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

Analyse des facteurs des inondations récurrentes et leurs impacts dans la zone Gatumba

Ndayizeye, Audace

2022-02
UB
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/209

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

ANALYSE DES FACTEURS DES INONDATIONS RECURRENTES ET LEURS IMPACTS DANS LA ZONE GATUMBA

Par :

Audace NDAYIZEYE

Mémoire

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

Identification des membres du jury

Président du jury : Dr. Apollinaire NIYONKURU

Directeur de mémoire : Pr. Jean Marie SABUSHIMIKE

Secrétaire du jury : Dr. Athanase NKUNZIMANA

Bujumbura, Février 2022

Analyse des facteurs des inondations récurrentes et leurs impacts dans la zone Gatumba

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY

Président du jury : Dr. Apollinaire NIYONKURU

Directeur de mémoire : Pr. Jean Marie SABUSHIMIKE

Secrétaire du jury : Dr. Athanase NKUNZIMANA

DEDICACES

A Dieu le Tout Puissant ;

A nos chers parents **Libère NGENDABANKA** et **Margueritte CONGERA** ;

A notre chère épouse **Dionésie NIJIMBERE** ;

A nos enfants **Nahia** et **Faty Eynard** ;

A nos frères, sœurs, amis et connaissances

Nous dédions ce mémoire

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous voudrions de manière sincère exprimer toute notre reconnaissance à tous ceux qui ont appuyé la réalisation de ce document de quelque manière que ce soit. Son aboutissement n'aurait pas été possible n'eut été leur concours.

Nous exprimons nos sincères remerciements à notre directeur de mémoire, Professeur Jean Marie SABUSHIMIKE qui, malgré ses multitudes sollicitations, a accepté de nous diriger. Il nous a encadré et soutenu tout au long de ce travail. Ses encouragements, sa confiance, ses savoirs, sa disponibilité, sa sagesse, ses remarques et ses orientations ont largement contribué à l'aboutissement de ce travail.

Notre gratitude va également à l'endroit de tous les professeurs du Master de Sociétés, Pouvoirs, Territoires et Développement durable en général, et plus particulièrement à ceux de la filière Aménagement. La formation que nous avons bénéficiée auprès d'eux a contribué à la réussite de ce travail.

Nous adressons nos vifs remerciements à tous les dirigeants des différents services et institutions qui nous ont autorisé l'accès à la documentation, en l'occurrence la Direction générale de la protection civile et de la gestion des catastrophes, l'Institut géographique du Burundi et l'administration communale de la commune Mutimbuzi ainsi qu'à toutes les personnes qui ont accepté de s'entretenir avec nous au cours de cette recherche.

Nous pensons à nos chers parents Libère NGENDABANKA et Margueritte CONGERA pour leur noble attachement à nous et leur appui tant moral que matériel qu'ils n'ont cessé de nous témoigner depuis notre naissance jusqu'à maintenant.

Nous ne saurions oublier de remercier notre chère épouse Dionésie NIJIMBERE qui, malgré notre calendrier surchargé, n'a relâché d'organiser positivement les activités ménagères tout au long de nos études et recherches.

A tous ceux qui nous ont prêté main forte d'une manière ou d'une autre, nous disons grand merci.

Audace NDAYIZEYE

Analyse des facteurs des inondations récurrentes et leurs impacts dans la zone Gatumba

RESUME

Ce travail de mémoire est intitulé « Analyse des facteurs des inondations récurrentes et leurs impacts dans la zone Gatumba ». Cette zone d'étude est l'une des quatre de la commune Mutimbuzi dans la province de Bujumbura. Elle est située à l'Ouest du Burundi entre 3° 16′ et 3°21′ de latitude Sud et 29° 12′ et 29° 16′ de longitude Est. Elle est délimitée par les deux branches de la rivière Rusizi à l'Est et à l'Ouest ainsi que le lac Tanganyika au Sud. 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 présente étude vise à contribuer à l'identification des différents dégâts occasionnés par ces inondations, à la détermination des éléments qui en sont facteurs et à la réduction de la vulnérabilité de la zone Gatumba au risque d'inondation, en proposant des solutions pouvant aider à maitriser, à atténuer et à s'adapter aux éventuels effets de cette catastrophe.

La méthodologie de ce travail a combiné trois méthodes. La première méthode a consisté à la recherche documentaire. La deuxième aux entretiens et entrevues avec certains acteurs clés de la commune Mutimbuzi et la population victime pour avoir des informations en rapport avec le sujet. Quant à la troisième méthode, elle a été réservée aux observations directes sur terrain pendant et après les inondations.

Les résultats ont montré que ces inondations causent de nombreux dégâts socio-économiques, environnementaux et sanitaires. La définition des facteurs a pris en compte les caractéristiques des milieux physique et anthropique. Ainsi, d'une part, les précipitations, le relief, la pédologie, la géologie et l'absence du couvert végétal constituent les facteurs déclenchants. D'autre part, la pression démographique, l'aménagement du territoire non adapté, la faiblesse institutionnelle et légale, le manque de la culture du risque, la pauvreté et les activités économiques aggravent la situation. Ces facteurs combinés provoquent le débordement de la Rusizi et/ou la montée des eaux du lac Tanganyika.

Ces résultats confirment l'hypothèse selon laquelle, les facteurs naturels associés aux activités anthropiques sont fonction des inondations récurrentes de la zone Gatumba avec de multiples dégâts. Des mesures sérieuses comme les aménagements ou la délocalisation de la population devraient être arrêtées pour sauver la population des quelconques effets néfastes liés à ces inondations récurrentes.

Mots-clés : aléa, capacité d'adaptation, catastrophe, crue, exposition, inondation, résilience, risque, sensibilité et vulnérabilité.

Analyse des facteurs des inondations récurrentes et leurs impacts dans la zone Gatumba

ABSTRACT

This thesis is entitled "Analysis of the factors of recurrent floods and their impacts in the Gatumba area". This area is one of four in the Mutimbuzi commune in the province of Bujumbura. It is located in the west of Burundi between 3° 16′ and 3° 21′ South latitude and 29° 12′ and 29° 16′ East longitude. It is bounded on both sides by the two branches of the Rusizi River to the east and west and Lake Tanganyika to the south. The choice to work in this area was inspired by the regular annual floods that occur there. These floods cause enormous damage.

This study aims to contribute to the identification of the various damages caused by these floods, to the determination of the elements that are factors and to the reduction of the vulnerability of the Gatumba area to the risk of flooding, by proposing solutions that can help to control, mitigate and adapt to the possible effects of this disaster.

The methodology of this work combined three methods. The first method consisted of documentary research. The second consisted of interviews with key actors in the Mutimbuzi commune and the victimized population to obtain information on the subject. As for the third method, it was reserved for direct observations in the field during and after the floods.

The results showed that these floods cause numerous socio-economic, environmental and health damages to the population. The definition of the factors took into account the characteristics of the physical and anthropic environment. Thus, on the one hand, precipitation, relief, pedology, geology and the absence of vegetation cover constitute the triggering factors. On the other hand, demographic pressure, unsuitable land use planning, institutional and legal weakness, lack of risk culture, poverty and economic activities aggravate the situation. The combination of these factors causes the Rusizi River to overflow its banks and/or the waters of Lake Tanganyika to rise.

These results confirm the hypothesis that natural factors associated with human activities are responsible for the recurrent flooding of the Gatumba area with multiple damages. Serious measures such as development or relocation of the population must be taken to save the population from any adverse effects related to these recurrent floods.

Keywords: hazard, adaptive capacity, disaster, flood, exposure, flood, resilience, risk, sensitivity and vulnerability.

TABLE DES MATIERES

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY ..... **i**

DEDICACE…… ..... **i**

REMERCIEMENTS ..... **iii**

RESUME……. ..... **iv**

ABSTRACT……. ..... **v**

TABLE DES MATIERES ..... **vi**

LISTE DES TABLEAUX ..... **x**

LISTE DES FIGURES ..... **xi**

LISTE DES PHOTOS ..... **i**

SIGLES ET ABREVIATIONS ..... **ii**

AVANT PROPOS……. ..... **iv**

INTRODUCTION GENERALE **1**

1. Problématique 1

2. Hypothèse 2

3. Objectifs 2

4. Choix et intérêt du sujet 2

6. Articulation du travail 3

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE **4**

I.1. Présentation de la zone d'étude 4

I.1.1. Localisation géographique 4

I.1.2. Traits historiques 6

I.2. Prédispositions de la zone Gatumba 7

I.2.1. Climat 7

I.2.2. Système hydrographique et hydrologique 7

I.2.3. Pédo-géologie 9

I.2.4. Faune et flore 11

I.2.5. Données démographiques 11

I.2.6. Etat des lieux d'aménagement 13

CHAPITRE II : CADRE CONCEPTUEL ET METHODOLOGIE DE RECHERCHE 14

II.1. Clarification des concepts 14

II.1.1. Aléa 14

II.1.2. Bassin versant 14

II.1.3. Capacité d'adaptation 14

II.1.4. Catastrophe 15

II.1.5. Changement climatique 15

II.1.6. Climat 15

II.1.7. Crue 16

II.1.8. Exposition 16

II.1.9. Inondation 16

II.1.10. Relief 17

II.1.11. Résilience 17

II.1.12. Risque 17

II.1.13. Sensibilité 18

II.1.14. Vulnérabilité 18

II.2. Méthodologie de recherche 18

II.2.1. Recherche documentaire 19

II.2.2. Entretiens et entrevues 19

II.2.3. Observation directe 20

II.2.4. Travaux de bureau : traitement et analyse des données 20

CHAPITRE III : PRESENTATION, ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS……..... 21

III.1. Présentation des résultats 21

III.1.1. Dégâts socio-économiques 21

III.1.2. Impacts environnementaux 27

III.1.3. Impacts sanitaires 28

III.2. Facteurs des inondations récurrentes de Gatumba 28

III.2.1. Facteurs déclenchants 28

III.2.1.1. Précipitations 29

III.2.1.2. Relief 32

III.2.1.3. Pédo-géologie 33

III.2.1.4. Absence du couvert végétal 34

III.2.2. Facteurs aggravants 34

III.2.2.1. Pression démographique 34

III.2.2.2. Aménagement du territoire non adapté 35

III.2.2.3. Faiblesse institutionnelle et légale 40

III.2.2.4. Manque de la culture de risques 41

III.2.2.5. Pauvreté 43

III.2.2.6. Activités économiques 43

III.3. Prévention des risques et gestion des catastrophes à Gatumba **44**

III.3.1. Intégration de la prévention des risques et gestion des catastrophes dans les plans de contingence et communal de développement communautaire 44

III.3.2. Mesures de prévention 45

III.3.2.1. Actions prioritaires 46

III.3.2.2. Travaux d'aménagement 47

III.3.2.3. Délocalisation de la population 47

III.3.3. Mesures de gestion 48

CONCLUSION GENERALE 50

BIBLIOGRAPHIES 51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1: Impacts socio-économiques des inondations des zones Gatumba et Rukaramu en 2020 22

Tableau 3.2 : Personnes déplacées à cause des inondations 25

Tableau 3.3 : Dégâts des inondations sur les cultures à Gatumba de 2011 à 2020 26

Tableau 3.4 : Années avec des précipitations annuelles ≥ 1000 mm (1960 à 2020) 30

Tableau 3. 5 : Répartition de la population de Gatumba par colline et sexe 35

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Gatumba dans la circonscription communale de Mutimbuzi 5

Figure 1.2 : Carte hydrographique de la zone Gatumba 8

Figure 1.3 : Carte des sols de la zone Gatumba 10

Figure 1.4 : Evolution de la population de la zone Gatumba (1949 à 2021) 12

Figure 3.1 : Impacts socio-économiques des inondations de Gatumba en 2020..... 22

Figure 3.3 : Moyenne mensuelle des précipitations (Station de Bujumbura, 1960 à 2020) 29

Figure 3.4 : Les années avec les précipitations annuelles ≥ 1000 mm (1960 à 2020) 30

Figure 3.5 : Variabilité du niveau des eaux du lac Tanganyika de 1858 à 2013..... 31

Figure 3.6 : Carte des pentes de la zone Gatumba 32

Figure 3.7 : Profil en long du Burundi, de l'Est (Kumoso) vers Ouest (Imbo)..... 33

Figure 3.11 : Carte de la vulnérabilité de la zone Gatumba (2021) 45

Figure 3.12 : Quatre phases de la gestion des catastrophes 48

Analyse des facteurs des inondations récurrentes et leurs impacts dans la zone Gatumba

LISTE DES PHOTOS

Photo 3.1 : Site des déplacés de Kigaramango et les écoliers qui y vivotent..... 23

Photo 3.2 : Image satellitaire des inondations de Gatumba en 2021..... 23

Photo 3.3 : Site des déplacés de Kigaramango inondé..... 24

Photo 3.4 : Habitants de Gatumba en attente de déplacement suite aux inondations 24

Photo 3.5 : Ecoliers se déplacent à bord des pirogues 25

Photo 3.6 : Fermeture des écoles à Gatumba 26

Photo 3.7: Eaux polluées au centre Gatumba..... 27

Photo 3.8 : Multi-usage des eaux sales d'inondation par les habitants de Gatumba..... 28

Photo 3.9 : Constructions anarchiques au centre Gatumba..... 36

Photo 3.10 : Latrine construite en paille au centre urbain de Gatumba. 38

Photo 3.11 : RN4 inondée au niveau de Mushasha I et fuite des habitants 39

Photo 3.12: Voie de communication largement impraticable à Gatumba..... 40

Photo 3.13 : Réparation d'une maison le lendemain des inondations à la 2ème avenue, Kinyinya I à Gatumba 42

Photo 3.14 : Cultures sur les berges de la Rusizi et route sur la digue en cours d'écroulement..... 44

SIGLES ET ABREVIATIONS

Al : Alinéa
Art : Article
BRARUDI : Brasseries et Limonaderies du Burundi
BRPO : Bureau Régional du Pacifique occidental
CCD : Convention des Nations Unies pour la lutte contre la Désertification
CCNUCC : Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CEPGL : Communauté Economique des Pays des Grands Lacs
CRED : Centre de Recherche sur l'Epidémiologie des Désastres
DFO : Dartmouth Flood Observatory
DGPCGC : Direction Générale de la Protection Civile et de la Gestion des Catastrophes
ENS : Ecole Normale Supérieure
FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations
FIDA : Fonds International de Développement Agricole
FLSH : Faculté des Lettres et Sciences Humaines
GDS : Gestion Durable des Sols
GIEC : Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat
IGEBU : Institut Géographique du Burundi
ISTEEBU : Institut des Statistiques et d'Etudes Economiques du Burundi
MEDD : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
MEEATU : Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme
MIDCSP : Ministère de l'Intérieur, du Développement Communautaire et de la Sécurité Publique
MISE : Mission d'Inspection Spécialisée de l'Environnement
N.U : Nations Unies
OCHA : Office for the Coordination of Humanitarian Affairs ou Office de Coordination des Affaires Humanitaires
OIM : Organisation Internationale pour les Migrations
OMM : Organisation Météorologique Mondiale

OMS	:	Organisation Mondiale de la Santé
ORSEC	:	Organisation de la Réponse de la Sécurité Civile
PAN/LCD	:	Programme d'Action Nationale de Lutte Contre la Dégradation des sols
PCDC	:	Plan Communal de Développement Communautaire
PDDES	:	Plan Décennal de Développement Economique et Social
PFN-PRGC	:	Plateforme Nationale de la Prévention des Risques et Gestion des Catastrophes
PLU	:	Plan Local d'Urbanisme
PNUD	:	Programme des Nations Unies pour le Développement
PNUE	:	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PPR	:	Plans de Prévention des Risques
PRDIR	:	Programme Régional de Développement Intégré de la plaine de la Rusizi
RDC	:	République Démocratique du Congo
RGPH	:	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RN	:	Route Nationale
SMES	:	Station Expérimentale de Multiplication des Semences de l'Imbo
SOBEL	:	Société Burundaise d'Elevage
SPTD	:	Sociétés, Pouvoirs, Territoires et Développement Durable
TCNCC	:	Troisième Communication Nationale sur les Changements Climatiques
UB	:	Université du Burundi
USA	:	Unated State of America ou Etats Unis d'Amérique

AVANT PROPOS

Le Burundi a subi des impacts liés aux changements climatiques en général et aux inondations en particulier. Des catastrophes naturelles, en l'occurrence les glissements de terrains 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'habitations, infrastructures socio-économiques, champs, etc.), des écosystèmes (aquatiques et terrestres) et surtout des mouvements inattendus incitant les victimes à vivre dans des situations déplorables.

La zone Gatumba, objet de notre étude, est l'une des localités de la plaine de l'Imbo, la plus vulnérable 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 cette 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 prise de décision résiliente tant pour le gouvernement du Burundi que pour les particuliers concernés.

Analyse des facteurs des inondations récurrentes et leurs impacts dans la zone Gatumba

INTRODUCTION GENERALE

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 (PNUD, 2008). Le Burundi est régulièrement frappé par des catastrophes hydro-météorologiques comme les autres pays du monde. Les dernières enregistrées sont les inondations d'Avril et Mai 2021 survenues à Gatumba et aux zones littorales du lac Tanganyika. Le quartier Kibenga de la zone Kinindo (commune Ntahangwa en mairie de Bujumbura), toutes les plages localisées entre Kabezi et la rivière Rusizi, le quartier Kanyenkoko de la commune urbaine de Rumonge, les communes de Bugarama et Muhuta de la province Rumonge et les six collines de la commune Nyanza-Lac au Sud du pays ont été touchées par ces inondations qui ont occasionné des dégâts énormes.

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 (PNUD, 2013). Ce risque provoque généralement plus de dégâts en termes de perte de vies humaines et de destruction des biens tant individuels, privés que publics.

1. Problématique

Depuis les années 1960, la zone de Gatumba qui fait objet de notre étude, est menacée par des inondations. Dès 2010, ces inondations se sont intensifiées avec une récurrence annuelle. Elles causent des indénombrables dégâts sur le plan socio-économique, environnemental et sanitaire. Des écoles, des ouvrages et infrastructures publics ou privés, des champs de cultures sont impactés. Elles causent aussi des blessures physiques aux victimes. Ces dégâts obligent le déplacement de nombreux ménages affectés vers les sites au risque de leur vie, tandis que d'autres y restent en raison de la faiblesse de leur moyen financier. Dans ces sites, les déplacés vivent dans des conditions très précaires. Souvent, ils sont placés dans des casernes sans distinction des parents, enfants et adultes. De plus, les victimes, les organismes humanitaires et le gouvernement dépensent énormément en tentant de rétablir la situation et de sauver la population. De façon générale, ces inondations sont perçues comme un véritable frein au développement socio-économique du pays en général et à la sécurité des moyens d'existence de la population victime en particulier. Sinistrée, la population victime de ces inondations assiste sans remède à ce fléau qui l'assaille.

