

2012

Risques d'inondation ; les impacts associés et proposition des mesures de prévention et de protection en milieu urbain de Bujumbura : zone comprise entre Muha et Nyabagere.

Hagabimana, Ernest

UB, FLSH

<https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/1595>

Téléchargé depuis le dépôt institutionnel officiel de l'Université du Burundi



FACULTE DES LETTRES ET SCIENCES HUMAINES
DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE



RISQUES D'INONDATION, LES IMPACTS ASSOCIES ET PROPOSITION DES MESURES DE PREVENTION ET DE PROTECTION EN MILIEU URBAIN DE BUJUMBURA : Zone comprise entre Muha et Nyabagere.

Par

HAGABIMANA Ernest

Sous la Direction de :

Dr. Ir. Bernard SINDAYIHEBURA

Mémoire présenté et défendu
publiquement en vue de l'obtention
du grade de Licencié en Géographie.

Option: Aménagement du Territoire

DEDICACE

A mes chers parents,

A mes frères et sœurs,

A mes oncles et tantes,

A mes cousins et cousines,

A mes neveux et nièces

Je dédie ce mémoire.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous tenons à témoigner notre reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué à son aboutissement.

Nos sentiments de profonde gratitude s'adressent à toutes les personnes qui, du primaire au supérieur, ont participé à notre formation. Nous pensons spécialement à tous les professeurs de la Faculté des Lettres et sciences Humaines en générale et ceux du Département de Géographie en particulier. Nous rendons un hommage particulier à Dr. Ir Bernard SINDAYIHEBURA pour tous les efforts consentis dans la direction de ce travail. Malgré ses multiples occupations, il n'a pas ménagé son temps précieux pour suivre et guider nos premiers pas de chercheur. Sa rigueur scientifique, ses remarques pertinentes nous ont été d'une grande utilité.

A tous ceux qui, pendant la réalisation de ce travail, nous ont soutenus moralement ou matériellement, nous témoignons notre profonde reconnaissance.

SIGLES ET ABREVIATIONS

A.D.G	: Administrateur Directeur Général
B.C.B	: Banque de Crédit de Bujumbura
BICOR	: Burundi Insurance Corporation
BNGRC	: Bureau National de Gestion des Risques et Catastrophes
B O	: Base Opérationnelle
B P	: Bureau Provincial
BRARUDI	: Brasserie et Limonaderie du Burundi
B V	: Bassin Versant
CCGRC	: Comité Communal de Gestion des Risques et Catastrophes
CIGRC	: Commission Interministérielle de Gestion des Risques et Catastrophes
CPGRC	: Comité Provincial de Gestion des Risques et Catastrophes
CPOU	: Cellule Provinciale des Opérations d'Urgence
DPSP	: Direction Provinciale de la Santé Publique
EPISTAT	: Epidémiologie et Statistiques
IGEBU	: Institut Géographique du Burundi
INSS	: Institut Nationale de Sécurité Sociale
G.R.C	: Gestion des Risques et Catastrophes
Géo	: Géographie
M.I.I	: Moustiquaire Imprégné d'Insecticide
ONG	: Organisation Non Gouvernementale
PFNGRC	: Plate Forme Nationale de Gestion des Risques et Catastrophes
PLU	: Plan Locaux d'Urbanisation
Pmm	: Précipitation moyenne
PPR	: Plan de Prévention des Risques
STEMU	: Service Technique Municipaux
SOCABU	: Société d'Assurance du Burundi
T°C	: Température en degré Celsius
U.B	: Université du Burundi
UPRONA	: Unité Pour le Progrès National

LISTE DES FIGURES, PHOTOS ET TABLEAUX

1. Liste des figures

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.....	5
Figure 2 : Carte géologique	9
Figure 3: Température moyenne mensuelle de 1980à2009 (station Aéroport)	10
Figure 4 : Précipitation moyenne mensuelle de 1980 à 2009 (Station Aéroport)	11
Figure 5 : Carte des pentes et des zones dépressionnaires.....	26
Figure 6 : Zone périurbaine fortement dégradée par l'intensification de l'agriculture	35
Figure 7 : Types de routes, caniveaux, collecteurs et buses à réaménager.....	40
Figure 8 : Carte de zones régulièrement inondées.....	53
Figure 9 : Plate forme pour la gestion et prévention des risques.....	57
Figure 10 : Schéma municipal de la gestion et prévention des risques	58
Figure 11 : schéma de la gestion et prévention des risques.....	61
Figure 12: localisations des endroits affectés par les eaux de ruissellement.....	70

2. Liste des photos

Photo1: Effondrement d'une Maison à Kigobe, après l'averse.....	22
Photo 2: Effondrement d'une Maison après la rupture d'un ouvrage	23
Photo 3: Paralysie de la circulation sur l'Avenue Patrice Lumumba près de la poste de Bujumbura	24
Photo 4: Débordement des eaux au Bar la pirogue.....	24
Photo 5: Submersion du bâtiment abritant la SOCABU	28
Photo 6: Hauteur de submersion est d'environ 50cm près de la Poste de Bujumbura	29
Photo 7: Inondation accentuée par les crues de la Ntakangwa et par le ruissellement urbain sur l'Avenue Ntakangwa	30
Photo 8: Inondation amplifiée par la saturation de la Nappe phréatique et par mauvais dimensionnement des exutoires sur l'Avenue Ntakangwa	31
Photo 9: Dégradation de la voie d'accès après l'inondation	33
Photo10: Inaccessibilité dans les habitations au quartier industriel	38
Photo11: Destruction du pont Muha suite à l'action de pluie	42
Photo12: Paralysie de circulation à l'Aéroport International de Bujumbura	43
Photo 13: Menace des habitations riveraines de la Ntakangwa suite à l'affouillement des berges	50

3. Liste des tableaux

Tableau 1 : La répartition des équipements publics	16
Tableau 2 : Evaluation des dégâts en 2006.....	39
Tableau 3 : La morbidité dans les centres de santé des communes « centre » en 2009	46

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
SIGLES ET ABREVIATIONS	iii
LISTE DES FIGURES, PHOTOS ET TABLEAUX	iv
TABLE DES MATIERES	v
INTRODUCTION GENERALE	1
1. Problématique, objectifs et hypothèses de travail.....	1
1.1. Problématique	1
1.2. Objectif de notre travail	2
1.3. Hypothèse de travail	2
2. Articulation du travail.....	3
3. Intérêt du sujet	3
4. Données et Méthodologie	3
5. Localisation de la zone d'étude	4
I^{ère} PARTIE : MILIEU PHYSIQUE, PRINCIPAUX TYPES D'INONDATION, LES FACTEURS D'AMPLIFICATION ET D'AUTRES FACTEURS ASSOCIES	6
CHAPITRE I : MILIEU PHYSIQUE	6
1. Présentation du site urbain de Bujumbura	6
1.1. Site et situation	6
1.2. Analyse topographique	6
1.3. Nature du Sol	7
1.3. 1. Les alluvions des basses Terres	7
1.3. 2. Les formations fluviales lacustres et cônes d'alluvions	7
1.4. Analyse hydrographique.....	8
2. Climat en milieu urbain de Bujumbura	10
2.1. Les caractéristiques climatiques	10
2.1. 1. Les caractéristiques thermiques.....	10

2.1. 2. Les caractéristiques pluviométriques.....	11
2.1.3. Les vents dominants	12
3. Aspect socio- économique.....	12
3.1. Les habitations	12
3.1. 1. Habitat administré.....	13
3.1.2. Habitat planifié	13
3.1.3. Habitat mixte	13
3.1.4. Habitat spontané	14
3. 2. Infrastructures et équipements.....	14
3. 2.1. Infrastructures	14
3. 2. 2. Les équipements	15
CHAPITRE II : TYPES D'INONDATION	17
1. Cadre conceptuel et fondement théorique	17
1.1. Définition des termes clés.....	17
1.1.1. Aléa.....	17
1.1. 2. Vulnérabilité	17
1.1.2.1. Faible vulnérabilité	18
1.1. 2. 2 La moyenne vulnérabilité	18
1.1. 2.3. La forte vulnérabilité	18
1.1.3. Catastrophe	18
1.1.4. Risque.....	19
1.1.5. Inondation.....	19
2. Caractérisation d'inondation.....	19
2.1. Les types d'inondation.....	19
2.1.1. Inondation rapide	19
2.1.2. Inondation à cinétique rapide.....	19
2.1.3. Inondation instantanée	20
2.1.4. Inondation subites.....	20
2. 2. Inondations lentes de plaine.....	20
2.3. Inondation torrentielle	21
3. Les principales localités affectées par l'inondation.....	21
3.1. Au Quartier Kigobe Nord de la Commune Gihosha	21

3. 2. Dans la Commune Buyenzi et Bwiza	22
3.3. Dans la commune Rohero.....	23
4. Inondation par ruissellement dans les dépressions fermées	25

CHAPITRE III : LES FACTEURS D'AMPLIFICATION DES INONDATIONS

1. Facteurs naturels	27
1. 1. Les conditions pluviométriques.....	27
14 janvier 2009	28
1. 2. Une pulsion plus humide	29
1. 3. Les conditions topographiques	31
1. 4. Les conditions géologiques.....	32
2. Les facteurs anthropiques	32
2. 1. Expansion urbaine	32
2. 2. Défi d'aménagement.....	34
2. 3. Pratiques culturelles sur les versants périurbains	35

II^{ème} PARTIE : IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES, SANITAIRES ET BIOPHYSIQUES DES INONDATIONS

CHAPITRE I : IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES ET SANITAIRES DES INONDATIONS

1. Les dégâts matériels.....	38
2. Les dommages humains.....	43
2.1. Les dommages sur la santé humaine	44
2.1.1. Le Paludisme simple confirmé	44
2. 1. 2. La diarrhée des enfants de moins de 5 ans	45
2. 1. 3. La dysenterie bacillaire.....	45
2. 1. 4. Le choléra	46

CHAPITRE II: IMPACT BIOPHYSIQUE

1. Changement du milieu humain.....	48
2. Modification de l'aspect physique.....	48
3. Impact des eaux de submersion sur le milieu naturel	51

3. 1. Contamination physique	51
3.2. Contamination chimique.....	52
4. L'inondation, phénomène répétitif en milieu urbain de Bujumbura	53
4.1. Caractérisation hydrologique d'inondation	54
4.1.1. La vitesse du courant	54
4. 1. 2. La hauteur d'eau	55
4. 1. 3. Le débit	55
CHAPITRE III : DEFI DE LA GESTION DES RISQUES D'INONDATION	56
1., Les acteurs d'intervention.....	56
1. 1. Le rôle de l'Etat	56
1. 1. 1. Le rôle de la Mairie.....	58
1. 1. 2. Le rôle des médias	59
1. 2. Dysfonctionnement dans la gestion de crise.....	59
1. 2. 1. Dysfonctionnement individuels	60
1. 2. 2. Dysfonctionnement collectif.....	61
1. 3. Manque des plans de secours.....	62
1. 4. Manque des retours d'expériences.....	63
2. Intervention des ONG.....	63
2. 1. L'intervention de la croix rouge Burundi	63
2. 2. Organisation des actions de secours	64
2. 3. La place de l'assurance en cas d'inondation.....	65
CHAPITRE IV : QUELQUES PROPOSITION DES MESURES DE PREVENTION ET DE PROTECTION	67
1. Dispositif préventif	67
2. Dispositif réglementaire.....	67
2.1. Insertion des documents préventifs dans le dispositif réglementaire	67
2.2. La prévention par aménagement.....	68
2.2. 1. Le rôle de l'extension des systèmes de drainage	68
2.2. 2. Exploitation des réseaux d'eau pluviale	69
2.2. 3. Entretien des caniveaux	69
2. 2. 4. Aménagement favorisant l'infiltration	70

2. 2. 5. Sensibilisation à la participation citoyenne	71
3. Mesure de réduction de la vulnérabilité.....	71
3. 1. La réduction de la vulnérabilité des logements	71
3.1.1. La politique d'aménagement du territoire pour la réduction de la vulnérabilité	72
3. 1. 2. La place des digues dans la réduction des inondations.....	72
4. Le rôle du plan de prévention des risques (PPR).....	73
5. Mesures de réduction de la vulnérabilité des activités économiques	74
5. 1. La réduction de la vulnérabilité du réseau routier	75
5.2. Démarche industrielle de réduction de la vulnérabilité des activités économique.....	75
5. 3. La responsabilité collective	75
5. 4. Des mesures effectives et prioritaires	76
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS	77
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	79
ANNEXES.....	82

INTRODUCTION GENERALE

1. Problématique, objectifs et hypothèses de travail

1.1. Problématique

Les risques d'inondation, au Burundi en général et dans la ville de Bujumbura en particulier, sont depuis longtemps banalisés bien que des indices très sérieux se sont manifestés dans la plaine de Bujumbura pendant certaines périodes de l'année.

En cas de fortes averses, les dégâts aussi bien matériels et financiers, voire humains sont enregistrés dans certaines localités de la ville de Bujumbura.

L'extension urbaine vers l'amont, l'imperméabilisation accélérée dans certains quartiers de la ville de Bujumbura (soit par le bitumage et le pavage de certaines voiries, ou à l'intérieur des parcelles) sans tenir compte des normes nécessaires d'aménagement de façon à contenir les débits excessifs d'eau de ruissellement et le dynamisme des rivières Ntahangwa, Muha et Nyabagere constituent l'amplification des inondations. La fréquence et l'intensité du risque et des catastrophes s'accroissent et s'observent du jour au lendemain. Après le passage d'une forte pluie, les axes de circulations deviennent impraticables, certains d'entre eux se transforment en un véritable lac de retenue ou en une rivière. Il arrive même que les ponts soient cassés, la circulation des biens et personnes devient impossible. L'eau déborde dans les maisons, certaines d'entre elles sont détruites et les produits périssables sont endommagés.

En plus de pertes matérielles souvent de grande valeur très difficile à préciser, les vies humaines ne sont pas épargnées, certaines décèdent lors des débits excessifs. Les plus vulnérables sont les enfants qui meurent par les maladies diarrhéiques comme le choléra et autres ainsi que le paludisme au même titre que les femmes enceintes.

Au cours des années précédentes, les dommages imputables aux inondations sont couramment observés aussi bien au centre ville que dans les quartiers périphériques. Les plus vigoureuses sont celles de 2009 au quartier Sabe de la commune urbaine de Ngagara, du quartier Asiatique et aux environs du marché central de Bujumbura en commune de Rohero au mois de janvier 2009 ainsi que le long des rivières traversant la ville. Il est difficile d'estimer la valeur réelle que coûtent les ouvrages et les maisons emportés par cet accident naturel. Les propriétaires s'appauvrissent d'avantage et la réparation est une casse tête pour eux d'autant plus que la majorité des victimes n'est pas assurée.

Notre étude est de contribuer à la connaissance du danger des inondations, de déterminer leurs causes ainsi que la gestion de ces risques d'aléa et de proposer en fin les différents mécanismes d'atténuer les risques.

1.2. Objectif de notre travail

L'objectif de ce travail est de :

- montrer les localités susceptibles d'être affectées par les inondations;
- préciser les types d'aléa liés à ces inondations (aléa très fort, moyen et faible)
- dégager les pertes ou dégâts matériels, financiers et humains en cas d'arrivée du risque lié à l'inondation;
- fournir les facteurs d'amplification des risques et les conséquences liées à la vulnérabilité sociétale;
- montrer un lien existant entre les aménagements mis en place et les risques associés;
- proposer les mesures de gestion des risques et fournir quelques techniques de prévention.

1.3. Hypothèse de travail

Au cours de notre travail de recherche, nous avons émis un certains nombres d'hypothèses ci-dessous qui nous ont permis de dégager et expliquer les résultats de cette recherche :

- Les inondations observées à Bujumbura sont de différent types, et la vulnérabilité n'est pas la même dans toutes les localités de la ville. Les zones topographiquement basses, celles qui longent les différentes rivières traversant la ville de Bujumbura sont très menacées;
- Les dégâts humains, matériels et financiers sont imputables d'une part à des fortes averses et au défi de conception des différents ouvrages d'autre part;
- Les facteurs d'amplifications sont liés à un manque d'entretien de certains axes de drainage et aux différentes activités anthropiques;
- L'impact socio-économique du point de vu matériel, financier et humain est le résultat d'une insensibilité à la «culture du risque»;
- Seulement certaines structures de gestion et de prévention des risques ont été mises en place par le pouvoir public. Malgré l'existence de ce dispositif, on observe des catastrophes répétitives, ce qui montre que leur efficacité du point de vu formelle et technique reste donc à désirer.

2. Articulation du travail

Notre travail est subdivisé en deux parties comprenant sept chapitres. La première partie décrit et définit les concepts. D'une part, elle étudie les milieux physiques tels que la topographie, le sol ainsi que les caractéristiques climatiques. D'autre part, elle décrit les différents types d'inondation qui affectent les localités et développement également les facteurs qui amplifient les risques d'inondation. La deuxième partie analyse l'impact socio-économique, les défis à relever liés à la gestion et à la prévention des risques d'inondation et propose les mesures de prévention ou de protection à mettre en place en cas d'arrivée des inondations.

3. Intérêt du sujet

Durant ces dernières années, la ville de Bujumbura plus particulièrement les quartiers se trouvant entre la rivière Muha et Nyabagere sont souvent inondés de façon inquiétante en cas de fortes pluies.

Ces derniers temps, nous avons assisté à des crues dévastatrices qui détruisent les constructions, les infrastructures tant publiques que privées et ne cessent de causer de pertes financières énormes. Très peu de travaux traitant les risques Naturels et ses impacts sur les milieux biophysiques et humains ont été réalisés. Notre travail contribue à proposer des solutions aux problèmes posés par les inondations dans la plaine en se basant sur des données historiques depuis 1980. Elle fournit également les informations liées aux causes, les méfaits des inondations ainsi que les mesures préventives qui pourraient être mis en place.

Dans le but de donner notre contribution pour proposer des solutions aux problèmes causés par les inondations dans la plaine en se basant sur des observations personnelles que nous avons sans cesse faites aussi bien pendant la saison de pluies que pendant la saison sèche, avant et après la tombée des averses, guidé par l'esprit de recherche scientifique, nous avons choisi de mettre à la portée du public les causes et les méfaits des inondations ainsi que les mesures préventives.

C'est un apport socio-économique qui reste également à critiquer

4. Données et Méthodologie

Les données que nous avons utilisées regroupent les données spatialisées rassemblant les cartes topographiques du Burundi au 1/50000^{ème}, les cartes géologiques, les images satellitales ainsi que la carte de la voirie urbaine toutes couvrant notre zone d'étude.

La collecte des données indispensables a permis d'établir avec précision des conditions naturelles de la zone d'étude, telles que la topographie, la géologie, l'hydrographie, le sol et le climat.

Toutes les données ont été récoltées auprès de l'administration technique et administrative entre autre U.B, IGEBU, EPISTAT, DPS Bujumbura Mairie, le Ministère de la Sécurité Publique, BICOR, la croix rouge Burundi. A part les données climatiques et statistiques issues pour la plupart, des rapports administratifs, des archives et autres qui seront référencés dans la bibliographie, auxquels s'ajoute le travail de terrain, les autres données ont été recueillies sous forme de consultation dans cette zone d'étude.

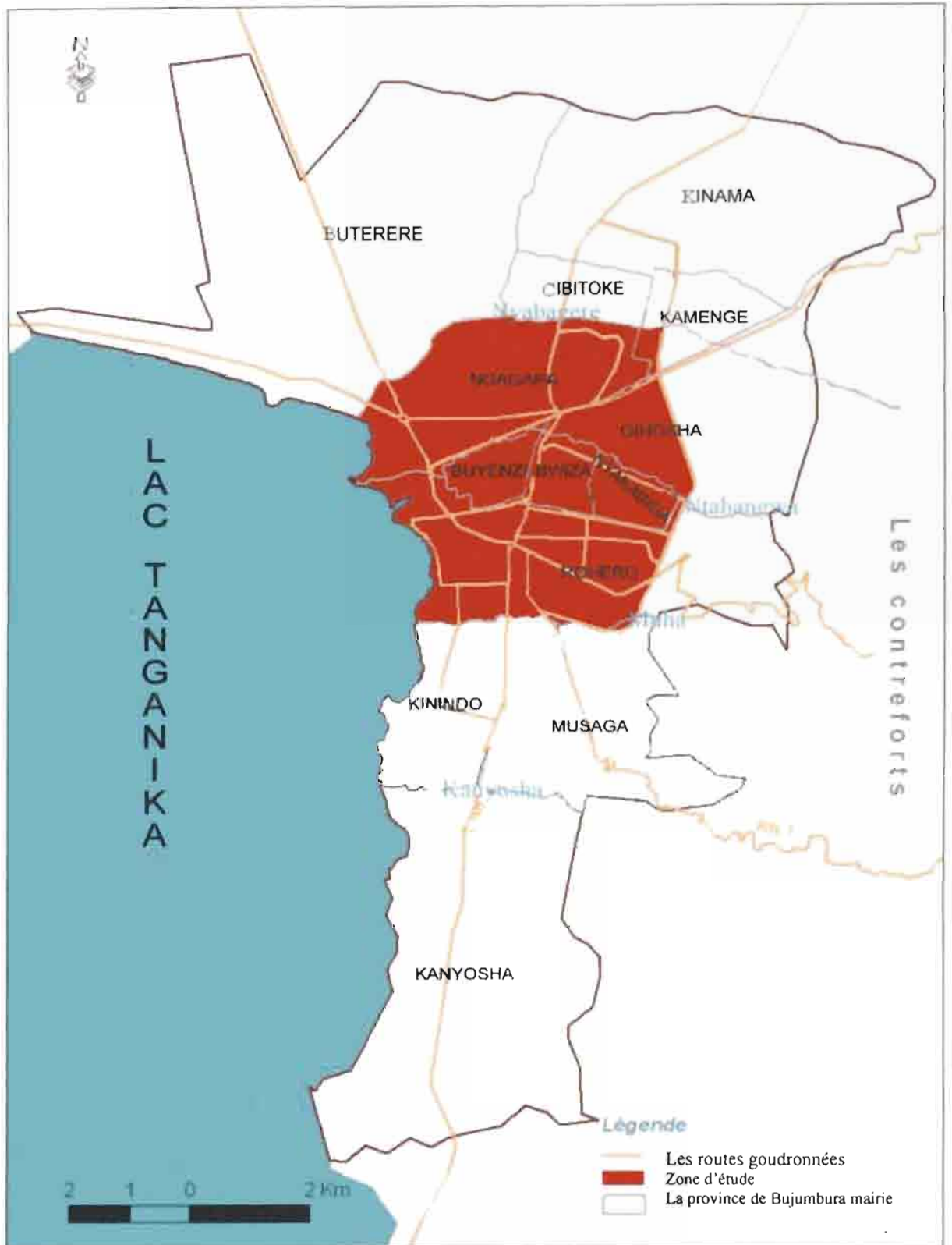
Les logiciels utilisés sont Microsoft Word et coler draw. Le premier module nous a permis l'ouverture au traitement du texte, le second nous a été utile pour l'élaboration des différentes cartes visant à fournir les données de base nécessaires pour comprendre la vulnérabilité de la zone d'étude.

