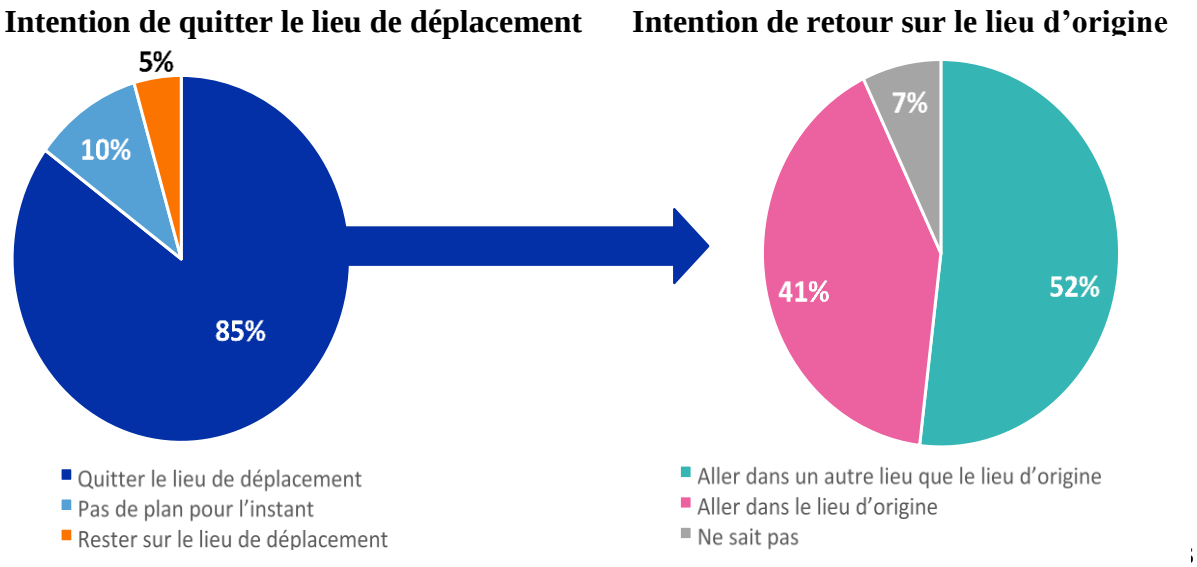
Parmi les personnes déplacées qui ont pris refuge dans le site Kinyinya II , 79% des personnes déplacées ont l'intention de quitter ce site. Certaines d'entre elles veulent retourner dans le lieu d'origine et les autres veulent s'installer ailleurs.

Graphique 9: Intention des PDI pour le site Kinyinya II



rsonnes veulent

Graphique 10: Intention des PDI pour le site Sobel



une autre localité.

- ✓ **Site de Sobel**: Plus de **60** % des ménages déplacés souhaitent le retour sur leurs lieux d'origine.

III.1.1.4. CHIFFRES GLOBAUX DES PDI VIVANT DANS LES SITES

• Nombre total des PDI vivant dans les sites de Sobel, Kinyinya II et Mafubo

• Site de Sobel: 3 571 personnes (1 382 ménages)

- PDI de 2020: 1 481 personnes (576 ménages)
- PDI de 2021: 2 090 personnes (806 ménages)

• Site de Kinyinya II: 3430 personnes (1401ménages)

- PDI de 2020: 1 101 personnes (444 ménages)
- PDI de 2021: 2 329 personnes (957 ménages)

• Site de Mafubo: 465 personnes (122 ménages)

- PDI de 2020: 465 personnes (122 ménages)

III.1.2. Les données fournies par la coordination provinciale pour la protection civile

III.1.2.1. Problèmes socio-économiques

Sur le plan socio-économique, les inondations ont causé des problèmes qui se manifestent par la destruction des différentes maisons d'habitation, des infrastructures et ouvrages publics ou privés, des champs de cultures.

La zone de Gatumba a connu des inondations en 2019.4503 ménages ont été victimes avec une perte de 650 hectares de champs.

En date du 19 avril et le 1er mai 2020, des inondations sévères ont touché les collines des zones zones de Gatumba et Rukaramu dans la commune de Mutimbuzi de la province Bujumbura. Cette catastrophe naturelle a affecté 45681 personnes (soit 8543 ménages) et a causé le déplacement de 17792 personnes (soit 3210 ménages) qui ont été installés en trois sites : SOBEL, KIGARAMANGO et KINYUNYA II. Au cours de ces inondations, 4974 maisons ont été complètement détruites et 1940 l'ont été partiellement (DGPCGC, 2020).

Photo 4: Destruction des maisons en boue



Source: cliché de l'auteur

Selon le rapport de la coordination provinciale de la protection civile, en plus des infrastructures, plusieurs champs de culture ont été emportés.

Tableau 5:Impacts socio-économiques des inondations des zones Gatumba et Rukaramu

Phénomenes	Nombres
Champs de culture en ha	500
Maisons partiellement détruites	1940
Maisons totalement détruites	3210
Ménages affectés	8543
Ménages déplacés	4974
Personnes déplacées	17792
Personnes affectées	45681

Source: rapport de la coordination provinciale de la protection civile, mai 2021

Les inondations de Gatumba de 2020 ont affecté une grande partie de la population. Les personnes déplacées ont été installées dans des sites des déplacés où elles vivaient dans des conditions très difficiles. Les membres de la famille vivaient ensemble dans de petites tentes, sans séparation des parents, enfants, adultes et mineurs.

De plus, à côté des autres besoins de première nécessité, les déplacés éprouvaient un manque d'eau et des latrines, ce qui a accentué les maladies des mains sales dans ces sites. C'est le cas des sites de KIGARAMANGO et SOBEL.

Photo 5: Site nouvellement installé à Kigaramango



Source: cliché de l'auteur

La nuit du 15 au 16 mai 2021 fut également inondée. Les pluies auraient provoqué les crues de la rivière Rusizi et auraient occasionné la montée du niveau du Lac Tanganyika, ce qui a été à l'origine des inondations de la quasi-totalité des collines de ladite zone.

Selon la coordination provinciale de la protection civile, ces inondations de mai 2021 ont aussi créé une situation plus désastreuse pour 365 ménages des déplacés qui étaient établis dans le site de Kigaramango qui, à son tour était inondé.

Ces inondations ont provoqué deux vagues de mouvements de la population. La première dont le transport a été assurée par les camions de la protection civile et de la Croix-Rouge du Burundi vers le site SOBEL de la zone Maramvya. La seconde plus grande que la première était constituée par des personnes qui se sont temporairement installées tout au long de la clôture de l'Aéroport International Melchior Ndadaye. Avant ces inondations du 15 et 16 mai 2021, dans les sites des déplacés de SOBEL, Mafubo, Kigaramango et KinyinyaII, on comptait 8002 personnes regroupées en 1881ménages.

