

UNIVERSITE DE YAOUNDE 1

CENTRE DE RECHERCHE ET DE
FORMATION DOCTORALE EN
SCIENCE HUMAINES, SOCIALES ET
EDUCATIVES

UNITE DE RECHERCHE ET DE
FORMATION DOCTORALE EN
SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE



THE UNIVERSITY OF YAOUNDE 1

POST GRADUATE SCHOOL FOR
SOCIAL AND EDUCATIONAL
SCIENCES

DOCTORAL RESEARCH UNIT FOR
SOCIAL SCIENCES

DEPARTMENT OF GEOGRAPHY

**INONDATIONS DANS LE BASSIN DE TONGO BASSA
A DOUALA ET IMPACTS SUR LES POPULATIONS
RIVERAINES**

Mémoire de Master présenté le 08 Septembre 2022 pour l'obtention du diplôme de Master en
Géographie.

SPECIALITE : DYNAMIQUES DE L'ENVIRONNEMENT ET RISQUES

OPTION: CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE

PAR

BAKOTO BAYO SALOMON LANDRY

MATRICULE : 160971

LICENCE EN GEOGRAPHIE

JURY

Qualites	Noms	Université d'attache
President	Pr DZANA Jean Guy MC	Université de Yaoundé 1
Rapporteur	Pr OJUKU TIAFACK MC	Université de Yaoundé 1
Examineur	Dr TENDE RENZ CC	Université de Yaoundé 1



DEDICACE

A **ma famille**, elle qui m'a toujours offert un cadre appréciable et qui a su accorder l'importance à mon éducation, ce mémoire est un gage de ma reconnaissance pour de nombreux sacrifices consentis, source du profond amour que j'ai pour toi.

REMERCIEMENTS

Beaucoup ont contribué à l'achèvement de ce travail. L'occasion pour moi d'adresser à tous ma gratitude, plus particulièrement à :

Notre encadreur le **Professeur OJUKU TIAFACK** qui a dirigé ce mémoire. Ses conseils et sa rigueur ont permis de réaliser ce travail.

Tous les **Enseignants du Département de Géographie de l'Université de Yaoundé 1** pour le rôle qu'ils ont joué dans ma formation académique notamment : Pr TCHAWA Paul, Pr TCHINDJANG Mesmin, Pr KENGNE FOUODOP. F, Pr AMOUGOU Armathé, Pr YOUTA HAPPY Joseph, Pr NKWEMOH Clement., Pr DZANA Jean-Guy, Feu Pr DONGMO Jean Louis, Pr MOUGOUE Benoit, Pr MENGUE Alex, Dr DEFO Louis, Dr MEDIEBOU Rose, Dr MABOU Paul Blaise, Dr NDI Roland, Dr BOUBA Dieudonné, Dr TENDE Renz, Dr TEKE .

Monsieur le **Sous-Préfet de l'Arrondissement de Douala 5**, pour m'avoir délivré une autorisation d'enquête pour les quartiers situés dans son domaine de compétences.

Monsieur **BOYOMO Thomas**, pour m'avoir aidé à obtenir les données climatiques sans lesquelles le travail n'aurait pu se faire.

Mademoiselle **KOAGNE Darelle**, pour son aide lors de la production des cartes.

Monsieur **KAMTO Brice** qui a assuré la maintenance de mon ordinateur ainsi que l'installation des logiciels utiles pour mon travail.

Monsieur **MBUKWE Lodrick**, pour ses conseils relatifs aux collectes statistiques.

Je remercie aussi

Ma famille particulièrement mon **père BAYOKOLAK Jean**, ma mère **BAYOKOLAK Thérèse**, mes sœurs **OUTEKES Jeanine** et **BAYOKOLAK Amandine**, mes frères **FAK Christian** et **NDOUNOKON Richard** pour m'avoir accompagné dans mes déplacements dans une ville que je ne connaissais pas, sans oublier mon neveu **BAYOKOLAK Dominique**.

Les populations de **Malangue, Beedi, Cité SIC, Bonamoussadi, Cité des Palmiers, Makèpè** pour leur coopération durant l'enquête.

Et tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la production de ce travail.

RESUME

Le bassin de Tongo Bassa est le plus grand de la ville de Douala et comme une grande partie de celle-ci il est sujet aux inondations. Les populations continuent de subir les assauts répétés des inondations et tentent de s'y adapter tant bien que mal. L'objectif de cette recherche a été d'identifier les enjeux dans le bassin de Tongo Bassa et les protéger contre les inondations. Cela passe par la compréhension des causes d'inondations, l'identification des enjeux, l'étude des impacts afin de proposer des solutions pour améliorer la situation.

Nous avons suivi une démarche hypothético déductive. Nous avons collecté les données de terrains liées à la nature du bassin versant en lui-même notamment sa pédologie, celles concernant la vulnérabilité des populations face aux inondations à travers les questionnaires, les données climatiques et d'occupation du sol afin de déterminer l'influence que chacun des facteurs pourrait avoir sur l'occurrence des inondations. A cela s'ajoute l'utilisation des logiciels SIG pour analyser les caractéristiques hydro-géomorphologiques du bassin et pour identifier et cartographier les enjeux.

Il ressort de l'étude que certaines caractéristiques géomorphologiques et hydrologiques, le climat et les marées le rendent favorable aux inondations et justifient pourquoi certaines zones du bassin sont plus affectées. De plus les inondations sont de plus en plus fréquentes et bon nombre d'habitations se situent en zones inondables. Les calculs des bilans hydriques et la modélisation mathématique qui en résulte nous ont permis de prévoir les inondations en fonction des précipitations. Une pluie d'environ 84mm en une journée causerait les inondations. Le bassin est aussi marqué par une forte urbanisation. On note une régression du couvert végétal 57.88 en 1990 à 11.33% en 2015 tandis que l'espace bâti et la voirie ont évolué de 30.39% en 1990 à 73.6% en 2015. 29% des commerces, 33467 maisons, 27% des écoles, 21% des structures de santé sont à risque d'inondation. Seulement 49% des ouvrages anti inondations sont en parfait état. Par conséquent il serait judicieux d'améliorer le système d'alerte aux inondations en se basant davantage sur les prévisions météorologiques ainsi que sur le modèle mathématique calculé dans ce mémoire, le curage régulier des drains, l'élargissement et l'agrandissement des drains, la mise en place d'un système d'urgence et un plan de contingence.

Mots clés : Tongo Bassa, bassin versant, inondations, géomorphologique, hydrologiques, population riveraines

ABSTRACT

The Tongo Bassa drainage basin is the largest of the town of Douala and just as a great part of it, suffers from floods. The geomorphological and hydrological characteristics of the basin, associated with the precipitation, tides and human actions trigger flooding within the basin. Even though the population is used to floods, whenever it occurs, it causes damages and the population tries to adapt to it. The purpose of this research was to identify the stakes in the drainage basin so as to protect them from floods. This was done through a better understanding of floods, the identification of stakes and study of flood impacts in order to propose solutions to redress the situation.