Au regard de cette situation, les questions suivantes se posent : Pourquoi le centre de Gatumba connaît des inondations de manière récurrente ? Quels en sont les impacts ?

2. Hypothèse

Pour mener à bien notre travail de recherche, l'hypothèse suivante a été formulée : les facteurs naturels associés aux activités anthropiques sont fonction des inondations récurrentes de la zone Gatumba avec de multiples dégâts.

3. Objectifs

Notre travail a pour objectifs de :

- déterminer les facteurs d'inondations dans notre zone d'étude, tout en insistant sur le rôle des facteurs naturels et des activités anthropiques ;
- montrer que les inondations de Gatumba causent d'énormes pertes à la population ;
- déterminer la problématique de la prévention du risque et de la gestion de la catastrophe d'inondation et proposer des mesures alternatives de prévention et d'adaptation.

4. Choix et intérêt du sujet

Chaque année, le delta de Gatumba subit des inondations bien qu'elles ne se produisent pas avec la même ampleur. Ces inondations qui seraient dues d'une part à des crues de la grande Rusizi et à la montée des eaux du lac Tanganyika d'autre part, ont depuis les années 1960, infligé des dégâts énormes tant à l'Etat du Burundi qu'à la population (OIM, 2020).

Plusieurs paramètres ont motivé le choix de ce sujet. D'abord, notre zone d'étude fait frontière avec la République Démocratique du Congo (RDC). Elle sert du lieu de passage et d'accueil aux ressortissants de ces deux pays qui s'approvisionnent au-delà de cette frontière. Une fois inondée, les opérations d'importation et d'exportation des marchandises sont paralysées.

Ensuite, le gouvernement du Burundi et les organismes humanitaires dépensent énormément en cas de la survenue des catastrophes et les victimes sont contraintes de vivre misérablement dans les sites des déplacés ou dans les familles d'accueil.

Enfin, c'est le caractère annuel récurrent de ces inondations pendant la période pluvieuse qui nous a motivé à travailler sur cette zone.

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 des risques et gestion des catastrophes.
- **Intérêt scientifique et académique** : Cette étude a été menée suite aux catastrophes récurrentes qui touchent la zone Gatumba. 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'autre part.
- **Intérêt public** : Cette étude fournira aux décideurs les informations sur les principaux facteurs influençant ces inondations de Gatumba et leurs impacts. Ces informations serviront à la prise de décisions sur l'affectation de sol de cette zone et les mesures de prévention et/ou d'atténuation des risques sur les autres zones du pays présentant les mêmes caractéristiques d'inondabilité que Gatumba.

6. Articulation du travail

La présente étude s'articule autour de trois chapitres précédés d'une introduction générale et clôturés par une conclusion.

Le premier chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude et à la méthodologie de recherche.

Le deuxième chapitre aborde le cadre conceptuel. Ce chapitre met au clair les différents concepts les plus couramment utilisés en matière de prévention des risques et gestion des catastrophes.

Quant au chapitre trois, il traite la présentation, l'analyse et la discussion des résultats de cette recherche, en inventoriant les différents dégâts occasionnés par les inondations récurrentes de la zone Gatumba ainsi que les éléments qui en sont facteurs.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.1. Présentation de la zone d'étude

I.1.1. Localisation géographique

La zone de Gatumba est située à l'Ouest du Burundi, entre 3° 16′ et 3°21′ de latitude Sud et 29° 12′ et 29° 16′ de longitude Est. C'est un delta formé entre les deux bras de la rivière Rusizi, déversoir des eaux du lac Kivu dans le lac Tanganyika. Il est délimité :

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

Administrativement, la zone Gatumba est l'une des quatre zones de la commune Mutimbuzi en province de Bujumbura. Elle est constituée de neuf collines à savoir Gaharawe, Kinyinya I, Kinyinya II, Mushasha I, Mushasha II, Muyange I, Muyange II, Vugizo et Warubondo (Figure 1.1).

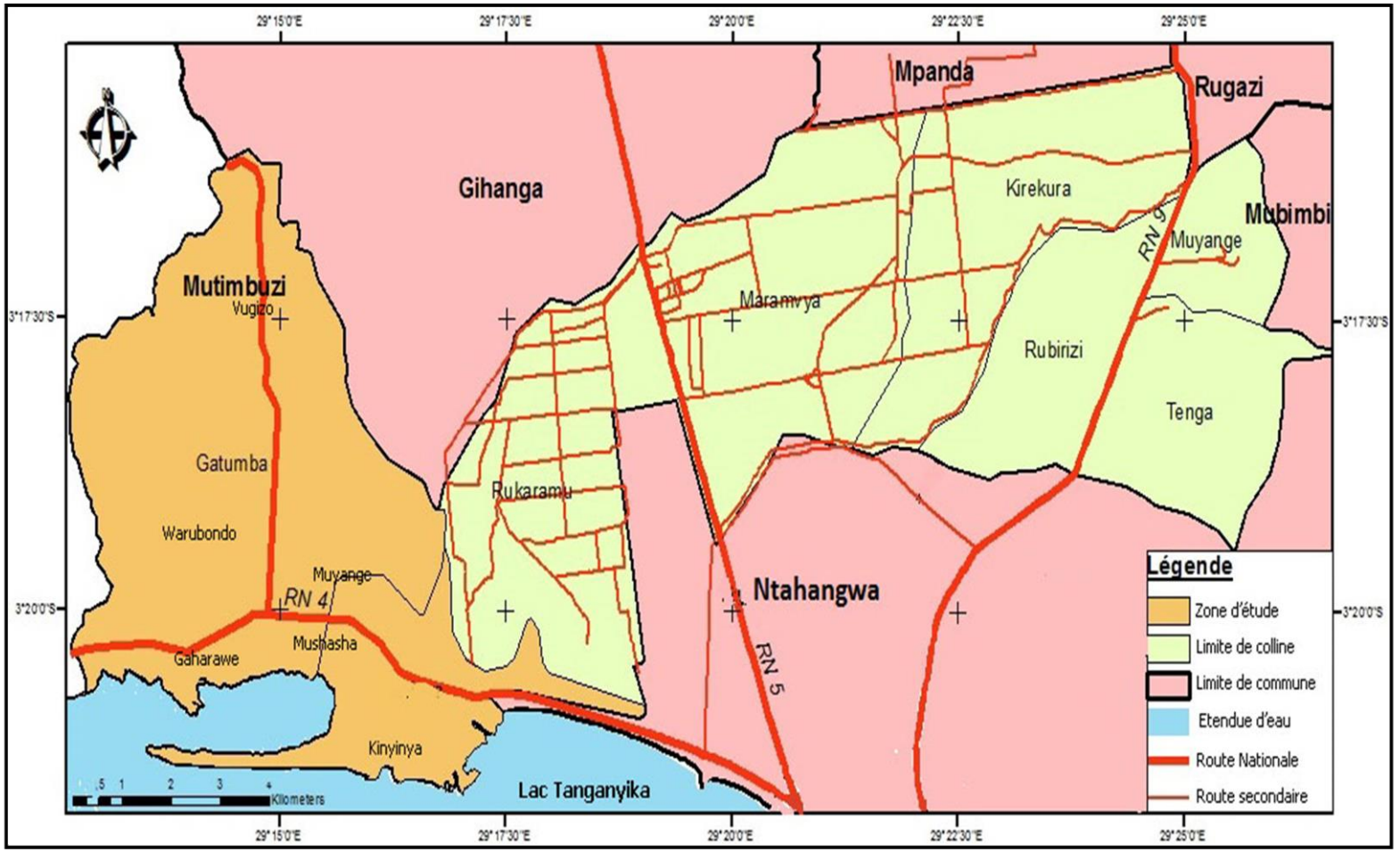


Figure 1.1 : Gatumba dans la circonscription communale de Mutimbuzi

Source : Auteur, à base des cartes topographiques et travaux de terrain

I.1.2. Traits historiques

Dans son ensemble, la plaine de l'Imbo fut une région longtemps sous-peuplée. A un certain moment, elle a échappé à l'installation importante de la population à cause de son climat hostile à la vie humaine.

Les indices démographiques n'y sont guère favorables, surtout à cause de la malaria et de la maladie du sommeil. La mortalité infantile y est très importante, alors que les naissances y sont d'autant moins nombreuses que les immigrants sont presque uniquement des célibataires venant chercher la fortune Cela faisait que le taux de naissance soit largement bas alors que le taux de mortalité infantile y est très important à cause des maladies ci-haut citées (PDDES, 1951).

Selon la même source, en plus de ces maladies de la malaria et du sommeil, l'esclavagisme qui se manifestait dans l'océan Atlantique et les nombreuses épidémies et endémies qui frappaient régulièrement cette région, constituent les facteurs justificatifs du faible taux du peuplement.

Les guerres, les famines et les crises pathologiques diverses ont freiné l'essor démographique dans la région. C'est ainsi qu'elle est restée un « désert humain » jusqu'à la fin de la première moitié du XX^{ème} siècle en raison de son insalubrité.

Toutefois, l'éradication de la mouche Tsé-tsé qui transmettait la maladie du sommeil vers la fin des années 1930 et le développement de la culture des cocotiers et des girofliers à Zanzibar, ont fait qu'il y ait une demande de plus en plus abondante de la main d'œuvre. C'est depuis les années 1950 qu'un véritable peuplement de la région de l'Imbo s'est observé, quand l'autorité coloniale organisa un mouvement migratoire visant le développement économique de cette région.

En 1950, la plaine de la Rusizi comptait environ 35.000 habitants, soit une densité moyenne de 39 hab/km^2, abstraction faite des zones ceinturant la ville d'Usumbura (devenue Bujumbura après l'indépendance) dont les densités atteignaient déjà 200 hab/km^2 (Runyagu, 2000).

> *La plaine de la Rusizi qui était presque vide d'hommes. Il a beaucoup servi de refuge aux gens du Nord de la ville de Bujumbura (surtout ceux des zones Kamenge et Kinama)*

pendant les guerres qui ont secoué le Burundi. Ces gens ont fini par y rester jusqu'à l'instauration des paysannats (Gakwavu, 2021).

La même source précise qu'après la guerre de 1993, la zone Gatumba a connu une pression démographique importante des pêcheurs et éleveurs qui sont respectivement venus pour y pratiquer la pêche et l'élevage du grand bétail.

I.2. Prédispositions de la zone Gatumba

I.2.1. Climat

La zone Gatumba se caractérise par une situation climatique particulière marquée par l'intensité et la longueur de la saison sèche. C'est une zone au climat tropical marqué par des fortes chaleurs, avec des températures moyennes généralement supérieures à 24° C. Ce climat résulte notamment de deux facteurs : son altitude (variant entre 772 m [niveau du lac Tanganyika] et 779 m) et sa situation dans la basse Rusizi. Selon le PRDIR (2019), Gatumba est marqué par deux saisons, l'une sèche s'étalant généralement sur trois mois (de Mai à Août) et l'autre humide peu pluvieuse par rapport au reste du pays (environ 800 à 900 mm de pluies par an pour une moyenne nationale de plus de 1200 mm), qui débute au mois d'octobre et prend fin au mois de Mai. Parfois, la saison sèche est marquée par des mois qui peuvent enregistrer des précipitations nulles (notamment les mois de Juillet et d'Août).

I.2.2. Système hydrographique et hydrologique

Il n'y a aucun cours d'eau qui prend source à Gatumba. Seuls des petites rigoles présentant un écoulement faible à cause de la pente y sont observées durant les mois pluvieux. On y observe également la Rusizi qui reçoit les eaux déversées par le lac Kivu au Nord de la plaine et ses 17 affluents[1]. A 8km de son embouchure, elle se scinde en deux pour former la grande Rusizi pour sa branche orientale (emporte 90 % des eaux) et la petite Rusizi pour sa branche occidentale (emporte un dixième des eaux). Cette dernière constitue en même temps la frontière avec la République Démocratique du Congo. (Figure 1.2)

Le régime hydrologique de la Rusizi varie de mois en mois et dépend de la pluviométrie dans ce bassin.

[1] Pendant son trajet de 117 kilomètres, la Rusizi récolte les eaux de nombreux affluents tels que Luvungi, Nyakagunda, Nyamagana, Muhira, Kaburantwa, Kagunuzi, Nyarundari, Mpanda et Ruhwa

Analyse des facteurs des inondations récurrentes et leurs impacts dans la zone Gatumba

Dans la plaine de l'Imbo, la nappe phréatique est tout près de la surface (Sindayihebura, 2005). A quelques endroits, elle se situe même en dessous d'un mètre. Cette localisation de la nappe phréatique à une petite profondeur la rend plus vulnérable aux problèmes de pollution.

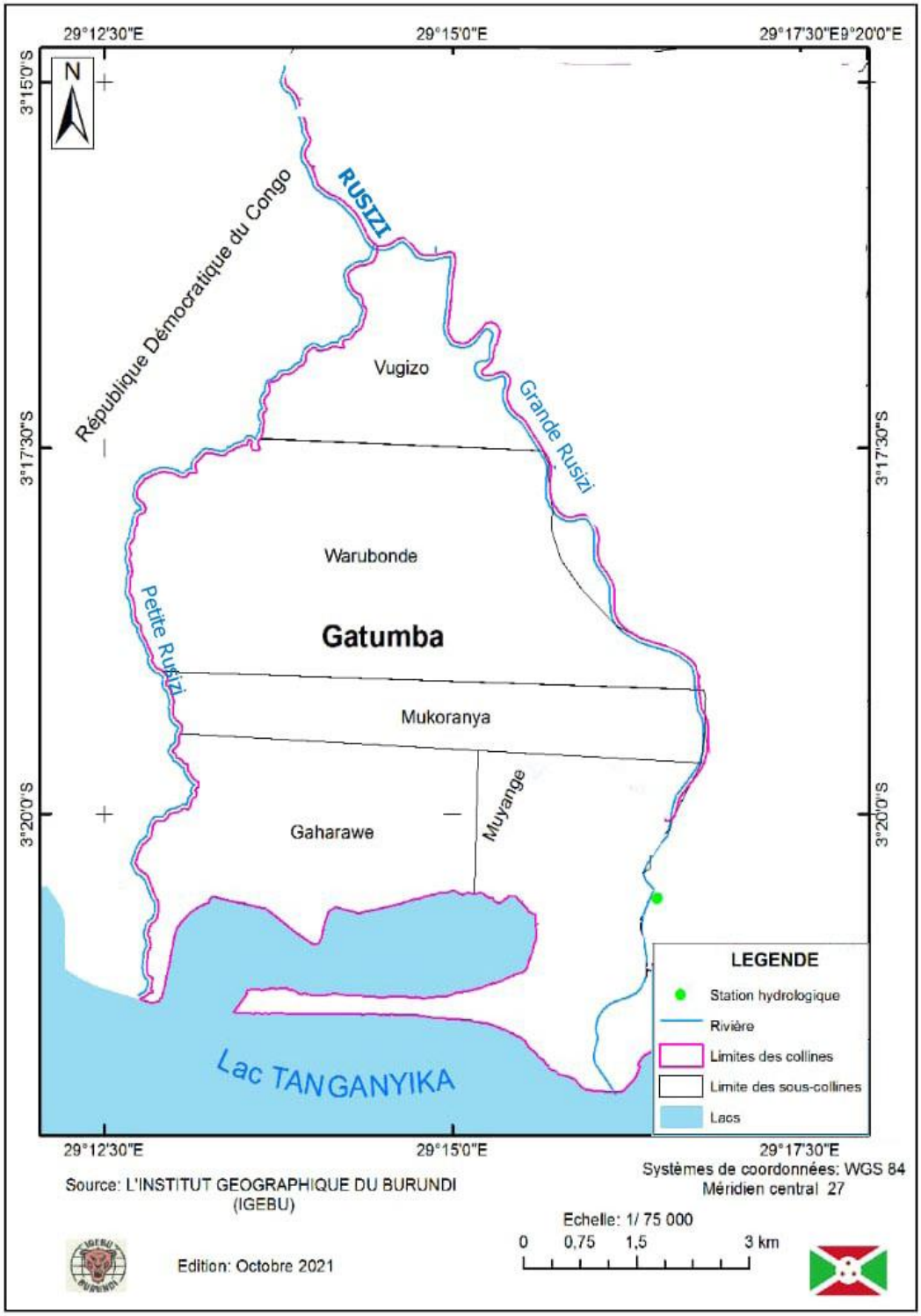


Figure 1.2 : Carte hydrographique de la zone Gatumba

I.2.3. Pédo-géologie

Morphologiquement, la plaine de l'Imbo est une plaine sédimentaire, lacustre et fluviatile avec au Sud des dépôts d'alluvions. Du point de vue géologique, le modèle de la plaine est l'un des résultats des épisodes d'effondrements de la fin du Tertiaire qui ont abouti à la configuration actuelle du graben (MEEATU' 2013).

Selon Walleffe (2007), le cadre géologique de notre zone d'étude se trouve sur une partie importante de la feuille de Bujumbura. Située dans le Rift Valley occidental africain, c'est une zone longeant la partie occidentale du Burundi. Elle est constituée des dépôts sédimentaires récents à la fois lacustres et fluviales du Quaternaire. Son origine s'explique par le fossé tectonique né des effondrements qui correspondent à de vieux accidents (Bidou, J.E. & al. 1991).

Toutefois, il semble que des structures de ces effondrements existaient au Précambrien. Des cassures, des soulèvements et effondrements se produisirent à l'époque poste-jurassique. A cette époque, le lac Tanganyika n'existait pas encore. Les mouvements tectoniques reprirent à la fin du Tertiaire avec beaucoup d'ampleur.

Un affaissement général se produisit au pléistocène. Au pléistocène moyen, ce fut l'individualisation du fossé avec élargissement du graben au Sud du mont Sange (RDC). Une fracturation secondaire survit pendant et après les trois phases d'émissions volcaniques du Sud du lac Kivu.