Tableau 6: Effectif des déplacés de 2019 à 2020

Zone	Site	Effectif des ménages
Gatumba	SOBEL	334
	MAFUBO	133
	KIGARAMANGO	365
	KINYINYAII	1049
	Total	1881

Source: Rapport de l'administration communale de Juin 2021

Ces inondations ont également causé des dégâts sur le plan social. Les écoles ont été inondées. Les écoles de Mushashal et Mushashal ont temporairement fermé les locaux. Dans les autres écoles, pour accéder à l'école, les élèves prenaient les pirogues. Par la crainte des noyades de ces enfants, les autorités administratives ont décidé de mettre hors service tous les établissements scolaires inondés. Seules les écoles de Warubondo sont restées fonctionnelles. Les élèves des classes à test ont été intégrés dans ces écoles non touchées par les inondations pour achever les matières des cours qui font objet du concours national.

Photo 6: Ecole temporairement fermée suite aux inondations



Source : Photo prise par l'auteur, Juin 2023

En plus des infrastructures, plusieurs champs de culture ont été emportés par ces inondations. Cette information a été confirmée par les autorités locales. Certains agriculteurs qui ont contracté des dettes auprès des microfinances étaient entre le marteau et l'enclume, ne voyant pas comment rembourser cette dette.

Tableau 7: Dégâts des inondations sur les cultures à Gatumba de 2020

Zone	Collines	Cultures	Superficie en ha
Gatumba	KinyinyaI, KinyinyaII et Warubondo	Maïs	80
		Niébé	55
		Haricots	45
		Bananiers	53
		Patates douces Maraîchères	40
		Tomates	10
		Riz	5
Total			358

Source: Commune Mutimbuzi, rapport administratif de juin 2021

III.1.3. Vulnérabilité des quartiers riverains du lac et/ou de la Rusizi

Le littoral du lac et l'espace riverain de la rivière Rusizi sont menacés chaque fois par les inondations. Certains quartiers sont les plus vulnérables suite à la topographie qui leur expose à ce danger. Cela est approuvé par les résultats de l'enquête sur terrain auprès de la population qui compose notre échantillon.

Tableau 8 : Vulnérabilité des quartiers riverains du lac et/ou de la Rusizi

Réponses	**Effectif des répondants**	**Pourcentage**
Les quartiers de Vugizo et Warubondo	6	7,14%
Les quartiers de MushashaI et II	24	28,57 %
Les quartiers de Munyinya et Kiyange	18	21,42%
Les quartiers se trouvant au niveau bas au bord du lac ou de la Rusizi	36	42,85%
Total	**84**	**100 %**

Source : Auteur à base des résultats d'enquête

Le degré de vulnérabilité est en grande partie tributaire du niveau du terrain très bas par rapport au niveau maximum des hautes eaux du lac ou de la Rusizi comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 9 : Raison de la vulnérabilité des quartiers riverains du lac Tanganyika ou de la Rusizi

Réponses	**Effectif des répondants**	**Pourcentage**
Proximité du lac Tanganyika et leur situation à un niveau bas	30	35, 71 %
Proximité de la Rusizi et leur situation à un niveau bas	12	14,28 %
Proximité du lac et de la Rusizi	9	10,71 %
Leur bassesse	15	17,85 %
Débordement de la Rusizi	6	7,14 %
Absence des mesures protectrices comme les digues	3	3,57 %
Absence des systèmes d'assainissement	3	3,57 %
Pas de réponse	6	7,14 %
Total	**84**	**100 %**

Source : Auteur à base des résultats d'enquête

Selon qu'on se trouve dans les quartiers riverains du lac Tanganyika ou dans les quartiers au voisinage de la Rusizi, les réponses pointent sur le lac comme cause de vulnérabilité ou la Rusizi comme cause de cette vulnérabilité.

Mais, on en déduit que le niveau bas du quartier est la principale source de vulnérabilité. En outre, les aménagements ou infrastructures érigées sur ces sites ne peuvent pas tenir en cas d'inondations. Cela aggrave encore cette vulnérabilité. C'est pourquoi on enregistre beaucoup des départs à Gatumba qu'à Kajaga, tout comme ailleurs. La figure 22 montre la probabilité des risques d'inondations dans la zone d'étude.

III.1.4. Causes de la montée des eaux du lac Tanganyika

Parmi tant d'autres causes de la montée du lac Tanganyika, ce tableau illustre bien la cause principale de la montée des eaux du lac Tanganyika qui est essentiellement "les fortes précipitations (non saisonnières dans la sous-région)".

Tableau 10: Causes de la montée des eaux du lac Tanganyika

Réponses	**Effectif des répondants**	**Pourcentage**
Fortes précipitations	24	28,57 %
Débordement de la Rusizi	12	14,28 %
Hautes eaux de ses affluents	9	10,71 %
Phénomène naturel	12	14, 28 %
Changements climatiques	9	10,71 %
Barrage de l'exutoire Lukuga	9	10,71 %
Crues cinquantenaires	6	7,14 %
Pas de précision	3	3,57 %
	84	**100 %**

Cette cause est le résultat des changements climatiques (10,71 % des répondants) qui font que ces pluies diluviennes provoquent également des hautes eaux des affluents du lac Tanganyika (10,71 % des répondants) comme la Rusizi qui est l'élément déclencheur des inondations pour ses riverains (14,28 % des répondants).

Les avancées qui disent que la montée du lac Tanganyika est due essentiellement au barrage de Lukuga (10,71 % des répondants) sont à rejetées comme le confirme les experts (MINEAGRIE : 2021). Toutefois, les crues cinquantenaires ont un grand fondement pour la montée des eaux du lac comme l'indiquent toujours des experts, malgré que les répondants ne l'aient pas évoqué massivement (7,14 %). Ainsi, le lac avait monté en 1878 à l'époque de la rencontre entre Livingstone et Stanley ; il monta également en 1938, puis en 1963, encore en 1999, mais aussi en 2020 comme ça été bien évoqué par l'Ambassadeur MBONERANE Albert devant la caméra d'UMUKUBITO TV[10]. IYANKUNZE (2023) ne manque pas à préciser que durant ces dernières années, le lac monte à tous les dix-sept ans.

La montée du niveau du lac Tanganyika en 2021 est comparée à celle de 1964 (année analogue), dont les crues ont atteint la 7ème avenue du quartier Buyenzi en mairie de Bujumbura.

La montée du lac a été remarquable respectivement de 1961 à1964 (NTAKIMAZI, 2006) et de 2018 à 2021. Cela est également approuvé par les résultats d'enquête sur terrain qui précisent que dans les années 1960, il y avait eu également des inondations dues à la montée des eaux du lac Tanganyika comme l'indique le tableau 11.