We followed a hypothetical deductive approach. Field data related to the nature of the drainage basin and population vulnerability was collected using a questionnaire and also climatic and land use data to determine the influence of each factor on flood occurrence. GIS softwares were used to analyze the hydrological and geomorphological characteristics of the basin and mapping of the stakes observed.

The results showed that the relief makes the basin subjected to floods and explains why flooding occurs more in some places. Floods are more and more common and many people leave in floodable areas. The hydrologic balance calculated and the mathematic model that resulted enabled us to forecast the floods based on precipitation. A precipitation of more than 84 mm in a day is likely to cause floods. A high rate of urbanization is also seen within the basin leading to a reduction in the surface covered by vegetation from 57.88% in 1990 to 11.68% in 2015 while there is an increase in the surface of the built up area from 30.39% in 1990 to 73.6% in 2015 all this affecting infiltration and runoff. Concerning the impacts, 29% of commercial activities, 33467 houses and 27% of schools and 21% of health centres are at risk. The results also showed that only about 49% of anti- flood infrastructures are perfectly operational. As such, it is necessary to improve on the flood alert system using weather forecast and the mathematical model as calculated. Constant dredging, widening of water ways, improvement of the emergency service and sensitization are also necessary to redress the situation.

Key words: Tongo Bassa, drainage basin, flooding, geomorphological, hydrological, Local populations.

SOMMAIRE

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
SOMMAIRE	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES PHOTOS.....	ix
LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES	x
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1 : CARACTERISATION DU BASSIN DE TONGO BASSA ET DE SES INONDATIONS	37
CHAPITRE 2 : LES FACTEURS D'AGRAVATION DES INONDATIONS.....	66
CHAPITRE 3 : IMPACT DES INONDATIONS SUR LES POPULATIONS RIVERAINES.....	94
CHAPITRE 4 : STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS DANS LE BASSIN DE TONGO BASSA.....	116
CONCLUSION GENERALE	131
BIBLIOGRAPHIE	133
ANNEXE	cxxxiv
TABLE DES MATIERES	cxxxiv

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Le risque d'inondation et ses dimensions.....	15
Tableau 2 : Récapitulatif du procédé d'échantillonnage	23
Tableau 3 : Répartition des ménages et de la population du bassin de Tongo Bassa.....	24
Tableau 4 : Tableau synoptique de la recherche.....	35
Tableau 5 : Superficie cumulée du bassin de Tongo Bassa supérieure à une altitude en %.....	43
Tableau 6 : Répartition des altitudes du bassin de Tongo Bassa en %.....	43
Tableau 7 : Classification des pentes.....	48
Tableau 8 : Classification du relief à partir de l'indice de pente globale.....	50
Tableau 9 : Rapports de confluence du bassin de Tongo Bassa.....	55
Tableau 10 : Rapports de longueur des cours d'eau du bassin de Tongo Bassa.....	56
Tableau 11 : Récapitulatif des caractéristiques du bassin de Tongo Bassa.....	58
Tableau 12 : Moyennes pluviométriques des mois de Juin, Juillet, Aout et septembre de 1990 à 2019.....	70
Tableau 13 : Evapotranspiration mensuelle du bassin de Tongo Bassa.....	77
Tableau 14 : Evolution des modes d'occupation du sol du bassin de Tongo Bassa.....	81
Tableau 15 : Coefficient de ruissellement pour différentes couvertures du sol.....	82
Tableau 16 : Responsabilités des surfaces aux écoulements.....	83
Tableau 17 : Bilans hydrologiques mensuels du bassin de Tongo Bassa.....	84
Tableau 18 : Répartition des ménages à risque d'inondation selon les quartiers.....	109
Tableau 19 : Historique des inondations dans le bassin de Tongo Bassa et impacts sur les populations riveraines.....	113
Tableau 20 : Récapitulatif des mesures anti inondation.....	129

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du bassin de Tongo Bassa.....	5
Figure 2 : Grille de criticité pour l'analyse du risque d'inondation.....	33
Figure 3 : Les points extrêmes du bassin versants.....	39
Figure 4 : Echantillon de sol prélevé à Malangue	42
Figure 5 : Courbe hypsométrique du bassin de Tongo Bassa.....	44
Figure 6 : Représentation des altitudes du bassin de Tongo Bassa.....	45
Figure 7 : MNT du bassin de Tongo Bassa	47
Figure 8 : Pentés du bassin de Tongo Bassa.....	49
Figure 9 : Classification des cours du réseau hydrographique selon le system de Strahler.....	52
Figure 10 : Variabilité Spatiale du risque d'inondation dans le bassin de Tongo Bassa.....	60
Figure 11 : Moyenne mensuelle des précipitations dans le bassin de Tongo Bassa	62
Figure 12 : Points limites d'inondation entre 2016 et 2020.....	63
Figure 13 : Fréquences d'apparition des inondations dans le bassin de Tongo Bassa	64
Figure 14 : Evolution interannuelle de la pluviométrie de 1990 à 2019.....	67
Figure 15 : Evolution pluviométrique du mois de Janvier de 1990 à 2019.....	68
Figure 16 : Evolution pluviométrique du mois de Décembre de 1990 à 2019.....	68
Figure 17 : Evolution pluviométrique se la saison sèche de 1990 à 2019.....	69
Figure 18 : Evolution pluviométrique du mois de Juillet de 1990 à 2019.....	70
Figure 19 : Evolution pluviométrique du mois d'Août de 1990 à 2019.....	71
Figure 20 : Evolution pluviométrique du mois de Septembre de 1990 à 2019.....	71
Figure 21 : Variation pluviométrique à l'échelle pintade.....	72
Figure 22 : Fluctuation décennale des précipitations.....	73
Figure 23 : Régime des précipitations mensuelles de quelques années.....	74
Figure 24 : Diagramme ombrothermique du bassin de Tongo Bassa.....	75
Figure 25 : Répartition des jours de pluie ayant reçu des précipitations supérieures à 50 mm.	76

Figure 26 : Evolution des surfaces agricoles de 1990 à 2015.....	79
Figure 27 : Evolution de la surface de l'espace bâti et de la voirie de 1990 à 2015.....	80
Figure 28 : Evolution superficie du couvert végétal.....	80
Figure 29 : Evolution des modes d'occupation du sol de 1990 à 2015.....	81
Figure 30 : Rapports entre la précipitation et les autres paramètres hydrologiques	85
Figure 31 : Pluviométrie et hauteur d'eau dans le Bassin de Tongo Bassa le 21 Aout 2020.....	86
Figure 32 : Répartition des activités économiques dans le bassin de Tongo Bassa.....	99
Figure 33 : Répartition des sources d'énergies utilisées par les populations de Tongo Bassa.....	100
Figure 34 : Maladies affectant les populations riveraines.....	103
Figure 35 : Localisation des structures de santé, des commerces et des écoles a risque dans le bassin de Tongo Bassa.....	106
Figure 36 : Localisation des maisons à risque d'inondation.....	108
Figure 37 : Récurrence des maladies dans le bassin de Tongo Bassa.....	111
Figure 38 : Répartition des types de toilettes.....	112
Figure 39 : Les ouvrages linéaires anti inondation.....	117
Figure 40 : Intégration des enjeux aux structures anti crues.....	121
Figure 42 : Répartition des mesures utilisées par les populations.....	122