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).

Ce delta du nom de Gatumba serait de très récente formation. D'après Reekmans (1980), le lit de la Lukuga se serait affaissé en 1878. Le retrait des eaux serait alors responsable de l'exondation de la partie peu profonde de l'embouchure de la Rusizi, donnant ainsi naissance au delta. La zone Gatumba est alors dans une plaine régulièrement plate dont la monotonie est quelquefois rompue par de légères élévations ondulées.

Du point de vue pédologique, les sols de la plaine de l'Imbo sont d'origine à la fois lacustre et fluviale. Ils sont essentiellement alluvionnaires mais parfois sablonneux avec une grande richesse en sels minéraux, mais à teneur variable en humus. Les zones qui se trouvent dans la

plaine de l'Imbo ont des sols presque identiques. Ceux de la zone Gatumba ont été déterminés par ses exondations. Des sols sableux, fins moyens couvrent les 9/10 du delta et un mélange des sols sableux, argileux et noir argileux se partagent la partie restante tout au long de l'embouchure (PDDES, 1951). D'ailleurs, le long de la Rusizi, on distingue les sols alluvionnaires. Parfois la nature des sols est modifiée par l'apparition ou l'existence des sols salins (igitumba) d'où le nom à cette zone qui fait objet de notre étude.

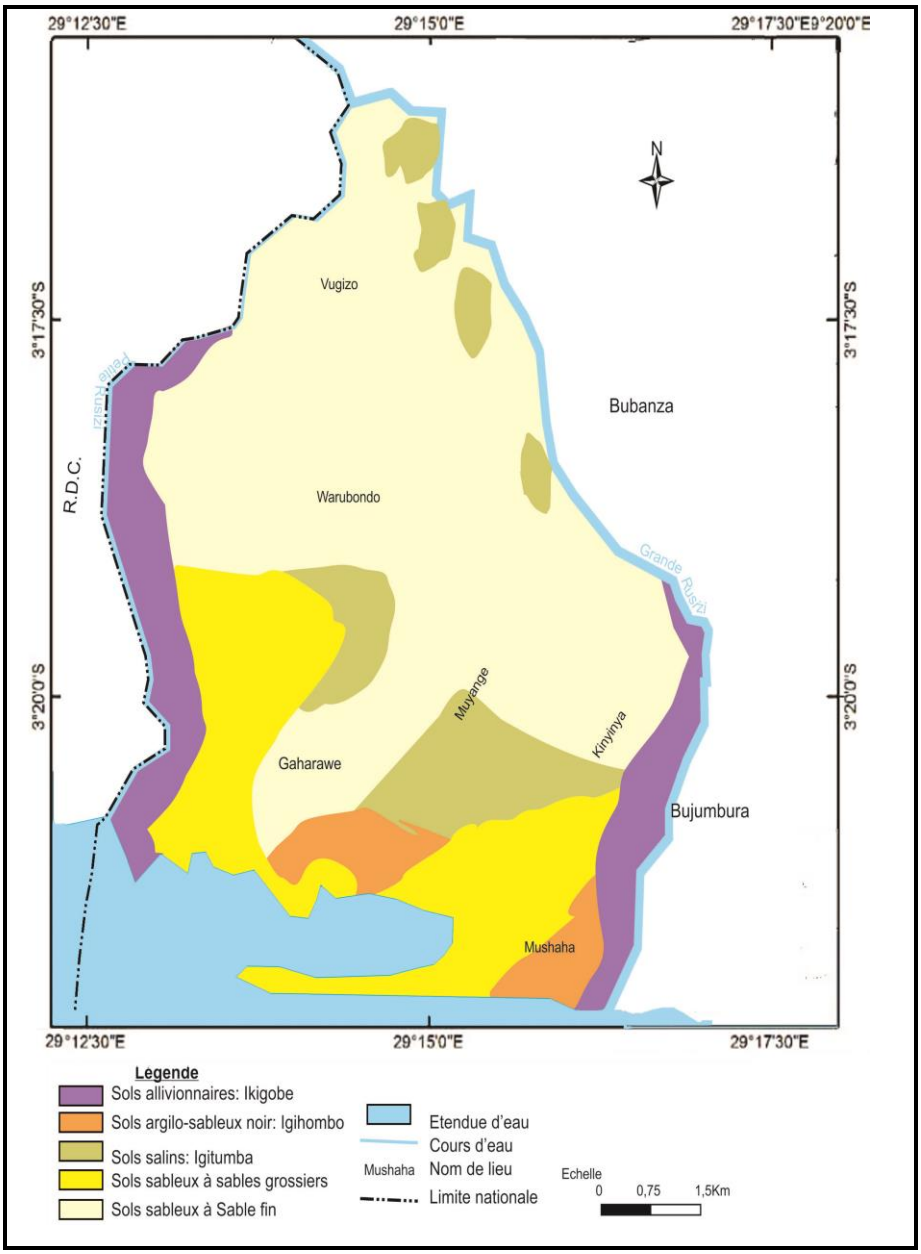


Figure 1.3 : Carte des sols de la zone Gatumba

Source : Plan Décennal pour le Développement Economique et Social (PDDES) du Rwanda-Urundi, 1951, p 438

I.2.4. Faune et flore

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

La zone Gatumba partage la même niche écologique que la plaine de la Rusizi dans laquelle elle est localisée. On y trouve la faune terrestre (les mammifères, les oiseaux, les reptiles et les amphibiens) et la faune aquatique (plusieurs espèces de poissons dans la Rusizi et dans le lac Tanganyika ainsi que de mollusques).

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.

Les formations végétales sont soumises 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).

I.2.5. Données démographiques

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 connaître 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 connaître la situation démographique de la zone Gatumba, nous avons fait recours aux données du ministère ayant le recensement dans ses attributions, de certaines institutions et de certains chercheurs. Ainsi, en 1949, la population de Gatumba était de 1291 dont 646 hommes et 437 femmes (PDDES, 1949). 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 à 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 que qu'en 1994, cette population était estimée à 15.083 personnes (Sindayizeruka, 2000). En 2008, cette zone était peuplée de 27.361 personnes (ISTEEBU, 2008). En 2022, elle est estimée à 36.900 selon les autorités administratives locales.

Tableau 1.1 : Population de la zone Gatumba (1949 à 2022)

Série	Années	Population
1	1949	1291
2	1979	3380
3	1990	5406
4	1994	15083
5	2008	27361
6	2022	36900

Source : Plan décennal (Décembre 1949), MIDCSP, PNUD (2000), ISTEEBU (2008) et administration zonale (2022)

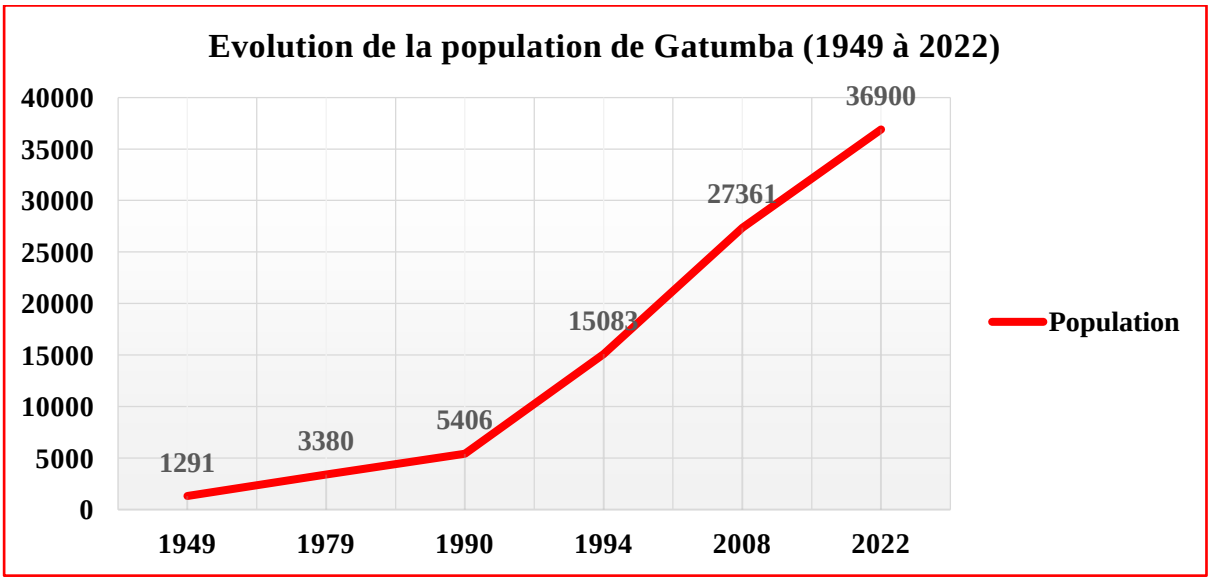


Figure 1.4 : Evolution de la population de la zone Gatumba de 1949 à 2021

Source : Auteur sur base des données du Tableau 1.1

I.2.6. Etat des lieux d'aménagement

L'aménagement du territoire se définit comme : « l'action et la pratique de disposer avec ordre, à travers l'espace d'un pays et dans une vision perspective, les hommes et leurs activités, les équipements et les moyens de communication qu'ils peuvent utiliser, en prenant en compte les contraintes naturelles, humaines et économiques, voire stratégiques » (Manirakiza, 2008).

Partant de cette définition, on constate que la zone Gatumba n'est pas aménagée malgré l'existence de certains éléments contenus dans cette définition. En effet, les défis suivants d'aménagement sont à relever :

- la surface n'est pas répartie suivant les zones d'activités ;
- les infrastructures socio-économiques (écoles, centres de santé, marchés, etc.) sont insuffisantes et inégalement réparties ;
- la voirie n'est pas suffisante. Seule la RN4 reliant le Burundi et la RDC est goudronnée. Toutefois, elle n'est pas équipée des caniveaux. Les autres routes qui relient les collines sont impraticables surtout pendant la période pluvieuse ;
- il y a un problème majeur d'assainissement. L'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales est très difficile. Ce centre n'est ni connecté aux égouts publics, ni les habitants ne possèdent pas des latrines en suffisance,
- la plupart des habitants utilisent de l'eau puisée dans le lac Tanganyika et/ou dans la rivière Ruzizi. A côté de l'insuffisance des bornes fontaines, il y a une fréquente rupture d'eau.
- les habitants ont un accès limité à l'électricité, à cause des faibles moyens financiers de la population,
- il n'est pas équipé des espaces verts pouvant servir de loisir à la population, etc.

L'occupation de la zone Gatumba ne suit pas les normes urbanistiques. La construction des maisons n'est pas réglementée. Chaque bénéficiaire de parcelle construit de sa manière. L'urbanisation n'est pas contrôlée, ce qui fait qu'il y ait une disproportion entre les besoins de la population et les ressources disponibles.

CHAPITRE II : CADRE CONCEPTUEL ET METHODOLOGIE DE RECHERCHE

II.1. Clarification des concepts

La clarification de certains concepts clés tient une place prépondérante dans la compréhension et l'analyse du thème choisi. En effet, étudier les problèmes d'inondation nécessite la définition des concepts clés tels que : risque, inondation, crue, aléa, catastrophe, exposition, vulnérabilité, capacité d'adaptation et sensibilité.

II.1.1. 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.

II.1.2. Bassin versant

Le bassin versant se définit comme une zone géographique drainée par un cours d'eau. En principe, il correspond à l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets (FAO, 2006). Le bassin versant est une surface élémentaire en théorie hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous 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 10/02/2022 à 8h GM).

II.1.3. 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.

II.1.4. Catastrophe

L'UNDRR définit une catastrophe comme « *une perturbation grave du fonctionnement d'une communauté ou d'une société impliquant des pertes et des impacts humains, matériels, économiques ou environnementaux importants, qui dépasse la capacité de la communauté ou de la société touchée à y faire face en utilisant ses propres ressources* » (https://www.un-spider.org/fr/risques-et-catastrophes, page consultée le 21 Mars 2021 à 14h GMT).

II.1.5. Changement climatique

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 de périodes comparables.

II.1.6. Climat

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 30 ans (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 qui 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'atmosphère, la cryosphère (les glaces du monde entier) et la biosphère, c'est-à-dire l'ensemble des êtres vivants (https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/climat.php4# , page consultée le 12 Février 2022 à12h GMT).

II.1.7. 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 ce 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.

II.1.8. 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 ressources sont exposés aux variations climatiques importantes liées à la pluviométrie.

II.1.9. Inondation

Une inondation est une submersion, rapide ou lente d'une zone quelconque. Elle correspond au débordement des eaux (Boubchir, 2007).

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

II.1.10. 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.larouse.fr>divers.relief, page consultée le 11 Décembre 2021 à 14h GMT).

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

II.1.11. 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 en se réorganisant de manière à maintenir la capacité d'adaptation, d'apprentissage, et de transformation (GIEC, 2014).

II.1.12. 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 ses 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) :

$$\textbf{Risque} = \frac{\text{Aléa} * \text{Vulnérabilité}}{\text{Capacité}}$$

II.1.13. Sensibilité

La sensibilité est constituée des caractéristiques socio-économiques et biophysiques inhérentes à un système qui définissent sa réponse lorsqu'il est exposé à un stress climatique (Füssel & Klein, 2006).

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.

II.1.14. 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 l'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-à-dire, la vulnérabilité concerne directement les populations et notamment les lieux de forte concentration. Elle est donc un ensemble de préconditions qui se révèlent au moment de la catastrophe (Watson & al., 1996).

II.2. Méthodologie de recherche

Pour bien mener ce travail de mémoire, nous avons procédé à la méthode qualitative composée de la combinaison de quatre phases à savoir la recherche documentaire, les entretiens et entrevues, l'observation directe et le travail de bureau.

II.2.1. Recherche documentaire

Pour mieux connaître le terrain, nous avons fait recours à l'analyse des cartes topographiques au 1/50.000ème (feuille de Bujumbura) et les cartes géologiques et pédologiques aux 1/100.000ème (feuille de Bujumbura). L'analyse de ces données, combinée aux données climatiques, nous a permis d'avoir des informations précises surtout sur le climat, les sols, la topographie, la géologie et l'hydrologie.

Pour l'enrichissement de nos réflexions, la bibliothèque centrale de l'Université du Burundi, la cartothèque du département des sciences géographiques, de l'environnement et de la population ainsi que le site internet ont été visitées à maintes reprises. Cette visite a consisté à la collecte et à l'exploitation de documents comme les ouvrages généraux, les thèses, les mémoires, les rapports des différentes institutions tant publiques que privées, les articles et autres publications scientifiques portant sur les risques d'inondation, les codes et lois, etc.

Pour compléter les données, nous nous sommes également informés auprès des différents organes et structures. Nous citerions la Direction générale de la protection civile et de la gestion des catastrophes (DGPCGC), la Plate-forme nationale de la prévention des risques et gestion des catastrophes (PFN-PRGC), la Croix-Rouge du Burundi, l'Office de la coordination des affaires humanitaires (OCHA), l'Institut géographique du Burundi (IGEBU), le Ministère de l'intérieur du développement communautaire et de la sécurité publique (MIDCSP), le Ministère de la solidarité nationale, des Affaires sociales, des droits de la personne humaine et du genre (MSNASDPHG), etc.

II.2.2. Entretiens et entrevues

Pour avoir des informations fiables, les données ont été collectées à l'aide des techniques d'entretien et entrevue menées sous forme 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 et les responsables des différents secteurs d'activité.

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 (lac Tanganyika et la grande Rusizi) et de sa durée de vie dans la localité (au moins 10 ans). Il s'agissait des entretiens semi-directifs à réponses libres qui avaient 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 la décision y relative (ce qu'ils envisagent).

Cette phase a été d'une grande importance 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.

Au total, cent cinquante-sept personnes ont constitué l'échantillon, dont vingt-huit remplissaient tous les critères envisagés.

II.2.3. Observation directe

En plus de la recherche documentaire et des entretiens et entrevues, il a été 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 de la Rusizi et du lac Tanganyika.

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

II.2.4. Travaux de bureau : traitement et analyse des données

Cette phase a consisté au dépouillement, à l'analyse, au traitement et à l'interprétation des données recueillies sur terrain, après les avoir confrontées aux données documentaires. Ces données ont été traitées en fonction de leur nature. Ainsi, en raison de leur opérabilité, leur facilité d'utilisation et leur disponibilité, les logiciels comme Microsoft Word et Excel 2016, QGIS et CorelDRAW ont été utilisés respectivement pour effectuer la saisie et le traitement des données ainsi que la cartographie ayant conduit à la matérialisation et à la compréhension de certains phénomènes.

Notons que toutes ces méthodes ont été précédées par une étape indispensable de contact avec notre directeur de mémoire, laquelle nous a permis de nous mettre d'accord sur le sujet de recherche et concomitamment formuler les objectifs à atteindre.

CHAPITRE III : PRESENTATION, ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

Les inondations qui se sont manifestées de manière récurrente à Gatumba, ont chaque fois provoqué d'énormes impacts aux habitants victimes, à leurs biens ainsi qu'à l'Etat et autres organisations œuvrant dans le domaine humanitaire, qui ne cessent de venir en aide aux sinistrés. Les résultats à présenter dans ce chapitre, concernent les dégâts et leurs impacts sur le plan socio-économique, environnemental et sanitaire.

III.1. Présentation des résultats

Les résultats que nous présentons ici découlent de nos observations combinées aux informations recueillies via les entretiens et entrevues faits avec la population et l'administration locale. Leur présentation ne distingue pas les avis des uns et des autres, mais sont exploités de manière combinée sans distinction des interlocutaires.

III.1.1. Dégâts socio-économiques

Sur le plan socio-économique, les inondations ont causé des dégâts qui se manifestent par la destruction des différentes maisons d'habitation, des infrastructures et ouvrages publics ou privés, des champs de cultures, etc. Ici, des exemples sont à donner :

En 2011, la zone de Gatumba a connu des inondations. Ces dernières ont affecté 574 ménages, endommagé 120 hectares de champs et deux poteaux électriques sont tombées.

L'année qui a suivi (2012), Gatumba fut à nouveau inondé. Les 2.508 ménages ont été victimes avec une perte de 350 hectares de champs.

En 2016, 458 ménages ont été affectés par les inondations, 50 hectares de champs ont été endommagés et 3 personnes ont été blessées.