5. Localisation de la zone d'étude

La région concernée par notre étude se trouve à l'Ouest du Burundi. Elle couvre entièrement la partie centrale de la « province » Bujumbura Mairie d'une part et deux communes du nord de la capitale d'autre part. Elle rassemble les communes de Rohero, de Bwiza, de Buyenzi et de Nyakabiga au centre, de Ngagara et Gihosha au Nord.

Elle est limitée au Sud par la rivière Muha tandis que la rivière Nyabagere constitue la limite du Nord. Elle est délimitée de l'Ouest en Est, respectivement par le Lac Tanganyika et l'escarpement à partir du boulevard du 28 novembre (figure1). Elle s'étale sur topographie communément appelé basses terres. L'altitude est comprise entre 776 et 889m d'altitude.

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude



Source : Réalisation par l'auteur à partir de la carte de la Mairie de Bujumbura, Département de la population

Ière PARTIE : MILIEU PHYSIQUE, PRINCIPAUX TYPES D'INONDATION, LES FACTEURS D'AMPLIFICATION ET D'AUTRES FACTEURS ASSOCIES

CHAPITRE I : MILIEU PHYSIQUE

1. Présentation du site urbain de Bujumbura

1.1. Site et situation

Le milieu urbain de Bujumbura, capitale burundaise, se situe dans le graben du rift valley occidental de l'Afrique orientale. Il occupe la frange de la plaine côtière du lac Tanganyika et se prolonge en partie sur les contres forts des Mirwa. Selon la géographie du Burundi cité par RIVUZIMANA J.Claude, Bujumbura est la plus ancienne ville du pays, « *Elle fut en effet créée par les pères missionnaires Allemands VANDER BIERSEN ET VAN DER BURGET en 1898* »¹.

Sa situation particulière près du lac Tanganyika lui offre un grand avantage commercial, néanmoins, les contraintes n'en manquent pas et celles-ci freinent son extension.

A l'Ouest, l'étendue d'eau demeure un obstacle incontournable tandis qu'à l'Est les escarpements se prêtent mal aux aménagements urbains car les travaux d'aménagement engendrent des coûts très élevés. En outre, le potentiel aménageable de la zone basse et des zones dépressionnaires se présente essentiellement dans la partie Nord de la ville de Bujumbura, se réduit par la fragilité du sous bassement en grande partie argileux, qui entraîne des difficultés de drainage des eaux superficielles dans les endroits à faibles pentes où la nappe phréatique se situe elle aussi à une faible profondeur.

1.2. Analyse topographique

La ville de Bujumbura est bâtie sur la plaine qui borde le lac Tanganyika à une altitude moyenne de 800m d'altitude, se présentant sous forme d'un couloir de quelques 4 à 6 kilomètres de large entre le bord du lac Tanganyika et l'escarpement des Mirwa. Cette bande est réputée de zone inondable car elle est située au dessus de la côte 775m à l'Ouest. Au fur et à mesure que l'on va vers Est la pente augmente sensiblement.

¹ RIVUZIMANA J. Claude, 2005. *Evaluation des aménagements effectués à Bujumbura*, Institut technique supérieure, Département d'aménagement et d'urbanisme, U.B, p.7.

De l'ouest à l'Est, la différence de hauteur est fortement accentuée tandis qu'elle est presque homogène dans le sens Nord-Sud (Figure 5)

1.3. Nature du Sol

La ville de Bujumbura s'est développée sur la plaine de l'Imbo qui longe le lac Tanganyika. L'ensemble des sols de cette plaine est récent et est constitué des alluvions et des sédiments lacustres ou fluviaux ainsi que les cônes d'alluvions. Deux types de sol dominant dans notre zone d'étude:

- les alluviaux des basses terres
- les formations fluviales

1.3. 1. Les alluvions des basses Terres

Sur le premier palier topographique de la plaine de Bujumbura, affleurent les alluvions de basse terre (figure2). Ils représentent une formation supérieure formée « *de sédiments fluviaux- lacustres pouvant dater du pléistocène supérieur à moyen et une formation inférieure à miocène supérieur* »². Les sédiments lacustre ou tout simplement les alluviaux de basse terre sont remarquables jusqu'aux environs de la courbe de niveau 800m. Au fur et à mesure qu'on avance vers l'isohypse suivante, ces sédiments ont subi des remaniements et se confondent avec les dépôts deltaïques et les dépôts fluviaux. (Figure 2)

1.3. 2. Les formations fluviales lacustres et cônes d'alluvions

Quant aux formations fluviales lacustres, elles ont été mises en place par les rivières et cours d'eau traversant la plaine. Leur importance varie selon la dynamique et la capacité de transport de ces rivières. Ces types de cônes d'alluvions sont observables au-delà de l'isohypse 800 là où la topographie ne permet pas à l'eau de stagner ou de s'écouler calmement. Ces alluvions correspondent aux matériaux stratifiés et hétérométriques qui se trouvent généralement dans la plus grande partie de la zone d'étude.

Par contre les alluvions récentes correspondent au sol sombre se trouvant dans plusieurs endroits de la commune urbaine de Ngagara, Nyakabiga et surtout le long des rivières Ntakangwa, Muha et Nyabagere alors que les gneiss migmatitiques se localisent dans la partie Est de notre zone d'étude au-delà de la courbe 860.

² NAHAYO Adrien, 1975-1976. *Aspect géomorphologique de la zone comprise entre la Ntakangwa et la Muha*, U.B, Dpt Géo hist, p.14.

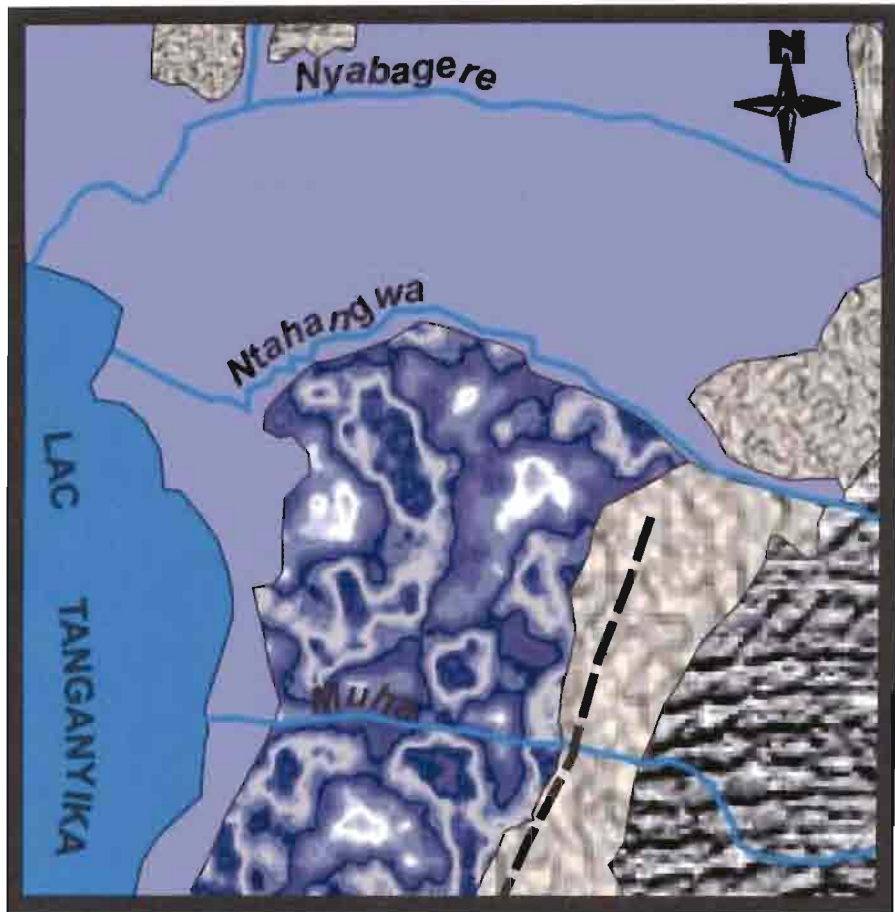
De plus, la présence d'une quantité moyenne d'argile rend le sol compact et devient vite imperméable lorsque les pluies sont abondantes. En saison sèche, les sols se fissurent alors qu'en saison des pluies ils sont engorgés d'eau.

1.4. Analyse hydrographique

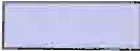




Dans notre zone d'étude, trois cours d'eau ci-après traversent la capitale Bujumbura, (figure 1) et tous sont localisables sur toutes les cartes illustratives. On cite les principaux qui sont :

- La Ntakangwa : par son débit et sa largeur de son lit, c'est la rivière la plus importante, elle prend sa source sur la crête Congo- Nil, dans les escarpements des Mirwa. En période des pluies elle menace les terrains et les constructions avoisinants ses berges (photo13)
- La Muha : Elle est située au Sud de la ville par rapport à la Ntakangwa, elle offre les mêmes inconvénients mais qui sont atténués par son débit moins important que celui de la Ntakangwa.
- La Nyabagere : Elle se localise dans la partie Nord de la capitale, elle est l'affluent de la Kinyankonge et elle présente les mêmes risques que les deux précédentes.

Figure 2 : Carte géologique

**LEGENDE**

0 1 2 Km

-  : Alluvions des basses terres
-  : Dépôts lacustres, dépôts fluviatiles, dépôts deltaïques
-  : Cônes alluvions, formations fluvio-lacustres
-  : Gneiss migmatiques (complexe de Mugere)
-  : Rivières

Source : Réalisation personnelle à partir de la Carte géologique Feuille Bujumbura à 1/500000

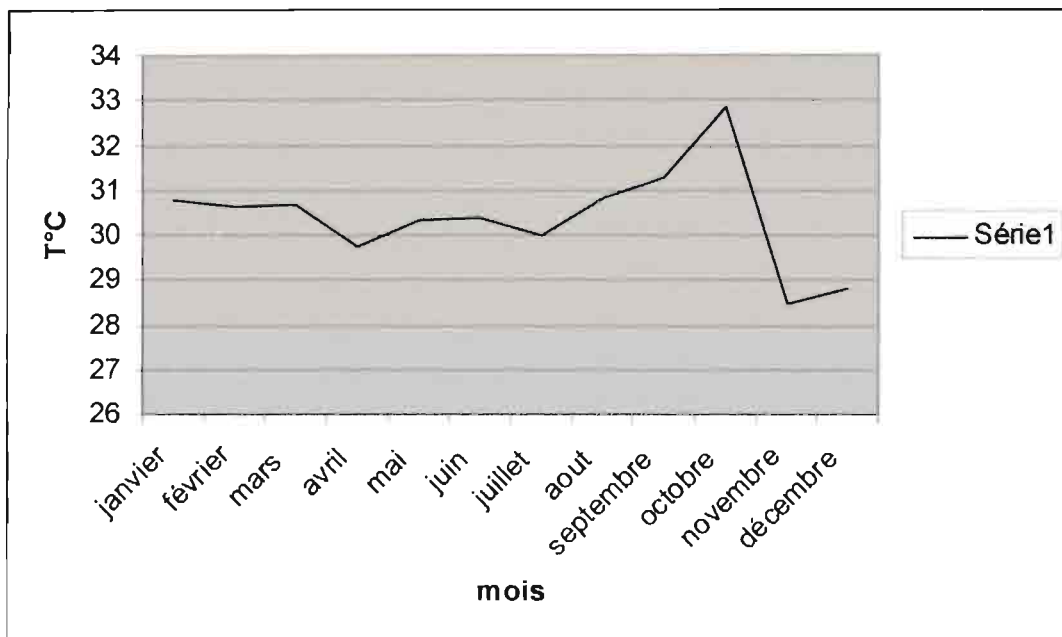
2. Climat en milieu urbain de Bujumbura

2.1. Les caractéristiques climatiques

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

2.1.1. Les caractéristiques thermiques

Figure 3: Température moyenne mensuelle de 1980à2009 (station Aéroport)

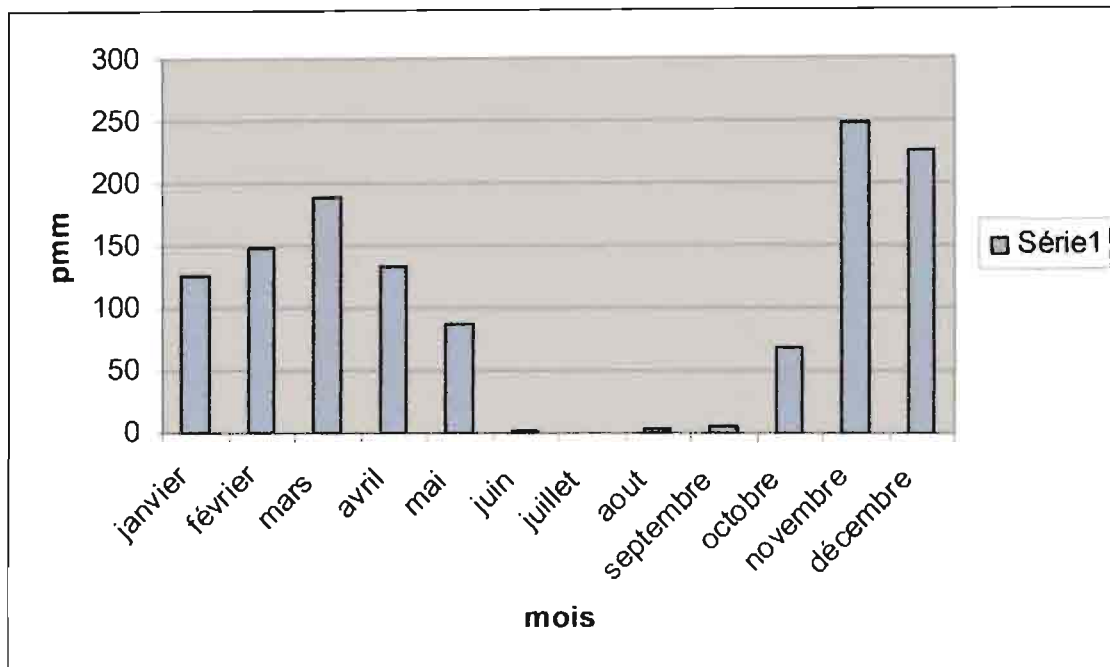


Le milieu urbain de Bujumbura connaît en général un climat tempéré par son altitude. L'amplitude thermique est faible, et oscille entre 1,9 et 3,4° C. Cependant, on enregistre des légères variations journalières des températures en saison sèche. La température moyenne journalière oscille autour de 24° C. Les températures diurnes sont également très élevées avec les maxima qui s'observent pendant la journée entre 12 et 14heures.

Le graphique ci-haut représente la température moyenne de 2006. Cette année a été choisie pour montrer la variation de la température par rapport aux années antérieures de l'année ci-haut citée.

2.1. 2. Les caractéristiques pluviométriques

Figure 4 : Précipitation moyenne mensuelle de 1980 à 2009 (Station Aéroport)



Considérant une moyenne mensuelle sur une période de 1980 à 2009, les volumes des précipitations varient de façon remarquable et de façon irrégulière (Figure 4 et annexes2).

La faiblesse des quantités d'eau enregistrée sur la station de Bujumbura trouve son explication dans le positionnement de la zone sous l'abri des vents humides (les alizés) et à une basse altitude par rapport au reste du pays. L'observation des moyennes mensuelles laisse découvrir l'existence d'un régime pluviométrique marqué par deux saisons :

- Une saison pluvieuse qui commence pendant les mois de septembre octobre et se termine vers les mois de janvier février.
- Une longue saison sèche qui débute en mai et se termine en septembre. Ce qui se traduit par le règne de bon temps sec et ensoleillé au cours de cette période.

De 1980 à 2010, c'est l'année 2009 qui a été la plus pluvieuse avec une hauteur de 1235,1mm. C'est également la même année au mois de décembre que Bujumbura a enregistré une précipitation mensuelle importante de 225,8mm soit 1/3 de la précipitation qui tombe en une année sèche à Bujumbura sur une période de 30ans. Le maximum a été atteint au mois de novembre 2009 avec 248,7mm de pluie comme on le constate sur la figure 4.

Les inondations qui ont entraîné beaucoup de pertes et des dégâts en 2009 peuvent être expliquées par ces pluies abondantes:

La même année, le cumul des pluies de janvier à avril étaient de 596mm et ce qui avoisine le total des précipitations tombées en 2003(annexes2)

Si les dégâts énormes se sont observés au mois d'avril, cela peut être expliqué par ces pluies abondantes que Bujumbura a connu pendant 4mois consécutifs: au mois d'avril le sol était saturé et les pluies excédentaires ruisselaient et inondaient les environs immédiats.

2.1.3. Les vents dominants

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

3. Aspect socio- économique

Dans cette analyse socio-économique de la ville de Bujumbura nous allons mettre un accent particulier sur les types d'habitations et les différentes infrastructures publiques et privées se trouvant dans notre zone d'étude.

3.1. Les habitations

La typologie de l'habitation en milieu urbain de Bujumbura varie suivant les quartiers, mais aussi la destination des bâtiments. D'une façon globale, l'habitation de la ville de Bujumbura est caractérisée par très peu de construction en hauteur comparativement à d'autres pays en voie de développement. Quatre types d'habitat se présentent dans notre zone d'étude :

- Habitat administré
- Habitat planifié
- Habitat mixte
- Habitat spontané

3.1. 1. Habitat administré

Concernant ce type d'habitation, « *la construction des logements et les éléments complémentaires de l'habitat sont laissés aux initiatives des particuliers sur des parcelles loties* »³ les parcelles dont il est question disposent d'un statut légal, mais un ensemble de règlements sont édictés par l'administration qui régit les constructions. L'administration veille donc au respect de ces règlements. Dans tous les quartiers de la ville de Bujumbura en général et dans tous les quartiers de notre zone, ce genre d'habitat est remarquable.

3.1.2. Habitat planifié

Par la planification de l'habitat, la définition dit que c'est « *le mode selon lequel la conception, le financement et la réalisation des logements sont dus à la responsabilité d'un seul intervenant ou d'un nombre restreint d'intervenant, sans la décision directes des futures habitats.* »⁴ Au regard de cette définition, ce genre d'habitants se ressemble à ceux qu'on rencontre dans la commune urbaine de Ngagara, en commune Bwiza spécialement au quartier Jabe, commune Gihosha dans le quartier gikungu et gasenyi etc...

3.1.3. Habitat mixte

Selon Emmanuel CHAUFFAILLE, cité par RIVUZIMANA, l'habitat mixte c'est l'habitat composé essentiellement par des constructions à vocation commerciale et résidentielle groupés ensemble. La commune urbaine de Rohero vient en tête en ce genre d'habitat car le quartier asiatique et le centre ville reflètent exactement le mixage. Il s'agit donc des quartiers urbains affectés essentiellement à l'habitat, aux commerces, aux services publics ou privés, aux équipements publics compatibles avec un environnement dense et aux diverses activités sans nuisances directes.

³ RIVUZIMANA J. Claude, 2005. *Evaluation des aménagements effectués à Bujumbura*, Institut technique supérieure, Département d'aménagement et d'urbanisme, U.B, p.17.

⁴ RIVUZIMANA J.C, *Op. cit.*, p.17.

3.1.4. Habitat spontané

Par la spontanéité de l'habitat, on entend un accroissement rapide de la population provoquant ainsi l'extension des habitations et en toute illégalité. C'est une occupation ou une implantation hors des zones planifiées. Ce sont des endroits où vivent des gens à faible revenu monétaire, leurs constructions sont effectuées en matériaux précaires. Jusqu'aujourd'hui ces habitations sont visibles le long de la Ntakangwa en commune Buyenzi et plus particulièrement près du lac Tanganyika ainsi que dans le quartier Sabe de la commune urbaine de Ngagara.

3. 2. Infrastructures et équipements

3. 2.1. Infrastructures

Les infrastructures se présentent sous plusieurs formes et constituent l'ensemble des installations nécessaires au fonctionnement soit portuaire, Aéroportuaire et urbain. Théoriquement on distingue les éléments suivants:

- Les infrastructures de transports : exemple les voiries, les ports etc.... ;
- Les aménagements hydrauliques, énergétiques et commerciaux ;
- Le réseau d'eau, assainissement, électricité, téléphones.

La ville de Bujumbura présente une inégale répartition des infrastructures. Ces dernières sont principalement concentrées dans la commune Rohero plus précisément au centre ville mais aussi dans les quartiers hauts standing au détriment des quartiers périphériques. Le réseau routier aménagé d'une façon quantitative et qualitative se limite en général au centre ville et à quelques axes principaux, matérialisant le départ des liaisons de la ville avec le reste du pays et constituent l'ossature de la ville. Par contre, les quartiers populaires ne comportent pas des voies bitumées d'intensité égale à celle du centre ville et ceux qui existent font une réservation d'emprise sans aucune reprofilage.

Concernant la consommation de l'eau, « *presque l'entièreté d'eau consommée provient du lac Tanganyika à l'ordre de 75%, de la Ntakangwa à l'ordre de 20% alors que le reste est fournie par les sources se trouvant sur les contreforts* »⁵. Le branchement individuel d'eau est très limité pour certains quartiers populaires et surtout périphérique comme Buterere.

⁵ NDEREYAHU Prosper, 2005. *Contribution à l'étude de la qualité des eaux consommées dans les ménages de la ville de Bujumbura*, Chimie, U.B, p.31.

Ils font recours à des bornes fontaines pour se procurer de l'eau potable. Il en est de même pour l'électricité.

Quant à l'assainissement, il existe un réseau collectif pour évacuation des eaux pluviales et des eaux usées, une station d'épuration qui a été aménagée mais aussi il y a des évacuations individuelles.

3. 2. 2. Les équipements

*« C'est l'ensemble des installations ouvert au public qui complète l'habitat aggloméré et qui réponde à un besoin collectif »*⁶. On distingue les équipements collectifs d'intérêt général sans but lucratif comme les terrains de sport, jardins publics, les écoles... et des équipements privés tels que les banques, les assurances...