Tableau 11 : Autres périodes de la montée des eaux du lac Tanganyika

Réponses	Effectif des répondants	Pourcentage
Les années 1960	24	28,57 %
En 1961	24	28,57 %
Depuis longtemps	15	17,85 %
En 1962	9	19, 71 %
Pas de précision	12	14,28 %
	84	**100 %**

Source : Auteur à base des résultats d'enquête

[10] https://www.facebook.com/61557713488155/videos/947456733781049/?mibextid=Hn3EexMF1WhlYZLE

III.1.5. Causes du débordement de la Rusizi

Les causes du débordement de la Rusizi sont aussi variées comme celles de la montée du lac Tanganyika. Toutefois, l'envasement de son lit mineur vient en avant selon les résultats d'enquête menée sur terrain. Il s'en suit les fortes précipitations qui font provoquer les hautes eaux dans un laps de temps. Le tableau 12 montre ça bien.

Tableau 12 : Causes du débordement de la Rusizi

Réponses	**Effectif des répondants**	**Pourcentage**
L'envasement du lit mineur	24	28,57 %
Les fortes précipitations	21	25 %
L'effondrement des berges	6	7,14 %
L'absence des caniveaux	3	3,54 %
Pas de précision	18	21,42 %
	84	**100 %**

Source : Auteur à base des résultats d'enquête

III.2. ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

Selon les données de recherche collectées dans les différents milieux, nous avons constaté que les inondations recculentes de la zone de Gatumba et le Nord-Est du lac Tnganyika proviennent de la combinaison des différents facteurs développés ci-dessous. Ces données nous ont permis de confirmer nos hypothèses.

III.2.1. Les facteurs d'amplification des inondations

L`amplification des inondations qui s'abattent sur la plaine de l'Imbo en général et en particulier notre zone d'étude s'expliquent par plusieurs facteurs combinés (naturels et anthropiques) qui entrent en jeux pour l'explication de l'aggravation des inondations.

III.2.1.1. Les facteurs naturels

III.2.1.1.1 Changement climatique

Le changement climatique est à l'origine, soit des précipitations diluviennes qui s'abattent sur la plaine de la Rusizi et qui causent des catastrophes dans la zone de Gatumba, soit de la grande période de la sécheresse.

Ces changements climatiques provoquent des effets dans la zone de Gatumba qui nécessitent de changements importants d'attitude et de comportement non seulement pour une meilleure gouvernance environnante mais aussi pour réduire sa vulnérabilité face aux risques de catastrophes naturels.

En effet, les rapports milieu// homme au Burundi favorise l'augmentation des changements climatiques. Les inondations, les sécheresses, les mouvements de terrain, sont souvent accélérés par les types d'aménagements du territoire mal conçus.(stratégie nationale de prévention des risques et de gestion des catastrophes et plan d'action national 2012-2015.)

La stratégie nationale pour la prévention des risques et de la gestion des catastrophes devra inclure sa contribution à la mitigation ainsi que l'adaptation aux changements climatiques.

III.2.1.1.2. Variation des précipitations

Les gaz à effet de serre dus aux activités anthropiques influencent la fréquence des précipitations: tantôt il pleut abondamment tantôt il ne pleut pas et des conséquences néfastes s'en suivent. Il s'agit des inondations catastrophiques dans la zone de Gatumba ainsi que toute la plaine en générale, des sécheresses dans les provinces du Nord du pays (Kirundo,Muyinga) etc.

La zone de Gatumba est caractérisée par un cumulatif des pluies: les pluies tombent avant que les précédentes ne soient entièrement absorbées soit par infiltration ou par évaporation. Le temps de réessuyage n'est pas respecté.

III.2.1.1.3 Influence des pluies sur l'écoulement de la rivière Rusizi

Dans la plaine de l'Imbo, les précipitations sont les premiers facteurs de changement de la vitesse d'écoulement de la rivière Rusizi et de ses affluents. Après la tombée d'une pluie exceptionnelle ou des pluies moyennes sur deux jours successifs le cours d'eau connaît des montées fragrantes des flots d'eau.

Les pluies jouent également un grand rôle sur l'érosion du sol. De plus encore, nous avons constaté qu'une succession de jours de pluies moyennes sur deux ou trois jours peut générer des dégâts.

III.2.1.1.4. Les contrastes topographiques Mirwa/Plaine de l'Imbo

La disposition morphologique de la zone Gatumba et ses environs ne favorisent pas la protection des risques d'inondations, de débordements des eaux fluviales et celles de ruissellement. La zone de Gatumba est construite sur une vaste plaine avec une très faible pente surplombée par des escarpements en pleine exploitation agricole. Cette disposition topographique favorise une convergence rapide des eaux vers les localités de la zone située en contre bas. Cela explique les causes réelles des inondations répétitives et des problèmes de stagnation des eaux dans les quartiers à pente très faible. Cette situation se remarque sur le long du passage de la rivière Rusizi qui inonde les champs en son passage et les maisons en aval. Cette zone a une topographie plane, ce qui réduit au strict minimum l'écoulement des eaux alors que c'est le meilleur moyen d'évacuation des eaux de pluies. En outre, la zone de Gatumba occupe une position basse par rapport aux zones pluvieuses. Du coup, elle devient le réceptacle des eaux venant de ces hauteurs sur lesquels tombent des quantités importantes de pluies. De plus, la nappe phréatique est superficielle (moins de 1.5m) ce qui limite les infiltrations car elle est vite saturée. Les zones à faible pentes ou dépressionnaires observent le plus souvent de débordement d'eau de ruissellement en dépit des aménagements mis en place pour contrecarrer l'action dévastatrice d'eaux. Une grande partie de la zone d'étude se situe entre 1 et 2,5%. La partie située à moins de 5% c'est la zone à risque d'inondation. L'eau en provenance de la partie située plus haut vient avec une grande vitesse. De haut vers le bas, le terrain présente une forme concave (pente forte vers le sommet et faible vers l'aval) ce qui rend le terrain vulnérable à l'érosion.