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Texture du sol du bassin de Tongo Bassa.....	42
Photo 2 : Scène d'inondation dans le bassin de Tongo Bassa.....	61
Photo 3 : Obstruction d'un canal d'évacuation par les ordures à Cite SIC	88
Photo 4 : Construction sur le passage d'un cours d'eau à Beedi.....	89
Photo 5 : Absence de canalisation.....	90
Photo 6 : Construction en zone marécageuse.....	91
Photo 7 : Maisons construites en matériaux provisoires a Makèpè Missokè.....	97
Photo 8 : Précarité des conditions de vie après les casses du 14 Juillet 2015 à Makèpè.....	94
Photo 9 : Installation en zone inondable voué à la destruction.....	104
Photo 10 : Hauteur des eaux d'inondation.....	110
Photo 11 : Infrastructure anti inondation.....	118
Photo 12 : Drain obstrué.....	120

LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES

BD :	Base de données
BUCREP :	Bureau Central pour le Recensement de la Population
CAMWATER:	Cameroon Water Corporation
CLUVA:	Climate change and Urban Vulnerability in Africa
CUD :	Communauté Urbaine de Douala
DEM :	Digital Elévation Model
GIS :	Geographic Information System.
HYSACAM :	Hygiène et Salubrité du Cameroun.
MAETUR :	Mission d'Aménagement et d'Equipement des Territoires Urbains et Ruraux
MINAT :	Ministère de l'Administration Territoriale
OMM :	Organisation Météorologique Mondiale
ONACC :	Observatoire National des Changement Climatique
ONU HABITAT :	Organe des Nations Unies en Charge de L'habitat
ORSTOM :	Office de la Recherche Scientifique d'Outre-Mer
PM :	Premier Ministère
PRC :	Présidence de la République du Cameroun.
RGPH :	Recensement General de la Population Humaine

INTRODUCTION GENERALE

Introduction

Les villes du monde sont sujettes à de nombreux fléaux. Parmi ceux-ci on cite le problème des inondations. Celles-ci sont directement ou indirectement influencées par la nature des bassins hydrographiques, par la pluviométrie et par les actions humaines. Depuis plusieurs années, les institutions étatiques multiplient des actions pour palier à ces difficultés qui malheureusement perdurent. Face à cette réalité, certaines villes du Cameroun comme Douala peinent à avoir une belle image. Les résolutions définitives de ces problèmes sont urgentes car la vie de nombreuses personnes en dépend.

0.1 Contexte général et justification de l'étude

0.1.1 Contexte

La question des inondations constitue de nos jours et ce à travers diverses conséquences qu'elle engendre une des plus grandes préoccupations mondiales sur les plans environnemental, économique et social. Celles-ci causent d'énormes dégâts matériels et humains aussi bien dans les pays développés que ceux en développement. Au cours de ces dernières années, plusieurs pays ont été gravement touchés. En Europe les pays comme la France et l'Allemagne, en Asie le Népal, l'Inde et Bangladesh, en Amérique les États-Unis et le Paraguay et en Afrique le Sénégal et le Soudan. Le Cameroun ne fait pas exception à cette situation. Toutefois la différence entre ces pays peut se situer au niveau des stratégies et des capacités d'adaptations et de gestions de ces phénomènes. En 2019 les inondations ont affecté 367.000 personnes (Bruckmann. et *al*). La ville de Douala et en particulier le bassin de Tongo Bassa est une des unités géographiques les plus régulièrement affectées par ce phénomène. Les effets des inondations se sont accrus avec la croissance démographique et l'occupation croissante des plaines d'inondation par un habitat spontané et non planifié. Les populations en Afrique subsaharienne croissent à un rythme de 2.6% par an. Cette croissance est plus notable tout particulièrement en zone urbaine. En ce qui concerne le Cameroun, le taux d'urbanisation est estimé à 5%. (ONU HABITAT).

Les caractéristiques physiques du bassin de Tongo Bassa, associées aux extrêmes climatiques dans les sens des précipitations abondantes et des populations s'entassant dans les habitats précaires contribuent à ce que les ces dernières continuent de subir les effets répétés de ces caprices climatiques notamment avec les inondations récentes du 20 Août 2020 avec une hauteur de 4.52 m.

C'est dans cette logique que s'inscrivent les populations vivant dans le bassin de Tongo Bassa d'où le thème « Inondations dans le bassin de Tongo Bassa et impact sur les populations riveraines ».

0.1.2 Justification de l'étude

La grande taille de la population menacée, la récurrence du phénomène, la catastrophe d'Août 2020 et la volonté d'y apporter des solutions afin de permettre aux habitants de vivre à l'abri des inondations nous emmène à nous intéresser d'avantage aux inondations dans le bassin de Tongo Bassa.

Pour mieux comprendre le sujet nous passeront par les différentes délimitations du sujet.

0.2 Délimitation du sujet

Au regard de l'étendu du sujet et les questionnements qu'il pose, une délimitation de son contenu sur le plan thématique, temporel et spatial s'impose.

0.2.1 Délimitation Thématique

La présente étude s'inscrit dans la thématique générale des « Risques hydro climatiques ». Les inondations sont devenues une des préoccupations majeures de l'humanité du fait des coûts économiques de ces extrêmes climatiques. Ces axes sont abordés à divers échelles notamment à celle du bassin versant.

Il sera question dans notre étude de s'intéresser aux inondations affectant les zones occupées par les populations soit par leur habitat, leur culture ou leur commerce. C'est en fait la présence de ces enjeux qui justifie la notion de risque.

0.2.2 Délimitation temporelle

Notre étude sera basée sur la période 1990 - 2020 car c'est dans cette période que l'on observe une récurrence accentuée du phénomène d'inondation et aussi parce que la durée d'étude est suffisamment importante pour déceler des tendances. Il sera aussi possible de faire appel aux résultats des études menées sur la même période sur des zones géographiques assez proches.

0.2.3 Délimitation spatiale

La présente étude sera conduite dans la région du Littoral Cameroun plus précisément dans le bassin de Tongo Bassa qui se trouve du côté de la rive sud est du Wouri. N'étant pas restreint à une commune unique, elle occupe une partie de l'Arrondissement de Douala 5 et une partie de l'Arrondissement de Douala 3. Dans ce bassin on retrouve les quartiers comme Makèpè, Cite des palmiers et Malangue. Le centre du Bassin de Tongo Bassa a pour coordonnées 9 °45 E et 4 °N.