En date du 19 Avril et 1er Mai 2020, des inondations sévères ont touché les collines des zones de Gatumba et Rukaramu dans la commune de Mutimbuzi de la province de Bujumbura[2]. Cette catastrophe naturelle a affecté 45.681 personnes (soit 8.543 ménages) et a causé le déplacement de 17.792 personnes (soit 3.210 ménages) qui ont été installées dans trois sites. Au cours de ces inondations, 4.974 maisons ont été complètement détruites et 1.940 l'ont été partiellement (DGPCGC, 2020).

[2] Les collines qui ont été touchées plus que les autres au cours des inondations de 2010 sont Kinyinya I, Kinyinya II, Mushasha I, Mushasha II, Muyange I, Muyange II et Gaharawe

Tableau 3.1: Impacts socio-économiques des inondations des zones Gatumba et Rukaramu en 2020

Série	Phénomènes	Nombre
1	Champs de cultures en ha	500
2	Maisons partiellement détruites	1 940
3	Maisons totalement détruites	3 210
4	Ménages affectés	8 543
5	Ménages déplacés	4974
6	Personnes déplacées	17 792
7	Personnes affectées	45 681

Source : Rapport de la coordination provinciale de la protection civile, Mai 2020

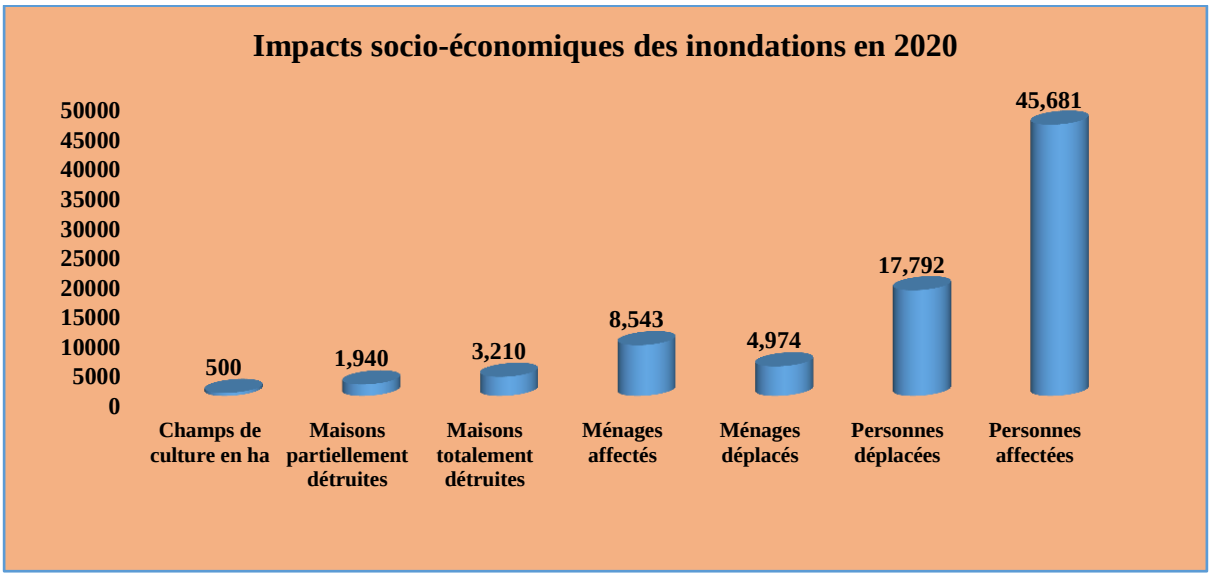


Figure 3.1 : Impacts socio-économiques des inondations de Gatumba en 2020 :

Source : Auteur, à base des données du tableau 3.1

Le tableau 3.1 et la figure 3.1 qui en dérive, montrent que les inondations de Gatumba 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 (Photo 3.1). 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.



Photo 3.1 : Site des déplacés de Kigaramango et les écoliers qui y vivotent

Source : Cliché de l'auteur, le 17 Mai 2021

La nuit du 15 au 16 Mai 2021, Gatumba fut également inondé. 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.



Photo 3.2 : Image satellitaire des inondations de Gatumba en 2021

Sur cette photo, les délimitations en rouge montrent les surfaces qui étaient inondées en 2021.

Selon la coordination provinciale de la protection civile, ces inondations de Mai 2021 ont aussi créé une situation plus pire pour 365 ménages des déplacés qui étaient établis dans le site de Kigaramango, qui était à son tour inondé (Photo 3.3).



Photo 3.3 : Site des déplacés de Kigaramango inondé

Source : Cliché de l'auteur, le 17 Mai 2021

Ces inondations ont provoqué deux vagues de mouvements de la population. La première dont le transport a été assuré 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 et sporadiquement installées tout au long de la clôture de l'Aéroport international Melchior Ndadaye.



Photo 3.4 : Habitants de Gatumba en attente de déplacement suite aux inondations

Source : Cliché de l'auteur, le 17 Mai 2021

Avant ces inondations du 11 et 13 Mai 2021, dans les sites des déplacés de SOBEL, Mafubo, Kigaramango et Kinyinya, on comptait 8.002 personnes regroupées en 1.881 ménages.

Tableau 3.2 : Personnes déplacées à cause des inondations

Zone	Provenance	Effectif des ménages
Gatumba	SOBEL	334
	Mafubo	133
	Kigaramango	365
	Kinyinya II	1049
	Total	**1881**

Source : Rapport de l'administration communale de Juin 2021

Ces mêmes inondations ont également causé des dégâts sur le plan social. Les écoles sont inondées et les élèves accédaient à l'école à bord des pirogues dans les premiers jours (Photo 3.5).



Photo 3.5 : Ecoliers se déplacent à bord des pirogues

Source : Cliché de l'auteur, le 20 Mai 2021

Les autorités administratives avec lesquelles nous nous sommes entretenus au cours de la collecte des données, nous ont fait savoir que cette situation (Photo 3.5) a attiré leur attention. Elles craignaient des noyades de ces enfants qui, pour accéder à l'école, devraient recourir à des pirogues. C'est ainsi qu'elles ont décidé de mettre hors service tous les établissements

scolaires inondés (Photo 3.6). 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 3.6 : Fermeture des écoles à Gatumba

Source : Cliché de l'auteur, le 20 Mai 2021

En plus des infrastructures, plusieurs champs de cultures ont été emportés par ces inondations (Tableau 3.3). Cette information a été confirmée par les autorités locales, la population et l'avons nous-mêmes constaté par notre observation sur terrain. Certains agriculteurs qui disent avoir contracté des dettes auprès des microfinances étaient entre le marteau et l'enclume car, ne voyant pas comment procéder pour rembourser cette dette.

Tableau 3.3 : Dégâts des inondations sur les cultures à Gatumba de 2011 à 2020

Zone	Collines	Cultures	Superficie en hectares
Gatumba	Kinyinya I, Kinyinya II et Warubondo	Maïs	80
		Niébé	55
		Haricot	45
		Bananier	53
		Patates douces	40
		Maraichères	10
		Tomates	5
		Riz	7
Total			**358**

Source : Commune Mutimbuzi, Rapport Administratif de Juin 2021

III.1.2. 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'en la destruction des écosystèmes terrestres et aquatiques.

S'agissant de la pollution de la nappe phréatique, celle-ci se trouve presque à la surface (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, elle commence à présenter une couleur qui tend vers le vert, ce qui présente un signe de pollution (Photo 3.7).



Photo 3.7: Eaux polluées au centre Gatumba

Source : Cliché de l'auteur, le 20 Janvier 2021

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 également 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.1.3. Impacts sanitaires

Quand Gatumba fut inondé au mois d'Avril et Mai 2021, il était très 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.



Photo 3.8 : Multi-usage des eaux sales d'inondation par les habitants de Gatumba

Source : Cliché de l'auteur, le 20 Mai 2021

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 qui ne parviennent à avoir de l'eau, se servaient 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.2. Facteurs des inondations récurrentes de Gatumba

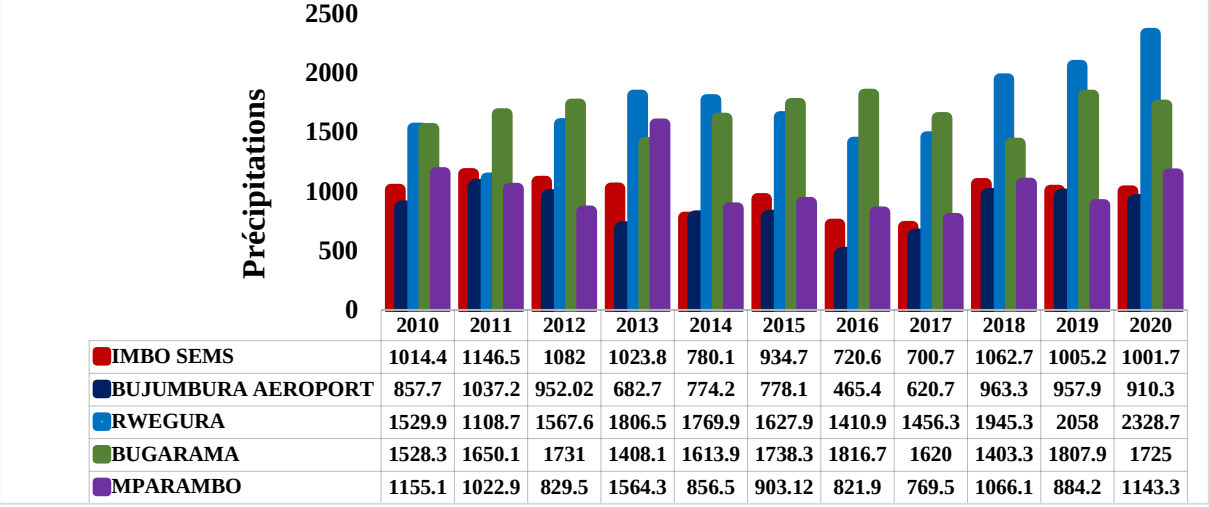
La confrontation des différents résultats obtenus, permet de montrer que parmi les facteurs d'inondations de Gatumba, figurent ceux qualifiés de déclenchants et d'autres d'aggravants.

III.2.1. Facteurs déclenchants

Les facteurs déclenchants les inondations à Gatumba les sont imputables à la nature. Ils ne requièrent le concours d'aucune activité humaine. Il s'agit des précipitations, du relief, de la pédologie, de la géologie et de l'absence du couvert végétal.

III.2.1.1. Précipitations

Comparativement aux autres régions du Burundi, la plaine de l'Imbo est connue comme une région qui enregistre peu de précipitations, souvent inférieures à 1000 mmm (Figure 3.2).



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
IMBO SEMS	1014.4	1146.5	1082	1023.8	780.1	934.7	720.6	700.7	1062.7	1005.2	1001.7
BUJUMBURA AEROPORT	857.7	1037.2	952.02	682.7	774.2	778.1	465.4	620.7	963.3	957.9	910.3
RWEGURA	1529.9	1108.7	1567.6	1806.5	1769.9	1627.9	1410.9	1456.3	1945.3	2058	2328.7
BUGARAMA	1528.3	1650.1	1731	1408.1	1613.9	1738.3	1816.7	1620	1403.3	1807.9	1725
MPARAMBO	1155.1	1022.9	829.5	1564.3	856.5	903.12	821.9	769.5	1066.1	884.2	1143.3

Figure 3.2: Comparaison des précipitations annuelles aux stations d'Imbo SEMS, Bujumbura- Aéroport, Rwegura, Bugarama et Mparambo de 2010 à 2020

Source : Auteur, sur base des données météorologiques fournies par l'IGEBU (Annexes 2, 3, 4, 5, et 6)

De 1960 à 2020, la moyenne mensuelle est inférieure à 100 mm (Figure 3.3).

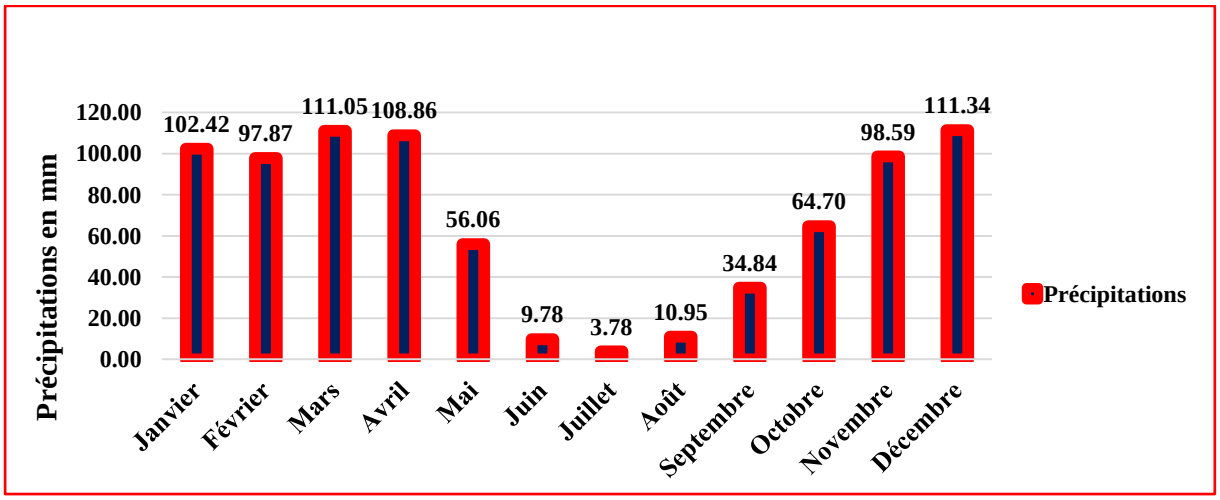


Figure 3.3 : Moyenne mensuelle des précipitations à la station de Bujumbura, de 1960 à 2020

Source : Auteur, sur base des données météorologiques fournies par l'IGEBU, Annexe 3

Cependant, les changements climatiques auxquels est soumis le Burundi comme les autres pays du monde, jouent une influence pas moins négligeable sur la pluviométrie. A titre d'exemple, de 1960 à 2020, la région de l'Imbo a exceptionnellement enregistré des précipitations intenses supérieures à la moyenne. C'était au cours des années 1961, 1986, 2006 et 2011 respectivement avec 1293,3 mm, 1007,2 mm, 1027,9 mm et 1037,2 mm (Tableau 3.4).

Tableau 3.4 : Années avec des précipitations annuelles ≥ 1000 mm (1960 à 2020).

Série	Année	Précipitations en mm
1	1961	1293,3
2	1986	1007,2
3	2006	1027,9
4	2011	1037,2

Source : Auteur, sur base des données météorologiques fournies par l'IGEBU

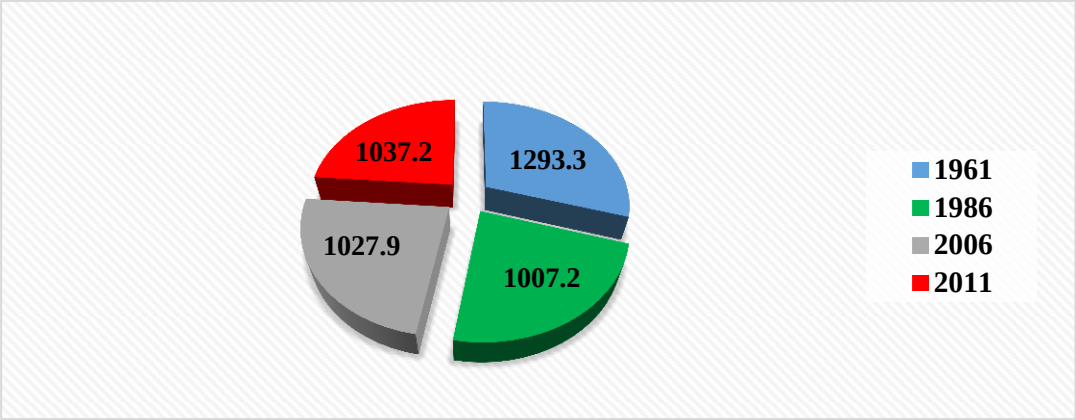


Figure 3.4 : Les années avec les précipitations annuelles ≥ 1000 mm de 1960 à 2020

Source : Auteur, sur base des données du tableau 3.4

Au cours de ces années, ces pluies ont exercé une influence sur le comportement des cours d'eau, tout en modifiant soit le débit, soit le système d'écoulement, provoquant ainsi des inondations. La preuve en est que la période allant de 1961 à 1964, a été une période d'inondations. C'est la période au cours de laquelle plusieurs quartiers de la ville de Bujumbura et quelques localités de la province Bujumbura dont Kajaga et Gatumba, ont été fortement inondées. A cette époque, le lac Tanganyika a atteint le niveau de 777,08 m (Sindayihebura, 2005). De cette différence de la pluviosité, on comprend deux scénarii :

Premier scénario

Les précipitations dans la région des stations de Bugarama, Mparambo et Rwegura sont plus supérieures à celles de Gatumba. L'augmentation du débit de la rivière Rusizi résulterait de la quantité d'eau apportée par ses différents affluents. Même s'il ne pleut pas sur l'ensemble du périmètre de Gatumba, cette zone peut être inondée à cause de la grande quantité des eaux reçues par la Rusizi à travers ses affluents. Concrètement, le débordement de la Rusizi s'explique le plus souvent par des fortes précipitations tombées sur les contreforts des Mirwa et/ou dans le bassin du Nord Kivu.

Deuxième scénario

Le lac Tanganyika étant alimenté par des eaux de plusieurs provenances, l'absence des pluies dans la région de l'Imbo n'influence pas beaucoup la fluctuation de son niveau. Cette dernière résulterait de plusieurs facteurs dont les fortes précipitations abattues sur le bassin de la Rusizi et celui du lac Tanganyika qui s'étale sur le Burundi, la RDC, la Tanzanie et la Zambie. Dans ce cas, les eaux de la Rusizi ne parviennent pas alors à rejoindre le lac. Elles débordent et s'abattent sur l'espace cultivé et bâti, d'où ses crues donnant lieu à des inondations.

La figure 3.5 nous montre que le lac Tanganyika n'a pas toujours été stable. Son niveau a toujours connu des fluctuations.