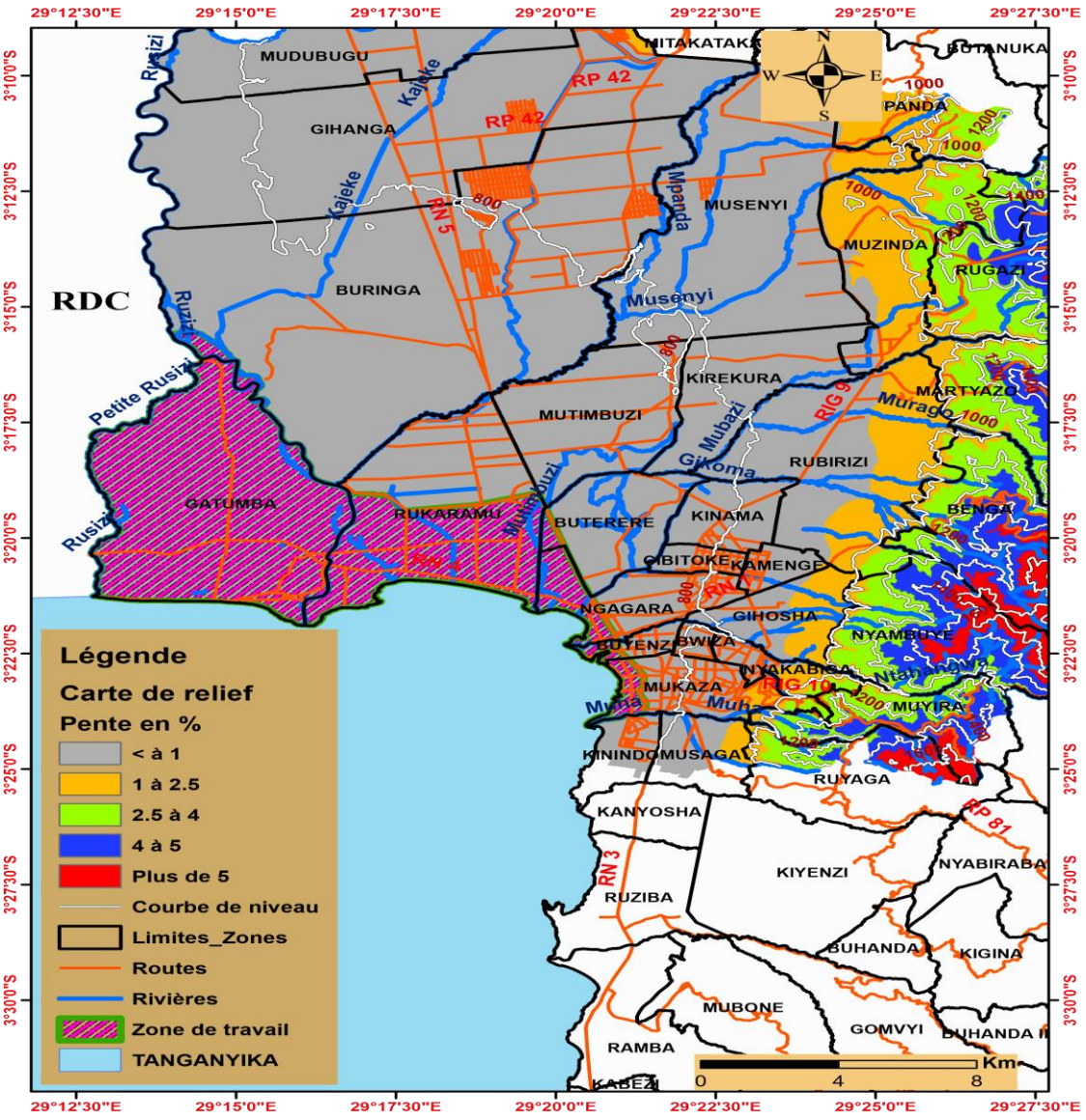


Figure 4 : carte des pentes

Source : réalisation personnelle à partir de la carte topographique du Burundi au 1/50000, Pris, IGN,1980, Feuille Bujumbura SA-35-XXIV-Id

III.2.1.1.5. Les facteurs géologiques et pédologiques

Par les facteurs géologiques, on s'intéresse souvent à l'étude lithologique qui nous indique la nature des roches constituant la formation géologique de la zone de Gatumba. La zone de Gatumba s'étale sur des terrains constitués essentiellement par des sédiments alluvionnaires et fluvieux lacustres récents dont leurs évolutions ont permis de donner naissance aux sols argileux.

Ces sols sont plus ou moins perméables, jouant ainsi en bas le coefficient d'infiltration des eaux. Cette infiltration est freinée par la présence d'horizons argileux lourds moins perméables. En saison pluvieuse, ces sols sont engorgés d'eaux provoquant ainsi les inondations catastrophiques. (Figure 2 page 30)

III.2.1.2. Les facteurs anthropiques

L'action anthropique sur le milieu naturel entraîne une modification de l'occupation des sols ayant pour effet de modifier des différents types d'écoulement des eaux de ruissellement. Parmi ces actions, la diminution progressive des espaces végétalisés occupe une place importante dans l'amplification du débordement des eaux pluviales, des inondations dans les différents quartiers des zones densément peuplées.

III.2.1.2.1 La pression démographique de la zone de Gatumba

La pression démographique dans la zone de Gatumba a été à la base de la disparition de la biodiversité préexistante qui, jadis formait l'équilibre du milieu naturel. C'est avec l'établissement humain qui a commencé la dégradation des sols liée à la grande sensibilité de l'érosion. L'augmentation des densités, le développement des activités humaines, la déforestation, etc ont aggravé le caractère agressif du milieu très fragile. Toutes ces activités augmentent le caractère torrentiel de la Rusizi en cas de fortes précipitations.

III.2.1.2.2. Aménagement mal planifié

Les aménagements comme le réseau routier, les infrastructures et diverses activités urbanistiques modifient sensiblement les conditions normales d'écoulement. L'accroissement des surfaces imperméables (toitures) réduit l'infiltration, surcharge le réseau de drainage et augmente la vitesse d'écoulement des eaux de ruissellement multipliant ainsi le risque d'inondation.

III.2.1.2.2.1. Mauvaise canalisation des eaux pluviales

La mauvaise conception des ouvrages de drainage pluvial occasionnent pendant les fortes averses, des débordements des eaux dont les conséquences sont très désastreuses.

Les travaux de terrains que nous avons effectués dans les différents quartiers de notre zone d'étude, nous avons prouvé des lacunes dans le système d'évacuation des eaux pluviales car plusieurs caniveaux étaient mal entretenus dans cette zone.

Chaque propriétaire de parcelle canalise comme il veut et comme il l'entend suivant ses moyens sans tenir compte des dangers environnementaux.

III.2.1.2.2.2. Attribution anarchique des parcelles

Dans notre zone d'étude, quelques parcelles ont été distribuées sans que les règles urbanistiques soient respectées (permis de construire, certificat d'urbanisme, etc).

D'après nos observations sur terrain, nous avons remarqué que plusieurs maisons et infrastructures se localisent dans des zones tampons c'est-à-dire tout près de la rivière ou du lac Tanganyika, soit à quelques mètres du ravin.

Il a été observé que ces parcelles sont les plus vulnérables aux inondations répétitives en cas du débordement du Lac Tanganyika ou de la Rusizi ou en cas des effondrements des berges.

III.2.1.2.2.3. Les pratiques agricoles sur les versants péri-urbains

Sur les versants surplombant la commune Mutimbuzi, la population rurale nombreuse développe de plus en plus une agriculture de subsistance qui élimine le couvert végétal d'altitude. Leur pratique de supprimer les haies anti-érosives dans le souci d'augmenter des surfaces cultivables et qui assurent ainsi une manoeuvre plus aiguisée des pratiques agricoles provoquent l'accélération des risques d'inondations dans la plaine de l'Imbo du fait que les haies assuraient une fonction de ralentissement d'écoulement d'eau dans le sol via les racines des plantes qui les composent. Ces pratiques culturales entraînent la suppression d'arbres et surtout la grande surface boisée qui, par conséquent, assure l'augmentation de la fréquence de submersions dans la plaine et cela pendant la période pluvieuse. Ces pratiques culturales sont liées à l'étroitesse des terres cultivables à cause de la pression démographique et le manque de la sensibilisation de la population sur les risques naturels.