Le bassin est entouré par d'autres notamment le Nsape au Nord, le Papas à l'est, le Bobongo, le Kaméo et le Ngoua au sud, le Mboppi et le Banya à l'ouest. Son exutoire est à son nord-ouest dans le Wouri. Sa position est illustrée par la figure 1.

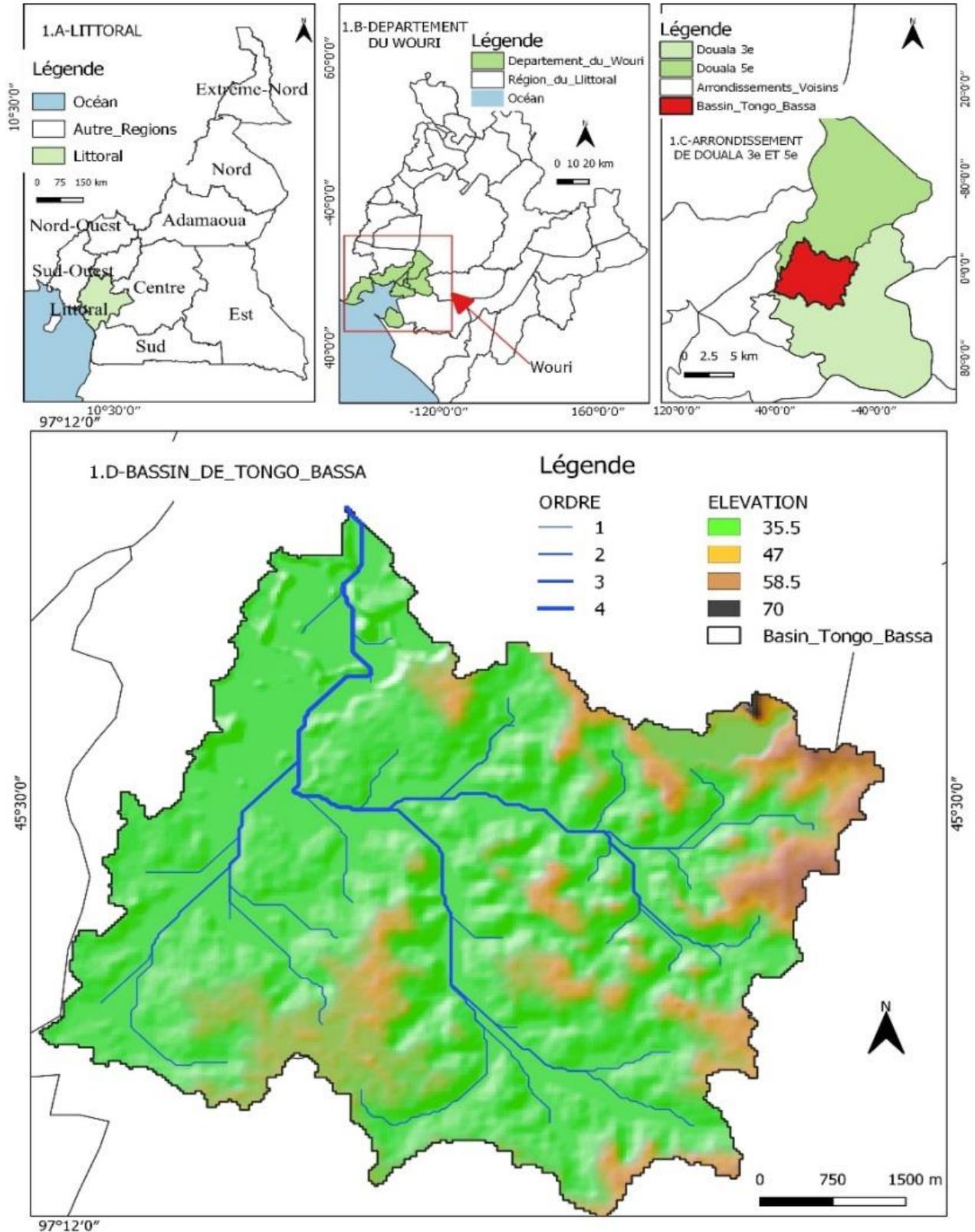


Figure 1 : Localisation du bassin de Tongo Bassa à plusieurs échelles

Source l' INC et CUD.

0.3 Problématique

Lorsqu'on fait un tour dans les quartiers comme Makèpè Missokè on observe les constructions serrées les unes contre les autres, et qui plus est à proximité des canaux d'évacuations régulièrement débordés en périodes de pluies. L'on observe aussi des bâtiments qui continuent de sortir de terre dans la même zone à risque ou les bâtiments construits précédemment ont été marqués pour démolition par la collectivité locale.

L'on observe en plus de cela de nombreux déchets qui longent les canaux d'évacuation en période d'étiage. Beaucoup d'études sont menées sur les inondations mais beaucoup continuent de se produire notamment celle d'Août 2020. Ces remarques nous amènent dans un premier temps à nous interroger :

Quels sont les limites du système actuel ? Est-ce le laisser faire des autorités ou le non-respect des normes établies par les populations ? L'inconscience ou la sous-information des riverains ? Les mauvais choix en matière de stratégie de gestion ? Toutes ces questions nous amènent à la question principale de cette recherche à savoir : Comment comprendre le phénomène d'inondations dans le bassin de Tongo Bassa ?

0.4 Questions de recherche

Il s'agit de la question principale et des questions spécifiques.

0.4.1 Question principale

Comment comprendre les inondations se produisant dans le bassin de Tongo Bassa ?

0.4.2 Questions spécifiques

- 1) Quelle est la nature du bassin de Tongo Bassa et quel est le contexte de ses inondations ?
- 2) Quels sont les facteurs de la recrudescence des inondations ces dernières années ?
- 3) Quelles sont les conséquences des inondations sur les populations riveraines ?
- 4) Comment lutter efficacement contre les inondations dans le bassin de Tongo Bassa ?

0.5 Objectifs de la recherche

Cette étude vise un objectif principal et quatre objectifs spécifiques.

0.5.1 Objectif principal

Cerner les risques d'inondation et protéger les enjeux dans le bassin de Tongo Bassa.

0.5.2 Objectifs spécifiques

- 1) Présenter le bassin de Tongo Bassa et le dynamique des inondations.
- 2) Cerner les facteurs aggravant des inondations.
- 3) Identifier les impacts des inondations sur les populations riveraines.
- 4) Analyser les mesures actuelles de lutte contre les inondations, identifier les failles et y apporter des solutions supplémentaires.

0.6 Hypothèse de la recherche

Pour mener à bien notre étude nous allons nous appuyer sur une hypothèse principale et quatre hypothèses spécifiques.

0.6.1 Hypothèse principale

Les inondations dans le bassin considéré seraient de causes naturelles et causent beaucoup de dégâts.

0.6.2 Hypothèses spécifiques

1) Les caractéristiques physiques du bassin de Tongo Bassa le rendent propice aux inondations causant une augmentation des zones à risque d'inondation au fil des années.