La détermination des endroits dans lesquels on peut installer ces équipements est commanditée par des exigences politiques, économiques et sociales. Toutefois, comme on l'a signalé pour les infrastructures, les équipements collectifs sont insuffisants et aussi mal répartis. Le constant est que le peu qu'il y a, est pleinement localisé au centre ville au détriment des quartiers périphériques souvent populaires. Suivant leur échelon d'implantation et leur rayon d'influence, il existe trois catégories d'équipements à savoir équipement inter quartier et d'agglomération ainsi que celui d'intérêt général.

Remarquons qu'au point de vue urbanisme, on distingue des équipements qui exercent un rôle moteur attractifs (exemple : les centres commerciaux ou salle de spectacle) soit répulsifs (exemple : les prisons) sur leur environnement et ce qui accompagnent une opération appelée équipements d'accompagnement ou qui répondent aux besoins courants des habitants. Dans n'importe quelle ville du monde, la localisation des équipements d'accompagnement doit répondre aux exigences biens précises d'ordre politique, économique et social.

⁶ RIVUZIMANA J.Claude, *Op. cit.*, p.20.

Tableau 1 : La répartition des équipements publics

Equipements Commune	Ecole		Hôpital	Terrain de jeu	Jardin P	Marché	Banques- assurances	
	Primaire	Secondairee					B	A
Buyenzi	1	4	1	1	0	1	2	-
Buiza	2	2	0	2	0	1	1	-
Gihosha	3	6	2	5	0	0	1	-
Ngagara	4	4	0	3	1	1	1	-
Nyakabiga	3	2	0	2	0	0	-	-
Rohero	5	4	1	6	4	1	8	5
Total	18	21	4	19	5	4	13	5

Source : L'auteur à partir du travail de terrain

Que ce soit pour les équipements, que ce soit pour les infrastructures publiques, le centre ville prend le record. Sur 39 écoles publiques, 9 se trouvent en commune Rohero. Sur 24 jardins et terrains publics qui ont été également enregistré dans notre zone d'étude 24 sont dans la commune Rohero. Les assurances et les banques ont leurs sièges dans le centre ville de Bujumbura. Sur plus de 11 banques, 8 sont toutes dans la commune Rohero et les assurances sont toutes dans la même commune Rohero (Tableau 1)

CHAPITRE II : TYPES D'INONDATION

1. Cadre conceptuel et fondement théorique

Partout au monde, l'inondation a été comprise comme un phénomène naturel occasionnant des pertes énormes en vies humaines et matérielles. Au Burundi, les inondations occupent la deuxième place dans l'inventaire des risques et catastrophes reconnus dans le pays après la sécheresse. Mais dans la ville de Bujumbura, les inondations sont les plus fréquentes que les autres risques naturels.

1.1. Définition des termes clés

1.1.1. Aléa

L'aléa est défini, selon RANDRIANARIVELO comme « *Situation potentielle ou existante qui peut affecter les populations, détériorer les biens ou l'environnement. L'amplitude du phénomène, sa probabilité, l'étendue et la gravité de son impact est variable* »⁷

C'est un événement donc exceptionnelle ou extrême qui peut survenir dans un milieu naturel. Il peut être provoqué par l'activité humaine et peut également affecter négativement les populations, les biens ou les activités, au point de créer une catastrophe.

1.1. 2. Vulnérabilité

D'après le cours de Géomorphologie appliquée « *La vulnérabilité traduit la fragilité d'un système dans son ensemble, et de manière indirecte sa capacité à supporter la crise provoquée par un aléa* »⁸. Plus un système est apte à se rétablir après une catastrophe, moins il est vulnérable. La vulnérabilité est généralement caractérisée par trois niveaux d'intensité ci-après:

- faible vulnérabilité
- moyenne vulnérabilité
- forte vulnérabilité

⁷ RANDRIANARIVELO Lucile, 2007. *Stratégie Nationale de prévention et de gestion des risques et des catastrophes Au Burundi*, p.82.

⁸ SABUSHIMIKE J.Marie, *Cours de Géomorphologie Appliquée de la 2^{ème} licence en Géographie*, p.6.

1.1.2.1. Faible vulnérabilité

Les endroits où les biens et activités exposés au risque d'inondation peuvent globalement, sans dommages notables, s'accommoder aux submersions sur des durées non moins négligeables sans qu'il en résulte de préjudice notable tant pour la pérennité de ces biens que pour le maintien et la poursuite des activités. Généralement, les terrains à dominance urbanistique ou agricole sont répertoriés dans cette catégorie. Une présence humaine peut exister dans ces zones. Les zones faiblement vulnérables au sein du bassin se composent essentiellement de terres peu cultivées sans habitations serrées, mais des infrastructures et d'équipements collectifs majeurs peuvent y être érigés sans causer de ce problème.

1.1. 2. 2 La moyenne vulnérabilité

On parle de moyenne vulnérabilité lorsqu'il a une localité où les biens et activités, exposés au risque d'inondation peuvent subir des dommages appréciables mais ne remettant pas en cause leur pérennité ni leur intégrité.

1.1. 2.3. La forte vulnérabilité

Le degré de forte vulnérabilité s'applique au moment où les biens et les activités exposés au risque d'inondations peuvent subir d'importants dommages nécessitant des travaux de réparation (bâtiments, infrastructures...) et où l'ampleur des dommages est susceptible d'affecter notablement la valeur des biens et la poursuite des activités. Sont également concernées les zones où l'impact des inondations sur la sécurité des personnes est prévisible. Les zones à forte vulnérabilité sont composées essentiellement des secteurs urbains et préurbains à forte concentration populaire. Les zones à forte vulnérabilité due à l'inondation regroupent quelques endroits situés près du lac Tanganyika, les zones dépressionnaires du quartier Asiatique et d'autres Terres basses de la plaine de l'Imbo.

1.1.3. Catastrophe

Dans le cours de Géomorphologie appliquée, on définit une catastrophe comme étant « *une grave perturbation d'une société causant des pertes étendues en vies humaines, en biens et dans l'environnement au point de dépasser les possibilités de la société frappée d'y faire face* ».

en recourant à ses seules ressources.»⁹ Elle est différente aux aléas et des risques qui se situent dans le monde du probable, lui, elle est bien réelle.

1.1.4. Risque

C'est une composition d'aléa et de vulnérabilité. Cela veut dire qu'un même risque peut correspondre à un aléa et une vulnérabilité faible, un aléa moyen et une vulnérabilité moyenne, ou un aléa faible et une vulnérabilité élevée.

1.1.5. Inondation

Le terme inondation fait traditionnellement référence à la représentation du mythe d'une déluge biblique, qui provient donc de la colère divine.

Présentement, l'inondation est donc une submersion d'une zone qui peut être provoquée de plusieurs façons par des pluies exceptionnelles en durée et en intensité.

2. Caractérisation d'inondation

2.1. Les types d'inondation

Directement lié aux phénomènes météorologiques, les inondations présentent les mêmes typologies. Elles peuvent être rapides, lentes de plaine ou torrentielles.

2.1.1. Inondation rapide

Les inondations rapides se présentent au moment où les principaux ingrédients sont dans l'ordre : intensité des précipitations, surface réceptrice, pente, forme du bassin versant, structure du réseau hydrographique, pédologie et végétation. De ce type, il se dégage trois catégories suivantes :

2.1.2. Inondation à cinétique rapide

En terme de temps, elles peuvent durer d'une heure et plus avec une réaction rapide aux pluies, un gradient de montée élevé du débit, des débits de pointes très importants mais d'un volume modeste.

⁹ SABUSHIMIKE J.Marie, *Op. cit.*, p.8

2.1.3. Inondation instantanée

C'est un phénomène qui se présente de façon brève. Il est dû à des pluies d'orage sans la possibilité de les localiser avec précision et encore moins de les prévoir. On admet qu'elles ont une possibilité d'occurrence uniforme sur une surface importante avec même loin de probabilité d'intensité.

2.1.4. Inondation subites

Elles sont dites « éclair » se produisant sur des surfaces beaucoup plus étendues allant jusqu'à plus de quelques dizaines de km². Elles se présentent lorsque tombent des pluies orageuses intenses plus structurées dans l'espace et dans le temps.

2. 2. Inondations lentes de plaine

Les inondations de plaine sont généralement dues soit à des pluies d'averses successives de longue durée mais d'intensité modeste, soit à un débordement indirect où les eaux remontent dans travers les nappes alluviales, dans les réseaux d'assainissement, dans des puits...

Les inondations lentes de plaine s'expliquent également par un ruissellement urbain : elles se produisent donc en dehors du lit des cours d'eau proprement dit, « *L'imperméabilisation des sols et la conception de l'urbanisme et des réseaux d'assainissement font obstacles à l'écoulement normal des eaux de pluies qui ruissellent* »¹⁰ ce qui fait alors des dommages surtout dans les quartiers de Buyenzi, industriels, et même dans quelques endroits du centre urbain de Bujumbura. Quand la capacité d'infiltration ou d'évacuation des sols ou des réseaux de drainage est insuffisante, il apparaît un défaut d'absorption ayant pour origine deux causes essentielles.

Dans un premier cas, ce sont les conditions du sol qui ne permettent pas ou, qui bloquent l'infiltration des eaux de ruissellement : « *D'une manière générale plus les sols présentent une succession d'horizon aux caractéristiques contrastés, et plus ces horizons sont riches en argiles, plus l'infiltration sera limitée* »¹¹ et cela se produit au cas où l'intensité des pluies est supérieure à l'infiltrabilité du sol.

¹⁰ VEYRET Yvette, 2004. *Géographie des risques naturels en France, De l'aléa à la Gestion*, Hatier, Paris, p.152.

¹¹ NDUWAYEZU Eric, 1998. *Les contraintes du Milieu et Assainissement sur l'Aménagement des Quartiers Magaramba, Nyamugari et Shatanya*, mémoire FLSH, Dpt de Géographie, p.59.

Dans le second cas, le débordement est dit par saturation cela veut dire que la pluie arrive sur une surface partiellement ou totalement saturée par une nappe.

2.3. Inondation torrentielle

Elles se forment par enrichissement du débit d'un torrent en matériaux solide qui accroissent très fortement son pouvoir érosif. L'enrichissement en matériaux peut provenir de l'arrachement des berges dû au débit anormal des cours d'eaux et des grands collecteurs d'eaux de ruissellement traversant la plaine de Bujumbura mais aussi par un ruissellement important sur le bassin versant qui amène une importante charge solide provenant des contres forts de Mirwa. Le volume des matériaux transporté peut être considérable et peut se réaliser par un débordement direct. Dans ce cas, les inondations peuvent avoir lieu quand une rivière ou un collecteur principal déborde. Il sort de son lit mineur pour occuper son lit majeur, alors il envahit des zones environnantes toutes entières. Cela se produit fréquemment à Buyenzi, Bwiza et Buterere sur les terrains a pentes faible.

3. Les principales localités affectées par l'inondation

Les différentes zones de la ville de Bujumbura ne sont pas touchées par les mêmes submersions et de la même façon. L'augmentation des débits dans les canalisations ou l'augmentation d'eau de ruissellement provoque une augmentation de la vitesse d'écoulement et de la hauteur d'eau selon les facteurs topographiques, pluviométriques et urbanistique. C'est pourquoi il sied de préciser les différentes sortes d'inondations selon les endroits.

3.1. Au Quartier Kigobe Nord de la Commune Gihosha

Il s'agit d'une « *stagnation dans les parcelles, celles-ci sont dues d'une part aux erreurs imputables à la mauvaise disposition des îlots ou de parcelles contiguës qui ne facilitent pas la circulation de l'eau.* »¹².

Comme on le voit sur la photo no1, ces dégâts se sont produits à l'issue des orages du 13 Avril 2009 et ses effets sont liés d'une part à l'imperméabilisation accélérée à l'intérieur des parcelles d'une part et les erreurs d'aménagement des maisons qui ne tiennent pas compte de la direction et du sens de l'écoulement des eaux afin de permettre à l'eau de ruisseler normalement.

¹² NDAYISHIMIYE Juste, 2007. *l'assainissement et environnement en commune urbaine de Nyakabiga et Bwiza*, FLSH , Géographie,U.B, p. 121



Photo1: Effondrement d'une Maison à Kigobe, après l'averse (cliché SINDAYIHEBURA B, 14 avril 2009)

3. 2. Dans la Commune Buyenzi et Bwiza

Les inondations observées dans ces endroits sont dites « *inondation par la rupture ou défaut d'ouvrage* »¹³ lorsque les pluies diluviennes s'abattent sur la commune Buyenzi, Bwiza et dans le Quartier Kigwati de la commune Nyakabiga, de nombreux débordement d'eau de ruissellement sont observés dans certains ménages et qui des fois occasionnent des destructions des habitations. Ces inondations s'expliquent en grande partie par des sous dimensionnements des canalisations qui à leur tour ne sont pas capable de contenir les débits excessifs.

Elles s'expliquent également par le fait qu'il ya des cas où les caniveaux sont bouché. Dans ce cas, ils ne seront pas capables d'assurer pleinement son rôle. Les orages du 18 janvier 2010 ont occasionné la démolition d'une maison (photo 2).

¹³ NDAYISHIMIYE Juste, *Op. cit.*, p.123.



Photo 2: Effondrement d'une Maison après la rupture d'un ouvrage (cliché

SABUSHIMIKE J.Marie 12 novembre 2001)

Ces mêmes débordements sont fréquemment observés au quartier Kigwati de la commune Nyakabiga, et s'expliquent par le collecteur de vugizo qui traverse une zone à pente forte par rapport aux parcelles dont il est censé drainé d'une part et le prolongement de l'avenue Muyinga qui est surélevé par le chargement de la chaussée d'autre part. Ces débordements occasionnent ainsi les difficultés pour les habitants qui sont régulièrement inondés.

3.3. Dans la commune Rohero

Le même scénario s'observe très fréquemment dans cette commune du centre ville. Les conséquences sont très énormes et souvent difficile de les déterminer avec précision. Comme les images qui suivent le montre, les inondations de 2009 et de 2010 ont sans doute causé des catastrophes au point de vue matériel, les voies de communications sont transformées en un véritable fleuve.



Photo 3: Paralysie de la circulation sur l'Avenue patrice Lumumba près de la poste de Bujumbura (Cliché SINDAYIHEBURA .B, 14 avril 2009)

Les infrastructures qui sont touchées ne se limitent pas sur les voies de communications seulement mais aussi celles qui sont aux environ de ces axes de circulation, ce qui s'observe sur la photo qui suit où à l'occasion des orages du 12 Janvier 2009 le Bar la Pirogue a enregistré des débordements d'eau les plus redoutables.



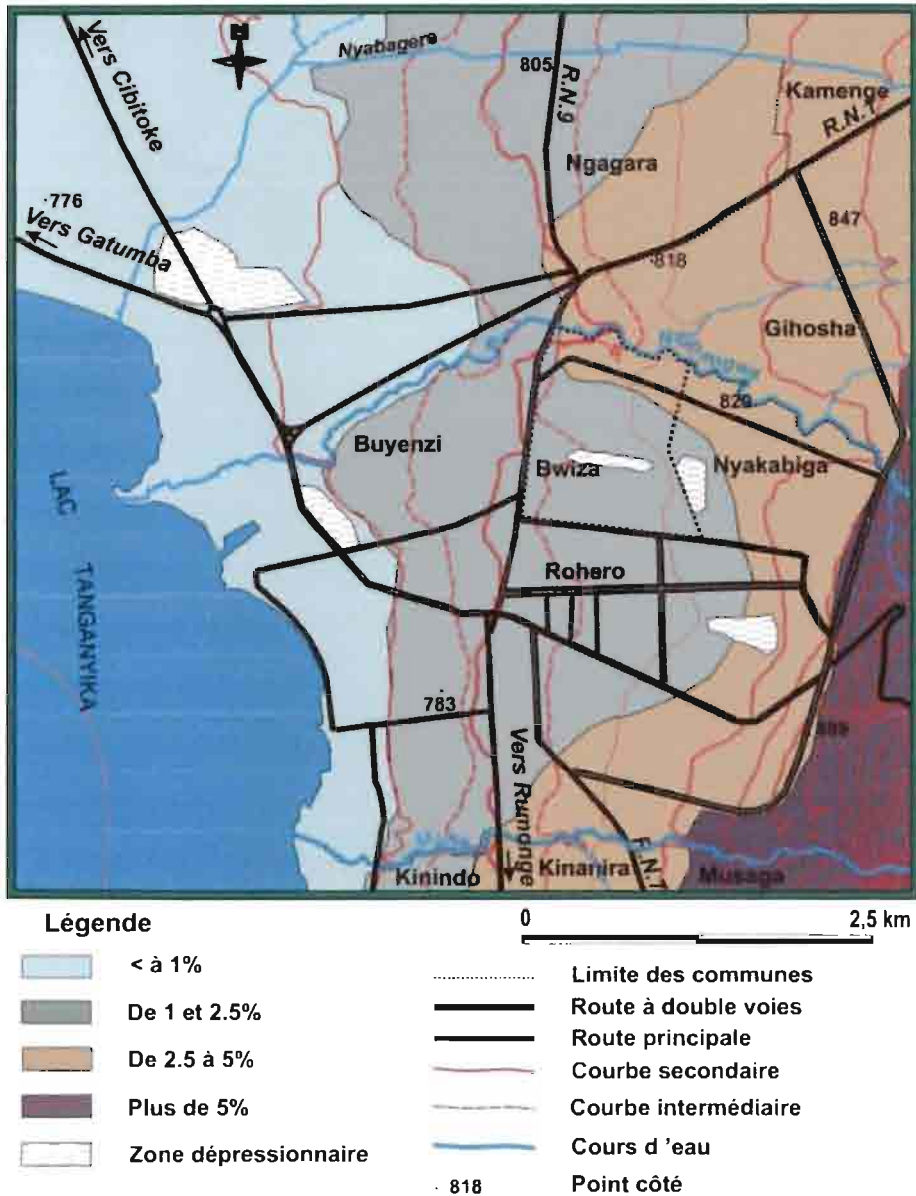
Photo 4: Débordement des eaux au Bar la pirogue (Cliché SINDAYIHEBURA. B, 12 janvier 2009)

Ayant un niveau généralement bas, et compte tenu de l'intensité de l'averse du douze janvier 2009, le bar la pirogue et les endroits de son alentours ont observé des inondations catastrophiques, comme on le constate sur l'image de la page précédente (Photo No 4). Les causes de ces dégâts ne s'expliquent pas uniquement par les fortes averses de ce jour mais également par les caniveaux sous dimensionnés et mal entretenus ainsi que les buses bouchés ont contribué à l'accélération des inondations.

4. Inondation par ruissellement dans les dépressions fermées

Les zones à faible pentes ou dépressionnaires observent le plus souvent de débordement d'eau de ruissellement en dépit des aménagements mis en place pour contrecarrer l'action dévastatrice d'eaux. Cependant, leur position de talweg empêche l'eau de gravité de remonter les pentes et se trouve confinée dans cette topographie. Une grande partie de la zone d'étude se situe entre 2.5 et 5% (figure 5). La partie située à moins de 5% est la zone à risque d'inondation. L'eau en provenance de la partie située plus haut vient avec une grande vitesse. De haut vers le bas, le terrain présente une forme concave (pente forte vers le sommet et faible vers l'aval) et ce qui rend le terrain vulnérable à l'érosion. Si on tient compte de la relation existant entre les pentes et les vitesses d'écoulement, la vitesse de l'eau pour la partie située à moins de 5% avoisine 0.9m/s.

Figure 5 : Carte des pentes et des zones dépressionnaires



Source: réalisation de l'auteur à partir de la carte topographique du Burundi au 1/50000, Pris, IGN, 1980. Feuille Bujumbura SA-35-XXIV-1d

Les zones plus concernées par ce phénomène regroupent la partie Ouest de la commune Bwiza entre la 6^{ème} et la 8^{ème} avenue, la bonne partie occidentale de la commune Buyenzi près de la rivière Ntawangwa, le quartier Industriel et Kigobe Nord ainsi que dans la partie basse de la commune Ngagara et autour de la confluence de la Nyabagere et la Kinyankonge.

CHAPITRE III : LES FACTEURS D'AMPLIFICATION DES INONDATIONS

L'amplification des inondations qui s'abattent sur la plaine de Bujumbura ne s'explique pas uniquement par les conditions pluviométriques exceptionnelles, mais plutôt ce sont de plusieurs facteurs (naturels et anthropiques) qui entrent en jeu pour l'explication de l'aggravation de cet aléa.

1. Facteurs naturels

1. 1. Les conditions pluviométriques

Les conditions pluviométriques expliquent valablement les inondations dans un lieu donné par son intensité d'averse à laquelle s'ajoute les autres facteurs naturels comme facteurs géologiques et topographiques.

Même si la plaine de Bujumbura est incluse dans la région la moins arrosée du Burundi, le caractère de la période pluviale est tel que les précipitations se concentrent sur un temps relativement court, des fois accompagnées de nombreux orages qui provoquent par conséquent les inondations. En cas de très fortes averses qui s'abattent sur les différents quartiers regroupant notre zone d'étude où les équipements d'assainissement sont incapables de les contenir, les débordements des eaux envahissent soit les habitations soit les entreprises et divers bâtiments. Ce sont donc des averses qui tombent sur une zone présentant plusieurs problèmes d'assainissement tels que l'absence d'entretien et de curage des collecteurs qui entraînent une obstruction ou bouchage accru des buses et bloque même l'écoulement des eaux pluviales.



**Photo 5: Submersion du bâtiment abritant la SOCABU (Cliché SINDAYIHEBURA. B,
14 janvier 2009**

La photo5 montre combien le centre ville plus précisément le long de l'avenue de l'amitié près de la société d'assurance SOCABU a subi des inondations répétitive au cours des années 2009 et 2010 et qui sont imputable à la mauvaise conception des ouvrages de drainage.

En plus des caniveaux et collecteurs mal entretenus, s'ajoute aussi la position topographiquement bas. Le même jour, le même phénomène s'est produit aux environs du marché central qui, lors des averses de 2009 a occasionné le débordement des eaux de ruissellement qui s'est transformé en un véritable lac (photo 6). Les équipements et certains ouvrages étaient sous l'eau (Photo 6).