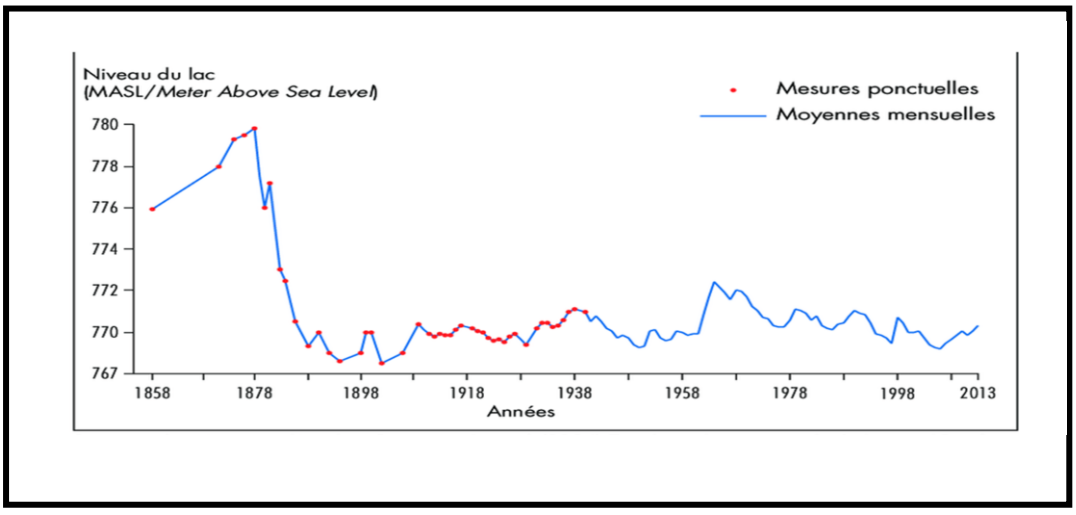


Figure 3.5 : Variabilité du niveau des eaux du lac Tanganyika de 1858 à 2013

Source: Données compilées dans Bergonzini L. & al., (2004) Zonal circulations over the Indian and Pacific Oceans and the level of lakes Victoria and Tanganyika. International journal of Climatology, complétées par les données satellitaires communiquées par le Legos- CNES

III.2.1.2. Relief

La zone Gatumba est implantée sur un relief plat. La pente est trop faible et longue (Figure 3.6). La valeur de la pente liée à sa longueur conditionne la vitesse d'écoulement de l'eau en surface. Cette configuration de terrain permet la stagnation des eaux qui échappent au ruissellement, à l'infiltration et à l'évaporation. Ce phénomène favorise les inondations en raison de la quantité d'eau en place.

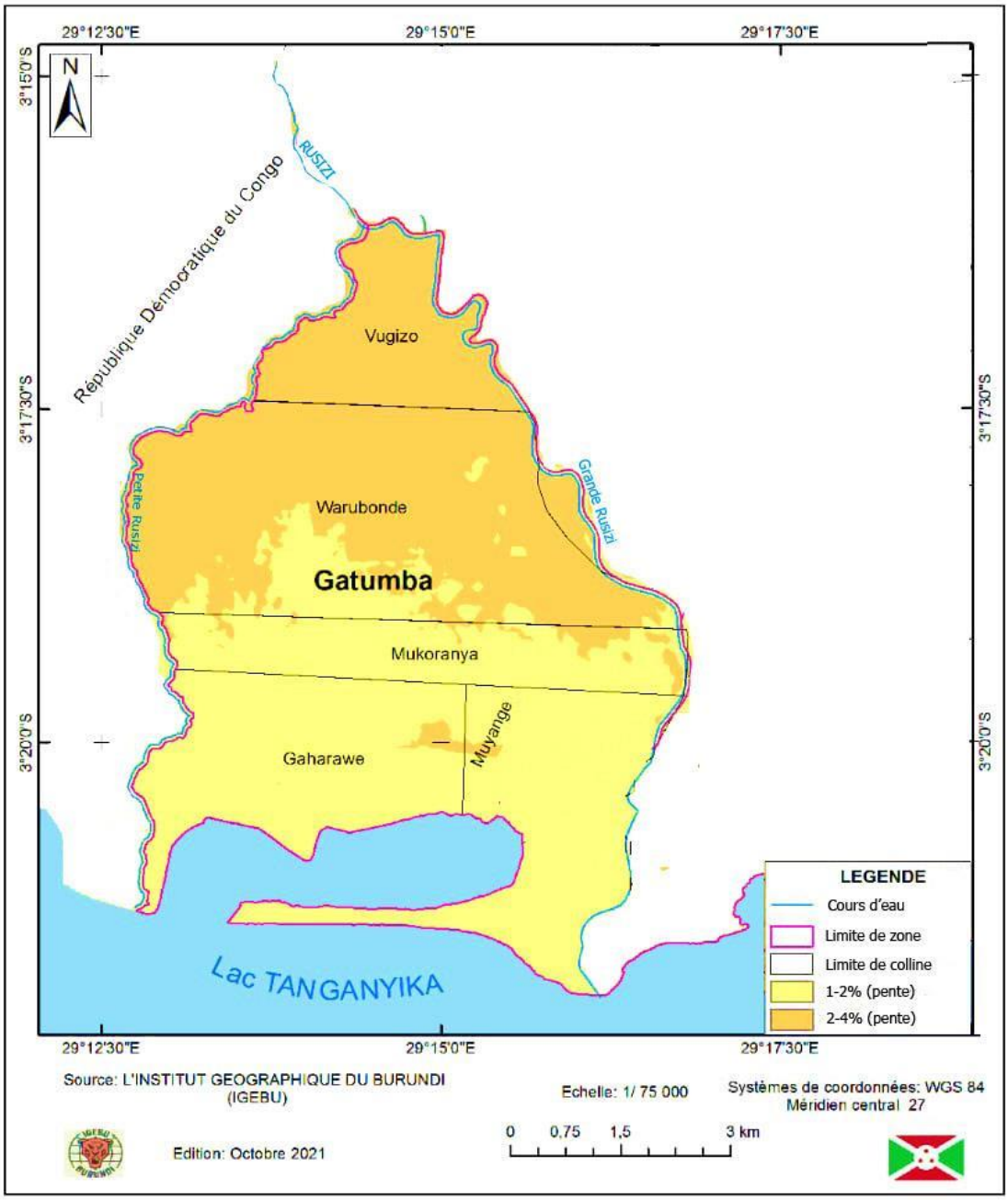


Figure 3.6 : Carte des pentes de la zone Gatumba

De même, le profil en long (Figure 3.7), montre que la situation géographique de la zone Gatumba dans la plaine, fait d'elle une zone susceptible d'être inondée en réseau de ses altitudes.

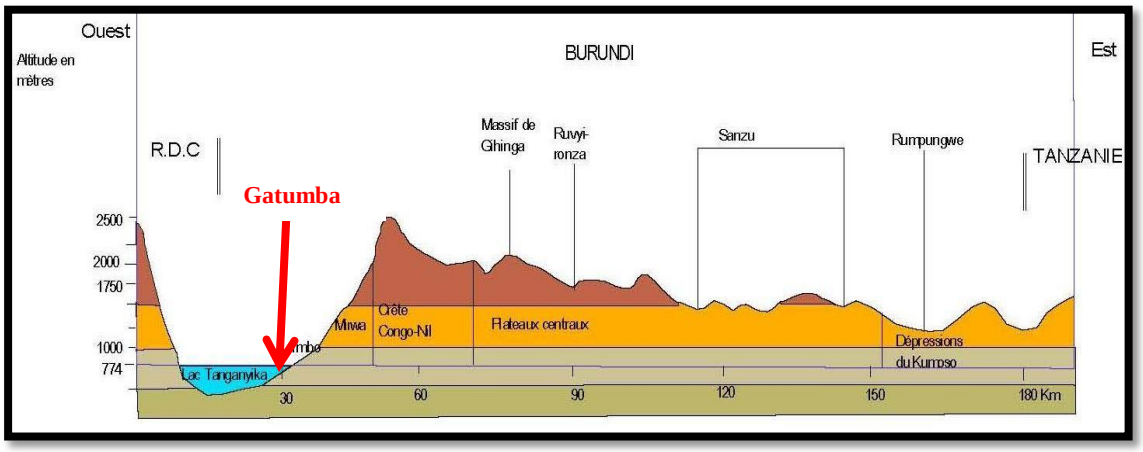


Figure 3.7 : Profil en long du Burundi, de l'Est vers Ouest

Source : Auteur sur base de l'image de Bidou, J.E & al., *Géographie du Burundi*, Paris, 1991

III.2.1.3. Pédo-géologie

La zone Gatumba fait partie de la plaine de la basse Rusizi. Elle a une histoire pédo-géologique fortement liée à celle du lac Tanganyika.

On distingue des sols de nature sableuse notamment aux abords immédiats de la rivière Rusizi et dans la zone littorale du lac Tanganyika ainsi que les dépôts alluvionnaires résultant des inondations. De plus, les vertisols qu'on trouve à Gatumba, se développent naturellement dans les zones mal drainées et jouent un rôle important dans le renforcement de l'imperméabilité (RAMSAR, 2009).

Durant la saison des pluies, l'eau apportée par les averses s'infiltre peu lentement et s'évapore en grande partie au lieu de rejoindre les réserves du sous-sol. Le drainage est très insuffisant suite à une faible pente et le potentiel d'infiltration très faible (nappe à faible profondeur et saturée par une faible lame d'eau) d'où un risque important d'inondation (avec stagnation d'eau ruissellente).

III.2.1.4. Absence du couvert végétal

Selon Jacques Beauchamp (2007), « *la végétation s'oppose au ruissellement et favorise l'infiltration. Les tiges constituent des obstacles à l'écoulement superficiel qui diminuent la vitesse des filets d'eau et les racines augmentent la perméabilité du sol* ».

Cette idée est appuyée par Montoroi (2012) qui ajoute que la déforestation ou l'absence généralisée de la végétation sur de grandes surfaces, modifie le régime hydrologique des bassins versants ,en faisant remonter les eaux souterraines près de la surface et en diminuant les capacités de stockage en eau des sols.

La zone Gatumba n'est pas occupée selon les normes standards d'urbanisme et de l'habitat telles que prévues par le code l'urbanisme, de l'habitat et de la construction. Cette zone à tendance urbaine, n'est pas alors pourvue d'un couvert végétal au niveau des collines comme Gaharawe, Kinyinya et Mushasha, lequel pourrait jouer un rôle très important dans l'infiltration et/ou ruissellement des eaux de pluie. Cela constitue un facteur favorisant le ruissellement des eaux pluviales à la surface du sol.

III.2.2. Facteurs aggravants

A côté des facteurs déclenchants, d'autres facteurs dus aux activités anthropiques, aggravent la survenance des inondations et amplifient leurs effets dans la zone Gatumba. Ces facteurs sont la pression démographique, l'aménagement du territoire inadapté, la faiblesse institutionnelle et légale, le manque de la culture du risque, la pauvreté et les activités économiques.

III.2.2.1. Pression démographique

La zone Gatumba connaît une pression démographique forte (Figure 1.4). Cette dernière est causée par des opportunités de vie liées à la proximité de la frontière avec la RDC, de la ville de Bujumbura (grande ville du pays) et le lac Tanganyika ainsi que les opportunités pour le commerce et autres activités tels que les travaux champêtres et pastoraux.

Cette pression démographique donne lieu à une urbanisation non contrôlée. Les personnes augmentent alors que les espaces ne s'étendent pas. Ceci conduit jusqu'à occuper des espaces non propices à la construction. En occupant anarchiquement et spontanément l'espace, ce phénomène se répercute sur la disparition de la végétation, laquelle joue une grande importance dans le système hydrique, dans l'infiltration et dans le ruissellement des eaux

pluviales. La conséquence n'est autre que l'amplification de l'érosion du sol et la stagnation permanente des eaux de crues.

Les observations faites sur terrain combinées aux informations reçues au cours des entretiens, confirment que ce sont les collines occupées anarchiquement qui, en raison du coût abordable du loyer, hébergent plus d'habitants plus que les autres. Néanmoins, la situation géographique de ces collines (Gaharawe, Mushasha et Kinyinya) à proximité de la rivière Rusizi et du lac Tanganyika et leur occupation anarchique par des personnes de faibles moyens, les exposent davantage aux inondations avec de graves dégâts.

Tableau 3. 5 : Répartition de la population de Gatumba par colline et sexe

Série	Nom de colline	Masculin	Féminin	Total
1	Gaharawe	1986	1415	3401
2	Kinyinya I	2476	2326	4802
3	Kinyinya II	1347	1217	2564
4	Mushasha I	1547	1629	3176
5	Mushasha II	3117	3139	6256
6	Muyange I	1550	1511	3061
7	Muyange II	1796	1965	3761
8	Vugizo	245	236	481
9	Warubondo	202	210	412
Total		14266	13648	27914

Source : ISTEEBU, RGP 2008

III.2.2.2. Aménagement du territoire non adapté

Selon Pierre Merlin (2003), l'aménagement du territoire est « *l'action et la pratique de disposer avec ordre, à travers l'espace d'un pays et dans une vision prospective, les hommes et leurs activités, les équipements et les moyens de communication qu'ils peuvent utiliser, en prenant en compte les contraintes naturelles, humaines et économiques, voire stratégiques*».

En se basant sur la définition ci-haut donnée, la zone Gatumba est moyennement équipée que ce soit en ouvrages et infrastructures publics, que ce soit en voies de communications, etc. Il n'est pas aménagé suivant les normes urbanistiques et résilientes à l'aléa d'inondation.

Les principaux défauts d'aménagement que nous avons relevé lors de notre descente sur terrain et qui concourent au déclenchement de la catastrophe d'inondation et à l'amplification de la vulnérabilité sont principalement l'inexistence d'un plan local d'aménagement, le défaut de viabilisation, les constructions dans des zones inconstructibles, les constructions anarchiques non résilientes aux aléas, le défaut d'assainissement, les voies de communication inter-quartiers non aménagées, etc.

- **Les maisons d'habitation**

En raison de l'absence d'un schéma d'aménagement et d'urbanisme de Gatumba, on y trouve encore des maisons d'habitation construites anarchiquement, les unes en briques adobes, les autres en boue.

De manière générale, chacun construit de sa manière et comme bon lui semble. La construction de ces maisons d'habitation (Photo 3.8), qui ne sont pas résilientes aux aléas climatiques, accentue les dégâts tant matériels qu'humains en cas de catastrophe d'inondation.



Photo 3. 9 : Constructions anarchiques dans la zone Gatumba

Source : Clichés de l'auteur, le 21 Mai 2021

Les conséquences tombent souvent sur les occupants et leurs biens. Le rôle de l'aménagement de ce centre urbain contribuerait sans doute à limiter les dégâts en cas de la survenue de la catastrophe par l'exigence des types d'infrastructures à mettre en place. Dans le présent contexte, il s'avère nécessaire de réorganiser l'occupation du sol en améliorant l'état actuel de

l'habitat pour le rendre plus résistant aux éventuelles catastrophes tant naturelles qu'anthropiques.

❖ **Assainissement**

L'article 3 du code burundais d'hygiène et assainissement définit en son alinéa 1 l'assainissement comme « *une action de collecte, d'évacuation, de rejet ou de destruction des déchets liquides ou solides, des eaux pluviales et de toute autre substance nuisible à la santé* ».

L'assainissement a pour objectif d'assurer la collecte et l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales et domestiques et de les évacuer dans les exutoires naturels, après un traitement préalable ; en respectant les exigences de la santé publique et la protection du milieu récepteur (l'environnement).

Selon Valiron (1989), les eaux pluviales doivent être évacuées pour limiter la submersion des zones urbaines, les eaux usées domestiques nécessitent d'être évacuées sans stagnation loin des habitations car les déchets qu'elles contiennent sont susceptibles d'engendrer des nuisances et des épidémies.

Les mesures d'assainissement permettent de sauver des vies. D'ailleurs, l'histoire nous enseigne que c'est aussi l'une des pierres angulaires du développement (OMS, 2014).

La question d'assainissement reste une préoccupation dans Gatumba. Pour l'aborder, nous nous basons sur les points suivants : évacuation des eaux usées, évacuation des eaux de pluies, gestion des immondices et ordures ménagères.

✓ **Evacuation des eaux usées**

Comme les maisons d'habitations, la plupart des latrines dans le centre de Gatumba ne sont pas modernes. Il y a celles qui sont construites en briques adobes, celles en bois, en paille et les autres en roseau (Photo 3.10). Le pire est que pour la plupart des cas, une seule latrine est partagée par plus d'un ménage[3].

[3] Constat de l'auteur et informations des habitants



Photo 3.10 : Latrine construite en paille au centre urbain de Gatumba.

Source : Cliché de l'auteur en date du 27 Juin 2021

Pendant la période de pluies, en raison de leur caractère de non durabilité, ces latrines inondées débordent à la surface. Il en de même pour les eaux usées des ménages, qui sont observées ici et là au lieu d'être acheminées dans un lieu aménagé à cet effet.

Ce problème d'assainissement accentue non seulement l'aggravation de l'exposition de la zone Gatumba aux inondations, mais aussi l'exposition de la contamination des habitants à des maladies respiratoires (OCHA, 2021).

✓ **Evacuation des eaux de pluie**

Les eaux de pluies ruissellentes du centre de 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 multiplication du risque des maladies de main sale et du paludisme ainsi que la destruction des infrastructures en place.

✓ **Gestion des immondices et ordures ménagères**

L'article 18 du code d'hygiène et d'assainissement dispose que : *« Dans les agglomérations urbaines, les ordures ménagères et les autres détritus doivent être déposés dans des récipients étanches et clos tels les poubelles domestiques et les conteneurs collectifs après séparation des déchets dégradables et non biodégradables. Ils sont placés en bordure des rues et vidés dans des véhicules de transport du service de la voirie ou de tout autre service habilité. Les*

ordures sont amenées jusqu'à des dépôts provisoires bien aménagés et situés à la périphérie des quartiers ».

Nonobstant, nulle part on trouve un lieu de décharge public dans le centre de Gatumba. Les déchets, qu'ils soient solides ou liquides, biodégradables ou non biodégradables, provenant des ménages ou marchés, sont gérés informellement à titre individuel. Selon le choix du propriétaire de ces déchets, les uns sont entassés le long des voies, utilisés dans les champs de culture, jetés dans des composts, et les autres brulés sans aucune technicité y relative.