Les caractéristiques géomorphologiques, hydrogéologiques, pédologiques, floristiques ont été examinées afin de déceler le rôle respectif de chacune dans l'occurrence des inondations.

2) La variabilité climatique et l'urbanisation seraient les facteurs principaux de la recrudescence des inondations dans le bassin de Tongo Bassa.

Les données climatiques notamment celles des précipitations et des températures ont été collectées dans le but d'identifier les éventuelles tendances à la hausse et à la baisse.

3) Les inondations entraînent la propagation des maladies hydriques.

Une enquête ménage a été effectuée. Celle-ci avait aussi pour but d'identifier d'autres impacts possibles des inondations sur la population.

4) L'endiguement du canal de Ngongue et l'élargissement des voies d'évacuations permettrait de résoudre le problème d'inondation.

Une enquête a été menée sur l'état de fonctionnalité des mesures anti inondations actuelles afin de savoir s'ils seraient aptes à assurer les évacuations des excès d'eau en période d'averses. Suite à cela nous avons fait des propositions sur ce qui pouvait être fait pour améliorer la lutte contre les inondations.

0.7 Intérêts de la recherche

Notre étude est primordiale et ceci se voit sous les aspects scientifique, socioéconomique, institutionnel, mais aussi personnel.

0.7.1 Intérêt scientifique

Permettre une actualisation de la connaissance dans la lutte contre les inondations dans le bassin de Tongo Bassa. La manipulation du bilan hydrologique du Bassin de Tongo Bassa nous permet de comprendre comment le bassin se comporte lors des précipitations. Grâce à cela on peut connaître les précipitations nécessaires pour provoquer les inondations.

0.7.2 Intérêt socio-économique

Permettre de sauvegarder les biens matériels de la destruction engendrée par les inondations. En réalité beaucoup d'argent serait perdu à chaque fois que les inondations se produisent soit à cause de la destruction du matériel soit à cause des déplacements engendrés. Ces personnes forcées de devenir temporairement des sans-abris.

0.7.3 Intérêts Institutionnel

Faire reculer la frontière de la connaissance dans le domaine des études universitaires. Elle permettra également d'aider d'avantage les pouvoirs publics dans la prise de décision en faveur de la protection des populations.

0.7.4 Intérêt personnel :

Cette étude me permettra d'approfondir ma connaissance sur les risques urbains plus précisément les risques hydro climatiques. Cette recherche me permettra aussi de me familiariser avec les moyens, méthodes et outils de la recherche.

0.8 Revue de la littérature

La revue de la littérature est un article qui fait état du niveau de compréhension actuelle sur un sujet. Elle fait un résumé des articles publiés antérieurement à la recherche. Elle nous permet de connaître les principaux auteurs qui ont écrit sur un thème de recherche, les

découvertes et les avancés majeurs, les débats actuels, l'orientation de la recherche. Pour débiter notre recherche nous avons dû apprendre d'avantages sur les éléments suivants :

0.8.1 Croissance urbaine et risque d'inondation

Bertoni (2006) met l'accent sur l'urbanisation incontrôlée comme facteur des inondations. En 1800, seulement 1% de la population mondiale était concentrée dans les villes. L'ONU projetait en 2014 que 2.5 milliard de personnes supplémentaires vivraient en zones urbaines d'ici 2050. Cette concentration rapide accentue le phénomène d'urbanisation. Ce dernier est un facteur important générant un risque pour la population car il incite à construire dans les zones susceptibles d'être inondées. Un accroissement rapide mais aussi incontrôlé entraîne un accroissement de l'écoulement vers les bas-fonds et le problème de drainage des eaux de pluies est à l'origine de dommages importants. La précarité de l'habitat comme on le retrouve généralement dans ces zones accentue la vulnérabilité.

0.8.2 Inondations à Douala

Mbaha et al. (2014) décrivent l'urbanisation anarchique et la résultante les quartiers précaires sujets aux inondations. Jusqu'au début des années 1980, les vallées inondables et pentes escarpées constituaient des obstacles naturels à la conquête spatiale, agissant comme facteur limitant. Dès lors entre la fin des années 1980 et le début des années 2000, la conquête spatiale s'est affranchie de contraintes naturels. Dès lors on assiste à une urbanisation anarchique dont le résultat est l'apparition de nouveaux quartiers précaires densément peuplés (Bonéwonda, Bessengue, Ndogbati I et II, Newtown aéroport, Mabanda , Bépanda Yonyoung, Makèpè Missokè, Mboppi, Nylon etc).

Amanejieu (2018) fait un état des lieux général des inondations dans la ville de Douala. L'urbanisation accélérée entre 1986 et 2017 soit 452 ha par an et 9 ha par semaine entraîne une occupation des zones de basses altitudes potentiellement inondables. Cette conquête a donné lieu à des inondations lesquelles ont entraîné la mort de 47 personnes, 90923 sinistrés et 547 recasements. Ces inondations sont devenues plus fréquentes avec le temps. C'est ainsi que de 1984 à 2000 on recense 8 inondations tandis que sur la période allant de 2001 à 2018, 26 inondations ont été recensées.

0.8.3 Lutter contre les inondations

Blin (2017) parle d'une contradiction entre la protection, le risque et le développement. Les contraintes issues du risque d'inondation entrent en concurrence avec des objectifs urbains tels que le développement économique, le maintien de l'agriculture et la croissance urbaine. Cette opposition se matérialise par exemple dans le rapport conflictuel entre l'Etat et les collectivités lors de l'élaboration des projets d'urbanisme. Alors que l'état garant de la sécurité collective cherche à réduire la vulnérabilité, les élus lui reprochent d'utiliser des méthodes inadaptées localement et d'appauvrir le territoire. Du point de vue de la population, les habitants dénoncent parfois un préjudice lié à la perte de la valeur foncière, perte d'un bien, coûts des travaux nécessaires sur le bâti qui se rajoute aux traumatismes psychologiques liés à la catastrophe. L'habitant adopte souvent une attitude de défiance vis à vis des pouvoirs publics et des experts.

Pour Baptiste (2004) l'imagerie spatiale alimente la phase de prévention en décrivant les enjeux, au sens des biens et des personnes et leur évolution au cours du temps. D'une part les vastes archives de l'observation de la terre permettent de cartographier la dynamique du territoire sur près de 40 ans. La combinaison de ces données avec celles de l'aléa fournit une évaluation de la vulnérabilité des populations et des territoires ainsi que le degré de prise en compte dans leur aménagement.

Selon Parker (1995) la mise en œuvre de certains ouvrages de protection ou le recours à des techniques d'aménagement telles que les digues et les barrages écreteurs de crues, incite souvent les populations et les élus à urbaniser les zones inondables, convaincus que le risque est devenu acceptable, voire qu'il a disparu. Cette illusion sécuritaire peut être aussi le prétexte à la pression immobilière et encourage une urbanisation sans retenue, alors que la meilleure protection consiste en la diminution de la présence humaine en zone inondable.