**Photo 6: Hauteur de submersion est d'environ 50cm près de la Poste de Bujumbura
(Cliché SINDAYIHEBURA. B, 12 janvier 2009)**

1. 2. Une pulsion plus humide

Si la moyenne des précipitations connaît un contraste, la période la plus humide se traduit par une augmentation de la torrencialité. Aujourd'hui, les différentes rivières traversant la ville de Bujumbura ne conviennent plus pour un organisme à régime torrentiel connaissant des crues violentes avec un fort débit. L'augmentation des précipitations peut également entraîner une augmentation des processus érosifs et des mouvements de masse. Il en découle alors une modification des caractéristiques morpho dynamiques des organismes fluviaux nette depuis quelques années avec la transformation des profils longitudinaux et transversaux. S'il y a augmentation de charge alluviale, le système fluvial passe à un style tresser. La profondeur diminue, le lit s'élargit, l'érosion latérale est importante lors des averses. La photo suivante fournit la meilleure illustration.



Photo 7: Inondation accentuée par les crues de la Ntakangwa et par le ruissellement urbain sur l'Avenue Ntakangwa (Cliché SINDAYIHEBURA. B, janvier 2009)

Cette masse d'eau qu'on observe (photo7) est amplifiée par un volume important d'eau provenant des crues de la Ntakangwa suite à un élargissement du lit causé par un alluvionnement de grande envergure, ce qui se traduit par le déversement de l'eau sur l'Avenue Ntakangwa.

L'alluvionnement et exhaussement des lits dans la plaine s'accompagnent d'une diminution de la capacité d'écoulement et accélèrent les inondations tandis qu'une sédimentation accrue menace les zones en aval par le débordement des eaux. Parallèlement, l'élévation du niveau provoque une modification du profil d'équilibre des rivières qui y passent, le constat de ce qui se produit est remarquable sur la photo précédente.

En même temps, on observe à une élévation de la nappe phréatique qui conduit à l'inondation des zones topographiquement déprimées. Les effets de cette pulsation climatique sont d'autant plus importants qu'ils se produisent sur un milieu fragilisé par les actions anthropiques.



Photo 8: Inondation amplifiée par la saturation de la Nappe phréatique et par mauvais dimensionnement des exutoires sur l'Avenue Ntakangwa (Cliché SINDAYTHEBURA. B, 12 janvier 2009)

Au fur et à mesure que la pluie tombe, l'eau issue des précipitations alimente de façon considérable la nappe phréatique en fonction de l'intensité des averses, une fois le niveau de la nappe tend à sa saturation, l'eau de pluie apparaît à la surface de façon inquiétante au cas où la pluie tombe intensivement. La position topographiquement basse joue aussi un rôle important. Les inondations sont les plus dramatique comme on l'observe sur cette photo ci-haut du quartier asiatique (à la jonction avec la commune Buyenzi sur l'Avenue Ntakangwa).

1. 3. Les conditions topographiques

Les prédispositions morphologiques du milieu urbain et ses environs ne favorisent pas la protection des risques de débordement des eaux pluviales et celles de ruissellement.

Comme nous l'avons déjà signalé dans les chapitres précédents, la ville de Bujumbura est construite sur une zone de vaste plaine avec une faible pente (inférieur à 20%, figure5) surplombée par des escarpements en pleine exploitation agricole. Cette disposition topographique favorise une convergence rapide des eaux vers les localités de la ville située en contre bas.

Cela explique les causes réelles des inondations répétitives et des problèmes de la stagnation des eaux surtout dans les petites dépressions fermées identifiables sur la carte des pentes (figure 5)

1. 4. Les conditions géologiques

Par les facteurs géologiques, on s'intéresse à l'étude lithologique qui nous indique sur la nature des roches, constituants la formation géologique de la zone urbaine de Bujumbura. Les terrains sur lesquels s'étale la ville sont constitués essentiellement par des sédiments alluvionnaires et fluviaux lacustres récents (figure 2) dont l'évolution a permis de donner naissance au sol argileux plus ou moins perméables, jouant ainsi en bas le coefficient d'infiltration. Cette dernière étant compromise par la présence d'horizons argileux lourds moins perméables sur tous les profils de submersion des habitations, et d'autres bâtiments n'est pour autant écarté.

2. Les facteurs anthropiques

L'action anthropique sur le milieu naturel entraîne une modification de l'occupation des sols ayant pour effet de modifier les différents types d'écoulement des eaux de ruissellement. Parmi ces actions, la diminution progressive des espaces végétalisés occupe une place importante dans l'amplification du débordement des eaux pluviales dans les différents endroits des communes urbaines densément peuplés, car la destruction du couvert végétal en amont (Gihosha rural, Sororezo, Mugoboka etc...) est responsable d'une augmentation du débit de pointe, d'un accroissement du volume des inondations par conséquent, et la diminution du temps de réponse. L'action de l'homme sur le milieu naturel joue un rôle certain pour l'amplification des inondations et se fait de plusieurs manières.

2. 1. Expansion urbaine

Le développement urbain et économique constitue l'un des principaux facteurs qui aggravent les inondations en augmentant la vulnérabilité. De plus, les aménagements comme le réseau routier, les infrastructures et diverses activités urbanistiques modifient sensiblement les conditions normales d'écoulement. C'est pourquoi dans l'aménagement urbain, il est recommandé d'intégrer plusieurs intervenants. *« L'aménagement urbain devrait faire intégrer dans ses programmes des techniques de régularisation des débits d'eau de*

ruissellement. »¹⁶. L'accroissement des surfaces imperméables (toitures, voiries goudronnées, pavées, parkings,...) réduit l'infiltration alimentant la nappe phréatique, surcharge le réseau d'égouttage et augmente la vitesse d'écoulement des eaux de ruissellent multipliant ainsi les risques d'inondations. Il arrive même qu'en cas de forte pluie, les voiries comme le boulevard du 28 novembre et de l'UPRONA se transforment en véritable rivières artificielles provoquant ainsi des dégâts en aval. Ces dégâts s'observent généralement au centre ville, plus particulièrement sur le boulevard du peuple Murundi, Avenu de l'amitié ainsi que l'avenue de la mission (figure 12) où le boulevard Patrice Lumumba et chaussée du peuple Murundi se heurtent à un débordement inquiétant en un temps relativement court.



Photo 9: Dégradation de la voie d'accès après l'inondation (cliché SINDAYTHEBURA. B, 12 avril 2009)

On observe un débordement inquiétant au cours d'une forte averse du 14Avril 2009 où l'avenue de l'amitié est devenu impraticable provoquant même la dégradation progressive de cet axe de communication comme on le constate à la décrue. Cela s'explique par le fait que la ville continue à s'étendre dans la partie de l'Ouest vers l'Est du centre urbain de Bujumbura sans toute fois étendre le réseau d'assainissement ou tout au moins entretenir correctement et régulièrement le réseau d'assainissement existant.

¹⁶ <http://www.senat.fr> Rapport parlementaires de la France

2. 2. Défi d'aménagement

La mauvaise conception des ouvrages de drainage pluvial, surtout au point de passage busé sous- dimensionné occasionnent pendant les fortes averses, des débordements d'eaux dont les conséquences sont très désastreuses, « *Les ouvrages conventionnels de drainage nécessitent une maintenance coûteuse qui n'est, la plus part du temps, pas assuré régulièrement par manque d'organisation et de moyen au niveau des services techniques municipaux.* »¹⁵

Les services techniques municipaux de Bujumbura se heurtent à ce problème d'un manque de moyen suffisant et adéquat pour assainir le milieu urbain. Ils ont également le problème des busés bouchés suite à un excès du débit des eaux de ruissellement qui sont souvent boueuse accélérant ainsi la divagation des eaux dans les habitations et diverses infrastructures. Les dégâts observés s'expliquent par l'extension de la ville qui devrait normalement être suivi par l'augmentation de la capacité du réseau d'assainissement qui malheureusement n'a pas eu lieu : « *Les effets d'assainissement pluvial inadéquat se traduit le plus souvent par des conséquences sur la vie humaine ou sur le cadre de vie urbain.* »¹⁶ La forte extension des espaces urbanisés qui ne va pas de paire avec l'augmentation du réseau d'assainissement accélère donc l'imperméabilisation des sols. Par conséquent les différentes localités de la ville de Bujumbura comme le centre ville, quartier Asiatique, Buyenzi, industriel...., subissent des submersions d'eaux en cas de forte précipitation. La maîtrise de l'eau dans ces endroits restent jusqu'aujourd'hui un déficit et les explications sont telles que l'insuffisance des moyens techniques et l'insuffisance de ressources humaines de la part de la mairie alors que « *Le pouvoir dispose des ressources (argents, techniques, personnel), mai c'est à la communauté d'exercer une influence suffisante pour que ces ressources soient mises au service de la cause qu'elle défend.*»¹⁷ C'est pourquoi une campagne de sensibilisation de la population d'une part et des responsables des services publics d'autre part, s'avèrent nécessaire pour que tous les concernés s'engagent activement à conjuguer leurs efforts afin de réduire les dommages et de veiller, à chacun ce qui le concerne, à la préservation du milieu sain.

¹⁷ MOREL DE L'HUISSIER A, 1998. *La ville africaine ; communication ; CERGRENE ? Communauté interafricain d'étude Hydrauliques*, Paris, p.133

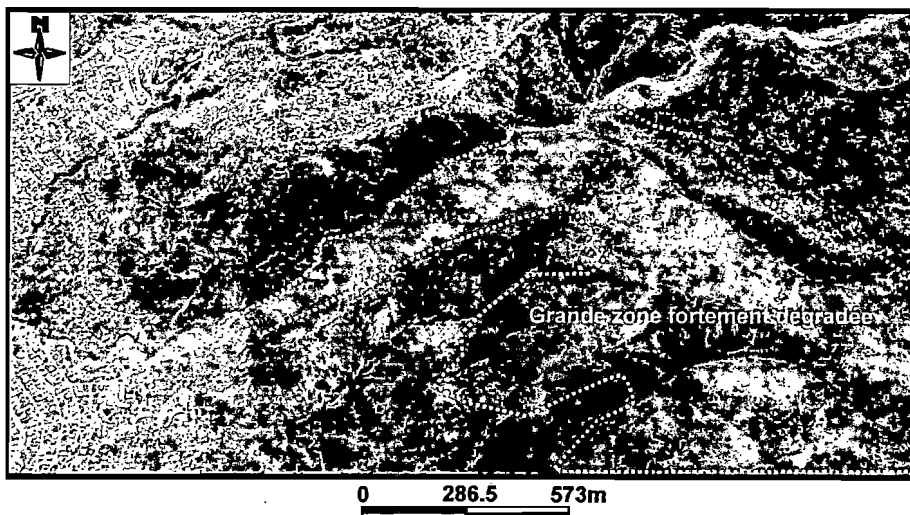
¹⁸ Ibidem.

¹⁹NDUWAYEZU Eric, *Op.cit.*, p.32

2. 3. Pratiques culturelles sur les versants périurbains

Sur les escarpements des Mirwa surplombant la capitale Bujumbura, la population rurale nombreuse développe de plus en plus une agriculture de subsistance qui a éliminé le couvert végétal d'altitude. Ces agriculteurs travaillent sur de petites parcelles et surtout sur des pentes très fortes, longues et régulières jusqu'à l'épuisement des sols. Leur pratique de supprimer les haies dans le souci d'augmenter des surfaces cultivables et qui assurent ainsi une manœuvre plus aiguisée des pratiques agricoles provoquent l'accélération des risques d'inondation du fait que les haies assuraient une fonction de ralentissement d'écoulement d'eau dans le sol via les racines des plantes qui les composent. Cette pratique culturelle va de paire avec la suppression d'arbres et surtout de grande surface boisée qui par voie de conséquence assure l'augmentation de la fréquence des submersions dans la plaine et cela pendant la période pluvieuse car les récoltes interviennent avant les pluies de septembre – octobre, laissant ainsi le sol sans protection qui accentue l'érosion hydrique. Dès que le tissu végétal disparaît, les sols déjà sans protection sont soumis à l'érosion laminaire et aux ravinements. En bordure de ces zones dégradées, se développent les processus morphogénétiques préparant les glissements de terrain. Ces pratiques culturelles de zones périurbaines se font dans les endroits de sororezo, mugoboka, maramvya et gishingano amplifiant donc les phénomènes de submersion le long des rivières Ntakangwa, Muha et Nyabagere ainsi que dans les zones basses et dépressionnaires (figure 6).

Figure 6 : Zone périurbaine fortement dégradée par l'intensification de l'agriculture



Source : Image satellite GéoEye du 6/6/2012

L'intensification des activités anthropiques dans notre zone d'étude et dans la zone périurbaine, les conséquences sont très énormes, ils sont d'ordre économique et environnemental.

IIème PARTIE : IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES, SANITAIRES ET

BIOPHYSIQUES DES INONDATIONS

Ce chapitre qui traite des conséquences négatives liées à l'inondation s'inscrit dans une réflexion et observations menées depuis plus d'une année sur l'Etat des lieux, dans les rues (voies de communication), puis dans les différents bâtiments et ménages affectés par l'inondation. Le constat est que la construction dans ce milieu n'a pas été constituée en solitaire. Il constitue en effet l'élément essentiel de recherche au sein du milieu urbain de Bujumbura.

Ainsi, cela a mis en évidence le caractère récurrent des inondations, et l'attention particulière est accordée à celles qui se sont déroulées dans les cinq dernières années où on a observé des conséquences catastrophiques du point de vue matériels et humains, dont l'étendue sera grande du fait que la population qui se concentre de plus en plus dans la zone urbaine jusqu'à des endroits à haut risques avec des légères mécanismes de prévention, ce qui ne manqueront pas de se produire dans l'avenir.

CHAPITRE I : IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES ET SANITAIRES DES

INONDATIONS

Lorsque des fortes pluies tombent sur les espaces urbanisés, elles transforment les rues et les principaux collecteurs en un véritable torrent parce que leur cheminement normal a parfois été utilisé par le bâti ou divers aménagement : « *Si le régime d'infiltration est inférieur à l'apport d'eau pluviale, une fraction de celle-ci plus ou moins importante, ruisselle à la surface du sol selon deux types essentiels de processus : en écoulement généralisé sur une vaste superficie (film ou nappe) ou en écoulement concentré et linéaire* »¹⁸.

De gros écoulements se produisent en cas d'importantes averses, lesquels écoulements provoquent ou aggravent les inondations surtout dans les quartiers de l'Ouest ou centre Ouest de la capitale Bujumbura à savoir Buyenzi et le quartier industriel qui sont fréquemment envahis par les eaux provenant respectivement des quartiers Nyakabiga, Bwiza et Ngagara-Gihosha qui sont imperméabilisés par le bâti et les voies de circulation (routes macadamisés ou pavées).

En effet, « *une grande partie de la surface urbanisée devient imperméabilisée, ce qui réduit les possibilités d'infiltration et favorise l'importance et la rapidité du ruissellement lors des averses* »¹⁹. L'amplification de l'écoulement est liée au fait que la ville de Bujumbura ne dispose pas toujours de deux réseaux d'évacuation : l'un pour les eaux domestiques et l'autre pour les eaux pluviales. En cas des gros apports des secondes et en l'absence de réseau séparatif, les égouts peuvent déborder et se déverse dans les ménages ou autres bâtiments, qui ne parviennent pas à contenir et à gérer l'ensemble de la masse d'eau qui les atteint, produisant ainsi des inondations qui font beaucoup de dommages lesquels entraînent de grandes pertes. Les dégâts provoqués par les inondations sont en grande partie de deux ordres à savoir:

- ▶ les dégâts matériels
- ▶ les dégâts humains

¹⁸ RIOU, G, 2004. *L'eau et les sols dans les géo systèmes tropicaux*, p.202

¹⁹ DAVIS William, *l'entretien des canaux de drainage à ciel ouvert*, Agence Américaine pour le développement International

1. Les dégâts matériels

Les inondations font d'énormes dommages ayant des valeurs très importantes. Lorsque les inondations se produisent, les constructions comme les ponts, routes, habitations, magasins, etc... sont dégradés et parfois même dévastés ou ravagés par le débordement des eaux.

Les maisons inondées ne facilitent pas la vie des habitants, d'autant plus que même l'approvisionnement en produits de première nécessité est pratiquement difficile voir impossible car les voies de communications (routes) sont impraticables, les habitations deviennent inaccessibles après les inondations (photo10)



Photo10: Inaccessibilité dans les habitations au quartier industriel (Cliché SABUSHIMIKE.J.M, 2009)

Les habitations qui sont touchés par cet aléa d'inondation doivent être évacués à partir de la surface submergée jusqu'à la décrue. Cela arrive souvent dans la plaine de Bujumbura. L'exemple le plus récent est celui qui est arrivé aux quartiers industriel et Sabe tous de la commune urbaine de Ngagara au cours de l'année 2010 où plusieurs ménages ont été détruits et la population de cette localité a passé plusieurs jours à la belle étoile dans les environs de la zone sinistrée.

Les habitations sont devenues inhabitables pendant plusieurs jours et nécessitaient des travaux de réfections. De plus, ces inondations touchent toutes les catégories de vie socio-professionnelles y compris les petits commerçants. Ils ont du mal à relancer leurs activités car en plus des maisons sinistrées et des pertes financières pendant la période de submersion, les matériaux sont souvent hors usage et certains produits sont pourris. La plus part de ces dommages sont en grande partie matériel mais ces dégâts peuvent entraîner aussi des traumatismes chez certaines personnes qui assistent impuissamment à la destruction de leurs biens personnels qui ont des valeurs sentimentales et qui n'ont pas été évacués. Le tableau ci-après fournit les effectifs des maisons et écoles détruites dans notre zone d'étude

Tableau 2 : Evaluation des dégâts en 2006

Dégâts Communes	Maisons détruites	Ecoles détruites	Décès	Infrastructures détruites
Rohero	00	00	00	00
Bwiza	20	01	1	1
Buyenzi	97	00	00	00
Nyakabiga	02	00	00	00
Ngagara	102	00	00	00
Gihosha	125	00	00	00
Total	346	01	00	01

Source : Rapport d'évaluation des risques naturels par la protection civil, 2006

Compte tenu des résultats de ce tableau, la même année les dégâts ont été énormes 346 maisons détruites, allant jusqu'à emporter une vie humaine dans cette zone d'étude en 2006(Tableau2)

Si rien n'est fait les dégâts seront plus importants que ça, d'autant plus que les facteurs d'amplification de cet aléa n'ont pas encore atténués.

Figure 7 : Types de routes, caniveaux, collecteurs et buses à réaménager



Source : Réalisation par l'auteur à partir de la carte de **geographic system information (GIS)** de l'ONUB

En plus des pertes énormes individuelles causées par les inondations, on dénombre pas mal d'infrastructures économiques publiques qui se dégradent : les ponts qui s'effondrent

(photo11), les bâtiments publics qui sont débordés par l'eau de ruissellement, les axes de circulations qui deviennent impraticables (photo3) etc.....

L'impraticabilité ou le dysfonctionnement de ces différentes infrastructures publiques est généralement causé par le débordement des eaux de ruissellement. Etant donné que « *le milieu urbain de Bujumbura est un domaine favorable au ruissellement, lequel est largement dépendant de l'imperméabilisation du sol par le bâti, les revêtements divers les modes d'aménagements incessants de surfaces. Ce phénomène est d'autant plus sensible que les pluies sont intenses et que les capacités d'évacuations sont limitées ou déficientes comme c'est le cas dans les pays tropicaux.* »²⁰

Dans ces derniers temps, lorsque des pluies torrentielles s'abattent sur le milieu urbain de Bujumbura et ses environs, les premières conséquences sont remarquables sur les axes de circulations qui deviennent difficilement praticables. Les axes routiers qui sont régulièrement soumis à des débordements des eaux de ruissellement sont :

L'avenue de la mission qui avant les récentes réhabilitations en juin 2011 était dans un état précaire. Une année après c'est plus grave qu'avant, la même situation se retrouve sur l'avenue de l'amitié. Pour celle-ci, l'endroit le plus sensible est celui qui se trouve en face de la SOCABU, les débordements d'eaux de ruissellement qui dégradent les voies routières n'épargnent pas celles qui sont des fois réhabilitées, on citerait la chaussée du peuple Murundi en face de la banque de crédit de Bujumbura (B.C.B), le Boulevard du premier novembre, le boulevard de la Tanzanie, etc....

Suite à l'encaissement d'une si importante masse flaque d'eau, et sur une si large surface, ces routes présentent une image que l'on peut facilement confondre à un véritable lac de retenue pendant la période de submersion. Les axes se dégradent progressivement jusqu'à ce que la couche superficielle du goudron s'enlève. L'exemple est celui de l'avenue du 13 Novembre au centre ville. En plus des axes de circulation qui se dégradent du jour le jour, on remarque aussi des ponts qui sont sous les menaces permanentes des eaux pluviales.

De fortes averses observées au cours du premier trimestre de l'an 2010 ont occasionné l'effondrement du pont Nyabagere qui reliait la commune urbaine de Cibitoke à celle de Ngagara et au mois de novembre 2010 s'est effondré également le pont Muha sur l'avenue du Large. Pourtant la réhabilitation est exprimée en termes de milliard de nos francs.

²⁰ SINDAYIHEBURA, Bernard, 2005. *De l'imbo au Mirwa, Dynamique de l'occupation du sol et risques naturels Dans la région de Bujumbura*, Thèse de Doctorat, Toulouse, p.218.



Photo11: Destruction du pont Muha suite à l'action de pluie (Cliché: Journal IWACU, 2010)

A la même occasion, l'aéroport international de Bujumbura a subi des menaces intensives au débordement des eaux de la Mutimbuzi. Le trafic aérien a été arrêté. Une grande partie de l'Aéroport International de Bujumbura a été inondée y compris quelques une de ses installations (les antennes gonio, les localisateurs, le balisage sous forme de lampe).

Tous les équipement de guidage d'avion et de télécommunication étaient menacés.



Photo12: Paralysie de circulation à l'Aéroport International de Bujumbura (Cliché SINDAYIHEBURA le 10 Janv2010)

Quant aux immeubles publics qui ont été frappés par le débordement des eaux de ruissellement, nous citeront l'exemple du bâtiment abritant le ministère de la fonction publique où en 2003, « *le 10 avril 2003, une pluie torrentielle accompagnée d'un vent violent s'est abattue sur la ville provoquant des dégâts dans quelques quartiers. Le ruissellement s'est étendu à des larges secteurs de la ville, mais c'est à Rohero que l'impact a été le plus fort notamment au ministère de la fonction publique où les dégâts ont été énormes, endommageant plus de 20.000 dossiers.* »²¹

La liste des dommages associés par les inondations est loin d'être exhaustive. Dans ce travail nous avons dégagé quelques localités régulièrement menacées par cet aléa.