❖ **Les voies de communication**

La zone Gatumba circonscrite entre les deux bras de la Rusizi, est traversée par la seule Route Nationale (RN4) 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. Au mois de Mai 2021, les eaux qui devraient être transportées par les caniveaux (s'ils existaient) dans d'autres lieux appropriés, se sont répandues dans la voie et dans les ménages.

Certaines maisons d'habitation ont été détruites à cause de ces eaux non canalisées tandis que la circulation des biens et des personnes aurait due être impactée une fois coupée (Photo 3.11).



Photo 3.11 : RN4 inondée au niveau de Mushasha I et fuite des habitants

Source : Cliché de l'auteur ,le 14 Mai 2021

D'autres voies secondaires qui relient les collines de la zone Gatumba et l'autre reliant cette dernière à Kiriba-Ondes (RDC), ne sont pas canalisées. Elles sont souvent inondées et rendent inaccessibles quelques collines de ce centre pendant plusieurs jours.



Photo 3.12: Voie de communication largement impraticable à Gatumba

Source : Cliché de l'auteur ,le 14 Mai 2021

III.2.2.3. Faiblesse institutionnelle et légale

Dans le cadre de notre étude, nous parlons de la faiblesse institutionnelle pour désigner les faibles capacités d'une institution, d'une partie ou de la totalité de son personnel, ou pour désigner le manque du matériel suffisant pour une institution afin de réaliser les actions contenues dans son cahier de charge.

Quant à la faiblesse légale, nous la définissons purement et simplement comme étant le manque, la désuétude, l'inapplicabilité ou la lacune de la loi ou autre instrument réglementant la planification, l'aménagement et l'urbanisme.

Pour bien mener une bonne planification urbaine durable, le gouvernement du Burundi a mis en place la loi n° 1/09 du 12 Août 2016 portant code de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction. En son article 15, il définit les documents d'urbanisme à l'aide desquels les aménagements urbains se font. Ces documents sont : Schémas directeurs d'aménagement et d'urbanisme, Plans locaux d'aménagement et Plans particuliers d'aménagement.

Bien que ces documents de référence pour une bonne planification urbaine soient cités dans ce code, ils ne sont pas élaborés partout. Ils ne sont pas aussi appliqués à la lettre ni par les

organes chargés de leur application, ni par les citoyens auxquels ils peuvent servir d'intérêt là où ils existent. Cette faiblesse se traduit par le manque de volonté d'une institution ayant l'aménagement, l'urbanisme, l'habitat et la construction dans ses attributions. Elle ne les élabore pas, ni ne les applique pas en cas de besoin pour garantir une bonne occupation du sol résiliente aux effets des changements climatiques en général et des inondations en particulier.

Le code burundais de l'eau promulgué en 2012 prévoit en son article 5 que les constructions doivent laisser tout au moins une zone tampon de 25 mètres à partir du bord de toute rivière qui se déverse dans le lac Tanganyika, 150 m pour le lac Tanganyika et 50 m pour les autres lacs. Néanmoins, à Gatumba certains des propriétaires des maisons menacées par la Rusizi, ont violé cette mesure légale. Ils ont occupé des zones interdites dans certaines localités.

III.2.2.4. Manque de la culture de risques

« *Une personne qui a vécu à Gatumba pendant cinq ans, a été victime ou témoin d'inondations au moins trois fois* » (Gakwavu, 2021). Cette fréquence de catastrophe d'inondation dans cette zone, témoigne qu'elle n'est pas vivable, et par conséquent les habitants devraient y fixer un grand regard avant de s'y installer.

Chaque fois que ce centre est inondé, on a assisté à des scènes différentes :

- les personnes dont leurs maisons d'habitation sont inondées ou détruites sont déplacées ou sont en attente de l'être (Photo 3.3) ;
- les personnes qui ne sont pas affectées par les effets d'inondation qui vaquent normalement à leurs activités quotidiennes ;
- les personnes qui, malgré le constat que les infrastructures publiques et/ou privées se trouvant à leur proximité sont inondées et/ou détruites, continuent de construire (Photo 3.13).



Photo 3.13 : Réparation d'une maison le lendemain des inondations à la 2ème avenue, Kinyinya I à Gatumba

Source : Cliché de l'auteur, le 30 Mai 2021

Le fait de continuer les travaux de construction dans un milieu - inondé chaque année et qui a fait plusieurs victimes, sans même utiliser des matériaux durables qui résilient aux effets d'inondation - constitue un fait psychologique qui prouve qu'il y ait le manque de culture de risque dans les esprits de certains occupants de cette zone.

Cette situation contribue à l'augmentation de la vulnérabilité des habitants de la zone Gatumba au risque d'inondation. Ce sont presque les mêmes individus qui sont toujours victimes des inondations annuelles sous réserve de dire que la fréquence d'inondation ne leur donne pas une leçon. Ceci, puisque une personne pourvue d'une culture de risque de catastrophe est celle qui tire une leçon des faits catastrophiques antérieurs et qui prend une décision conséquente.

Ce manque de culture de risques est également imputable à certaines autorités administratives. Elles reconnaissent ce caractère d'inondabilité de la zone Gatumba et interviennent à maintes reprises au profit des victimes. Néanmoins, elles ne prennent pas des solutions conséquentes durables pour enfin sauver de manière définitive les victimes de ces inondations annuelles.

III.2.2.5. Pauvreté

> *La grande partie de la population vit de la main d'œuvre quotidienne. Il s'agit d'une population locataire qui s'attèle à des travaux de pêche, des travaux champêtres, etc. En cas de catastrophes, ces habitants se retrouvent dans une situation de doute : changer le milieu ou rester. La plupart d'eux justifient de la volonté de quitter le milieu mais, ne parviennent pas à se rassurer d'un autre endroit favorable à leur niveau de vie, qui leur permettrait de vivre au quotidien. Ils préfèrent alors d'y rester en attendant que la situation se rétablisse* (Rufomoka, 2021).

Les propos recueillis auprès d'une autorité locale entretenue, font de Gatumba un centre offrant des conditions de vie favorables à la survie quotidienne. Ce caractère attire les personnes ayant de faible revenu, qui s'approvisionnent du jour le jour. En cas de catastrophe d'inondation, compte tenu de leurs faibles moyens de pouvoir s'installer ailleurs et de leur doute de gain de moyens d'existence en cas de déplacement, ils choisissent rester sur le lieu où ils mènent une vie difficile. C'est un autre facteur de l'amplification de la vulnérabilité dans notre zone d'étude.

III.2.2.6. Activités économiques

Comme nous l'avons évoqué ci-haut, la zone Gatumba héberge une main d'œuvre agro-pastorale importante. De surcroit, les sols de la région de l'Imbo en général et ceux de la zone Gatumba en particulier sont fertiles (MEEATU, 2013). Cette fertilité attire la population à l'exploitation abondante de ces terres pour s'auto-développer. Dans certains endroits, cette exploitation se fait au-delà même des zones autorisées. On trouve des cultures vivrières sur les rives de la Rusizi (Photo 3.14.1).

Ces activités agricoles qui s'effectuent sur la rivière Rusizi influent sur son comportement, et surtout sur son système d'écoulement. En cultivant sur les bords de la Rusizi, il y a de la terre qui s'y déverse et cela contribue à l'obstruction du lit, ce qui bloque le transport des matériaux. En cas d'obstruction du lit, l'eau se crée un autre passage. C'est pourquoi la Rusizi se penche sur les berges ; avec de multiples méandres, provoquant ainsi le surcreusement vertical. Ce dernier donne lieu à un phénomène des écroulements des rives, d'où la menace d'écroulement de la route construite sur la digue de la Rusizi (Photo 3.14.2).



Photo 3.14 : Cultures sur les berges de la Rusizi et route sur la digue en cours d'écroulement

Source : Clichés de l'auteur, le 17 Juin 2021

III.3. Prévention des risques et gestion des catastrophes à Gatumba

Les inondations frappent annuellement les habitants de Gatumba. Elles constituent un danger imminent à leur vie. L'Etat, les victimes et les 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 inadéquat, maladies infectieuses, absence de latrines, etc.). D'autres sont retouchées par les inondations dans leurs sites de déplacement.

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

Au vu du 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 à l'abri des personnes déplacées.

Toutefois, des actions de protection de l'environnement et adaptation aux changements climatiques sont prévues 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.

III.3.2. Mesures de prévention

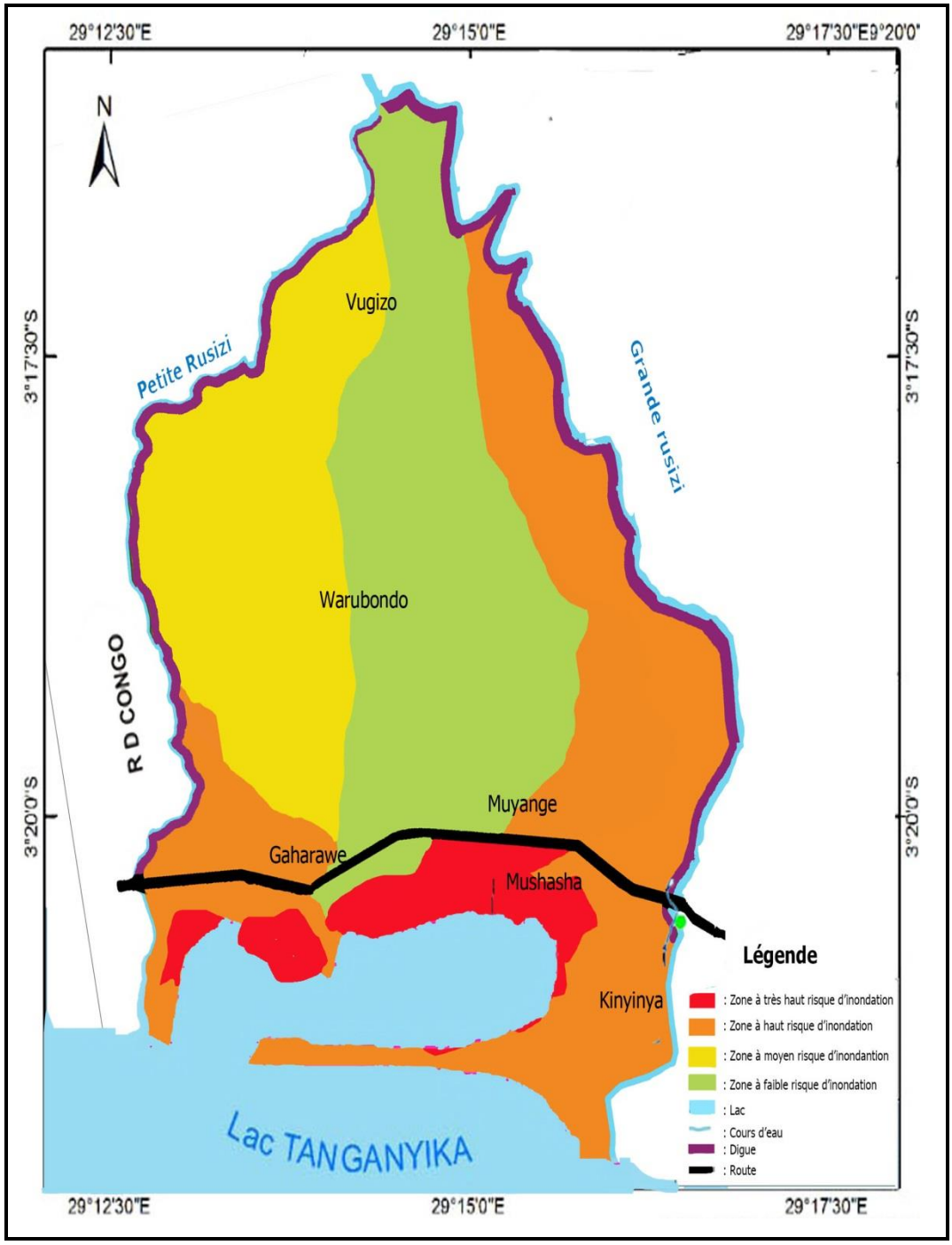


Figure 3.8 : Carte de la vulnérabilité de la zone Gatumba (2021)

Source : Auteur sur base de la Figure 1.1 et les observations de terrain

La carte de la vulnérabilité de la zone Gatumba en 2021 (Figure 3.8), montre à quel degré cette zone est vulnérable à l'aléa d'inondation. Les actions et les aménagements de préventifs devraient prendre en compte les localités les moins exposées par rapport aux autres.

III.3.2.1. Actions prioritaires

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

- déterminer les zones à haut risques d'inondation ;
- cartographier les zones 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 de 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 constructions et d'activités à mettre en place ;
- mettre en place un cadre légal régissant la zone Gatumba qui règlementerait 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 prévues 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 négatifs, le respect des textes de loi en rapport avec l'eau et l'environnement ainsi que sur le système de collecte des eaux usées et pluviales ;
- renforcer les capacités de la population sur la culture du risque ;
- élaborer un cadre légal et/ou réformer les cadres institutionnels, juridiques et politiques pour la prévention des risques de catastrophes ;
- procéder à la mitigation par la formation des divers intervenants (architectes, ingénieurs civils, environnementalistes, aménageurs, économistes, etc.) en matière de conception et de prise en compte des phénomènes naturels (climatiques et géologiques), ainsi que la définition de règles de construction, etc.

III.3.2.2. 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 ;
- la construction d'un barrage ecreteur à canaux de déviation dont le rôle serait de stocker temporairement le volume des eaux de crues ;
- la revue de l'assainissement ;
- l'aménagement d'un site de dépôt et d'exploitation des ordures ;
- un plaidoyer pour l'entretien de la Rusizi et surtout le curage industriel ;

III.3.2.3. Délocalisation de la population

Il s'avère que les inondations sont devenues un phénomène fréquent à Gatumba. Les actions de prévention de ce risque, et surtout sur la Rusizi qui en est facteur, ne sont pas encore exécutées. Cela nous permet de conclure que cette menace catastrophique est loin d'être freinée.

Dans le cadre de notre travail, en guise d'éviter des scènes tragiques provoquées par ces inondations, la délocalisation de 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 volets économique et social durables et plus compensatoires.

III.3.3. Mesures de gestion

La gestion des catastrophes c'est plus que le simple fait d'intervenir et soulager. C'est un processus systématique fondé sur les principes essentiels de gestion, de la planification et d'organisation, qui couvre également la coordination et le contrôle. Elle vise à réduire l'effet négatif ou les conséquences d'évènements indésirables. On ne peut toujours rien face aux catastrophes, mais on peut minimiser les effets défavorables (VUSSC, Version 1.0).

Pour bien gérer la catastrophe d'inondation dans notre zone d'étude, les quatre actions préconisées dans le plan de contingence de la commune Mutimbuzi s'avèrent nécessaires. Néanmoins, ces dernières méritent d'être complétées. Selon le risque d'inondation de Gatumba et sa recrudescence, un plan d'action de gestion doit tenir compte le plan ci-après (Figure 3.9).



Figure 3.9 : Quatre phases de la gestion des catastrophes

Source : OMS, Situation d'urgence et de catastrophes, Manille, BRPO, 2014

- **la prévention** : la prévention consiste à éviter complètement que les inondations de Gatumba ne se produisent pas en mettant en place des ouvrages de protection à des endroits à degré d'exposition élevé ;
- **la préparation** : la préparation englobe les connaissances et les capacités nécessaires pour anticiper, réagir et se relever efficacement. Elle implique la surveillance, la formation des intervenants et des habitants pour augmenter la culture du risque, la mise en place du système d'alerte précoce, du kit d'intervention, etc. ;

- **l'intervention/riposte** : afin de réduire les effets d'inondation, il faut avoir un service d'intervention rapide sous alerte maximale capable d'assurer la sécurité publique et réduire les effets sanitaires (désinfestation des lieux affectés, hygiène, etc.), alimentation, secours des blessés, assistance en vivres et non vivres, création d'un site des déplacés, abris des déplacés ;
- **le relèvement** : le relèvement impliquerait la restauration et l'amélioration, le cas échéant, des installations, des moyens de subsistance et des conditions de vie des communautés touchées par des catastrophes, y compris les efforts visant à réduire les facteurs de risque telle que la remise en état des infrastructures socio-économiques.

CONCLUSION GENERALE

A Gatumba, les inondations constituent un phénomène fréquent. Leur survenue cause de pertes énormes. Ces dernières se manifestent par la destruction des maisons d'habitation, des ouvrages et infrastructures publics et/ou privés et des champs de cultures ; par la pollution de l'eau et de l'air et par l'intensification des maladies des mains sales. Ces pertes sont accompagnées par des mouvements des personnes dont les maisons sont détruites vers les sites des déplacés où elles vivent dans des conditions très déplorables. Des enfants abandonnent les études, la production agricole diminue et l'Etat et ses partenaires humanitaires engagent beaucoup de dépenses en sauvant cette population.

Dans notre étude, il a été démontré que les inondations de la zone Gatumba découlent de plusieurs facteurs. D'abord, de 2016 à 2021, des fortes pluies se sont abattues sur le bassin de la Rusizi, mais aussi sur celui du lac Tanganyika qui couvre le Burundi, la Tanzanie, la RDC et la Zambie. Cela a fait augmenter la fluctuation du niveau du lac Tanganyika au-dessus de seuil normal. C'est ce qui a provoqué un phénomène de diffluence ayant donné lieu au débordement de la grande Rusizi.

Ensuite, compte tenu de la topographie du milieu (pente faible), de la nature des sols (sols imperméables) et du problème d'aménagement, les eaux pluviales qui échappent au ruissellement ne parviennent pas à être canalisées. Elles stagnent partout, constituant ainsi des crues.

Enfin, les activités anthropiques tel que la pression démographique, l'aménagement du territoire mal adapté, la faiblesse institutionnelle et légale, le manque de la culture du risque, la pauvreté et les activités économiques, exposent de façon récurrente la zone Gatumba au risque d'inondation, avec d'énormes dégâts socio-économiques, environnementaux et sanitaires.

Notre hypothèse selon laquelle, les facteurs naturels associés aux activités anthropiques sont fonction des inondations récurrentes de la zone Gatumba avec d'énormes dégâts a été vérifiée.

Néanmoins, il se peut que les facteurs d'inondation donnés ne soient pas exhaustifs. Nous souhaiterions inviter les autres chercheurs à faire des études sur cette zone, pour éclairer les décideurs politiques à la prise des décisions car, la part des scientifiques reste nécessaire dans la construction durable du pays.