Giland (1998) part du principe selon lequel pour lutter contre les inondations il faut inonder mais à bon escient. Cela signifie que pour protéger les villes, il ne suffit plus d'élever des digues le long des quais, mais qu'il est préférable par exemple de laisser se développer des champs d'expansion de crues de préférence dans les plaines agricoles le plus souvent en amont de la ville. Dans cette perspective, une stratégie basée sur des actions moins spectaculaires, moins coûteuses, plus efficaces, plus fonctionnelles et moins locales a pu réduire les aménagements structurels pour les inscrire dans une vision plus systémique des bassins,

considérés comme des ensembles fonctionnels complexes dont chaque élément interagit sur les autres.

Pour Grelot (2007) les inondations, phénomènes liées au régime des cours d'eau sont des évènements imprévisibles au-delà d'un certain horizon temporel. Il est toutefois dans une large mesure possible d'en préciser de façon acceptable leur probabilité d'occurrence en fonction de leur intensité. Dans le cas des inondations, ce qui est important de connaître c'est la loi de probabilité d'occurrence d'une submersion en fonction de ses caractéristiques (hauteur d'eau et durée etc.) sur toute parcelle du territoire étudiée. En supposant qu'une telle loi de probabilité existe sur un territoire, ce phénomène est désigné par le terme d'aléa de submersion du territoire considéré. La caractérisation de l'aléa de submersion découle de la connaissance de l'un ou de l'autre (voire les deux) de ces évènements aléatoires : Crues et précipitations.

Pour Veyret (2015), la crise doit permettre un retour d'expériences pour ensuite essayer de réduire le danger à la source. La gestion du risque suit 4 approches : l'information (connaissance du risque), la protection (les aménagements), la prévention (notamment dans la délivrance des permis de bâtir) et la prévision.

Pour Henry et *al* (2004), l'observation en temps réels de multiples variables hydrométéorologiques est une condition indispensable à une meilleure compréhension de la genèse des crues et des inondations. Selon eux, elle permet le calibrage des modèles hydrologiques de prévision des crues. Grâce à cela on peut connaître l'état de saturation du sol ainsi que les conditions antécédentes de l'humidité des sols. Ceci permet d'augmenter significativement la fiabilité des débits simulés lors des phases des montées et des ressuyages.

0.8.4 Vulnérabilité

Selon Le projet CLUVA il est estimé que les inondations en Afrique continueront avec une tendance à la hausse. En effet selon ce rapport elles quitteraient de 184 en 2008 à 442 en 2100. Selon le même rapport la hausse du niveau de la mer aura un fort impact négatif sur la ville de Douala. Ce rapport détaille les différentes facettes de la vulnérabilité dans le contexte Africain notamment la vulnérabilité physique, la vulnérabilité institutionnelle, la vulnérabilité matérielle et la vulnérabilité altitudinale.

Selon Veyret (2015) toutes les régions à forte densité démographique sont potentiellement vulnérables. La mauvaise qualité de la construction, la mauvaise maîtrise de l'eau, le sous dimensionnement des ouvrages d'évacuation et de traitement des eaux usées sont des facteurs

accentuant la vulnérabilité. Les populations pauvres sont parmi les plus vulnérables car dépourvues de moyens de transport, disposant d'un habitat de mauvaise qualité ; éprouvant la difficulté d'abandonner de maigres biens. Les facteurs institutionnels et politico-administratifs jouent aussi un rôle important. Le manque de coordination entre les acteurs, l'absence de programme de prévention, la corruption, mille feuilles administratifs, la mauvaise gestion de crise, l'heure à laquelle celle-ci éclate, les facteurs spatiaux, augmentent la vulnérabilité face à un aléa.

Ferec et *al.* (2003) on écrit sur l'évaluation de la vulnérabilité des territoires côtiers. Cette méthode nécessite l'utilisation d'une grille d'évaluation. La démarche se présente sous la forme de 5 grilles d'évaluation qui traitent de la vulnérabilité dans ses différentes dimensions. Il s'agit de la vulnérabilité liée à l'aléa 1, la vulnérabilité de la population 2, la vulnérabilité du bâti liée aux usages 3, la vulnérabilité liée aux usages 4, la vulnérabilité liée à la gestion de crise 5. L'évaluation des critères de vulnérabilités se fait par la méthode du score. Le score varie de 0(pas vulnérable) à 3(fortement vulnérable). Ces valeurs sont exprimées dans des unités homogènes. Les indices globaux sont représentés par un graphique radar afin d'identifier très rapidement de la zone considérée et les cibles des actions de mitigation.

Ruin. et Lutoff (2004) Nous proposent une évaluation de la vulnérabilité face aux crues rapides. L'accent est mis sur la mobilité des personnes en temps de crise, du comportement comme le refus d'évacuer, l'évacuation tardive, le sauvetage des biens, la protection des biens, la surveillance des crues, l'annulation de déplacement, l'adaptation d'itinéraires ainsi que la capacité à être informé à temps comme étant des facteurs influençant la mobilité des personnes.

0.8.5 Résilience

Selon Serre (2011), l'approche par la résilience intègre les dommages et la résilience reconnaît l'impossibilité de réduire la vulnérabilité à zéro.

0.8.6 Perception du risque

Pour Hellequin et *al.* (2013) l'habitant du territoire à risque qui détient un savoir typiquement local peut quelquefois apprécier mieux que l'expert certains aspects du risque. Toutefois son approche presque toujours fragmentaire est liée à l'émotion, à ses intérêts privés et peut également l'éloigner de la réalité.

Paulet (2002) va dans la même lancée. Les perceptions et les représentations sont ainsi attachées à la manière dont les individus envisagent le risque ; elle ne permet pas d'appréhender avec précision les sources d'informations qui sont à l'origine de cette image mentale. Alors que la perception possède un caractère plus subjectif résultant d'une observation vécue et immédiate.

Pour Meschinet (2003) et Defossez, (2009) la perception s'établit en fonction de plusieurs variables comme l'expérience directe ou indirecte du risque, mais aussi du niveau d'acceptation du risque par les individus.

Pour Ruin, (2007) et Peretti (2003), la perception des risques naturels est obligatoirement contrebalancée par la perception des autres risques de la vie courante, qui peut être envisagée comme un facteur parmi d'autres dans l'évaluation de la vulnérabilité des populations.

Pour Defossez (2009) il existe des disparités spatiales et sociales importante en matière de perception du risque, dépendantes de l'environnement social, culturel, économique et politique. Le risque peut donc être selon la perception que l'acteur à être surestime ou au contraire sous-estime.

Amanejieu (2018) indique que la perception générale des personnes vivant dans les zones à risque d'inondation est influencée par leur stratégie d'insertion et de survie. Elle explique que les habitants de ces quartiers précaires sont en majorités des migrants ruraux qui n'ont pas pu trouver mieux. Ils développent de ce fait une accoutumance et font moins d'effort pour se prémunir du danger.