2. Les dommages humains

En cas d'aléa d'inondation, beaucoup de personnes ont du mal à gérer de tel événement malheureux. Les dégâts peuvent être très élevés jusqu'à la noyade, car « *au début de l'année 2010, deux personnes ont été emportées par des torrents issues des fortes pluies qui étaient accompagnées d'un vent violent.* »²²

²¹ SINDAYIHEBURA Bernard, *Op. cit.*, p.218.

²² Le renouveau du Burundi, janvier 2010.

Lors des inondations de grande ampleur, les débits peuvent être si violant que les murs des maisons s'effondrent, le cas le plus illustratif est celui de la commune Bwiza. « *A la 8^{ème} avenue où les murs d'une maison ont été défoncés par les débits exceptionnels d'eau de ruissellement et une personne y a laissé la vie.* »²³ Pareil cas s'est présenté dans le quartier de Kigobe où les voitures ont été bloquées. Le passage était quasiment impossibles à cause de la hauteur d'eau et elle a emporté ou détruit tous ce qui était à son passage.

2.1. Les dommages sur la santé humaine

Les conséquences des inondations sur la santé humaine sont considérables, complexes et difficiles à imputer aux inondations elles-mêmes.

Il existe très peu de bases factuelles prouvant les effets sanitaires de tel événement. Néanmoins, des traumatismes psychologiques liés au processus de restauration ou par répercussions des dégâts causés aux activités génératrices de revenus y compris le déplacement de la population qui quitte leur logement inondé vers d'autres hébergements temporaire souvent difficile à trouver ne manquerait pas de porter préjudice aux personnes touchées par cet aléa. A ce moment les victimes paniquent et ont tendance à chercher les coupables, faisant ainsi la preuve de leur impuissance. Cette attitude de déresponsabilisation a des répercussions négatives et sur les personnes en situation de crise et sur les services d'intervention car cela n'améliore aucunement la situation.

« *En situation extrême, c'est à ce moment que se perd la focalisation sue l'essentiel et qu'une crise mal maîtrisée se complexifie : on assiste à la naissance d'une crise en crise.* »²⁴ Si des inondations se présentent et que des mesures de gestion communes ne sont pas pris à temps par tous les concernés, la situation de crise s'empire d'avantage car en plus des traumatismes et d'autres dommages connexes à savoir les maladies diarrhéiques ou de mains sales comme le choléra, la dysenterie bacillaire, les vers intestinaux, et le paludisme affectent les victimes des inondations par un manque client d'hygiène suffisant. Cela s'est observé dans les communes de Buyenzi, Bwiza, Buterere et Ngagara plus précisément dans le quartier Sabe.

2.1.1. Le Paludisme simple confirmé

Le paludisme simple confirmé est une maladie des régions tropicales mais qui peut sévir au-delà des tropiques. C'est une maladie qui jusqu'aujourd'hui constitue un grand fléau de la

²³ Ibidem.

²⁴ SIMONE, E ; OLIVIER, V, 2006. *Gestion de crise, la réponse de l'entreprise* ; E F E, p.136

santé publique non seulement au Burundi mais aussi à travers le monde, « *plus d'un milliard de personnes en sont affectées et plus d'un million meurt chaque année* »²⁵. La situation géographique des localités d'inondation dont les conditions naturelles est favorable au développement des moustiques auxquels vient s'ajouter les milieux propices à la création des gîtes larvaires, en constitue un lieu très sensible et sous la menace permanente du paludisme. Il est important de souligner que les différents habitants et autres mécanisme de lutte contre le paludisme restent en générale moins utilisés. Selon les données fournies par la D.P.S.P en Mairie de Bujumbura, (Tableau 3), le constat est que le paludisme simple confirmé occupe une place de choix. C'est une maladie qui est responsable des morbidités très élevée et cause également le décès de plusieurs vies humaines. Elle est liée à la dégradation de l'environnement d'une part et à un mauvais assainissement urbain d'autre part.

2. 1. 2. La diarrhée des enfants de moins de 5 ans

La forte morbidité signalée dans les différents endroits en fait des pathologies les plus fréquents dans les différentes localités de la ville de Bujumbura. Ce qui réduit fortement la productivité de la population urbaine suite aux dépenses énormes utilisées pour les soins de santé malgré les « *gratuités de soins de santé des enfants de moins de 5ans* » mais aussi on observe des paralysies des activités quotidiennes. La diarrhée des enfants de moins de 5ans est la deuxième maladie après le paludisme qui cause beaucoup de préjudice (Tableau 3). Elle est fréquemment observée pendant les mois qui précèdent les fortes pluies. La transmission se fait par des contacts sains, infectés, des mains, des aliments, de mouches de l'eau, etc....

2. 1. 3. La dysenterie bacillaire

A chaque passage d'aléa d'inondation, toujours la dysenterie bacillaire va de pair avec cet événement: « *La dysenterie bacillaire diffère du choléra par ses infections aiguës qui affectent surtout les gros intestins. Cette maladie se caractérise par une diarrhée accompagnée de fièvre, de vomissement, de crampes et de ténésmes avec des selles sanguines lentes dans les cas graves. Dans les autres cas les selles sont couvertes de mucus ou du pus provenant des micro abcès confluents causé par le micro-organisme* »²⁶

²⁵ O M S, 2006. *Vingtième rapport sur la situation actuelle du paludisme dans le monde.*

²⁶ Site internet. WWW. Futura-sciences.com/comprendre/g/définition-choléra-3142php.mise à jours 23 Aout2009

2. 1. 4. Le choléra

Le choléra d'abord est « *une maladie intestinale, infectieuse aigue et grave caractérisée par un débit brusque avec vomissement, diarrhée aqueuse, profuse, riziforme et afecale. Cette diarrhée provoque une déshydratation rapide et grave, puis d'une calla pus circulatoire et la mort en quelques heures chez les malades non traités ou traités en peu tardivement* »²⁷ le choléra fait partie des maladies les plus dangereuses dans les milieux inondables.

Tableau 3 : La morbidité dans les centres de santé des communes « centre » en 2009

Mois Maladies	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	Total
Paludisme confirmé	2401	3325	2879	3416	3077	1849	2001	2262	1752	2745	2368	2213	30288
Diarrhée<5 ans	255	308	349	507	360	289	489	679	419	710	550	526	5441
Dysenterie bacillaire	7						33	13	41		29		116
Choléra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Source : Réalisation personnelles à partir des données de la D.P.S.P

Compte tenu des résultats de ce tableau ci haut mentionné, on remarque que pour le cas du paludisme simple confirmé, le taux de morbidité dans les centres de santé de la zone d'étude croit avec l'augmentation de la pluviométrie (Tableau3 et Annexe 2). En comparant le diagramme pluviométrique, les mois de forte pluviométrie coïncident avec les taux de morbidité élevé (qui va de 2745 à plus de 3400), il s'agit de la période couvrant les mois d'octobre à avril. Concernant le reste des maladies, en fonction de l'intensité pluviométrique, ces maladies suivent les fortes pluies diluviennes mais leurs symptômes apparaissent avec un léger retard par rapport au paludisme.

Soulignons que la dysenterie bacillaire et le choléra sont des maladies sous surveillance et les rapports sur leur morbidité ne sont pas disponible, signalons également que les rapports du taux de morbidité issu des hôpitaux de la zone d'étude n'est pas disponible ni à l'EPISTAT ni à la DPSP en Mairie de Bujumbura.

²⁷ Ibidem

Pour réduire cette forte morbidité causée par ces différentes maladies, il faut que la situation d'assainissement collectif et individuel ainsi que les conditions d'hygiène soient améliorées. Si non les conséquences tant humaines que matérielles vont continuer à se présenter dans notre zone d'étude. En cas d'inondation les dégâts enregistrés sont soit physiques, soit Humains.

CHAPITRE II: IMPACT BIOPHYSIQUE

1. Changement du milieu humain

Les inondations, dans la plupart des pays tropicaux constituent des problèmes majeurs surtout dans les pays de forte pluviométrie. En effet, des causes climatiques, topographiques (morphologique), et humains expliquent l'amplification de ce phénomène.

Au Burundi, des épisodes pluvieux exceptionnels sur le bassin versant de la Ntakangwa et Muha par exemple provoquent régulièrement des débordements de ces rivières et leurs affluents ainsi que les eaux de ruissellement de surface dans les plaines qui reçoivent elles même des précipitations non moins négligeables. Etant donné que « *les inondations sont des phénomènes naturels liés à des événements climatiques particuliers combinés à une configuration morphologique et géologique de plaines sensible à l'inondation* »²⁸. Brièvement il s'agit d'une plaine alluviale avec une très faible altitude mais qui est très peuplée.

Dans plusieurs zones visitées, le débordement des eaux des rivières ou des eaux de ruissellement modifie le paysage de façon invraisemblable. Certains endroits sont vides de tout occupant, d'autres changent d'aspect par des dépôts sédimentaires mis en place lors d'un débordement des eaux pluviales.

Au début de l'un 2010, la plus part des endroits de la commune urbaine de Ngagara plus précisément dans le quartier Sabe a été une meilleur illustration, au lieu que cette localité habituellement occupée par des habitations, cette dernière s'est transformée en un désert humain en ce sens que la population de cet endroit s'est déplacée pour aller chercher leur hébergement ailleurs où les inondations n'étaient pas encore signalées.

2. Modification de l'aspect physique

A l'instar d'une modification du paysage du point de vue humain, les inondations assurent un changement complet de l'aspect morphologique du paysage initialement mis en place.

L'action la plus active dans la modification du paysage s'observe clairement sur les berges des rivières Ntakangwa, Muha et Nyabagere. Les crues peuvent éroder les berges concaves et alluvionner les berges convexes. L'érosion des berges occasionnent des divagations de lits, de recouplements des méandres, le déclenchement des mouvements de terrains sur certains

²⁸ PNUD, 2009. *Rapport d'évaluation des risques Naturels*, p.2

versants minés en pied. Des couches plus ou moins épaisses de limon se déposent sur les zones longtemps inondées, c'est ce qui est observable à Buyenzi vers la 25^{ème} avenue. L'alluvionnement progressif des abords construit des levés latéraux allant jusqu'à l'exhaussement du lit au dessus de certaines plaines, puis provoquer de très graves inondations en cas de rupture lors d'une crue suivante. C'est ce qui arrive souvent dans plusieurs points le long de la rivière Ntakangwa et Muha. Tout près du quartier industriel, n'eut été les travaux de curage (exploitation du gravier et du sable) qui malheureusement sont effectués de façon anarchique, les dégâts seraient énormes.

Les déplacements de lit pour remblayer les plates formes sont des opérations très risquées, malheureusement très fréquent sur les cours d'eau en cas de forte torrencialité dont la puissance de crue peut être très grande.

« En une ou deux heures du passage de l'onde du crue, les enrochements de défenses sont souvent déplacés ou contournés et le lit peut facilement reprendre sa place après avoir tout saccagé, non seulement sur la plate forme mais aussi loin de l'aval »²⁹

A la suite du passage de cet aléa, issu des phénomènes parfaitement naturels en milieu de Bujumbura, différents endroits ont subis de modifications. Ces crues quelques soit leurs intensité, elles ne sont redoutables que là où des hommes sont installés c'est pourquoi actuellement les effets de crue des rivières traversant la ville de Bujumbura sont redoutables et révèlent des menaces permanentes et sérieuses sur les ouvrages riverains. Il s'agit des maisons de la commune Nyakabiga et de Kigobe (photo 13)

Or, le dynamisme morphologique des rives de ces rivières ne date pas d'aujourd'hui car les affouillements progressifs des pieds de berges entraînant ainsi l'écoulement de la totalité des berges occasionnent ainsi les dégâts sur les équipements riverains.

²⁹ <http://www.pdm-net.org/> :partenariat pour le développement durable



Photo 13: Menace des habitations riveraines de la Ntuhangwa suite à l'affouillement des berges (Cliché SABUSHIMIKE. J.Marie, 2009)

Cela n'a inquiété personne pour la simple raison que l'occupation du sol par les habitations n'était pas au stade où elle en est aujourd'hui. L'urbanisation jusque même dans les zones rouges (zones non constructibles) provoque et accentue les dégâts occasionnés par les crues des rivières traversant le milieu urbain de Bujumbura.

D'après PIERRE Martin « *Les aménagements et les ouvrages riverains peuvent ainsi être plus ou moins protégés. L'idéal serait de n'est pas avoir construit dans des zones inondables ou à proximité des berges instables et de déclarer inconstructibles celles qui sont encore inoccupées.* »³²

Le problème majeur est que les berges riveraines de la Ntuhangwa, versant véritablement instables qui devrait être protégé et stabilisé au moyen d'ouvrages de défenses disponibles (gabionnage, reboisement ...) abrite des maisons haut standing qui ont une valeur beaucoup plus élevée.

Certains ménages, pour évacuer les eaux de surfaces (ruissellement, cuisines,...) raccordent les caniveaux sur les rives de la Ntuhangwa, créant ainsi des ravinements progressifs et de

³² PIERRE Martin, *Op. cit.*, p.96.

grandes ampleur et amplifiant ainsi la vulnérabilité des berges et des bâtiments à bords et à proximité

Dans certains ménages des quartiers populaires comme Buyenzi, Bwiza,..., en plus que les eaux ménagères sont évacuées par des caniveaux des eaux pluviales auxquels elles se raccordent, il y en a ceux qui les déversent à la surface du sol, à l'intérieur des parcelles ou sur les voies publiques.

Ces eaux stagnent jusqu'à ce qu'on risque de les confondre à un lac de retenue comme on le constate sur la photo No10. En plus qu'elles modifient l'aspect initial du paysage, elles se transforment en eaux grises et qui constituent une menace sur la santé humaine parce qu'elles dégagent une odeur nauséabonde et abritant aussi des insectes vecteurs des maladies tropicales. Ce genre de stagnation des eaux se remarque surtout dans les différents endroits de la commune Buyenzi, tout le long de la Ntahangwa.

3. Impact des eaux de submersion sur le milieu naturel

Comme « *Le débordement des eaux pluviales lors des inondations qui se mélangent avec les eaux usées des ménages et d'origines diverses dans le milieu naturel cause un problème lié à la perturbation de l'équilibre écologique lorsqu'il s'agit de la zone faiblement alimentée par les cours d'eaux traversant la plaine.* »³¹ Il faut redouter des subsidences nutritives (phosphates et nitrates) qui conduisent à un foisonnement de la vie biologique qui a pour conséquence un appauvrissement brutal de la teneur en oxygène dissous et à l'apparition des phénomènes nocifs de l'eutrophisation. Toutes formes d'eaux de crues qui divaguent dans le milieu naturel sans toutefois mener des méthodes de protection ou de traitement engendrent des problèmes importants.

3. 1. Contamination physique

Les caractéristiques des eaux résiduaires peuvent altérer le milieu dans lequel elles se trouvent. Les trois principales altérations ci-après contaminent le milieu:

► la Turbidité tenant à la présence plus ou moins importante des matières en suspensions, d'origine minérale ou organique. Ces matières sédimentent rapidement surtout à l'aval et sont source d'envasement temporaire ou permanent susceptible de modifier le profil hydraulique ;

³¹ Centre des Nations Unies pour les établissements humains, *l'eau et environnement, le développement dans la perspective.*

- ▶ la tension superficielle associée à des produits tensioactifs (détergents essentiellement), leur dosage explique les causes des désagréments observés dans le milieu qui a connu la présence de ces eaux ;
- ▶ la couleur, la couleur liée à l'envahissement des eaux de ruissellement contenant soit des colorations des sols traversés, soit des rejets des composés chimiques salubres présentent une coloration marquée (effluent de teintures) ;

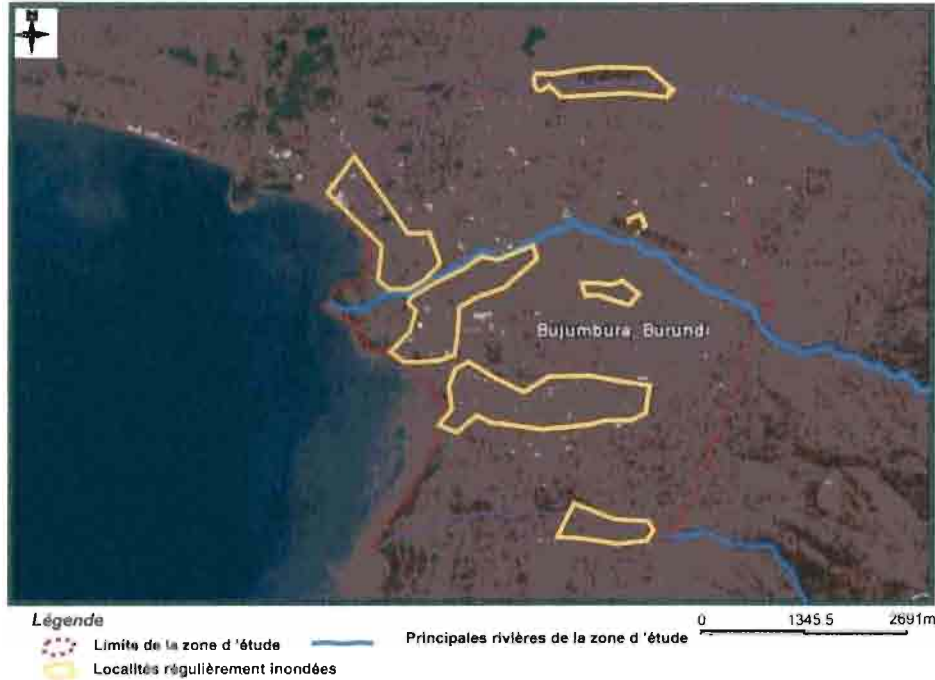
3.2. Contamination chimique

La plupart des polluants organiques se dégradent naturellement sous l'action des bactéries et sont de ce fait qualifiés de biodégradables. C'est ce processus de biodégradation ou de purification naturelle qui est risqué par la notion de « capacité assimilatrice » de l'environnement. C'est ainsi que l'on se préoccupe par la présence dans l'eau des micropolluants comme les détergents et les pesticides agricoles dont la conséquence est le risque encouru par l'homme lors de la consommation du poisson. Les substances nuisibles peuvent en effet être absorbées et concentrées en plusieurs étapes par les micro-organismes et les organismes aquatiques, provoquant ainsi un risque de toxicité accrue à l'extrémité de la chaîne de consommation où se trouve l'homme.

Les éléments nutritifs apportés par ces eaux traitées sous formes des sels minéraux : ammoniacaux, nitrates et phosphores ont pour effet de favoriser la croissance des plantes aquatiques. Des rejets d'huile et de pétrole qui ont pour effet de former une pellicule à la surface de l'eau, ce qui réduit le contact air-eau et freine la réoxygénation, donc l'épuration de l'eau. Les polluants non biodégradables sont absorbés par certaines plantes qui sont consommées par les êtres vivants. A chaque échelon de cette chaîne, la concentration des polluants augmente et finit par devenir dangereuse.

4. L'inondation, phénomène répétitif en milieu urbain de Bujumbura

Figure 8 : Carte de zones régulièrement inondées



Source : réalisation par l'auteur à partir de l'image satellitale, GeoEye 2011

La question essentielle qu'on peut se poser est de savoir pourquoi le retour sans cesse des inondations occasionnant ainsi des dégâts tant humains que matériels.

A ce niveau, c'est vrai que le caractère pluviométrique exceptionnel (pluies abondantes) joue un grand rôle dans le déclenchement de ce phénomène d'inondation. Néanmoins, malgré qu'on soit « *dans une phase de perturbation météorologique lié au réchauffement climatique causé par l'émission des gaz à effet de serre* »³² le constant est que le régime pluviométrique, bien qu'il ne soit pas statique, ne varie pas de façon à occasionner les dégâts de tel ampleur, raison pour laquelle, il sied de pointer à l'horizon afin de réduire les pertes estimé aujourd'hui à l'ordre de quelques millions de francs burundais.

En plus du caractère pluviométrique, l'enjeu majeur de la répétition et de l'accroissement des inondations en milieu urbain de Bujumbura est l'exploitation inconsidérée des espaces, qui accru les risques et les effets catastrophiques, l'homme qui s'est multiplié, a modifié de façon invraisemblable le milieu naturel par urbanisation souvent anarchique.

³² SABUSHIMIKE J.Marie, *Op. cit.*, p.4.

Si de tels cas se présentent, l'entretien est paralysé par « *le manque de ressources ou encore l'insuffisance du recouvrement des recettes laissent aux villes peu de moyens pour déboucher les caniveaux, reprofiler les routes, ramasser les ordures ménagères.* »³³

C'est pourquoi dans le cadre de l'amélioration des conditions de vie et l'aménagement des infrastructures, une série de recommandation s'avère nécessaire :

- entretenir la voirie et les réseaux divers dans les quartiers;
- créer les services d'inspection et de contrôle en matière d'entretien de la voirie et les réseaux divers;
- Protéger les ruisseaux et les rivières traversant le milieu urbain de Bujumbura;
- Rénover et réhabiliter complètement les voies en structure et en dimensions.

Pour venir au bout, il faut que tout en chacun participe activement pour une gestion rationnelle et concertée. Il faut que tout le monde soit informé jusqu'à ce qu'il soit motivé, persuadé et décide de vivre dans un milieu sain, protégé non seulement les aléas d'inondations mais aussi des autres risques naturels catastrophiques qui peuvent survenir.

4.1. Caractérisation hydrologique d'inondation

En mairie de Bujumbura, l'inondation se caractérise par de nombreux paramètres hydrométrique dont il est important de connaître au minimum les ordres de grandeurs une fois il est probable de se produire et c'est aussi nécessaire de mesurer quand elle se produit. Ce serait mieux de conserver les données des inondations antérieures car les archives ont en effets un rôle particulièrement important en matière d'étude des submersions, car ces études sont essentiellement probabilistes. Elles imposent donc la disposition de longues bases de données et les modèles mathématiques des annonces doivent être constamment ajustés.

4.1.1. La vitesse du courant

Dans les pays développés la vitesse instantanée de l'eau sur des profils en travers caractéristiques, se mesure au moyen d'appareil à effet doppler ou au moyen de moulinets, elle varie donc sensiblement sur une même section mouillée de sorte qu'il faut multiplier les mesures selon la largeur et la profondeur.