BIBLIOGRAPHIE

I. Ouvrages généraux

1. Adger, W.N., 2006. *Vulnerability. Global Environmental Change*, vol.16, p. 268 – 281.
2. Bansal, P., Corley K., 2011. *The Coming of Age for Qualitative Research: Embracing the Diversity of Qualitative Methods*. Academy of Management Journal, 54(2) : p233-237.
3. Bidou, J.E & al., 1991. *Géographie du Burundi*, Hatier, Paris , 288 p
4. Boubchir M. A., 2007. *Risques d'inondation et occupation des sols dans le Thore (région de Labruguiere et de Mazamet)*.
5. Cazenave-P F., 1981. *L'originalité des milieux naturels dans le grand Rifty occidental Africain exemple de l'Imbo au Burundi : recherche sur les hautes terres de l'Afrique centrale*, 306 p.
6. Cherizard P., Paul J. C., Fouche & Thierry, 2005. *Une proposition de méthodologie pour l'évaluation de la vulnérabilité du littoral Une application sur la frange côtière Mariani-Gressier. Quisqueya*.
7. Chretien J-P.,1987. *Questions sur la paysannerie au Burundi*, Université du Burundi, Centre de Recherches Africaines de Paris I.
8. Cutter, S., 1996. *Societal Vulnerability to Environmental Hazards***.** Social Science, Quarterly 84(2), 242–61 p.
9. Gbeassor M., Oladokoun, Kpatcha E., 2006. *Etude sur la vulnérabilité du Togo aux situations d'urgence***.** Togo, 47 p.
10. Hangnon Hugues Y., 2009. *Risques naturels en milieu urbain: cas des inondations dans l'arrondissement de Nongr-Maasom (commune de Ouagadougou)*. Ouagadougou.
11. Kane N.K., 2007. *Analyse de la gestion des inondations dans la région de Dakar* [Rapport]. Dakar.
12. Malteser International. *Catastrophes naturelles : prévenir les catastrophes et fournir une aide d'urgence***.** Canada 2016.
13. Marant L., 2009. *Comparaison entre la modélisation de rivière unidimensionnelle (1D) et bidimensionnelle (2D) en vue d'une modélisation de la Basse Vallée de la Doller***.** Strasbourg.
14. Ndayirukiye S., 2002. *Bujumbura Centenaire (1897-1997***)**, Harmattan, 375 p.

15. Pierre M., 2007. *Ces risques que l'on dit Naturels***,** Eyrolles, 505 p.
16. Pierre Merlin, « Aménagement du territoire », dans Pierre Merlin et Françoise Choay (dir.), *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement***,** Paris, PUF, 2000,3ème éd., 902 p. (ISBN2-13-050587-2)
17. Valiron F., 1989. *Gestion des eaux-Alimentation en eau, assainissement*. Presse de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris. 505 p.
18. Veyret Y., 2004. *Géographie des risques Naturels en France, de l'Aléa à la gestion*, Hatier, Paris, 251p.
19. Viger R., 2004. *Prévoir et Faire face, Guide des risques Naturels, technologiques et Terroristes, Edi sud, la calade*, 179 p.
20. Vilagines R., 2003. *Eau, Environnement et Santé publique*, Lavoisier, 198 p.

II. Thèses

1. Manirakiza R., 2008. *Population et Développement au Burundi*, p 266.
2. Muhigirwa G., 2011. *L'approche de prévention et de gestion des risques naturels au burundi et le droit international de l'environnement*. Institut des Nations Unies pour la formation et la recherche, gestion de l'environnement, 220 p.
3. Ndayirukiye S., 1986. *La plaine occidentale du Burundi : Etude régionale*. Nice, université de Nice, U.E.R., lettres et sciences humaines, thèse de doctorat, 721 p.
4. 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 Liege, Faculté des sciences, thèse de doctorat, 245 p.
5. Nsabimana S.,1974. *Climats et sols au Burundi:Toposéquence Bugarama-Muzinda***.** Paris, Université de Paris III, U.E.R.de géographie et sciences de la Terre, Thèse de doctorat, 212 p.
6. 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.R.D.I). Université de Toulouse II - Le Mirail, Etudes Rurales », thèse de doctorat, 359 p.
7. Sindayihebura B., 2005. *De l'Imbo au Mirwa ; Dynamique de l'occupation du sol, croissance urbaines et risques naturels dans la région de Bujumbura***.** Toulouse le Mirail, U.F.R. sciences, espaces et sociétés, 336 p.

III. Mémoires

1. Djebali K., 2015. *Contribution à l'étude de l'aléa « inondations »:Genèse et prédiction : Cas de la valléed'El-Abadia, (w.Ain Defla)***,** École Nationale Supérieure d'Hydraulique, mémoire, département d'aménagement et génie hydraulique, 88 p.
2. 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***,** Bujumbura, UB, mémoire, Flsh, 86 p.
3. Kouakou Kouassi S., 2005. *Cartographie du risque d'inondation sur le bassin versant du Gourou (District d'Abidjan)***,** Université de Bangui, mémoire, Sciences et gestion de l'environnement, 58 p.

IV. Rapports, publications et études

1. Bulletin de l'IGEBU, Service d'Agro-Climatologie, 2008.
2. CORDIS FOCUS, 2003. *La lutte contre l'érosion des sols dans les régions de grandes cultures, une solution nouvelle pour prévenir l'érosion des sols***,** *extrait n°233.*
3. *GIEC, 2007. Bilan des changements climatiques.* Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième. Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de~)]. GIEC, Genève, Suisse, …, 103 p.
4. Klemes ,1975. *Applications de l'hydrologie à la gestion des ressources en eau* (au niveau de la planification et de la conception), OMM N° 356, Genève, 121 p.
5. Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA) : *Désastres naturels***,** Flash Update Gatumba N°9, le 18 Mai 2021.
6. Organisation Internationale des Migrations (OIM), Rapport de Mai 2020.
7. Organisation Mondiale de la Santé, *Lignes directrices relatives à l'assainissement et à la sant*é**,** 2014**.**
8. OMS, *Situation d'urgence et de catastrophes*, Manille, BRPO, 2014, WPR/RC65/9
9. Plan décennal de développement économique et social, 1951.
10. Programme Régional de Développement Intégré de la plaine de la Rusizi, *Schéma Directeur d'Aménagement de la plaine de la Rusizi*, édition 2019.
11. Recensement général de la population et de l'habitat de 2008.
12. République du Burundi, Programme des Nations Unies pour le Développement, Projet

d'appui pour le renforcement des capacités de la plateforme nationale. *Système d'information et de communication pour la prévention des risques et la gestion de catastrophes du Burundi*. Bujumbura, Burundi, 2009, 67 p.

13. République du Burundi. Programme des Nations Unies pour le Développement. *Projet d'appui au Renforcement des capacités pour la prévention et la gestion des risques naturelles et catastrophes au Burundi*. Randrianasolo R. Hasimahery et Jerome Karimumuryango, consultants (Juillet 2011). Synthèse du rapport d'évaluation finale du projet. 27p.
14. République du Burundi. Ministère de l'eau, de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme. *Plan régional de mise en œuvre de la Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Biodiversité dans la plaine de l'Imbo***,** Bujumbura, Novembre 2013.
15. République du Burundi. Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme, 2013 - *Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Biodiversité 2013-2020***.**
16. République du Burundi. Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'environnement et du Tourisme. Anaclet Nzirikwa, Consultant (Bujumbura, juillet 2005). *Suivi du processus de l'application des législations forestières et la gouvernance en Afrique:Cas du Burundi***,** 17 p.
17. République du Burundi. Programme des Nations Unies pour le Développement/ Projet d'appui pour le renforcement des capacités de la plateforme nationale. *Plan d'action national de prévention des risques et gestion des catastrophes* (PANPRGC), 2009, 44 p.
18. Sabushimike J.M et Lucile R.,2009. *Stratégie nationale de prévention et de gestion des risques et des catastrophes*. République du Burundi/Programme des Nations Unies pour le Développement, Bujumbura, Burundi, 89 p.
19. Salomon J.N., 1997, *L'homme face aux crues et aux inondations*, Presses Universitaires de Bordeaux, Université Michel de Montaigne - Bordeaux.
20. Sindayizeruka O., 2000. *Etude spéciale de socio-économie : Etude socio-économique du village de Gatumba,* Rapport N°1, 33 p.

VI. Webographies

1. Https ://geoconfluences.ens-lyon.fr>risque,risques (page consultée le 10 Juin 2021 à7h GMT)
2. Https://www.ramsar.org/doc/ris/key_ris_f.doc (Fiche descriptive sur les zones humides-

RAMSAR (FDR)- version 2009-2014), page consultée le 11 Avril 2021 à13h GMT

3. https://iwacu.global.ssl.fastly.net/interview-exclusive-avec-jean-marie-sabushimike-ce-qui-nous-arrive-aujourd'hui-était prévisible/, page consultée le 19 Mai 2020 à 19h GMT
4. https://www.un-spider.org/fr/risques-et-catastrophes, page consultée le 21 Mars 2021 à 14h GMT)
5. https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/climat.php4# , page consultée le 12 Février 2022 à12h GMT
6. https://www.larouse.fr>divers.relief, page consultée le 11 Décembre 2021 à 14h GMT
7. https : //echo2.epfl.ch, le bassin versant et son complexe, page consultée le 10/02/2022 à 8h GMT

VII. Textes juridiques

8. Loi n° 1/010 du 30 Juin 2000 portant code de l'environnement au Burundi
9. Loi n° 1/13 du 09 Août 2011 portant révision du code de foncier du Burundi
10. Loi n° 1/02 du 26 Mars 2012 portant code de l'eau au Burundi
11. Loi n° 1/11 du 30 Mai 2018 portant code d'hygiène et assainissement au Burundi
12. Loi n° 1/09 du 12 Août 2018 portant code de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction au Burundi

VIII. Notes des cours

1. Sabushimike J.M., 2021. *Cours de Prévention des risques et gestion des catastrophes***,** Master II, UB, FLSH, SPTD.
2. Sindayihebura B., 2021.*Cours de Principes et techniques d'aménagement,* Master II, UB, FLSH, SPTD.

ANNEXES

Annexe 1. Effets négatifs potentiels des changements climatiques au Burundi

Quelques scénarios	Effets potentiels des changements climatiques
En cas de déficit pluviométrique	- Sécheresses ou les pluies tardives, - la famine, - le déficit en eau pour les différents usages, la chute de la production animale et agricole, - la perte des vies humaines et de la biodiversité, - la dégradation du couvert végétal, - les feux de brousse, - les migrations de la population et du bétail, - le tarissement ou la baisse des niveaux des lacs de retenue et des cours d'eau - la réduction de l'énergie hydroélectrique,
En cas d'excès pluviométrique	- l'érosion pluviale et les pertes des récoltes, - les pertes en vies humaines, animales et d'habitats pour les espèces, - la destruction des infrastructures et les glissements de terrain, - l'apparition des maladies parasitaires, des maladies à transmission intestinale et des maladies de carence nutritionnelle, - l'ensablement / envasement des cours d'eau et des lacs et les inondations des basses terres et des marais, - la détérioration de la qualité d'eau.
En cas de hautes températures	- le stress thermique, - recrudescence de maladies respiratoires et de maladies dues aux vecteurs, - la consommation élevée de l'eau, - l'accroissement de l'évapotranspiration, de l'évaporation et l'accélération des feux de brousses.
En cas d'éclairs, tonnerres et chute de grêle	- mort de bétail et d'hommes, - incendie des forêts et boisements, insuffisance alimentaire, - défloraison des cultures, - baisse de rendements agricoles.

Annexe 2. Précipitations mensuelles à la station météorologique de Bujumbura -Aéroport (en mm) de 1960-2020

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Octobre	Novembre	Décembre	Total
1960	57,9	86,4	75,4	168,3	12,9	1,1	1,2	8,9	22,9	35,1	45,3	99,5	614,9
1961	63,6	230,1	85,3	67,3	34,5	0	1,8	0	55,5	114,1	187,9	453,2	1293,3
1962	178,2	47,4	142,4	103,4	189,5	25,2	0,8	45,2	31,8	56,5	58,6	97,5	976,5
1963	77,6	122,5	139	77,3	117,1	8,4	0,3	1,7	19	29,2	154,8	204	950,9
1964	134,1	123,6	89,6	153	54,8	6,6	2,9	0	36,7	81,1	58,2	55	795,6
1965	46,1	86,7	152	134,1	28	4,3	0	9,6	53,5	77	151,1	92,2	834,6
1966	49,3	168,1	158	71,8	64,8	0	0	11,7	69,8	106,8	146,3	77,8	924,4
1967	36,6	85,4	73,3	68,6	132,3	9,3	0,4	0	47,3	72,6	196		721,8
1968	109,9	130,2	134,7	169,6	67,9	0,9	0,8	0	30,3	82,6	145,1	98,3	970,3
1969	181,7	50,2	130,9	78,2	88,5	0	0	1,6	13,7	94,5	76,3	60,6	776,2
1970	196,4	159,7	127,2	163,4	33,3	5,9	0	13,9	23,5	60,2	79,7	92,3	955,5
1971	249	46,4	107,8	160,9	77	3,7	9,7	5,7	41	91,3	80,4	57,7	930,6
1972	129,4	190,7	110,1	71,2	53,1	45,2	0	27,2	28,6	79,7	119	91,2	945,4
1973	137,7	83,8	61,6	112,8	131,7	23,2	0	0,2	64,3	50,3	58,2	32,2	756
1974	108,5	82,5	110,8	140,4	50,8	10,6	33	30,3	23,2	20	130,2	58,3	798,6
1975	122,2	74,5	132,1	61,2	10,5	10,1	15,9	0	52,8	43,6	40,5	100,7	664,1
1976	85,9	80,9	63,9	79,3	88,3	5	1,1	20,8	56,1	60,7	51,7	110,9	704,6
1977	103,3	83,3	79,5	174,9	32,3	1	0	44,8	45,6	14,3	142,6	93,7	815,3
1978	78,2	70,5	213,9	146,5	22,4	10	0	26,8	17,3	27,9	62,2	99,9	775,6
1979	76,9	142,7	109,4	212,4	97,8	8,6	0,4	3,1	3,1	49,4	201,1	47,5	952,4
1980	113,5	25,2	70,2	84,6	105	2,2	0	0	60,2	54,1	115,7	231,5	862,2
1981	73,5	95,1	92,9	64,1	48,9	0	0,3	62	35,1	50,1	62,1	117,4	701,5
1982	40	67,7	76,7	148,1	75,2	9,1	0	1,4	18,1	74,3	117,9	162,9	791,4

1983	78,4	72,5	147	157	16,8	2,1	0	19,1	53,3	78,1	53,4	71,1	748,80
1984	157,8	78,8	108,5	104,2	37,1	0	6,5	1,3	9	58,5	109	165,3	836,00
1985	74,1	119,7	163	104,7	45,9	3,9	0	0	41,4	9,8	136,5	70,5	769,50
1986	119,8	90,9	139,3	231,3	27,4	35	0	0,4	38,4	92,3	112,8	119,6	1007,20
1987	96,5	84,6	81,4	110,3	100,5	0,3	0,2	0	106,1	34,6	123,4	22,5	760,40
1988	134,2	44,8	89,1	122,6	8,1	0	0,1	67,4	31,1	96,2	139,9	148,7	882,20
1989	147,8	151,5	162,3	130,3	147,2	10,8	6,7	13,6	23,3	96,9	48,9	169,5	1108,80
1990	68,60	167,00	74,70	119,20	70,90	0,00	0,00	0,40	48,10	92,00	56,90	42,50	740,30
1991	45,60	128,00	131,70	93,90	71,60	5,50	8,00	3,60	13,50	110,70	79,80	111,00	802,90
1992	64,80	85,90	96,50	52,40	108,80	7,70	0,00	0,00	15,70	33,00	84,80	68,20	617,80
1993	83,20	134,30	116,10	64,50	59,00	0,50	0,00	0,00	1,20	28,70	71,10	56,70	615,30
1994	156,80	11,50	59,20	109,10	35,80	0,60	0,00	10,00	5,70	64,60	100,40	104,40	658,10
1995	29,40	139,90	20,20	104,80	51,40	9,70	0,00	0,00	6,80	66,50	55,40	0,00	484,10
1996	116,50	42,80	178,50	81,30	7,60	20,40	0,00	1,20	39,10	105,00	51,60	77,00	721,00
1997	19,40	18,60	0,00	90,50	31,60	0,00	0,00	0,00	9,40	91,80	10,80	60,00	332,10
1998	105,70	114,90	217,40	78,80	93,60	19,90	3,80	2,00	27,30	41,10	31,20	57,80	793,50
1999	65,80	13,90	147,10	92,50	25,30	0,30	4,50	30,30	60,10	48,20	128,30	159,60	775,90
2000	103,10	37,00	149,40	42,10	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	40,20	203,80	150,70	728,80
2001	113,10	77,21	99,90	97,90	9,30	49,80	7,60	0,00	62,30	67,60	82,90	74,60	742,21
2002	135,40	122,10	124,40	79,50	34,00	0,00	0,00	0,00	4,80	74,90	57,10	133,30	765,50
2003	46,50	60,90	100,80	68,10	25,00	1,90	0,50	2,50	54,60	78,35	68,00	38,30	545,45
2004	103,20	23,10	162,80	93,70	0,70	0,00	1,50	1,70	73,60	37,10	45,44	214,70	757,54
2005	195,20	61,00	145,90	70,20	130,60	1,10	0,00	4,80	4,20	33,50	116,10	55,00	817,60
2006	87,00	121,00	111,10	111,20	88,90	2,50	0,90	38,10	32,30	63,00	157,10	116,00	929,10
2007	142,70	81,70	86,50	149,90	22,20	10,70	52,30	6,90	29,90	112,80	63,40	94,60	853,60
2008	99,00	166,70	71,40	69,20	23,20	89,20	15,10	3,60	31,90	69,70	65,10	37,00	741,10
2009	125,50	148,80	184,80	133,30	86,80	1,60	0,00	3,50	5,00	67,60	249,00	225,80	1231,70