III.2.1.2.2.4. L'imperméabilisation des terrains

L'accroissement des habitations dans la zone Gatumba constitue le facteur de l'imperméabilisation des terrains. En effet, l'augmentation du nombre d'habitants dans la zone urbaine suppose l'augmentation du nombre de logements et par conséquent l'aménagement de nouveaux sites. Les espaces qui étaient couverts par la végétation ne cessent de diminuer face à l'extension de l'espace bâti.

Les terrains bâtis deviennent imperméables, la quantité d'eau qui devrait infiltrer lors des précipitations ou retenue par les végétaux afin d'alimenter l'atmosphère par évapotranspiration, est précipitée dans le ruisseau ou dans les cours d'eau proche. L'écoulement de la nappe phréatique devient presque nul.

III.2.1.2.2.5. Evacuation des eaux de pluie

Les eaux de pluies ruisselantes à Gatumba sont canalisées par un seul et unique caniveau. Le reste de ces eaux s'infiltre ou encore errent dans les ménages, les routes, etc favorisant ainsi les inondations et la croissance du risque des maladies de main sale comme le choléra, la dysenterie bacillaire, les vers intestinaux, de paludisme ainsi que la destruction des infrastructures en place.

III.2.1.2.2.6. Les voies de communication

La zone Gatumba située entre les deux bras de la Rusizi, est traversée par une seule Route Nationale(RN_4) qui est macadamisée et bien praticable. Elle relie la ville de Bujumbura et la République Démocratique du Congo. Cette Route Nationale n'est pas suffisamment canalisée. Depuis 2021, les eaux qui devraient être transportées par les caniveaux (s'ils existaient) dans d'autres lieux appropriés, se répandent dans la route (RN_4) et dans les ménages pendant la saison pluvieuse. Certaines maisons d'habitation ont été détruites à cause de ces eaux non canalisées et la circulation des biens et des personnes risques d'être coupée.

III.2.2. Impacts des inondations

III.2.2.1. Modification du paysage

Les inondations constituent des problèmes majeurs surtout dans le delta de la Rusizi. Pendant des épisodes pluvieux exceptionnels, les pluies torrentielles provoquent régulièrement des débordements de la Rusizi et ses affuents ainsi que les eaux de ruissellement de surface. Dans plusieurs endroits visités, le débordement des eaux de la Rusizi ou des eaux de ruissellement modifie remarquablement le paysage.

III.2.2.2. Effondrement des berges de la Rusizi.

Les inondations assurent un changement brusque et complet de l'aspect du paysage morphologique initialement mis en place. L'action la plus active de la modification du paysage dans notre zone d'étude s'observe clairement sur les berges de la Rusizi I.

Les crues peuvent éroder les berges concaves et alluvionnent les berges convexes. L'érosion des berges occasionne des divagations de lits, de recoupement des méandres, le déclenchement des mouvements de terrains sur certains endroits de la Rusizi

III.2.2. 3. Impacts environnementaux

A côté des impacts socio-économiques, des impacts dus à ces inondations se sont percutés sur l'environnement. Ceux-ci peuvent être résumés en la pollution de la nappe phréatique et de l'air ainsi qu'à la destruction des écosystèmes terrestres et aquatiques. Pour la pollution de la nappe phréatique, celle-ci se trouve presque à la surface de la Terre (voire à moins d'un mètre). En cas d'inondation, quand le sol est saturé d'eau, les déchets se trouvant dans les latrines apparaissent à la surface terrestre. Mélangés à l'eau, l'eau commence à présenter une couleur qui tend vers le vert, ce qui présente un signe de pollution.

Quant à la destruction des écosystèmes, les eaux détruisent tout ce qui se trouve à leur passage. Les écosystèmes qui se développent aux bords de la Rusizi et du lac Tanganyika sont emportés par les crues de ces derniers. Des écosystèmes qui ne résistent pas à une grande quantité d'eau ont été aussi impactés. Avec ces inondations, on a assisté à la scène des hippopotames qui errent ici et là alors qu'on n'avait pas l'habitude de les voir facilement.

III.2.2.4. Impacts sanitaires

Quand Gatumba fut inondé, au mois d'Avril et Mai 2021, il était difficile d'avoir de l'eau propre dans cette zone. L'eau était totalement polluée et les tuyaux d'adduction bouchés. Cela a fait que les habitants passent des jours sans eau propre.

D'après les autorités sanitaires " le manque d'eau propre a augmenté le risque des maladies hydriques notamment le choléra et les maladies parasitaires puisque les habitants ne parviennent à avoir de l'eau potable, utilisent de l'eau qui stagne ici et là".

Cette situation était pareille dans les différents sites de déplacés à cause de ce manque d'eau potable et des conditions de vie de la population (Kirahwata, 2021)

III.3. STRATEGIES DE GESTION DES INONDATIONS DANS LA ZONE DE GATUMBA

Les inondations frappent annuellement les habitants de Gatumba. Elles constituent un danger imminent à leur vie. L'Etat, les victimes et différents organismes humanitaires engagent de fonds énormes pour sauver et restaurer la situation. Les victimes sont déplacées vers d'autres milieux ne présentant pas les conditions favorables à la vie humaine (absence de l'eau propre, abris inadéquats, maladies infectieuses, absence de latrines, etc.). D'autres sont retouchées par les inondations dans leurs sites de déplacés.

Qu'en est-il pour les préoccupations de l'administration communale quant à l'intégration de la prévention des risques et gestion des catastrophes dans les deux outils de planification et de développement communal?

IlI.3.1. Intégration de la prévention des risques et gestion des catastrophes dans les plans de contingence et communal de développement communautaire

Au vu de plan de contingence de la commune Mutimbuzi dans lequel est localisée la zone Gatumba, on constate que rien n'a été prévu en rapport avec la prévention dans cet outil.

Dans ce document, on s'est seulement focalisé beaucoup plus sur la gestion de catastrophe d'inondation en l'occurrence le secours des blessés, l'assistance en vivres et non vivres, la création d'un site des déplacés et l'abri des personnes déplacées.

Toutefois, des actions de protection de l'environnement et adaptation aux changements climatiques sont prévus dans le plan communal de développement communautaire. Sur le volet inondation, on s'est focalisé sur la protection et gestion des ressources en eau ainsi que l'adaptation aux pluies diluviennes. L'élaboration de ces documents de développement communal et l'intégration de la prévention des risques et gestion des catastrophes en général et les inondations en particulier, témoignent la préoccupation des autorités administratives à sauver les habitants de ce fléau catastrophique qui les menace. Mais, les actions prévues nécessitent d'être complétées.

Les actions à faire et les aménagements préventifs à réaliser devraient prendre en compte les localités les moins exposées par rapport aux autres.