En général, les mesures se font uniquement au milieu d'un torrent ou d'une rivière car aux alentours ce n'est généralement de l'eau qui s'écoule, mais un boueux à forte viscosité assez

³³ NZUZI L, 1986. *L'urbanisation et aménagement en Afrique Noire*, Thèse, Université de paris IV, p.86

proche d'un coulé de boue. C'est ce qui s'observe aux alentours de la Ntakangwa et de la Muha ainsi que dans les différents caniveaux d'évacuation des eaux pluviales plus ou moins vastes. Cela se remarque à la décrue où on constate tout le long des gros caniveaux des dépôts des sédiments fins. Il est important aussi de signaler que même dans les pays avancés la vitesse des eaux de ruissellement ou les eaux de débordement ne se mesurent pas facilement car elles contiennent des éléments sédimentaires qui les rendent boueuse, et il n'y a pas d'instrument matériel qui peut résister.

4. 1. 2. La hauteur d'eau

La hauteur d'eau après le passage d'inondation se repère facilement sur le terrain sans qu'on utilise même d'autres appareils spécifiques, ces indices sont très faciles à observer juste après le passage (décrue) de cet aléa ou même longtemps après. Ces indices marquent sur les parois rocheuses et les maçonneries, tracés d'érosion ou de dépôts sur les rives temporaires, presque partout sur certains édifices des régions habitées ou des ponts à Bujumbura.

Dans les différents quartiers, la hauteur d'eaux d'inondation la plus importante s'élève aux environs d'un mètre. Elle est visiblement mesurée sur les murs des maisons et dans les collecteurs des eaux pluviales.

4. 1. 3. Le débit

Les débits sont connus suite à des calculs hydrométriques, et qui sont plus ou moins compliqués à partir des hauteurs et des vitesses mesurées en des endroits où les lits décrivent des profils en travers stables, topographiés, seuils rocheux, ponts, Après étalonnage, les mesures de hauteurs suffisent à y déterminer ces trois paramètres dont les valeurs permettent d'apprécier les intensités relatives des submersions. Les flaques de débits d'eau sont très étendues selon l'importance des averses et des cours traversant la capitale. Selon le rapport d'aménagement des rivières de l'Imbo, les débits des rivières traversant le milieu urbain de Bujumbura sont dans l'ordre : « *Ntakangwa, 125m³ /s, Muha 30 m³/s et Nyabagere 20 m³/s* »³⁴. Cela montre et justifie pourquoi près des rivières qui ont plus de débit présentent des inondations redoutables sur les milieux voisins. L'aggravation des inondations est liée aussi au défi d'intervention lors de la gestion et prévention des inondations.

³⁴ RIVUZIMANA J. Claude, *Op. cit.*, p.65.

CHAPITRE III : DEFI DE LA GESTION DES RISQUES D'INONDATION

Malgré toutes les précautions qui peuvent être prises en matière de prévention, la catastrophe peut se produire même dans les pays les plus développés. Lorsqu'une crise survient, elle devrait normalement être gérée de manière efficace. Il n'y a alors aucune place d'improvisation, d'autant plus que le comportement irrationnel ne l'emporte parfois sur la raison dans les situations extrêmes.

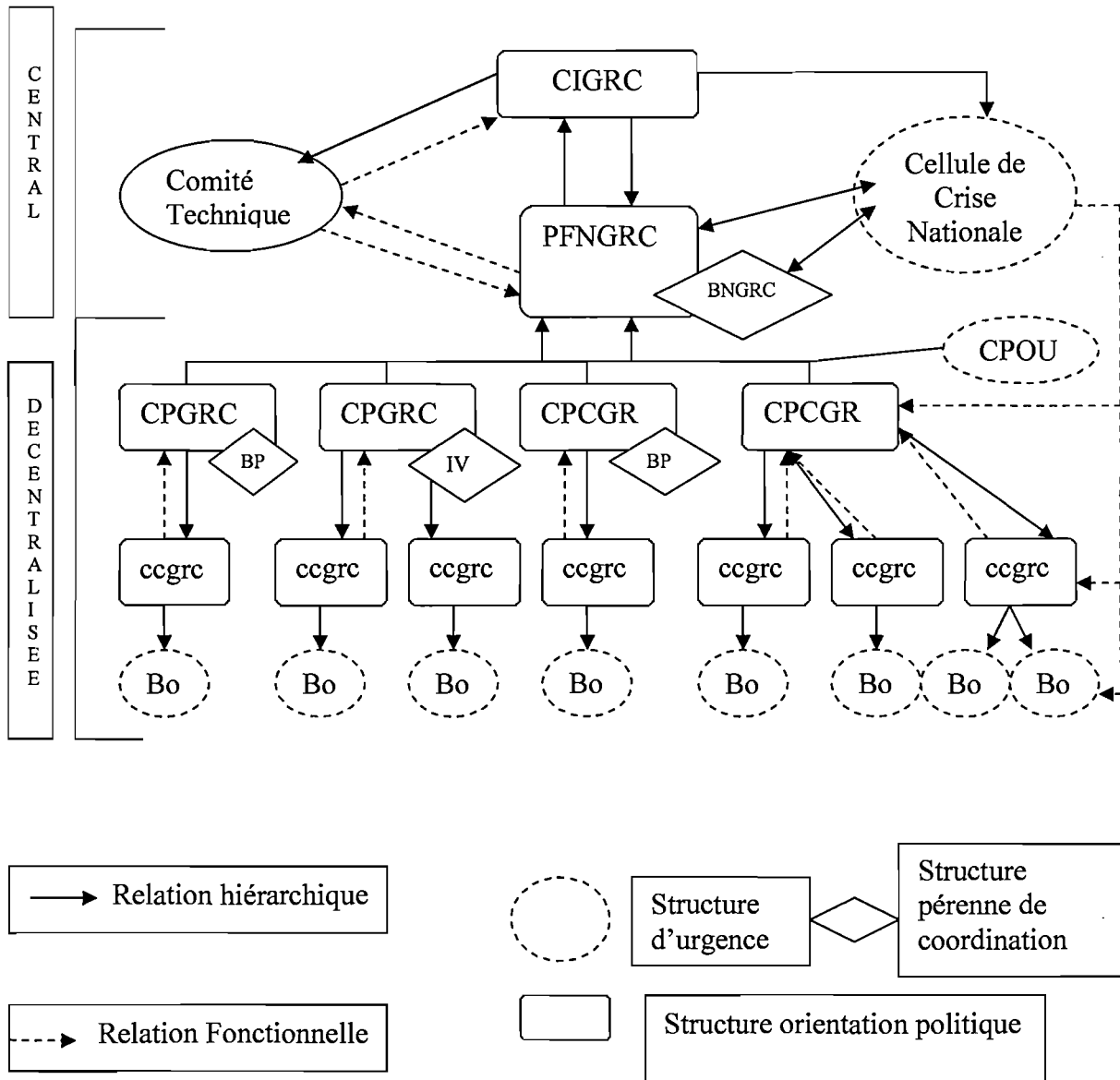
La catastrophe d'inondation dans nos milieux est par essence imprévisible dans son ampleur et son déroulement. De plus, la situation de crise amène des fois le pouvoir public à engager sa responsabilité sans avoir à sa disposition toutes les garanties ou justifiants indispensables face à un événement imprévu dont l'ampleur rappelons-le peut être exceptionnelle. Une bonne gestion de crise est indispensable pour assurer une efficacité maximale des interventions, de protection, de secours et d'assistance à la population sinistrée. Il s'agit là d'une action extrêmement délicate du fait du développement parfois difficilement prévisible d'une crise, mais également de la réponse parfois irrationnelle qui lui sera apportée.

1. Les acteurs d'intervention

1. 1. Le rôle de l'Etat

Le rôle de l'Etat est indispensable dans la gestion des catastrophes pour la simple raison qu'il dispose de marges de manœuvre suffisante (ressources matériels et humaines) par rapport à la collectivité locale. Par ailleurs, il est responsable de la politique de la sécurité publique, de l'environnement.... dont la compétence s'étend à la gestion des risques de toutes sortes. Depuis 2006, on a mis en place une plate forme appelée « comité inter ministériel »

Figure 9 : Plate forme pour la gestion et prévention des risques



Source : Direction Générale de la protection civile

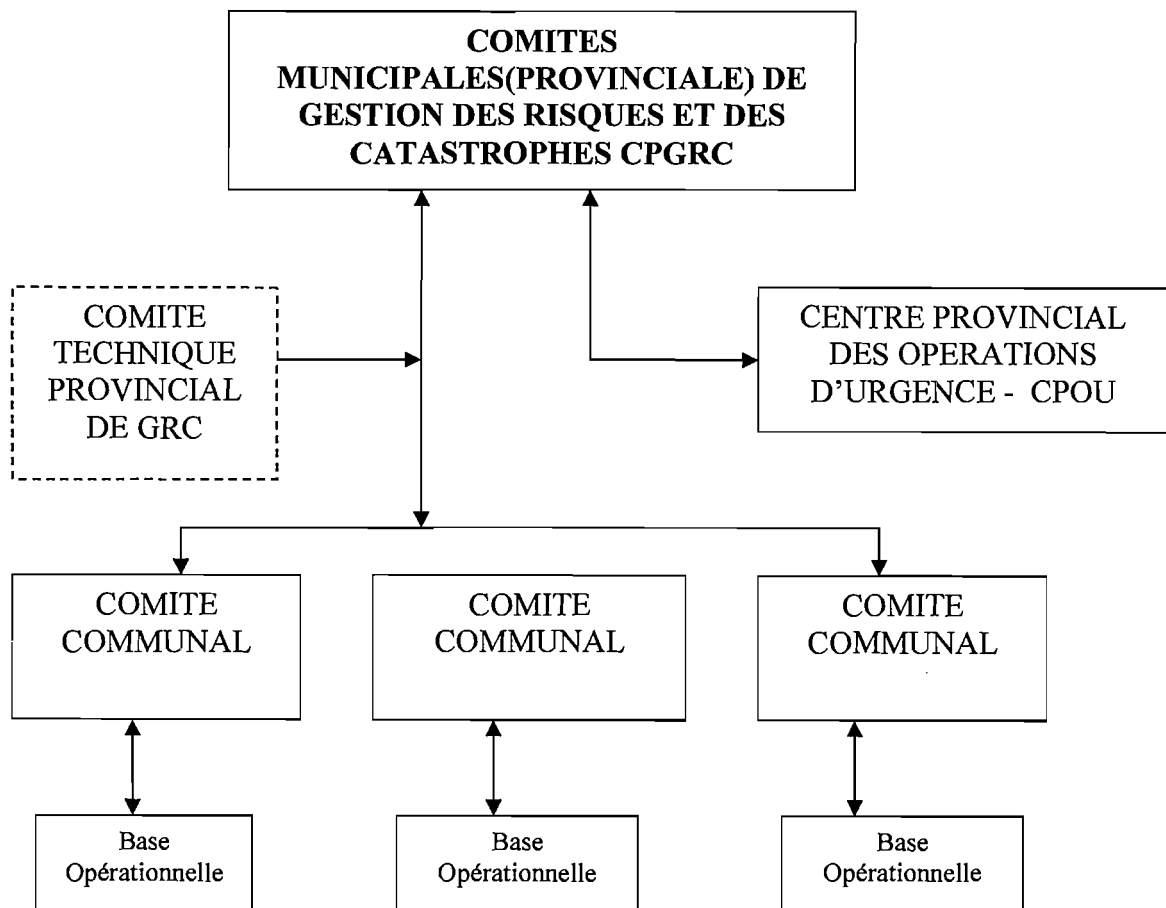
Dans le cadre de « stratégie nationale de prévention et de gestion des catastrophes », comme la figure précédente le montre, il s'agit d'un montage institutionnel ayant la responsabilité décentralisée puisque l'Etat concourt avec les institutions hiérarchiques à la protection de la population et de l'environnement afin d'améliorer les conditions de vies. L'Etat contrôle l'aménagement du territoire et plus particulièrement l'urbanisme, ce contrôle est réalisé dans chaque développement urbain sous la responsabilité du directeur de l'urbanisme.

L'Etat doit en effet chercher et coordonner les différents services des ministères (intérieur, sécurité publique, environnement, solidarité nationale...) qui, actuellement ont des compétences dans les différentes politiques de prévention.

A partir de la figure d'un montage institutionnelle proposée au niveau national, on peut en déduire une structure « provinciale » ou Municipale hiérarchique jusque même au niveau locale d'autant plus qu'il s'agit d'une administration décentralisée. La question qui se pose toujours est de savoir si ces structures fonctionnent normalement. En réalité ces organes ne sont que des figurants, la mise en pratique effective reste à désirer. Il faut qu'ils soient équipés du matériel nécessaire et du personnel spécialisé en matière de gestion et de prévention des risques naturels en général et des inondations en particulier.

1. 1. 1. Le rôle de la Mairie

Figure 10 : Schéma municipal de la gestion et prévention des risques



Source : Direction générale de la protection civile

Etant donné que la Mairie de Bujumbura est exposée à ces risques, il est important de signaler le rôle que la Mairie peut jouer dans la gestion et même dans la prévention des catastrophes

dans sa circonscription. Sachant que le Maire assure le contrôle administratif du représentant de l'Etat, doit assurer l'ordre, la sûreté et la salubrité publique. C'est au titre des pouvoirs de police que le maire a l'obligation générale de protection. C'est bien lui qui, en premier lieu, doit agir dans l'urgence. Si l'étendue des inondations ne dépasse pas les limites du périmètre urbain (vers Mutimbuzi ou vers Kabezi), c'est la Mairie qui doit assurer dans l'urgence la protection des populations et l'organisation des secours. En outre, la Mairie doit permettre à la population urbaine de recevoir par tous les moyens possibles, les informations relatives à la protection ou à la prévention contre les risques d'inondation.

1. 1. 2. Le rôle des médias

Les organes radiophoniques et télévisuels nationaux voir internationaux diffusent, en cas de nécessité, les consignes de sécurité à destination des populations sinistrées ou menacées. Mais le rôle des médias, même du service public ne peut se limiter qu'à reproduire des messages officiels. Le principe démocratique de la pluralité et de la concurrence de la presse, autorise la recherche de toutes les informations accessibles et leurs exploitations, certes à titres informatifs mais également à des fins d'attraction d'audience.

Au Burundi, les médias semblent moins préoccupés si non ignorés, sans doute naïvement les catastrophes naturels. S'ils étaient intéressés, on aurait pu observer des spots publicitaires, documentaires et émissions radiodiffusés ou télévisés pour la sensibilisation de la population à la culture du risque.

1. 2. Disfonctionnement dans la gestion de crise

De prime abord, il apparaît clairement à l'étude des catastrophes que ce ne sont pas des phénomènes simples, d'une part du fait des variations qui caractérisent leurs dimensions spatiales et temporelles, d'autre part, compte tenu des conséquences qu'elles induisent, notamment en termes de pertes matériels voir humaines. Le problème se pose dans la gestion et dans la prévention de cette catastrophe puisque aucun plan n'avait été prévu pour une telle catastrophe. Cela se remarque à travers les dysfonctionnements dans la recherche de solution crise. Par exemple les inondations de 2009 au quartier Sabe; la croix rouge, le Ministère de la solidarité, premier vice présidence ont donné aux sinistrés presque les mêmes produits (couvertures, bidons, moustiquaires). Donc un sinistré n'avait pas besoin deux moustiquaires ou deux bidons, il serait mieux alors de se concerter pour faire une intervention bien organisée.

1. 2. 1. Dysfonctionnement individuels

Les quatre premières anomalies ci-après se manifestent dans le comportement individuel des acteurs :

► Effet de paralysie et de rejet. Cela se produit lorsqu'une personne sous stress négatif perd ses repères d'une façon très vite, pour ce, elle nie l'évidence et refuse de transmettre des informations inquiétantes par certitude « je suis sûr que l'Etat est au courant de cette situation », ou incertitude « les autorités habilités ne sont pas informées, on va donc atteindre » afin de justifier son inaction ;

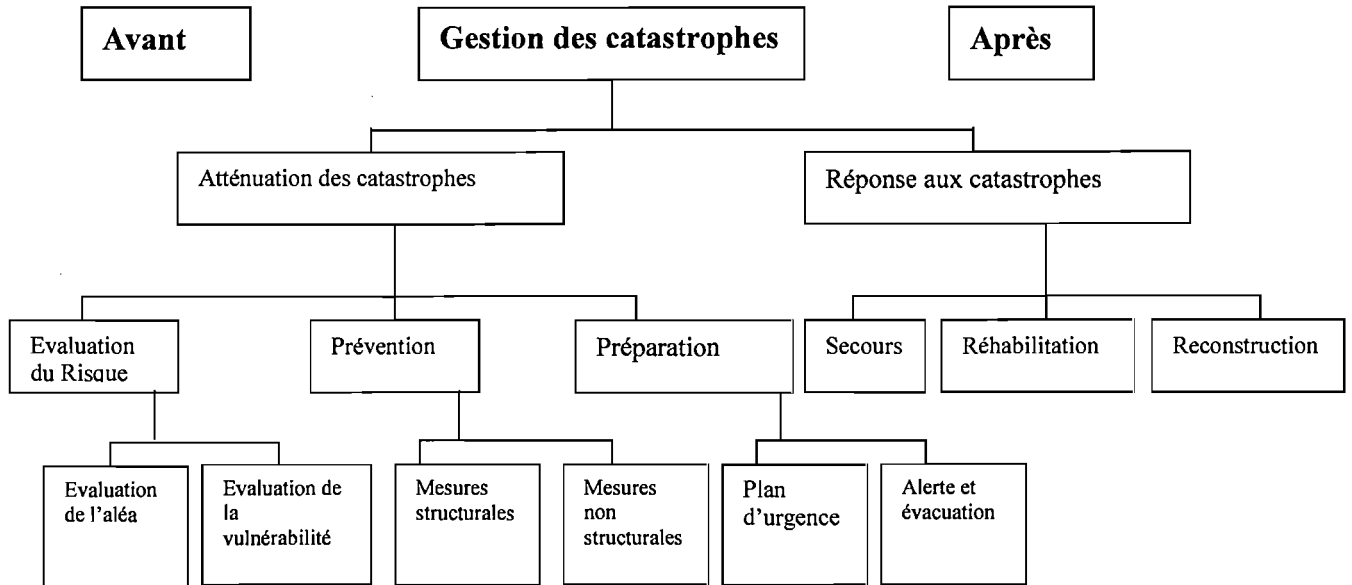
► Le complexe du solitaire. Certains sinistrés s'isolent et refusent de voir ce qui se passe dans ses environs. A force que le risque se pèse lourdement, les victimes qui s'isolent s'enferment dans leur monde individuel et courent le risque de prendre des décisions qui ne les arrangent pas parce qu'ils ne sont pas connecté avec le monde extérieur ;

► Prétexte du bouc émissaire. Les personnes victimes de n'importe quel aléa, qui panique a toujours tendance à chercher un coupable, faisant ainsi la preuve de son impuissance. Cette attitude a des répercussions négatives et s'avère nécessairement contraire à la mise en place des mesures visant à réduire les pertes. Ce principe de déresponsabilisation n'améliore aucunement la situation ;

► Manque de la persistance. Une personne affectée sérieusement par les inondations s'épuise rapidement, son niveau de vigilance, son énergie et sa faculté d'entreprendre des mesures de protection diminuent considérablement, suite à une réaction naturelle du corps humain. La conséquence qui en résulte est de vouloir fuir le stress pour retourner aussi vite que possible vers une situation routinière croyant que les problèmes seront réglés par l'administration.

1. 2. 2. Dysfonctionnement collectif

Figure 11 : schéma de la gestion et prévention des risques



Source : Direction Générale de la protection civile, 2006

Le croquis ci haut montre à suffisance la bonne gestion des risques et catastrophes ce qui est encore idéal quant à sa mis en œuvre. Pour une gestion efficace des risques naturels comme inondation, il faut des actions d'avant la crise qui tendent à l'atténuation de la vulnérabilité, puis les alertes, les secours et enfin l'évaluation des dégâts après la catastrophe. Ce qui handicape la gestion des inondations dans la ville de Bujumbura c'est qu'il y a le risque de dysfonctionnement aussi collectif comme celui de l'individuel caractérisé par les cinq manquements ci-après:

► Manque d'une culture de crise. L'absence de sensibilisation à ce type d'aléa (inondation) explique l'attitude de refus des rôles et responsabilités de certaines personnes à tenir devant une situation déstabilisatrice, porteurs d'incertitude et de lourdes conséquences. Les attitudes rencontrées vont de l'inaction aux réactions mal contrôlées et précipitées.

► Le déséquilibre d'implication. Le dynamisme de l'ensemble dépend de l'implication de chacun et des bonnes relations entre les acteurs d'interventions. L'homogénéité n'est pas atteinte, certaines personnes dont leurs biens sont en danger s'impliquent fortement, tandis que d'autres préfèrent s'isoler.

Il s'agit de celles dont leurs biens sont déjà emportés par l'eau ou celles dont leurs biens sont épargnés. Les intérêts personnels prennent le pas sur l'objectif commun et la gestion des affaires sur celle de crise.

► Fuite de responsabilité. Au moment de la réhabilitation, il arrive que très fréquemment la prise de décision soit considérée comme l'exposition à toutes les erreurs qui ont occasionné les dommages. Nombreux des responsables sont ceux qui, par craintes des conséquences qu'il leur faudrait assumer refusent de prendre des responsabilités d'urgence et préfèrent que les décisions lui soient arrivées en provenances d'ailleurs. Notons par exemple que ce sont des réunions de « pacification, de condoléance ou de tranquillisation » uniquement qui ne conduisent à aucun résultat pertinent.

► Problème d'illusion de l'unanimité. Lors du déclenchement d'une crise d'inondation, la préoccupation des victimes n'est pas la même bien qu'apparemment les sinistrés semblent être solidaire. Les niveaux d'implication différents dans la recherche des solutions amènent certains à conserver un silence prudent et ne répondent pas aux appels de réhabilitation. Ce silence est généralement interprété comme un accord implicite, une confirmation de la position prise, conférant ainsi aux autres intervenants entre autre l'administration une illusion d'unanimité qui n'existe pas nécessairement.

► Effet d « 'île déserte ». Pour éviter toute remise en cause des mesures d'intervention, on assiste fréquemment à un isolement de l'encadrement, voire la direction des responsables publics, qui se coupent de certains partenaires. Cette attitude de refus se manifeste par une illusion d'invulnérabilité : surestimation excessive de ces capacités conduit à prendre des décisions sans trop se soucier de leurs conséquences ultérieures, ce qui amène très rapidement une perte de confiance et de contrôle.