0.9 Cadre conceptuel et théorique

Il s'agit de définir les concepts et de présenter les théories qui expliquent notre étude.

0.9.1 Cadre conceptuel

Le cadre conceptuel est une partie qui reprend les notions théoriques développées en cours ou étudiées à travers les recherches bibliographiques. Il s'agit d'une étude de documents audiovisuels ou écrits en rapport avec le sujet du mémoire.

0.9.1.1 Le bassin versant

Un bassin versant est une unité territoriale correspondant à l'ensemble du territoire qui alimente un cours d'eau en eau. Les limites du territoire d'un bassin versant sont appelées lignes de partage des eaux et sont constituées des sommets qui séparent les directions d'écoulement des eaux de ruissèlement.

La direction d'écoulement des eaux dans un bassin versant implique que ces eaux se dirigeront vers un exutoire commun (cours d'eau, lac, fleuve, océan). Les eaux souterraines au même titre que les eaux de surface font partie intégrante du bassin versant. Dans un bassin versant, l'écoulement se fait de l'amont vers l'aval au travers d'un réseau hydrographique ou réseau de drainage d'ordre plus ou moins important. Il comprend des cours d'eau récepteurs, le cours d'eau principal et ses tributaires (cours d'eau qui se jettent dans un cours d'eau de plus grande importance ou dans un lac). Chaque bassin versant est composé de sous bassins versants qui à leur tour sont composé de sous bassins versants.

0.9.1.2 Le bilan hydrologique

Le bilan d'eau est calculé pour analyser l'évolution du stock d'eau emmagasinée dans le bassin au courant de l'année. La dynamique du bilan d'eau suit de près celle du niveau moyen de la nappe souterraine enregistrée dans le bassin. Lorsque les conditions de saturation sont atteintes, tout évènement pluviométrique de forte intensité ou de longueur exceptionnelle est susceptible d'entraîner en quelques heures une montée importante des débits des cours d'eau voire même des inondations.

$$\text{Bilan}(t) = P(t) - Q(t) - \text{ETR}(t) + \text{Bilan}(t-1) \text{ avec}$$

$$P(t) = \text{pluie journalière en mm}$$

$$Q(t) = \text{Débit journalier moyen en mm}$$

$$\text{ETR}(t) = \text{Evapotranspiration journalière moyenne (basée sur l'équation de Penman-Monteith) en mm}$$

0.9.1.3 Le risque d'inondation

Le risque peut être défini comme « les conséquences éventuelles et incertaines d'un évènement sur quelque chose ayant une valeur, compte tenu de la diversité des valeurs. Le risque est souvent considéré comme la probabilité d'occurrences d'évènements dangereux, que

viennent amplifier les conséquences de tels phénomènes lorsqu'ils se produisent. Le risque découle des interactions de la vulnérabilité et de l'exposition à un aléa. Ainsi on peut considérer qu'une inondation même majeure touchant une zone inhabitée ou inexploitée par les populations ne constitue pas un risque puisqu' aucun enjeu vulnérable n'est exposé à l'aléa. Ceci est illustré par le tableau 1.

Tableau 1 : Le risque d'inondation et ses dimensions

Concept	Dimension	Variable	Indicateur
Risque d'inondation	Submersion	Pédologie	Perméabilité
		Climat	Nombre de jours de pluie
			Intensité de pluie
		Géomorphologie	Zone a risque
			Vitesse d'écoulement
		Hydrographie	Longueur des drains
			Dimensionnement des drains
	Couvert végétal	Superficie du couvert végétal	
	vulnérabilité	Environnementale	Pollution des cours d'eau
		Economique	Centres commerciaux a risque
			Perturbation du trafic
		Sociale	Centres de santé a risque
Habitat a risque			

Source :Bakoto Landry

0.9.1.4 La vulnérabilité climatique

La vulnérabilité au sens étymologique vient du latin "*vulnus*" qui signifie blessure. Ainsi est qualifié de vulnérable ce qui est fragile, c'est à dire qui peut être blessé, frappé par un mal. Les personnes vulnérables sont celles qui sont menacées dans leur autonomie, dans leur dignité ou leur intégrité physique. La vulnérabilité peut résulter de l'âge, de la maladie, d'une infirmité ou une déficience physique ou psychique ou d'un état de grossesse. Avec l'émergence de la science des risques par exemple la Cyndinique aux USA, la vulnérabilité a été de plus en

plus étudiée comme un facteur important permettant de réduire les dégâts causés par les différentes catastrophes (Saha, 2013).

La littérature sur les risques naturels définit la vulnérabilité à partir de l'exposition à une perturbation ou à une contrainte et la capacité du système à y faire face, de s'en sortir ou de s'adapter de manière fondamentale, en devenant un nouveau système ou en disparaissant (Kasperson et al, 2000).

La vulnérabilité fait référence à la prédisposition des éléments exposés à l'aléa, tels que les êtres humains, leurs moyens de subsistance et leurs richesses à subir des effets négatifs lorsqu'ils sont impactés par un aléa. La vulnérabilité est liée aux fragilités et aux faiblesses ainsi qu'au manque de capacité qui favorise les effets adverses sur les éléments exposés. Cette prédisposition est influencée par des facteurs sociaux, économiques, environnementaux, physiques ou encore politiques, qui détermine également la capacité des êtres humains à faire face à cet aléa (résilience). (Brooks et al, 2005 ; Morin, 2008 ; Wisner et al, 2004.)

La vulnérabilité physique ou matérielle représente la susceptibilité du cadre du bâti à subir des dommages (Cordona et al, 2012). La vulnérabilité économique réfère à la disposition de la capacité de production d'un système à faire face à la destruction matérielle et des perturbations dues à l'occurrence du phénomène. Balica et al (2009).

La vulnérabilité sociale se résume à la propension du bien être humain à être endommagé par la perturbation individuelle (santé mentale et physique et collectives) (Birmann et al., 2013). La vulnérabilité environnementale s'intéresse au rôle des écosystèmes, leur dégradation face au risque et l'impact cumulatif sur la société. Elle représente aussi l'interrelation entre différents écosystèmes, leurs capacités à faire face à des perturbations et se remettre suite à une diminution des ressources plus ou moins importantes dans le temps et dans l'espace (Cordona et al, 2012).

0.9.1.5 Hydrogramme de crue

Selon Ramenieras (1960), c'est la courbe des débits en fonction du temps dans une section d'un cours d'eau qui résulte des diverses formes d'écoulement existant dans le bassin. Pour Roche (1986), c'est le graphique de variation des débits en fonction du temps.

L'OMM 1992 le définit comme une expression ou représentation graphique ou non de la variable des débits dans le temps. L'établissement d'un hydrogramme se rapportant à une

station nécessite la connaissance du liminogramme de la période choisie et de la courbe d'étalonnage ou de tarage qui s'applique à cette période. Très communément la notion d'hydrogramme est associée à la variation du débit pendant une crue (hydrogramme de crue) mais ce n'est qu'un aspect parmi d'autres. Suivant la finalité de recherche (hydrologie analytique, modélisation pluie débit) l'hydrogramme pourra être établi par des intervalles de temps divers allant de la fraction d'heure à l'année.