IlI.3.2. Actions prioritaires

Pour une bonne prévention de l'aléa d'inondation qui guette la zone de Gatumba, des actions suivantes seraient prioritaires :

- déterminer les endroits à faible, moyen et haut risque d'inondation pour connaître ceux susceptibles d'aménagement compte tenu des moyens disponibles ;
- Cartografier les endroits à moindres risques d'inondation qui pourraient contribuer à minimiser les dégâts causés par les inondations qui sont devenues fréquentes dans la zone Gatumba;
- dénombrer toute la population de la zone Gatumba pour avoir les statistiques de planification et enfin maîtriser l'urbanisation ;
- identifier les propriétés privées et les terres domaniales pour une bonne planification de l'affectation et de l'occupation du sol;
- Faire une étude pédologique pour connaître la spécificité du sol ainsi que les types de construction et d'activités à mettre en place;
- Mettre en place un cadre légal régissant la zone de Gatumba qui réglementerait la manière de l'occupation du sol et les types d'infrastructures à mettre en place ;
- Interdire les occupations anarchiques du site outres que celles par les services habilités;
- Organiser les séances de sensibilisation et d'éducation à l'endroit de la population et des services publics sur les changements climatiques et leurs effets néfastes, le respect des textes de loi en rapport avec l'eau l'environnement ainsi que sur le système de collecte des eaux usées et pluviales;
- Élaborer les plans de résilience et d'urgence de la commune Mutimbuzi en général et de la zone Gatumba en particulier ;

III.3.3. Travaux d'aménagement

Les travaux d'aménagement en rapport avec la prévention du risque d'inondation sont nombreux. Néanmoins, ils dépendent de la gravité et des moyens dont on dispose. Pour notre cas, il serait bénéfique de procéder à:

- la plantation des arbres de protection destinés à rétablir la stabilité du sol sur les berges de la rivière Rusizi;

- la réhabilitation de la digue de protection de la rivière Rusizi;
- la surélévation des terres au-delà du dernier niveau d'eau avant de construire;
- la construction d'un mur de soutènement des berges de la rivière Rusizi menacées d'écroulement;
- Curage de la rivière Rusizi ;
- la construction d'un barrage écrêteur à canaux de déviation pour stocker temporairement le volume des eaux de crues;

III.3.4. Délocalisation de la population

Les inondations de la zone de Gatumba sont devenues un phénomène fréquent chaque année. Les actions de prévention de ce risque sur la Rusizi qui en est facteur, ne sont pas encore exécutées. Cela permet de conclure que cette menace catastrophique est de loin d'être freinée.

Pour cela, en guise d'éviter des scènes tragiques provoquées par ces inondations, la délocalisation la population vers les endroits les moins vulnérables, et si possible présentant les mêmes caractéristiques et opportunités socio-vitales que la Zone Gatumba, constituerait un atout incontournable. Cependant, la prise de cette décision administrative, nécessite une parfaite réflexion assortie des techniques adéquates. Cette mesure doit prendre en compte les domaines économique et social durables et plus compensatoires.

CONCLUSION

D’une manière générale, les phénomènes naturels catastrophiques tels que les inondations, les glissements de terrain, les sécheresses récurrentes, les tempêtes, etc observés durant ces dernières années sont imputables dans une moindre mesure aux changements climatiques alos que ces derniers sont provoqués par les activités anthropiques.

Au terme de notre travail, nous nous sommes focalisés essentiellement sur les risques d’inondations et ses impacts dans la zone de Gatumba et la partie Nord-Est du Lac Tanganyika. En raison de l’augmentation des eaux de ruissellement causées d’une part par de fortes averses, de mauvais aménagement de cette zone et du manque d’entretien des axes de drainages d’une autre part, on observe des submersions dangereuses qui occasionnent des pertes matérielles d’une grande valeur mais aussi des dommages humains non moins importants.

L'objectif principal de ce travail est d'analyser les problèmes liés aux inondations de Gatumba et la partie Nord-Est du Lac Tanganyika et de proposer les stratégies de mitigation pour la gestion des inondations dans cette zone. Dans la vie quotidienne des habitants de Gatumba, l’assainissement des eaux pluviales est un élément indispensable, dans la mesure où il assure une vie saine pour éviter toute forme de dégradation des ouvrages et la pollution, source de nombreux dégâts et de nombreuses maladies. Il serait alors important de mettre en place des mécanismes adéquats et efficaces pour une bonne gestion des catastrophes d’inondation. C’est dans cette optique que nous avons jugés bon de dégager dans un premier temps, les dégâts tant humains que matériels dans le but d’éveiller la conscience de tout un chacun surtout la population souvent victime de ces aléas, pour une culture du risque, et dans un second cas, nous avons montré des mesures qui pourraient réduire le risque de la vulnérabilité des habitants st des activités socio-économiques.

Pour effectuer notre travail, nous avons d'abord consulté la documentation et enfin nous nous sommes rendus sur terrain pour nous entretenir avec l'administration locale et la population victime des inondations de Gatumba.

Après avoir fait la documentation et l'investigation auprès de l'administration locale et des personnes affectées par les inondations, nous avons constaté que les facteurs physiques et les facteurs anthropiques sont à l'origine des inondations et leurs impacts dans la zone Gatumba.

Il s'avère nécessaire de prendre en compte les stratégies proposées pour l'atténuation des dégâts observées dans la zone Gatumba et la partie Nord-Est du Lac Tanganyika.

Pour une bonne maitrise des risques d'inondation dans cette zone d'étude, une série de recommandations ci-après à l'endroit du gouvernement, des institutions de la société civile, des usagers de l'eau et sol, des médias et des futurs chercheurs devraient être scrupuleusement respectés :

- A l'Etat (aux décideurs politiques)
    - Mettre en place des comités locaux d'organisation des bassins versants des rivières Rusizi, Ntahangwa, Muha et d'autres rivières avec objectif principal de la gestion rationnelle de l'eau et du sol ;
    - Sensibiliser la population en matière des risques d'inondation. La mission serait l'encadrement de la population en matière de l'occupation du sol ;
    - Mettre en place un système d'alerte précoce, un renseignement permanent et régulier sur les données météorologiques serait plus efficace ;
    - Mettre en place un système d'incitation pour la prévention et la protection contre les risques ;
    - Mettre en place un système d'incitateur pour l'instauration d'un mécanisme de sécurité sociale, d'assurance et d'indemnisation en de réalisation de risque ;
    - Mettre en place un système d'incitateur et contrôle efficace pour les étude d'impact environnemental ;
    - Contrôler strictement le suivi du code de l'eau et de l'environnement ;
    - Appuyer matériellement les associations de la société civile œuvrant dans le domaine de la société civile.
- Aux institutions de la société civile :
    - Mettre en place un plan d'intervention rapide et bien organisé en temps utile lors de la survenue d'une catastrophe pour limiter les dégâts humains et matériels et les aides d'urgence.