1. 3. Manque des plans de secours

La préparation des mesures de sauvegarde et la mise en œuvre des moyens de secours nécessaires devraient généralement déterminer au sein d'un plan général d'une organisation des secours de la responsabilité des autorités de la Mairie et de la protection civile et doit scrupuleusement se conformer à la structure de gestion et prévention des risques (figure 11). Les plans de secours recensent les moyens publics et privés et les conditions d'emploi par la direction des opérations de secours (qui est une des directions de la direction générale de la protection civile). Il se décline au niveau national, régional, provincial et même local.

Les plans d'urgence déterminent les mesures à prendre, les moyens de secours à mettre en œuvre pour faire face à des risques d'inondation dans les milieux particuliers, ils sont destinés à opérer dans des conditions d'urgences spécifiques.

1. 4. Manque des retours d'expériences

Ce manque constitue un défi majeur car le retour de l'événement est une phase très importante du cycle « *prévention – prévision - gestion de l'événement retour* »³⁵. Il s'agit en effet, dans une première phase de recueillir l'information sur le déroulement de l'avant crise, pendant la crise ainsi que la gestion de celle-ci, dans une deuxième phase, c'est d'analyser les données recueillies et enfin d'établir un bilan qui fera apparaître : ce qui a marché, ce qui n'a pas marché ce qui peut être amélioré ; ce qu'il faut abandonner. Et ceci pour chacune des décisions et des orientations.

Cette évaluation peut se faire pendant les moments chauds (exemple une semaine qui suit la fin de l'événement), ou après un retour à la normale et lorsque les intervenants ont retrouvé une certaine sérénité dans leurs activités quotidiennes et par voie de conséquence une disponibilité et qu'ils disposent de recul par rapport à la gestion de l'événement.

Pour que ce retour d'expérience puisse être constructif et apporter les corrections nécessaires, il est indispensable que les conclusions tirées soient mises en corrélation avec les plans de préventions, d'alerte et les plans de secours appropriés et les différentes procédures d'avertissement des risques d'inondation. Or, dans tous les cas d'inondation qu'a connu la ville de Bujumbura, il n'y a pas des évaluations faites dans le but des éviter qu'il peut se reproduire.

2. Intervention des ONG

2. 1. L'intervention de la croix rouge Burundi

La croix rouge Burundi intervient de façon spontanée en cas d'inondation. Dans un premier temps, elle procède à l'évaluation rapide de la situation et les besoins les plus urgents dans les localités les plus touchées. Et comme les inondations entraînent des destructions non seulement des maisons mais aussi la destruction des latrines avec des risques très élevés d'apparition des épidémies, des maladies diarrhéiques et du paludisme. La croix rouge dispose des volontaires qui assurent la désinfection des sites pour prévenir les risques

³⁵ RAOUL Viger, 2004. *Prévoir et faire face ; Guide des risques Naturels, Technologiques et Terroristes*, Edisud, la calade, p.107.

d'épidémie de choléra, la dysenterie bacillaire, maladie diarrhéiques et d'autres maladies des mains sales.

Ces volontaires assurent aussi la distribution des aides collectés par la croix rouge ainsi que l'animation des séances sur les bonnes pratiques d'hygiène pour la prévention des maladies.

2. 2. Organisation des actions de secours

Dans leurs plans de secours, la croix rouge a des buts, et se fixe des objectifs à atteindre. Il s'agit par exemple d'un but de fournir l'assistance en non vivre pour permettre une réinsertion des déplacés dans leurs zones d'origines. Ce qui permettra à l'amélioration des conditions de vie des sinistrés grâce à la distribution des produits de première nécessité et au montage des abris provisoires. Pour y parvenir, les volontaires procèdent préalablement à l'identification et ciblage des ménages les plus vulnérables, au transport des aides dans les localités touchées, à la mobilisation et la formation des volontaires sur le protocole de distribution des aides, à l'organisation de la distribution des aides, dans l'attente d'avoir la plus grande partie des sinistrés est provisoirement abritée et dispose d'un matériel minimum de première nécessité.

La croix rouge Burundi contribue également dans la prévention des maladies comme la malaria et d'autres maladies d'origine hydrique.

- Pour le cas de la malaria,

Dans la réalisation de cette action d'urgence, elle se fixe l'objectif de contribuer à la promotion de l'utilisation des Moustiquaires Imprégnées d'Insecticides (M.I.I), et les groupes cibles sont constitués de femmes enceintes et allaitantes et les enfants de moins de cinq ans. Pour bien réussir à cette mission, la croix rouge déploie les volontaires pour identifier des groupes cibles bénéficiaires des moustiquaires, organiser des séances de sensibilisation sur l'importance de la moustiquaire. Dans la prévention de la malaria, elle collabore avec les services de la santé publique ; pour achat et transport des moustiquaires dans les zones ciblées. Elle organise la distribution et assure le suivi de l'utilisation des M .I. I par les bénéficiaires dans l'espoir d'avoir les victimes d'inondations, essentiellement les femmes enceintes et allaitantes et les enfants de moins de cinq ans utilisent les moustiquaires imprégnées d'insecticides pour la prévention contre la malaria.

- Pour le cas des maladies d'origine hydrique

La croix rouge Burundi, avec l'objectif d'assurer la prévention des maladies d'origine hydrique par la désinfection des localités affectées et le traitement de l'eau de boisson avec

des comprimés à base de chlore, et dans l'attente du traitement de l'eau par les bénéficiaires eux-mêmes pour la prévention des maladies d'origine hydriques, elle procède à la formation des volontaires sur les méthodes de traitement de l'eau à domicile ; à l'identification des groupes cibles ; à l'organisation des séances de sensibilisation des bénéficiaires sur l'importance du traitement de l'eau à domicile dans la prévention des maladies d'origine hydrique ; à l'organisation de la distribution des comprimés de chlore aux bénéficiaires et enfin la croix rouge Burundi procède au suivi ou à la supervision de l'utilisation des comprimés de chlore.

2. 3. La place de l'assurance en cas d'inondation

L'assureur burundais n'intervient pas de façon effective pour les catastrophes naturelles. D'après l'A.D.G (Administrateur Directeur Général) de la SOCABU, la compagnie dont il assure la direction n'assure pas les risques naturels et notre cas fait parti de ces derniers. Cela est un déficit aussi important qu'on doit relever car l'assurance burundaise devrait donner une garantie « multirisques » y compris les risques Naturels, ce qui pourra réduire les installations des entreprises et ménages dans des zones à haut risques. Toute fois, la compagnie d'assurance BICOR a des clients ayant des garanties risques naturels à savoir incendie avec le plafond de 800 millions de francs burundais par événement, tremblement de terre à la limite de 1 milliard de francs burundais par événement, et au maximum deux fois par an, on assure aussi autres événements naturels (tempête, ouragan) à l'ordre de 500 millions de nos francs par événement, et au maximum deux événements par an. Ce qui est difficile c'est que le risque d'inondation n'est pas assurable par cette même compagnie d'assurance Burundaise. La seule compagnie de téléphonie mobile U-COM opérant sous la marque LEO qui a la couverture d'une assurance «garantie d'inondation ». S'agissant des raisons de la non assurance des risques d'inondation, un cadre de la compagnie BICOR explique que la garantie inondation est très chère de façon que le réassureur n'accepte pas la garantie de tels risques pour la simple raison que la gestion des espaces urbain n'est pas rationnelle ce qui rend le milieu accidenté. En plus des mauvais aménagements qui aggravent les risques d'inondation, et qui poussent le réassureur à ne pas accepter la garantie des inondations, il y a l'absence quasi permanente de clients qui demande la garantie de leurs biens mobiliers pour leur propre volonté. Que ça soit pour les risques ordinaires encore moins les risques d'inondation. Selon toujours le même cadre de la compagnie d'assurance BICOR, les personnes qui ont la garantie de leurs biens, c'est par l'exigence des banques qui les ont

données des crédits et en contre partie ces personnes hypothèquent leurs maisons, après le recouvrement d'un crédit de banque. La personne en question ne renouvelle plus sa garantie d'assurance. Suite au non demande volontaires importantes d'assurance, c'est l'une des principales raisons qui pousse le réassureur à ne pas donner la garantie d'inondation.

La non participation des assurances dans la gestion des inondations est un défi majeur d'autant plus que la bonne gestion des dégâts pareils doit associer tous les acteurs y compris les assurances. L'Etat doit exiger une garantie d'assurance non seulement pour avoir l'autorisation de bâtir, mais que ce soit une obligation d'en posséder toujours. Cela permettra de réduire les dégâts pour la simple raison que l'assurance n'accepte pas de couvrir les risques des habitations qui vont s'installer dans des zones à hauts risques. Bref, l'assurance peut jouer le rôle important et pour la gestion du risque, pendant la crise, et pour la prévention.

En plus de l'obligation de s'assurer, une campagne de sensibilisation ou de formation des administratifs qui à leurs tours vont faire connaître à la population le contenu des dispositifs réglementaire est une nécessité. Il serait mieux aussi de mobiliser la population à l'entretien des axes de drainage.

CHAPITRE IV : QUELQUES PROPOSITIONS DES MESURES DE PREVENTION ET DE PROTECTION

1. Dispositif préventif

Dans le cas de la prévention du risque, doit-on favoriser un lieu de mémoire de l'inondation ou contribuer à faire vivre des milieux du mémoire ?

La culture du risque qui pourrait s'apparenter à une forme du patrimoine culturel immatériel vantée par les acteurs techniques et institutionnels de la prévention des inondations s'avère bien souvent sur le terrain une démarche de sensibilisation et d'éducation des populations sur une préoccupation posée dans des termes techniques et administratifs. Les gestionnaires devraient y projeter leurs attentes à travers leurs stratégies de préventions parfois découlées avec les pratiques sociales complexes développées par les populations. Pour François DUCHENE et Christelle MOREL- JOURNEL, « *la dimension éducative de la notion de culture, mis en avant par les gestionnaires, tend à éluder la complexité de la réalité sociale sous-jacente et donc à empêcher au-delà d'un certain point, la compréhension de situation concrète* »³⁶. Dans les endroits inondables de Bujumbura, quelques sinistrés et les observateurs expliquent, qu'en milieu urbain, le brassage des populations et la diversité des pratiques spatiales fait homogénéité culturelle supposée, une fiction démentie par éclatement du rapport au risque.

2. Dispositif réglementaire

2.1. Insertion des documents préventifs dans le dispositif réglementaire

Il s'agit des outils destinés directement, et en premier lieu à la Mairie et à ses services techniques en charges de l'assainissement ainsi qu'à la communauté de base. Il devrait intégrer parfaitement le contexte réglementaire national et ses évolutions récentes en matière de gestion des inondations. La création des services de prévention des risques d'inondation s'avère nécessaire et ceux derniers doivent redistribuer les rôles et les missions de prévention des inondations et la nouvelle loi sur la protection civile rentrant la responsabilité face au risque au niveau locale.

³⁶ DUCHENE et MOREL- JOURNEL, *Op. cit.*, p.171.

En phase de préparation, ces documents offrent à la municipalité en général et à la commune en particulier un cadre structurant et ergonomique pour aider à construire un plan municipal ou communal de sauvegarde. En phase d'exercice ou de submersion réelle, il permet de faire le lien entre une prévision hydrologique et les plans d'intervention prévisionnels définis dans le plan de municipalité ou communal de sauvegarde. Lorsque la Mairie dispose d'une information pertinente et adoptée à l'échelle locale, il est à mesure et cela fait partie de ses missions de transmettre cette information et de donner des consignes efficaces en matière de protection des biens et des personnes susceptibles d'être touchés.

Au Burundi, la réglementation existante sur la gestion des eaux de ruissellement ou pluviales intégrée dans les instruments juridiques relatifs à la sauvegarde et à la protection de l'environnement n'est pas scrupuleusement respectée. Il est important alors que certaines dispositions soient retouchées et amendées de façon que le code de l'environnement devienne complète. Cela permettra de trouver des solutions aux manquements constatés ici et là.

2.2. La prévention par aménagement

2.2. 1. Le rôle de l'extension des systèmes de drainage

L'extension et la réhabilitation des réseaux permettront une correction de tous les ouvrages de franchissement d'une route ce qui évitera le bouchage et les débordements des eaux qui s'en suivent. La construction et extension des caniveaux dans toutes les localités susceptible d'être inondées constituent une priorité. Ces constructions doivent être bien dimensionnées et installées sur les côtes de la rue et faire l'objet d'un entretien (curage) réguliers pour assurer leur pérennité et leur efficacité. Mais il faut savoir que leur mise en place nécessite une étude préalable des caractéristiques des sites concernés dans la mesure où il existe dans certains endroits de ces sites des équipements susceptibles d'être submergés de son volume ou qui peut être déplacé par le courant d'eau. Quand cela coule le risque de se présenter, la solution envisageable est que ces équipements doivent être correctement ancrés au sol. Les raccordements abusifs et les ouvertures afin d'éviter les fuites d'eau. « *La mise en place des systèmes de drainage permanents et adéquats dans les zones sensibles à la stagnation des eaux est importante pour permettre une évacuation de l'eau au fur et à mesure de son arrivée.* »³⁷ Brièvement l'urgence s'impose de constituer une base de données sur les aléas

³⁷ DAVIS Will, *op cit*, p.17.

d'inondation pour évaluer le niveau du risque que peut atteindre la submersion des eaux et de ce fait, prévenir dans la mesure du possible les inondations.

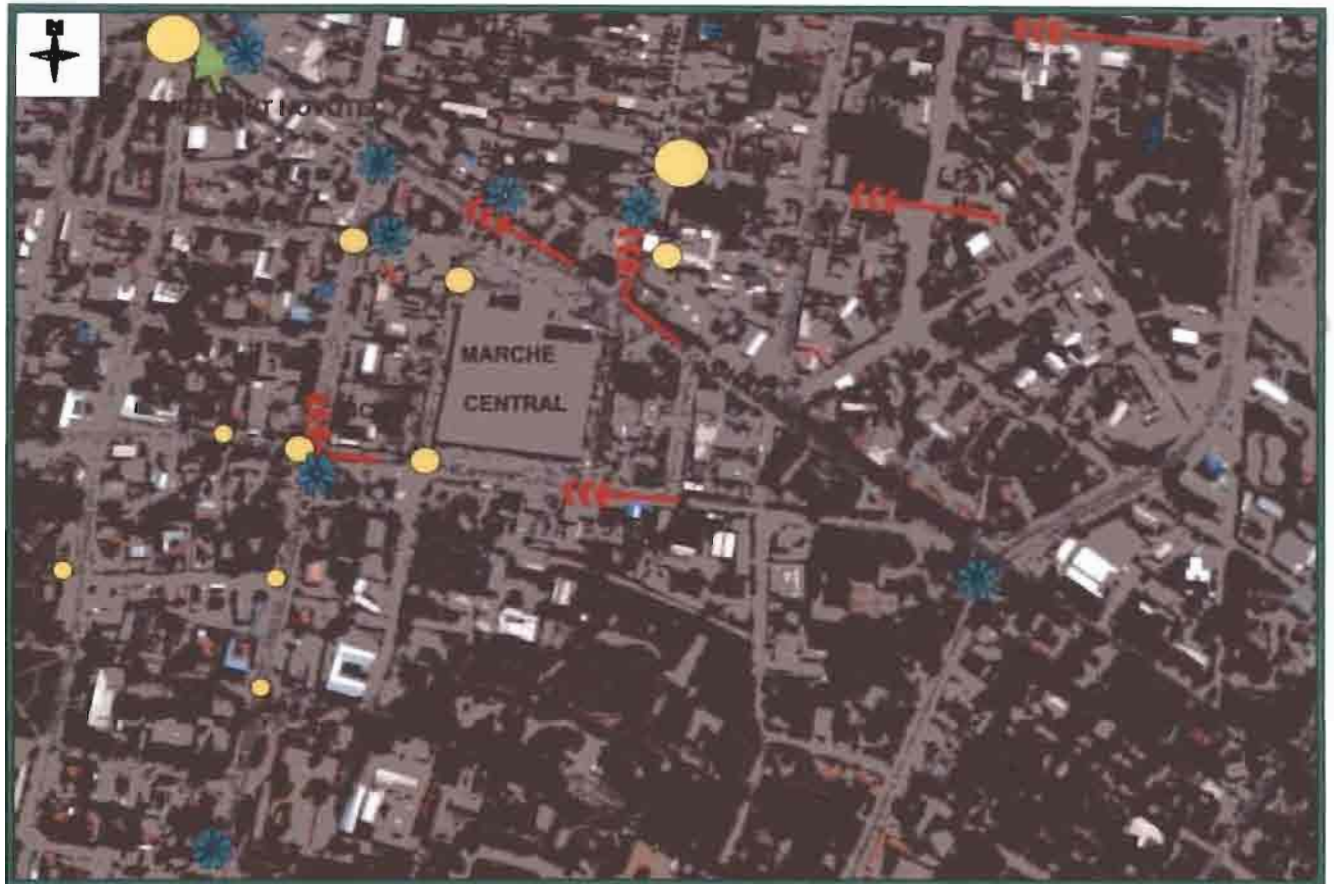
2.2. 2. Exploitation des réseaux d'eau pluviale

Les évacuateurs sont les seules destinées à évacuer les eaux de pluies. Il faut éviter d'y ajouter les eaux usées domestiques par exemple les eaux de lessives rejetées dans les canalisations. Ces dernières devraient écouler les eaux pluviales.




2.2. 3. Entretien des caniveaux

Les évacuateurs maçonnés reçoivent les eaux pluviales contenant du sable et d'autres ordures transportés par ces eaux. Un entretien périodique est obligatoire pour bien assurer l'écoulement de ces eaux. Alors, des équipes de manœuvre formée pour cette fin doivent être mis en place pour le dessablage et l'enlèvement des ordures. Si un certain endroit du réseau est démoli soit par l'érosion soit par des surcharges causées par des engins qui passent dessus la réparation devrait se faire immédiatement.

Figure 12: localisations des endroits affectés par les eaux de ruissellement



Légende

-  Concentration des eaux pluviales
-  Sens d'écoulement des eaux pluviales
-  Buses et caniveaux bouchés

0 140 240m



Source : réalisation par l'auteur à partir de l'image satellitaire GeoEye 2011

Les caniveaux et les buses mal entretenus sont responsables des eaux qui affleurent à la surface dans les différents avenues du centre ville (figure 12). Ces affleurements ne s'observent pas seulement après le passage des précipitations, ils s'observent également même après deux jours. Si des fortes averses tombent, les submersions deviennent importantes et la dégradation de la voirie s'accélère (figure 7).

2. 2. 4. Aménagement favorisant l'infiltration

Il existe des moyens individuels ou collectifs de limiter les inondations par des techniques de micro stockage au sein même des quartiers ou dans les parcelles. Les techniques qui peuvent

être envisagées sont la multiplication des espaces végétalisés, les jardins publics ou individuels, bien aménagés pour l'infiltration des eaux, des fosses aménagées dans les zones déprimées etc.... l'ensemble de ces aménagements peuvent être intégrés dans les plans d'aménagement de la zone comprise entre la Ntakangwa et Nyabagere, et permettra de réduire la quantité d'eau ruisselée et par conséquent les inondations.

2. 2. 5. Sensibilisation à la participation citoyenne

C'est plus remarquable que dans le milieu urbain de Bujumbura, la population n'est pas sensibilisée ou informée sur la culture du risque. C'est vraie qu'en matière de la lutte contre les inondations dans un contexte socio-économique critique, débouchent sur une solution déléguée et temporaire. Cela est dû à l'absence d'une culture du risque raison pour laquelle des solutions durables ci-après peuvent être initiées :

- ▶ Il faut introduire une intégration de la population dans la gestion des eaux de ruissellement après avoir organisé des cadres d'échange pour donner une formation à la population sur les meilleures techniques de protection de leurs habitations, des infrastructures socio-économiques et surtout les constructions de drainages pluviales, et ce sur une étendue vaste ;
- ▶ Assurer une formation continue sur les méfaits d'une très grande quantité d'eau de ruissellement et sur les mesures de protection qui tant à instaurer une culture de maintenance à laquelle la population est associée ;
- ▶ Intégrer la population sensibilisée et formée dans la surveillance et à l'exploitation des ouvrages de protection. Cela sera possible une fois tous les intervenants dans ce secteur, à la hauteur les services d'urbanisme, feront une mise en commun des activités issues d'une coordination et d'une concertation convenue.

3. Mesure de réduction de la vulnérabilité.

3. 1. La réduction de la vulnérabilité des logements

La protection des logements est possible lorsque tout l'espace terrestre est bien protégé, hors la gestion de l'espace est du ressort du pouvoir public qui dégage les objectifs d'aménagement et de planification, néanmoins la réduction de la vulnérabilité peut s'effectuer par une implication et une conception plus prudentes de l'habitat qui préconiseront des mesures suivantes :

- Préservation des capacités d'écoulements et d'expansion des crues ;

●Eviter de s'installer dans les localités susceptibles d'être inondées où la sécurité des personnes est douteuse. Mais la mise en application de ces mesures sera conditionnée par la concrétisation des principes suivants :

- ▶ Interdiction par le pouvoir public, des constructions nouvelles dans les zones à haut risque. Dans les localités soumises à un risque moyen, il faut diminuer le nombre de constructions et arrêter des mesures adaptées pour protéger les habitations existantes;
- ▶ Contrôler l'extension de l'urbanisation dans les zones d'expansion des crues qui doivent entièrement préservées;
- ▶ Mettre les digues de protection sur les rivières pour éviter le débordement des eaux des rivières

3.1.1. La politique d'aménagement du territoire pour la réduction de la vulnérabilité

Cette politique d'aménagement doit mettre en œuvre des mesures ou ouvrages de protections capables de minimiser les dommages dans les stratégies globales de la prévention des risques naturels. L'accent particulier doit être mis sur l'entretien des principales rivières qui traversent le milieu urbain de Bujumbura en l'occurrence la Ntakangwa, la Muha et Nyabagere par aménagement des cours d'eau dans le but de favoriser leur écoulement normal dans un chenal (entretien et renforcement des berges par des talus assez conséquent pour éviter tout débordement du lit majeur et dragages du lit mineur).