2010	210,40	124,00	155,80	63,70	33,80	4,40	3,70	0,00	41,20	50,90	90,80	79,00	857,70
2011	75,60	88,40	173,30	116,90	64,30	33,30	23,60	4,60	86,10	67,50	108,90	194,80	1037,30
2012	68,40	96,20	43,60	104,10	54,40	46,80	0,00	29,50	33,62	172,70	56,70	246,00	952,02
2013	91,60	66,00	85,90	113,40	37,80	0,00	0,00	13,50	79,40	12,40	59,50	123,20	682,70
2014	113,10	160,40	80,60	55,60	5,70	18,50	0,00	22,50		76,40	45,20	196,30	774,30
2015	76,20	136,40	54,70	100,40	43,00	2,90	0,00	6,40	23,10	118,90	97,50	118,60	778,10
2016	113,70	110,50	31,40	78,80	27,50	0,00	0,00	0,00	22,40	4,60	53,60	22,90	465,40
2017	37,70	123,10	119,90	53,95	34,30	0,00	0,00	21,00	25,40	28,10	126,90	50,40	620,75
2018	85,70	120,60	126,70	239,00	91,20	3,00	21,60	16,80	4,30	42,10	112,40	100,00	963,40
2019	91,00	108,30	100,20	108,30	38,50	9,90	5,10	6,20	54,80	133,54	124,20	177,90	957,94
2020	119,70	103,20	96,32	132,30	13,30	14,00	0,00	22,10	39,90	21,70	155,50	192,30	910,32

Annexe 3. Précipitations mensuelles de 1989 à 2020 (Station Rwegura)

Année	**Janvier**	**Février**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juillet**	**Août**	**Septembre**	**Octobre**	**Novembre**	**Décembre**	**TOTAL**	**Moyenne**
1989	220,40	169,90	281,40	204,60	143,00	44,90	47,00	33,20	78,60	205,00	91,90	194,90	1714,80	142,90
1990	62,60	233,30	213,70	269,70	75,50	2,60	0,00	28,90	174,80	161,70	200,90	221,30	1645,00	137,08
1991	178,30	173,70	169,30	345,50	266,50	38,80	1,10	4,40	75,30	226,00	113,30	151,60	1743,80	145,32
1992	144,80	179,60	234,20	236,10	154,20	30,40	0,00	0,00	66,40	245,80	207,70	191,50	1690,70	140,89
1993	152,50	226,00	208,30	146,00	164,40	13,30	0,00	42,10	8,30	28,60			989,50	98,95
1994	54,50	156,30	259,20	185,50	126,30				48,00	177,90	284,40	212,80	1504,90	167,21
1995	169,50	105,60	206,50	196,40	199,30	63,90	0,00	0,00	88,80	292,50	172,60	99,90	1595,00	132,92
1996	110,20	210,00	315,20	189,80	35,20	8,00	2,20	17,60	140,30	126,90	174,50	180,10	1510,00	125,83
1997	162,90	128,50	119,40	366,00	213,70	10,70	2,40	37,60	21,80	243,20	187,40	357,90	1851,50	154,29
1998	219,40	252,90	275,70	244,60	148,30	18,90	16,00	0,00	124,40	136,10	111,10	123,10	1670,50	139,21
1999	197,20	139,30	289,40	200,20	53,40	9,30	0,30	163,00	95,10	64,80	319,60	204,90	1736,50	144,71
2000	143,50	156,50	208,30	124,60	90,20	0,60	0,20	6,40	41,20	181,50	301,50	316,70	1571,20	130,93
2001	218,80	125,40	190,80	156,50	168,20	33,10	0,00	0,00	263,80	189,50	291,00	379,10	2016,20	168,02

2002	306,80	128,80	156,20	248,10	97,20	0,00	0,00	0,00	59,60	105,70	175,40	176,50	1454,30	121,19
2003	157,60	129,50	160,50	228,70	145,30	4,30	0,20						826,10	108,32
2004			218,00	296,00	0,40	0,00	19,40	18,40	199,60	101,80	159,50	270,40	1283,50	128,35
2005	255,80	42,30	226,40	129,40	135,60	9,10					121,10	60,20	979,90	122,49
2006	55,30	154,80	137,00	147,60	203,80	13,60	8,10	7,90	35,20	80,10	259,90		1103,30	102,33
2007	304,10	240,70	139,10	228,90	49,00	0,00	9,40	38,90	143,70	161,20	119,20	168,40	1602,60	133,55
2008				156,10	72,70	89,80	21,40		152,40	171,30	75,70	125,10	864,50	108,06
2009	247,60	205,80	176,40	181,60	248,20	12,60	0,50	48,80	50,40	103,60	239,40	127,10	1642,00	136,83

2010	265,70	235,60	206,60	220.7	81,40	142,60	0,00	0,00	120,70	111,60	234,80	130,90	1529,90	139,08
2011	114,80	144,80	270,90	197,90	141,30	28,30	20,60	25,90	115,70	1123,00	207,00	246,40	2636,60	219,72
2012	40,00	123,70	62,90	262,00	225,40	10,60	19,00	87,70	103,70	205,40	203,40	242,80	1586,60	132,22
2013	215,20	101,00	312,40	286,80	128,40	0,00	0,30	57,90	172,50	119,60	117,10	295,30	1806,50	150,54
2014	193,90	265,90	221,60	168,40	19,50	19,50	15,60	48,50	111,00	270,00	189,30	246,70	1769,90	147,49
2015	122,70	101,70	205,60	270,00	174,70	32,60	0,00	0,00	103,80	165,40	303,90	147,50	1627,90	135,66
2016	301,50	198,50	215,80	219,00	51,80	0,00	0,00	6,00	.	119,90	238,80	59,60	1410,90	128,26
2017	126,80	144,60	235,00	104,20	123,30	0,00	0,00	51,50	230,50	146,40	204,10	89,90	1456,30	121,36
2018	223,90	118,10	223,90	419,10	186,40	25,50	15,00	84,00	49,30	207,30	175,10	217,70	1945,30	162,11
2019	260,50	102,90	210,20	275,00	111,00	49,50	0,00	66,90	72,10	317,20	254,30	338,40	2058,00	171,50
2020	336,8	200,6	325,6	409,3	126,7	0,0	0,0	45,5	65,9	311,2	300,4	206,7	2328,70	194,06

Annexe 4. Précipitations mensuelles de 1989 à 2020 (Station Mparambo)

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Moyenne
1989	139,70	125,00	140,80	148,00	199,90	7,20	17,80	8,60	14,70	80,30	133,30	75,70	90,92
1990	182,70	79,10	194,00	109,40	39,50	0,50	0,00	25,50	63,60	77,90	66,70	209,20	87,34
1991	60,60	88,10	135,10	166,40	147,40	36,40	8,40	4,60	25,20	182,10	61,70	61,70	81,47
1992	45,90	64,40	98,70	129,40	97,10	11,10	0,00	0,00	23,10	113,70	78,30	67,70	60,78
1993	64,40	190,60	161,20	100,40	73,60	3,90	0,00	44,00	13,60	12,20	32,70	35,10	60,98
1994	145,20	87,50	112,70	69,90	55,60	0,50	0,00	13,20	37,10	55,70	-	-	57,74
1995	102,70	140,90	171,70	133,10	107,30	27,20	0,00	0,00	73,20	135,70	68,90	277,70	103,20
1996	181,30	136,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	159,10
2009	.	88,40	118,30	225,80	84,30	1,00	0,00	0,80	49,90	174,70	237,60	153,60	103,13
2010	114,50	159,40	112,70	228,70	92,00	22,40	4,00	0,00	89,90	53,60	100,40	177,50	96,26
2011	77,10	89,50	108,10	122,20	67,70	54,30	2,10	23,70	58,50	82,00	130,30	207,40	85,24
2012	49,90	80,60	55,70	112,60	81,50	15,10	0,00	19,80	51,90	154,20	72,70	135,53	69,13
2013	84,60	51,00	250,50	112,00	45,60	0,00	1,40	38,30	556,60	32,00	127,10	265,20	130,36
2014	114,30	107,80	55,60	70,90	28,20	24,80	1,00	8,80	103,80	128,20	38,50	174,70	71,38
2015	116,70	33,10	135,80	129,60	23,92	51,30	0,00	2,10	67,50	97,30	130,20	115,60	75,26
2016	144,50	78,30	60,70	131,61	164,00	36,90	0,00	5,40	24,90	55,14	75,40	45,10	68,50
2017	55,00	107,10	105,30	61,30	66,90	0,00	1,40	43,30	37,40	65,70	131,00	95,10	64,13
2018	146,30	96,30	162,60	243,00	103,60	1,10	22,40	88,60	20,40	19,30	54,50	108,00	88,84
2019	70,70	45,50	99,90	77,60	79,90	29,40	16,00	1,40	25,80	159,70	100,50	177,80	73,68
2020	149,3	269,9	200,5	144,5	230,5	34,8	0,0	12,9	26,2	74,7	.	.	114,33

Annexe 5. Précipitations mensuelles de 1989 à 1999 et de 2009 à 2019 (Station Imbo SEMS)

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Moyenne	Total
1989	179,20	120,60	94,80	179,80	86,90	39,30	15,60	1,70	41,80	45,20	91,70	153,20	87,48	1049,80
1990	45,70	49,90	165,60	123,60	59,70	0,00	0,00	5,10	32,50	57,60	56,50	68,00	55,35	664,20
1991	72,30	123,00	188,40	95,90	64,30	25,80	0,10	2,30	32,40	93,40	112,10	172,30	81,86	982,30
1992	90,90	131,30	113,80	74,10	50,10	3,20	0,00	0,00	17,80	38,70	122,90	54,00	58,07	696,80
1993	110,00	63,10	125,00	77,90	76,90	0,70	0,00	1,60	0,00	27,80	51,10	38,30	47,70	572,40
1994	133,10	45,60	107,70	94,30	42,40	0,80	0,00	7,30	3,80	90,60	180,00	83,90	65,79	789,50
1995	117,20	170,30	84,00	152,60	24,80	-	-	-	-	-	-	.	109,78	548,90
1997	36,60	39,40	96,30	100,70	69,60	11,60	0,00	17,80	5,50	111,50	64,90	143,00	58,08	696,90
1998	161,90	97,80	252,70	65,20	79,00	1,20	4,00	3,20	27,40	19,40	7,40	36,00	62,93	755,20
1999	70,50	64,40	141,20	61,90	16,90	0,00	0,00		-	-	-	-	50,70	354,90
2009	33,90	101,20	105,00	141,70	97,60	0,00	0,00	15,20	9,80	87,50	78,40	151,00	68,44	821,30
2010	205,80	184,00	184,20	101,50	32,40	5,90	0,00	0,00	71,70	33,10	124,90	70,90	84,53	1014,40
2011	67,00	99,10	198,00	124,90	83,00	31,40	21,70	3,80	57,50	72,50	127,30	260,30	95,54	1146,50
2012	51,10	123,30	63,60	166,20	55,30	71,20	0,00	69,50	91,80	54,00	102,30	233,70	90,17	1082,00
2013	101,70	56,00	115,20	151,80	19,40	0,00	23,30	69,50	91,80	54,00	102,30	238,80	85,32	1023,80
2014	87,80	114,30	101,60	61,50	0,60	7,70	0,00	20,50	53,20	90,20	77,10	165,60	65,01	780,10
2015	110,90	86,00	163,10	51,40	64,40	23,70	0,00	4,00	68,00	78,50	92,70	192,10	77,90	934,80
2016	222,00	168,90	63,50	45,60	25,30	0,00	0,00	3,20	8,10	64,50	60,50	59,00	60,05	720,60
2017	35,90	121,20	143,70	69,90	31,20	0,00	0,20	33,20	32,90	40,30	98,60	93,60	58,39	700,70
2018	74,50	53,60	117,30	343,10	66,10	0,00	16,90	54,50	27,20	57,60	126,90	125,00	88,56	1062,70
2019	101,90	63,90	82,80	126,80	31,00	26,50	0,00	2,20	50,10	145,20	61,00	313,80	83,77	1005,20

Annexe 6. Précipitations mensuelles de 1961 à 2016 (Station de Bugarama)

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Moyenne
1961	105,1	200	195	78,5	45	0	0	0				0	69,29
1962	225,5	129	100,1	245,7	265,9	11,3	0	30,1	39,6	98,1	66,3	106,7	109,86
1963			196,1	174,8	181,6	27,4	9,7	3,2	31,7	16,2	.	.	80,09
1964		67,5	59	179,7	13,6	16,6	0,8	0,3	65,8	137,6	165	131,5	76,13
1969	.	.	.	.	108,8	.	.	.	.	103,4	108,3	142,3	115,70
1970	166,4	101,4	146,9	216,1	42,1	9,5	0,0	9,0	14,8	35,7	54,6	128,8	77,11
1971	171,9	66,0	78,4	248,5	129,8	0,9	15,1	12,8	59,2	60,2	146,5	120,5	92,48
1972	218,1	168,1	162,3	39,1	56,5	35,0	0,0	27,2	34,0	96,6	165,5	105,6	92,33
1973	178,2	66,9	57,0	72,9	127,6	20,9	0,0	0,0	46,5	58,9	168,8	99,2	74,74
1974	106,5	82,6	196,0	142,0	136,2	13,6	8,7	7,4	11,9	28,7	83,9	82,8	75,03
1975	121,3	125,2	134,9	111,5	16,7	30,3	12,8	0,7	61,9	42,9	144,4	182,5	82,09
1976	115,1	70,6	87,5	161,5	33,8	11,6	0,1	29,5	60,3	55,8	79,5	88,2	66,13
1977	106,5	105,4	139,4	121,8	114,6	4,3	0,3	26,0	25,1	27,7	194,8	97,7	80,30
1978	78,8	64,4	226,9	148,1	48,0	12,6	0,0	19,4	50,4	52,3	90,2	95,5	73,88
1979	149,5	194,0	136,9	142,3	124,7	10,6	0,1	9,3	6,7	47,3	165,9	91,2	89,88
1980	121,3	99,6	113,3	129,1	42,0	0,0	0,0	0,0	51,4	79,1	124,4	217,0	81,43
1981	82,3	52,0	177,8	145,2	33,8	0,0	3,9	57,8	44,9	44,1			64,18
1990	106	173,3	139,7	135,7	82,5	0	0	21	163,4	174,2	177,3	73	103,84
1991	53,2	100,7	107	204,2	196,3	126	5,5	10,1	38,6	205,2	127,9	170,7	112,12
1992	181,4	172,9	226,9	242,8	158,7	40,1	1,4	34,6	39,8	206,7	225,7	182,4	142,78
1993	161,1	177,6	287,5	137,9	198,6	13,7	0	5,4	37,4	199,8	147	165,1	127,59
1994			272	261,6	89,2	0	0	8,4	31		410,9	344,5	157,51
1995	332,3	129,7	201,7	197,6	173,1	91,5	0,7	0	25,2	222,1	211,6	97,8	140,28
1996	222	266,8		271,4	27,3	0,2	0,7	.	2,5	80,3	84,5	.	106,19
1997	.	.	160,9	136,9	151,9	5,5	0	12,5	0,6	176,3	312,6	200,8	115,80

1998	231,6	232,1	366,6	299	109,1	0	0	28,7	14	149,3	82,6	123,7	136,39
1999	251,7	56,4	347,3	164,1	19,31	0	0	125,9	123,2	163	217,6	251,6	143,34
2000	158,7	92,6	213,2	92,5	14,3	0	0	0	9,4	173,6	262,5	213,2	102,50
2001	226,3	117,6	320,5	283,6	86,1	17,3	48,3	47,7	155,7		200,7	173,4	152,47
2002	302,5	116,5	232,3	289	90,5	0	0			57,2	220,4	206	151,44
2003	186,4	167,9	260,9	169,6	207,6	1,8	0,6	8,6	59,8	148,9	135,7	170	126,48
2004	133,7	119,8	.	.	.	.	4,8	10,1	196,9	134,4	193,1	310,1	137,86
2005	235		201,5	125,4	183,5	36,9	0	66,2	58,3	82	122,9	107,1	110,80
2006	156,5	166,3	200,5	289,0	0,0	0,0	0,0	27,8	34,2	143,8	364,4	331,6	142,84
2007	232,7	123,0	97,1	202,8	54,9	87,2	25,7	53,9	66,4	232,3	146,3	116,9	119,93
2008	127,8	170,4	163,0	210,7	61,3	67,2	23,6	12,3	98,4	98,7	184,2	268,3	123,83
2009	240,4	180,0	232,2	182,2	119,1	39,6	2,7	6,8	77,1	79,0	371,2	213,2	145,29
2010	207,9	206,8	249,5	185	100,7	6,5	0	0	152,6	80,4	160,2	178,7	127,36
2011	93,4	102,1	224,5	162,7	214,6	59,9	17,6	12,1	91,9	183,8	251,8	235,7	137,51
2012	51	116,5	182,4	305,2	168,9	91,8	2,8	53,4	107,3	190,2	188,2	273,3	144,25
2013	191,1	103,7	181,9	203,9	55,2	0	0	40	159,8	104,4	161,7	206,4	117,34
2014	165,7	215	84	112,8	11,8	108,5	9,2	71,4	205,6	307,4	124,8	197,7	134,49
2015	162,8	122,5	185,9	267,3	178,4	27	0	0	78,2	269,7	233,3	213,2	144,86
2016	350,2	282,8	195,4	237,4	-	-	-	-	-	-	-	-	266,45

Source : IGEBU

Annexe 7. Guide d'entretien

GUIDE D'ENTRETIEN

I. Identification de la personne enquêtée

Nom et prénom :(Facultatif)……...

Sexe :…….

Age :……...…….…….

Colline :……..……..

Commune :……

Province : ……

II. Questions

1. Où habitez-vous actuellement ?
2. Depuis quand vous vivez ici ?
3. Quelle activité exercez-vous ?
4. Quelle est en moyenne la durée de pluie dans votre zone ?
5. Quelle est la période des pluies ?
6. Comment les eaux usées et pluviales sont-elles évacuées ?
7. L'eau rencontre-t-elle d'obstacles dans son écoulement ?
8. Y a-t-il eu des inondations dans cette zone cette année ?
9. Si oui, dans quelle période ?
10. Combien de fois avez-vous assisté aux inondations depuis votre installation dans cette colline ?
11. Combien de fois avez-vous été touchés ?
12. Quels genres de dégâts avez-vous enregistrés ?
13. Selon vous, ces inondations seraient dues à quoi ?
14. Quelle a été votre décision ? Rester sur les lieux ☐ se déplacer ☐
15. Qu'envisagez-vous ?