- Aux usagers de l'eau du sol et des rivières :
  - Faire le curage normé des matériaux de construction dans ces rivières ;
  - Respecter la zone tampon, entretien de leurs berges en plantant à leurs abords des plantes fixatrices de sol comme les bambous depuis l'amont jusqu'à l'aval ;
  - Respecter le recul sur les routes pendant le labour.
- Aux médias :
  - Le rôle des médias en collaboration avec la communauté scientifique, la société civile et les décideurs politiques s'avère nécessaire pour alerter la population lors d'un risque, en l'incitant à prendre des mesures préventives et en l'informant sur la nature du risque.
- Aux futurs chercheurs :
  - Faire une étude sur les caractéristiques physiques, sur les causes des inondations dans le delta de la Rusizi et la partie Nord-Est du Lac Tanganyika et proposer des solutions curatives ou atténuantes aux risques environnementaux.

Ces recommandations pourront atténuer les risques d'inondation par le fait que le Burundi dispose d'un ensemble important d'intervenant en matière de la gestion et de la prévention des risques, et qui dans certaines mesures travaillent en disparate ,ce qui ne favorise guère la réduction de la vulnérabilité dans notre zone d'étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

I. Ouvrages généraux

1. ESCOBEDO J., 1982. Les sols du versant Ouest de la crête Zaïre-Nil au Burundi. Bujumbura, ISABU,108P.

2. Bidou,J.E& al.,1991.Géographie du Burundi, Hatier, Paris, 288P.

3. Cazenave-PF.,1981.L'orginalité des milieux naturels dans le grand Rift occidental Africain, exemple de l'Imbo au Burundi: recherche sur les hautes terres de l'Afrique centrale,306P.

4. Chretien J-P.,1987. Questions sur la paysannerie au Burundi, Université du Burundi, centre de recherche Africaine de Parisl.

5. Ndayirukiye S.,2002. Bujumbura centenaire (1897-1997), Harmattan,375P.

6. Vilagines R., 2003. Eau, environnement et santé publique, Lavoisier,198P.

II. Mémoires

1. Hagabimana E.,2012.Risques d'inondation, les impacts associés et propositions des mesures de prévention et de protection en milieu urbain de Bujumbura : zone comprise entre Muha et Nyabagere, UB, mémoire, Flsh, 86P.

2. Ndayizeye A., 2022. Analyse des facteurs des inondations reccurentes et leurs impacts dans la zone Gatumba. Bujumbura, UB, mémoire, Flsh,66P.

3. HABARUGIRA D., 2007. Croissance urbaine et son impact sur l'aménagement: exemple de Bujumbura. Bujumbura, UB, FLSH,131P.

4. NDAYIRAGIJE G.,1983. Les contraintes géomorphologiques du site de Bujumbura sur l'aménagement du centre urbain, in culture et éducation, Bujumbura,UB

5. NGIYE E., 2001. Etude géomorphologique et potentialité d'aménagement du bassin versant de la Mpanda, Bujumbura,UB, FLSH,135P.

III. Thèses

1. Ndayirukiye S.,1986. La plaine occidentale du Burundi: Etude régionale. Nice, Université de Nice,U.E.R., lettres et sciences humaines, thèse de doctorat,721P.

2. Runyagu V.,2000. L'état et la paysannerie dans les projets agricoles au Burundi: le cas de la société de développement de la riziculture de l'Imbo(S.D.R.I). Université de ToulouseII- Le Mirail, Etude Rurale, Thèse de doctorat,359P.

3. Nibigira L., 2018. Etude des risques naturels liés aux interactions entre les mouvements de masse et le réseau hydrographique dans la région des lacs Kivu et Tanganyika. Université de Liège, Faculté des Sciences, thèse de doctorat, 245P.

4. Sindayihebura B.,2005.De l'Imbo au Mirwa; dynamique de l'occupation du sol, croissances urbaines et risques naturels dans la région de Bujumbura. Toulouse le Mirail, U.F.R. Sciences, espaces et sociétés, 336P.

5. NSABIMANA S., 1974. climats et sols au Burundi: Toposéquence Bugarama-Muzinda. Paris, Université de Parislll, U.E.R de géographie et sciences de la Terre, Thèse de 3ème cycle 212P.

IV. Rapports, publications, et études

1. Organisation Internationale des Migrations(OIM), Rapport de mai 2020

2. OMS, Lignes directrices relatives à l'assainissement et à la santé, 2014

ANNEXES

Annexe 1 :

		Moyenne des précipitations											
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	T.A
Année													
2005	19.4	18.6	0.0	90.5	31.6	0.0	0.0	0.0	9.4	91.8	10.8		272.1
2006	105.7	114.9	217.4	78.8	93.6	19.9	3.8	2.0	27.3	41.1	31.2	57.8	793.3
2007	65.8	13.9	147.1	92.5	25.3	0.3	4.5	30.3	60.1	48.2	128.3	159.6	775.9
2008	103.1	37.0	149.4	42.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	40.2	203.8	150.7	728.8
2009	113.1	77.2	99.9	97.9	9.3	49.8	7.6	0.0	62.3	67.6	82.9	74.6	742.2
2010	135.4	122.1	124.4	79.5	34.0	0.0	0.0	0.0	4.8	74.9	57.1	133.3	765.5
2011	46.5	60.9	100.8	68.1	25.0	1.9	0.5	2.5	54.6	78.4	68.0	38.3	545.5
2012	103.2	23.1	162.8	93.7	0.7	0.0	1.5	1.7	73.6	37.1	45.4	214.7	757.5
2013	195.2	61.0	145.9	70.2	130.6	1.1	0.0	4.8	4.2	33.5	116.1	55.0	817.6
2014	87.0	121.0	111.1	111.2	88.9	2.5	0.9	38.1	32.3	63.0	157.1	116.0	929.1
2015	142.7	81.7	86.5	149.9	22.2	10.7	52.3	6.9	29.9	112.8	63.4	94.6	853.6
2016	99.0	166.7	71.4	69.2	23.2	89.2	15.1	3.6	31.9	69.7	65.1	37.0	741.1
2017	125.5	148.8	184.8	133.3	86.8	1.6	0.0	3.5	5.0	67.6	249.0	225.8	1231.7
2018	210.4	124.0	155.8	63.7	33.8	4.4	3.7	0.0	41.2	50.9	90.8	79.0	857.7
2019	75.6	88.4	173.3	116.9	64.3	33.3	23.6	4.6	86.1	67.5	108.9	194.8	1037.3
2020	68.4	96.2	43.6	104.1	54.4	46.8	0.0	29.5	33.6	172.7	56.7	246.0	952.0
2021	91.6	66.0	85.9	113.4	37.8	0.0	0.0	13.5	79.4	12.4	59.5	123.2	682.7
2022	113.1	160.4	80.6	55.6	5.7	18.5	0.0	22.5	76.4	45.2	196.3		774.3
Moyenne	**105.6**	**87.9**	**118.9**	**90.6**	**42.6**	**15.6**	**6.3**	**9.1**	**39.7**	**65.3**	**99.5**	**125.0**	