Cependant, la gestion d'un cours d'eau ne peut s'effectuer que dans un cadre global prenant l'ensemble des bassins versant. Si aujourd'hui les localités de Mutanga Sud, Nyakabiga III, Quartier INSS, Gihosha n'observent pas des inondations, c'est parce que ces alentours en amont n'ont pas de forte concentration urbanistique et présentent quelques îlots d'espaces végétalisées, ce qui n'est pas le cas dans les quartiers en aval comme Buyenzi, industriel, Asiatique, Sabe, Kigwati etc. Si les mesures de curage des rivières induisent une accélération des écoulements et une augmentation des débits, il est impératif alors qu'en aval les eaux puissent s'évacuer en dehors des localités urbanisées très vulnérables. La conservation des champs d'expansion des crues dans ces localités est nécessaire car ils permettront de contenir le volume des eaux dans un espace spécifique et d'atténuer les inondations.

3. 1. 2. La place des digues dans la réduction des inondations

Les digues proprement parlées ne sont pas très répandues dans les quartiers de Buyenzi, aux Quartiers industriel et Sabe de la commune urbaine de Ngagara... les quels quartiers sont

situés dans des endroits à haut risque. La seule entreprise qui a essayé de constituer les digues plus ou moins imperméabilisées est la BRARUDI.

Le reste où on a essayé, ces digues ne sont que des dispositions en terre qui ne résistent pas au courant important d'eau de ruissellement, on les dispose tout près des maisons pour empêcher l'eau de pénétrer à l'intérieur.

Pour s'écarter des crues torrentielles, il convient de les canaliser aux mieux, et établir des aménagements dans le lit des torrents. Pour les écoulements très chargés, il s'agit des barrières de déflexion, des barrages successifs qui favorisent l'extraction progressive de la charge solide de la suspension. Le travail sera alors de transformer l'écoulement torrentiel en un écoulement d'eau qui aura alors un pouvoir dévastateur moindre. Au débouché du torrent, on peut établir des barrages de retenues qui bloquent les matériaux charriés au moment le plus favorable c'est-à-dire lors de la perte principale de compétence de l'écoulement.

4. Le rôle du plan de prévention des risques (PPR)

Les Plans de Prévention des Risques naturels (PPR) jouent un rôle important dans la réduction de la vulnérabilité des habitations et des activités économiques. Malheureusement, ces instruments d'une très grande importance accusent une absence quasi- permanente dans notre zone d'étude. Comme ces outils n'existent pas la conséquence est qu'il ya des dégâts énormes causés par les inondations. Or, l'objectif principal des PPR est de délimiter les zones exposées aux risques appelées « zones de danger », en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, et d'y interdire tout type de construction d'ouvrages, d'aménagement ou d'exploitation commercial, industriel ou artisanal ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitation commerciales, industrielles ou artisanales pourraient être autorisées, préserver des conditions dans lesquelles ils doivent être réalisées, utilisées ou exploitées.

En plus de la détermination des zones de précaution et la limitation des zones exposées, les PPR permettent de « *définir des mesures de prévention, de protection, et de sauvegarde qui doivent prises par des collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences ainsi que celles qui peuvent incomber aux particulier* »³⁸. Dans le même ordre d'idée les PPR doivent aussi définir absolument des mesures relatives à l'aménagement, utilisation ou exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces verts existants pour le moment (avant l'élaboration des PPR). Le PPR approuvé vaut servitude d'utilité publique et son non respect doit être

³⁸ LEFEVRE Christian et SHNEIDER J.Luc, *Op.cit.*, p.202.

sanctionné pénalement. Après avoir mis en place les PPR, il sera facile d'en tirer les Plans Locaux d'Urbanisation (PLU) qui intègrent les prescriptions du PPR. Pour être efficace, ces PLU doivent être diffusés par tous les canaux de communication (les spots publicitaires radio-diffusés, télévisés, affichages...) afin de mobiliser tout un chacun de s'investir activement dans la protection de leur sites. A travers ce PLU, les habitations et les chefs d'entreprises installés dans ces endroits seront au courant des mesures de précautions et d'aménagements à faire pour la protection. Au Burundi, pour atténuer et éradiquer ce risque d'inondation, ces PPR doivent être mis en place

5. Mesures de réduction de la vulnérabilité des activités économiques

La réduction de la vulnérabilité concerne non seulement les particuliers au travers les logements mais aussi les activités économiques, les équipements d'intérêts publics (réseaux d'assainissement, routiers, téléphoniques....) et les infrastructures publiques (écoles, les bâtiments sanitaires, services publics...). Les effets d'inondation peuvent impacter non seulement les enjeux situés en zones inondables mais également affectent aussi des biens et activités en dehors du champ d'inondation du fait notamment de la coupure de réseaux routiers comme c'est fréquent dans ces derniers temps où on observe même la coupure des ponts comme Nyabagere, et Muha.

Ainsi, réduire la vulnérabilité impose d'appréhender les dommages tant directs qu'indirects pour les entreprises et les personnes qui y travaillent mais aussi au-delà de la zone inondable.

Pour réduire la vulnérabilité, on peut se contenter de:

- ▶ Prévoir des dispositifs temporaires de protection limitant la pénétration de l'eau ;
- ▶ Adopter les équipements à l'inondation ;
- ▶ Adopter les choix des matériaux (utiliser des moins sensibles à l'eau) et les techniques constructives ;
- ▶ Adopter des comportements adéquats en fonction des situations, par exemple ne pas circuler sur les chaussées inondées.

Ces mesures sont complémentaires entre elles et doivent être adoptées à chaque situation en fonction des conditions d'inondation. Mais la mise en œuvre de ces mesures exige des coûts sensibles, si par chance elles seront tentées d'être réalisées, elles sont peu onéreuses et relèveront bien souvent du bon sens et de l'organisation. Les gains peuvent être considérables, par exemple le déplacement des biens immobiliers peut permettre de réduire jusqu'à une certaine proportion des dégâts subis.

5. 1. La réduction de la vulnérabilité du réseau routier

Les services publics sont les premiers intervenants dans ce secteur et ils doivent promouvoir une étroite collaboration avec tous les partenaires qui se servent de ce réseau. Dans le but de renforcer la connaissance du comportement des réseaux face à l'inondation, ils doivent également susciter une dynamique de coopération, de mutualisation des informations, des actions, des moyens, et faciliter l'accès de la maîtrise d'ouvrage unifiée à l'information sur une localité choisie d'expérimentation.

Ces actions vont permettre de réaliser un diagnostic du fonctionnement des axes routiers et de l'état de connaissance de leur vulnérabilité. Au delà, ces actions doivent aboutir à la diffusion d'un guide générique de l'attention de toute collectivité du milieu urbain de Bujumbura qui souhaite mettre en place un dispositif de l'information relative au comportement des réseaux en cas de submersion.

5.2. Démarche industrielle de réduction de la vulnérabilité des activités économique

La sensibilisation des acteurs économiques au risque d'inondation est déterminante pour assurer la compétitivité et renforcer la robustesse des entreprises installées dans les localités souvent inondées comme la SIPHAR et d'autres petites entreprises du quartier industriel et asiatique régulièrement secouées par le débordement d'eau pluviale. Cela permettra de savoir évaluer et agir face au risque d'inondation ainsi qu'à la réalisation d'un diagnostic et la mise en œuvre des mesures effectives de la réduction de la vulnérabilité des activités économiques à l'échelle du Bassin versant. La BRARUDI a déjà amorcé la première étape de protection par endiguement ce qui n'épargne pas le débordement des eaux dans les milieux environnant. Raison pour laquelle la conjugaison des efforts de tous les concernés est la façon la plus efficace du fait que toutes les activités économiques sont interdépendantes.

5. 3. La responsabilité collective

La responsabilité collective peut réduire la vulnérabilité de notre milieu parce que les services en charge de la protection ne peuvent pas faire l'objet d'une protection absolue, il s'agit de gérer les risques résiduels afin de réduire l'impact des inondations sur les personnes, sur les biens et sur les activités économiques. Il est important alors de responsabiliser la communauté de base informée pour qu'elle contribue à réduire les dommages en évitant l'implantation

nouvelle le long de la Ntakangwa, Muha , Nyabagere ainsi que dans les localités du quartier industriel de la commune urbaine de Ngagara, susceptible d'aggraver la situation .

5. 4. Des mesures effectives et prioritaires

Les responsables des entreprises concentrées dans les zones à forte risque d'inondation doivent demander dans l'immédiat un exercice de diagnostic des risques d'inondations de leurs activités. Dans ce cas là, ses entreprises doivent bénéficier du soutien financier de la part du gouvernement pour la réalisation des travaux prioritaires de réduction de la vulnérabilité.

Au terme du diagnostic du risque, les chefs d'entreprises peuvent s'en servir puisque il contient un outil d'aide à la décision. Cet exercice va lui présenter les éléments de contextes liés à leurs entreprises face au risque d'inondation. Une liste de préconisation, permettant de réduire la vulnérabilité de l'activité doit être faite aux chefs d'entreprises. Elle leur permettra de visualiser ce qui pourrait être évité par la mise en œuvre de ces mesures.

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Au terme de notre travail, nous nous sommes penchés essentiellement sur les risques d'inondations et ses impacts en milieu urbain de Bujumbura. En raison de l'augmentation des eaux de ruissellement causées d'une part par de fortes averses, de mauvais aménagements et du manque d'entretien des axes de drainage d'autre part, on observe des submersions dangereuses qui occasionnent des pertes matérielles d'une grande valeur mais aussi des dommages humains non moins importants.

Dans la vie de tous les jours des habitants urbains, l'assainissement des eaux pluviales est un élément indispensable, dans la mesure où il assure une vie saine pour éviter toute forme de dégradation des ouvrages et la pollution, sources de nombreux dégâts et de nombreuses maladies. Il serait alors important de mettre en place des mécanismes adéquats et efficaces pour une bonne gestion des catastrophes d'inondation mais aussi une bonne pratique des mesures de prévention.

C'est dans cette optique que nous avons jugé bon de dégager dans un premier temps, les dégâts tant humains que matériels dans le but d'éveiller la conscience de tout un chacun surtout la population souvent victime de ces aléas, pour une culture du risque, et dans un second cas, nous avons montré des mesures qui pourraient réduire le risque de la vulnérabilité des habitations et des activités socio-économiques.

Pour une bonne maîtrise des risques d'inondation en milieu urbain de Bujumbura, une série de recommandations ci-après devraient être scrupuleusement respectées :

- Le pouvoir public via ses services d'urbanisme et d'assainissement (SETEMU) doit veiller à une bonne protection des personnes, leurs biens et ses infrastructures contre les risques d'inondation. Pour y arriver un plan de prévention et l'actualisation d'un schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme est indispensable, ce qui permettra de localiser les zones à haut risque, moyen risque et les zones constructibles. Dans ce cas le peuplement dans les zones à risque n'aura pas eu lieu.
- Une franche collaboration de tous les acteurs qui interviennent dans ce secteur n'est qu'une nécessité. Elle se traduit par une harmonisation des actions et intervention des uns et des autres avant, pendant et après les aléas.

- Une organisation des travaux d'entretien et de curage techniques des axes de drainages, des réseaux routiers et des rivières qui traversent la plaine de Bujumbura devrait être systématiquement mise en place et de façon régulière.
- La sensibilisation et si possible la formation de la population à la culture du risque et au respect du dispositif réglementaire est également indispensable.
- Une intégration des compagnies d'assurance dans le suivi et la gestion régulière des activités d'urbanisme dans la ville de Bujumbura s'avère nécessaire.

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

D'emblée, nous ne pouvons pas prétendre épuiser le sujet dans toutes ses sphères, il devra y avoir des recherches ultérieures très détaillées qui vont le compléter comme par exemple l'impact des travaux de pavage des voiries dans les communes Rohero, Bwiza, Nyakabiga et Buyenzi, le dynamisme des rivières qui traversent la ville de Bujumbura et l'impact des travaux de curage sur ces rivières.

Le présent travail a permis de voir si les mécanismes de gestion et de prévention des inondations existent et s'ils sont respectés pour rendre la vie saine dans la plaine de Bujumbura.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

I. Les ouvrages généraux

1. AMAT J.P et DORIZE L, 2008. *Elément de géographie physique*, cours dirigés, Bréal, 468p.
2. CAZENAVE-P F, 1981. *L'originalité des milieux naturels dans le grand rift occidental Africain exemple de l'Imbo au Burundi: recherche sur les hautes terres de l'Afrique centrale* 306p.
3. CHARUET J.P et SIVIGNON M, 2002. *Géographie Humaine, questions et enjeux du monde contemporain*. Armand Colin, 347p.
4. LEFEVRE C. et SHNEIDER J.L, 2002. *Risques Naturels majeurs*. Contemporary publishing international, Paris, 306p.
5. MARIUS Thériault et ROLAND Prélaz_ droux, 2002. *Revue internationale de Géographie, SIG et Développement du Territoire*, Paris, 474p.
6. MICHEL Claude et ali, 2005. *Sols et Environnement*. Dunod, Paris, 816p.
7. NDAYIRUKIYE Sylvestre, 2002. *Bujumbura Centenaire (1 897-1997)*, Harmattan, 375p.
8. PIERRE Martin, 2007. *Ces risques que l'on dit Naturels*, Eyrolles, 505p.
9. RANDRIANARIVELO Lucile, 2007. *Stratégie Nationale de prévention et gestion des risques et Catastrophes au Burundi, Bujumbura*, 206p.
10. VIGER Raoul, 2004. *Prévoir et Faire face*, Guide des risques Naturels, Technologiques et Terroristes, Edisud, la calade, 179p.
11. VILAGINES Roland, 2003. *Eau, Environnement et santé Publique*, Lavoisier, 198p.
12. VEYRET Yvette, 2004. *Géographie des risques Naturels en France, de l'Aléa à la gestion*, Hatier, Paris, 251p.

II. Thèses

1. NDAYIRUKIYE Sylvestre, 1986. *La plaine Occidentale du Burundi, Etude Régionale*, Université de Nice, U.E.R, 721p.
2. NSABIMANA Stanislas, 1974. *Climats et sols du Burundi : Toposéquence Bugarama Muzinda*, Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, paris, 212p.

3. SINDAYIHEBURA Bernard, 2005. *De l'Imbo au Mirwa, Dynamique de l'occupation du Sol, Croissance Urbaine et risques Naturels dans la région de Bujumbura*, Toulouse : Université de Toulouse, le Mirail, U.F.R, sciences ; espaces, sociétés, 336p.

III. Mémoires

1. BAHIMANA Adolphe, 2006. *Pollution et assainissement au centre urbain de Ruyigi*, FLSH, Département de Géographie, U.B, 116p.
2. HABARUGIRA Déo, 2007. *La croissance Urbaine et son impact sur l'environnement, exemple de Bujumbura*, FLSH, Département de Géographie, U.B, 131p.
3. KABEYAKANKOLANGO Alexis, 1992. *La zone urbaine de Bujumbura : Les phénomènes Géomorphologiques et leur impacts sur les Aménagements*, FLSH, Département de Géographie, U.B, 120p.
4. MAFYIRITANO Pascal, 1988. *Dimensionnement d'un réseau d'évacuation des Eaux pluviales des Quartiers Nord (Cibitoke, Kamenge et Kinama)*, ISCAM, Faculté des Sciences Fondamentales, 79p.
5. NAHAYO Adrien, 1975-1976. *Aspect Géomorphologique de la zone comprise entre Ntakangwa et la Muha*, FLSH, Département de Géographie-Histoire, U.B, 100p.
6. NDAYIMIRIJE Japhet, 2005. *Projet d'assainissement des eaux pluviales et des eaux usées de Kanyosha V*, Institut supérieure technique, Département d'aménagement et urbanisme, U.B, 132p.
7. NDAYISHIMIYE Juste, 2007. *L'assainissement et l'environnement en commune urbaine Nyakabiga et Bwiza*, FLSH, Géographie, U.B, 163p.
8. NDUWAYEZU Eric, 1998. *Les contraintes du Milieu et assainissement sur l'aménagement des Quartiers Magarama, Nyamugari et Shatanya*, FLSH, Département de Géographie, U.B, 122p.
9. NGARURA Olivier (1949-2003). *Evolution de la politique d'assainissement de la ville de Bujumbura : cas des zones Buyenzi et Bwiza*, FLSH, Département d'Histoire, UB, 74p.
10. RIVUZIMANA J.claude, 2005. *Evaluation des Aménagements effectués dans la ville de Bujumbura : cas du Quartier Gikungu*, Institut technique supérieure, Département d'aménagement et d'urbanisme, 94p.

11. WAGATORE Michel, 2000. *Le Quartier Kwijabe : exemple d'aménagement Social en centre ville*, FLSH, Département de Géographie, U.B, 125p.

IV. Rapports, Revues et Publications

1. IGEBU, 2009. *Evaluation des Besoins en renforcement des capacités en matière d'observation systématique des changements climatiques au Burundi*, 14p.
2. Kobe (Hyogo, Japon), 18-22 janvier 2005. *Rapport de la Conférence mondiale sur la prévention des catastrophes*, 24p.
3. Ministère de L'Intérieur et de la Sécurité Publique, 08-09 Mars 2007. *Rapport de l'Atelier sur le lancement de la Plate-forme Nationale*. Coordination Nationale de la Protection Civile, Direction de la Prévention et de la Gestion des Catastrophes/ PNUD / I.S.D.R, Club du Lac Tanganyika, 36p.
4. PNUD, 2008. *Evaluation des capacités Nationale et préparation de mise œuvre des plans stratégiques du réseau d'information environnementale au Burundi*, 8p.
5. PNUD, 2009. *Rapport d'Evaluation « Amélioration des capacités Nationales et locales de prévention et de Gestion durables de l'environnement en vue de protéger les écosystèmes et les populations vulnérables »*, 30p.
6. SABUSHIMIKE J.M, 2005. *Cours de Géomorphologie Appliquée*, 2^{ème} Licence, FLSH, Département de Géographie, U.B, 38p.

V. Sites internet visités

[http// : www.vallée-order.fr](http://www.vallée-order.fr)

[http// :www.météolafleche.com](http://www.météolafleche.com)

[http// :www.senat.fr](http://www.senat.fr)

[http// :www.futura-sciences.com/comprendre](http://www.futura-sciences.com/comprendre)

[http// :www.notre-planète.info](http://www.notre-planète.info)



ANNEXES

1999													
2000													
2001													
2002													
2003	-	-	-	30.66	31.02	30.72	30.04	31.1 2	30.79	31.42	30.22	30.12	
2004	30.67	30.19	30.78	29.53	30.76	30.29	30.11	30.9 7	31.4	31.3	30.2	29.7	30.5
2005	29.51	31.7	30.96	31.68	30.13	30.10	30.23	31.1 9	32.11	31.90	30.56	30.98	30.8
2006	30.08	30.64	30.70	29.77	30.34	30.40	29.98	30.8 4	31.30	32.86	28.47	28.83	30.3
2007	30.23	30.84	31.19	30.86	31.07	29.99	29.64	30.4 3	31.70	30.70	29.07	29.59	30.4
2008	30.01	29.51	29.44	29.95	31.08	29.55	29.37	30.7 2	31.99	39.67	30.19	30.67	30.26
2009	27.40	25.57	27.87	27.08	27.09	28.13	27.56	-	-	-	-	-	-
2010	26.6	27.5	26.25	25.65	25.3	24.3	23.45	23.2 5	-	-	-	-	-

Source : IGEBU, 2010

Annexe II

Les précipitations mensuelles

Mois Années	Mo												
	janvier	Février	mars	avril	mai	juin	Juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	
1980	113.5	25.2	70.2	84.6	105	2.2	0	0	60.2	54.1	115.7	231.5	863.2
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	748.8
1984	157.8	78.8	108.5	104.2	37.1	0	6.5	1.3	9	58.5	109	165.3	836
1985	74.1	119.7	163	104.9	45.9	3.9	0	0	41.4	9.8	136.5	70.5	769.7
1986	119.8	90.9	139.3	231.3	27.4	35	0	0.4	38.4	92.3	112.8	119.6	1007.2
1987	96.5	84.6	81.4	110.3	100.5	0.3	0.2	0	106.1	34.6	123.4	22.5	760.4
1988	134.2	44.8	89.1	122.6	8.1	0	0.1	67.4	31.1	96.2	139.9	148.7	882.2
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	1108.8
1990	68.6	167	74.7	119.2	70.9	0	0	0.4	48.1	92	56.9	42.5	740.3
1991	45.6	112.7	110	93.8	71.6	5.5	8	3.6	13.5	110.8	80.7	111	766.8
1992	59.3	88.6	97.2	49.9	100.8	7.7	0	0	15.5	32.8	83.6	69	604.4

1993	87.5	114.3	125.7	73.1	58.7	0.5	0	0	1.2	28.1	71.3	46.4	606.8
1994	161.1	11.5	58.8	109.1	35.8	0.6	0	0	6.6	60.8	100.4	105.1	649.8
1995	43.9	139.9	20.4	113.1	40.5	12.1	0	0	21.5	66.5	58.2	41.5	557
1996	116.5	42.8	221	81.8	8	20.4	0	1.2	39.1	105	51.6	72	759.4
1997	19.9	19	180.5	90.5	31.6	3.7	0	32.1	10.8	91.8	135.1	161.5	776.5
1998	105.7	116.9	219.8	73.7	92.8	19.9	3.8	2	21.6	13.1	33.4	53.4	756.1
1999	71.7	13.9	147.2	92.5	14.7	0.3	0	28	60.6	48.2	128.3	159.6	765
2000	103.1	37	159.4	42.1	3.7	0	0	20.5	40.2	152.4	203.8	150.7	912.9
2001	113.1	77.2	80	91.5	9.3	49.8	7.6	0	62.3	67.6	91.4	80	729.8
2002	146	120.1	124,4	79,5	34	0	0	0	5,6	74,9	57,1	134,2	775,8
2003	50,5	80,2	72	65,9	63,6	1,9	0,5	2,5	54,6	77	68,5	41,3	578,5
2004	104.2	19.9	162.8	93.7	0.7	0	0	1.7	73.6	37.1	45.4	181.6	720.6
2005	195.2	61	145.9	70.2	130.2	1.1	0	4.8	4.2	329	116.1	55	813
2006	170	121	123.7	111.2	88.9	2.5	0.9	38.1	32.3	63	157.1	215	140.7
2007	142.8	81.7	86.5	149.9	22.2	10.7	52.3	6.9	29.9	112.8	63.4	94.6	853.7
2008	99.1	166.7	71.4	69.2	23.2	89.2	15.1	3.6	31.9	69.7	65.1	37	741.2
2009	125.5	148.8	188.4	133.3	86.8	1.6	0	3.5	5.1	67.6	248.7	225.8	1235.1
2010	19.44	20.96	20.13	19.76	19.75	16.84	16.48	16.20					

Source : IGEBU, 2010