Source : Station de l'Aéroport International de Bujumbura

Annexe 2 :

Température moyenne maximale

Mois / Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2005	30.2	29.8	30.5	29.6	29.4	30.2	29.7	30.5	32.3	30.5	28.7	
2006	29.8	30.2	30.4	30.4	30.4	30.0	29.5	30.5	28.9	30.7	29.9	29.7
2007	29.7	31.4	29.3	29.3	30.4	30.1	29.4	29.2	29.9	30.3	28.8	29.2
2008	30.0	30.0	29.1	30.0	31.3	29.8	29.6	30.2	31.9	30.6	28.9	29.5
2009	28.2	28.9	29.3	30.1	29.9	29.0	29.1	29.8	30.6	29.9	30.1	29.9
2010	28.7	30.4	29.8	29.4	30.2	30.2	30.4	30.3	31.1	30.4	29.3	29.9
2011	29.1	32.5	29.3	31.0	29.7	30.0	31.2	30.8	31.3	30.2	30.0	
2012	30.7	30.2	30.8	29.5	30.8	30.3	30.2	31.0	31.4	31.4	30.2	29.9
2013	29.4	31.7	31.0	31.7	30.1	30.1	31.2	30.2	32.1	31.4	30.6	30.7
2014	30.1	30.6	30.7	29.8	30.3	30.4	30.0	30.8	31.3	31.8	28.5	28.8
2015	30.2	30.8	31.3	30.9	31.1	30.0	29.6	30.4	31.7	30.8	29.1	29.6
2016	30.0	29.4	29.4	30.0	31.1	29.6	29.4	30.7	32.0	30.7	30.2	30.7
2017	30.5	29.4	30.6	29.8	30.5	30.7	30.3	31.2	32.5	31.6	30.2	29.7
2018	30.6	31.2	30.2	30.3	30.8	30.5	29.6	30.5	30.7	30.9	29.5	29.4
2019	29.3	29.5	29.4	29.5	30.2	30.3	29.5	30.3	30.3	29.1	28.1	28.9
2020	30.0	29.7	30.5	29.6	29.3	29.2	29.2	30.0	30.4	30.3	29.0	28.9
2021	30.5	30.4	30.2	29.8	29.7	29.8	29.8	30.4	29.9	30.0	29.0	28.6
2022	29.4	29.2	29.6	30.3	31.0	30.2	29.9	30.5	29.9	29.2	29.2	
Moyenne	**29.8**	**30.3**	**30.1**	**30.1**	**30.3**	**30.0**	**29.9**	**30.4**	**31.0**	**30.5**	**29.4**	**29.5**

Annexe3 :

Température moyenne minimale

Mois / Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2005	20.0	20.1	21.0	19.4	18.4	17.5	18.5	19.5	20.1	20.2	20.7	.
2006	20.6	20.7	20.6	21.4	20.5	18.0	18.0	17.3	18.3	19.4	19.9	19.3
2007	19.4	20.1	19.6	19.4	19.1	18.8	17.1	19.1	19.1	18.8	19.1	19.2
2008	19.1	18.7	19.0	19.4	19.0	16.9	17.1	18.5	19.7	20.1	19.5	20.1
2009	19.8	19.5	19.5	20.0	19.8	18.0	17.5	17.5	18.7	19.8	16.6	19.8
2010	20.2	20.4	19.9	20.3	19.6	17.9	17.5	18.2	18.9	19.6	19.7	19.8
2011	19.6	19.7	19.4	20.2	20.3	18.3	16.7	17.1	19.3	19.8	19.3	18.9
2012	19.6	22.6	19.9	19.6	19.0	16.6	15.7	17.7	18.6	19.3	19.0	19.6
2013	19.5	20.4	20.1	20.2	19.6	18.3	16.8	18.3	19.6	20.2	19.9	19.7
2014	19.5	20.5	19.8	19.9	19.9	17.8	17.5	17.8	18.9	19.9	19.8	20.3
2015	20.5	20.2	19.6	20.3	20.2	19.0	18.4	17.8	19.5	19.7	19.7	19.9
2016	19.9	19.9	19.6	20.0	19.6	18.3	17.7	18.7	19.0	19.7	20.0	20.3
2017	19.7	20.1	20.0	20.1	20.2	18.4	17.0	18.6	19.5	20.1	20.7	20.4
2018	20.7	21.4	21.0	20.8	20.8	19.2	18.1	17.8	19.2	19.9	20.1	19.8
2019	20.4	19.5	19.7	19.8	20.0	18.8	17.4	18.3	19.5	19.3	19.5	20.1
2020	20.5	19.6	20.0	19.6	18.8	17.7	17.9	19.2	19.6	19.4	19.5	
2021	20.5	19.9	20.2	20.6	19.7	17.6	17.2	18.4	19.5	19.0	19.7	20.2
2022	20.3	20.0	20.2	20.1	19.9	19.5	18.2	19.9	19.2	19.4	19.8	
Moyenne	**20.0**	**20.2**	**19.9**	**20.0**	**19.7**	**18.1**	**17.5**	**18.3**	**19.2**	**19.6**	**19.7**	**19.8**

Source: station de l'Aéroport Internationale de Bujumbura

ANNEXE4: **GUIDE D'ENTRETIEN**

- Quand est-ce que les eaux du lac Tanganyika ont-elles commencé à dépasser la limite habituelle au cours de l'année 2023?
- D'après vous, qu'est ce qui est à l'origine de la montée des eaux du lac Tanganyika ?
- Le lac Tanganyika avait-il monté également dans le passé ? Quand ?
- Quelles ont été les causes de cette montée ?
- Qu'est-ce qui sont à l'origine des débordements de la Rusizi ?
- Quels sont les quartiers les plus vulnérables vis-à-vis de la montée des eaux du lac Tanganyika ou de la Rusizi ?
- Quels sont les quartiers qui ont été beaucoup touchés pendant les inondations de 2021 ?
- Pourquoi ces zones ont été beaucoup touchées que les autres et qu'est-ce qui a aggravé leur vulnérabilité ?
- Quelles ont été les pertes dues à la montée des eaux du lac Tanganyika ou de la Rusizi durant ces dernières années que vous reconnaissez ?
- Pour ce qui vous concerne, qu'est-ce que vous avez perdu ou vos proches (employés) ?
- Y-aurait-il eu des âmes charitables, organisations ou institutions qui ont intervenu aux sinistrés ? Lesquels ?
- Qu'est-ce qu'ils ont apporté ou fait ?
- Donnez les raisons qui poussent la population urbaine à occuper les espaces interdits à la construction.
- A votre avis, quelles sont les conséquences de l'occupation du sol dans des endroits non constructibles ou à très hauts risques.
- Le service d'urbanisme est-il compétent dans la prise de décision contre le non-respect de l'occupation des zones interdites ?
- Qu'en est-il de l'Autorité du lac Tanganyika ?