0.9.1.6 Résilience

Selon Razafindrakoto (2014), la résilience d'une société possède trois facettes. Elle correspond à la capacité de la société à absorber le choc par la résistance et ou l'adoption, à la capacité de gestion ou de maintien de certaines fonctions ou structures de bases ou la capacité de rebondir après un choc.

Selon Ercole et Metsger (2009) la résilience est la capacité d'une communauté à se préparer avant le choc et se relever après.

Selon Pasche et Geisler (2005), la résilience est définie comme une politique de gestion intégrée du risque. Il s'agit de ne plus seulement lutter contre l'aléa, mais aussi de vivre avec celui-ci afin d'en réduire les impacts négatifs.

0.9.1.7 Perception du risque d'inondation

Pour Hellequin et al. (2013) la perception du risque est le degré et les formes de conscience du risque par la population. Percevoir un risque revient à estimer la probabilité de survenu, l'ampleur et l'étendu des dommages qui il pourrait entraîner.

0.9.1.8 Aménagement.

Selon Blin (2017), l'aménagement est la pratique de disposer avec ordre à travers l'espace d'un pays et dans une vision prospective les hommes et leurs activités, les équipements et les moyens de communication en prenant en compte les contraintes naturelles humaines et économiques, voir stratégiques. Selon cette définition, le risque d'inondation pourrait se ranger sous le thème "contraintes naturelles". Nous pourrions imaginer aussi que l'aménagement des terres inondables n'avait pas pour but de retenir les crues et d'effacer en quelques sorte le phénomène mais plutôt de réduire leurs effets.

0.9.2 Cadre théorique

Parsons (1964) définit la théorie au sens usuel du terme comme étant « un système des lois ». Il s'agit d'un ensemble de notions pouvant expliquer un phénomène. Dans le cas de notre étude on s'est penché sur l'hydrogramme.

On associe souvent au terme hydrogramme une expression désignant :

- 1) Les causes d'écoulement : Hydrogramme simple résultant d'une averse simple ou complexe dans le cas d'averses complexes pouvant donner lieu à plusieurs pointes et crues, hydrogramme de tarissement...
- 2) La façon dont il caractérise la réaction du bassin versant : hydrogramme type ou de ruissellement moyen exprime en débits rapportés à un volume de ruissellement donné ; hydrogramme unitaire instantané obtenu empiriquement à partir d'hydrogrammes de ruissellement observés ; hydrogramme composé ; hydrogramme synthétique.
- 3) La manière de le représenter sous une forme géométrique simplificatrice : hydrogramme standard, triangulaire.

0.9.2.1 Théorie de l'hydrogramme unitaire

L'hydrogramme unitaire d'un bassin est défini comme l'hydrogramme de ruissellement pur résultant d'une pluie nette de hauteur uniforme produite de façon homogène sur la totalité du bassin (averse unitaire) en un temps donné. Cette méthode s'applique pour des bassins dont la superficie est comprise entre 2 et 200 Km². On admet que pour un bassin donné, tous les hydrogrammes de ruissellement pur résultant d'averses unitaires ont le même temps de base et que les débits sont directement proportionnels à la valeur de la pluie nette : c'est la propriété d'additivité. Cette théorie permet de faire une estimation du débit en fonction des précipitations.

Beaucoup de notions décrites plus haut ne considèrent qu'une partie de l'hydrogramme total. Il est courant de décomposer l'hydrogramme en ses différentes composantes d'écoulement. Cette décomposition peut se faire par des approches très différentes.

- 1) La décomposition graphique qui sépare en trois composantes d'écoulement : rapide, retardé et lent aux moyens empiriques ; il s'agit de la méthode la plus ancienne (Remenias, 1960).
- 2) La décomposition fondée sur une analyse isotopique ; le critère d'origine temporelle faisant la part entre eau nouvelle précipitée et eau ancienne stockées.
- 3) La décomposition géochimique fondée sur un critère d'origine spatiale des réservoirs.

Ces deux dernières méthodes suggèrent qu'il y aurait souvent dans l'écoulement une contribution importante d'eau souterraine ancienne. Ce qui remet en cause les conceptions classiques des crues constituées d'eau récentes de ruissellement.

0.10 Méthodologie

0.10.1 Démarche méthodologique

La démarche utilisée est la méthode hypothético- déductive. C'est une méthode scientifique qui consiste à formuler une hypothèse afin d'en déduire des conséquences observables futures (prédiction) mais également passées (reproduction) permettant d'en déterminer la validité. Elle a été élaborée par le philosophe mathématicien Allemand Leibniz (1716 – 1946). Cette démarche contient les phases suivantes (Verhagen, 2010) :

- 1) Observations / questionnement
- 2) Elaboration d'une hypothèse qui doit être réfutable
- 3) Déduction de prédiction (qui peuvent être testées et éventuellement invalidées)
- 4) Définition d'expériences pour pouvoir tester les prédictions
- 5) Validation ou invalidation des prédictions (et donc des hypothèses)
- 6) Validation permettant de consolider l'hypothèse qui devient alors une théorie.

0.10.2 L'approche méthodologique

L'approche utilisée est l'approche systémique. Elle vise à identifier les éléments qui interviennent dans notre étude et de repérer les liens qui existent entre eux. Dans le cas de notre étude, les éléments sont : l'anthroposphère, l'atmosphère, l'hydrosphère et la lithosphère. Nous les avons étudiées afin d'avoir une idée claire sur l'évolution du bilan de l'eau, le comportement de l'eau dans ses différents réservoirs, le rôle de l'homme, ainsi que les caractéristiques hydrologiques et géologiques du bassin de Tongo Bassa. Toutes ces données sont essentielles à notre sujet.

0.10.3 Collecte des données

Il s'agit de la collecte de sources secondaires et celle de sources primaires. Les données primaires sont celles qui ont été recueillies pour la première fois dans le cadre de cette recherche tandis que les données secondaires sont déjà collectées ou produites par d'autres.

0.10.3.1 Données de source secondaire

0.10.3.1.1 Compilation documentaire

Une recherche cartographique dans les centres documentaires, les instituts de recherche universitaire, les départements ministériels notamment celui de l'Habitat et du Développement Urbain. Cette étape a consisté à collecter les cartes topographiques, géologiques, climatiques, phytogéographiques et urbaines. Ces cartes ont ensuite été numérisées et géo référencées pour permettre l'alimentation des données alphanumériques qui génère des cartes thématiques.

La recherche documentaire a été faite auprès de diverses structures étatiques, privées, et para publiques dont la plupart sont localisées à Yaoundé et d'autres dans la ville concernée par l'étude (Douala). Pour ce qui est de l'université de Yaoundé 1, la bibliothèque du Département de Géographie a été consultée. Pour ce qui est de l'université de Douala, la bibliothèque de la Faculté Des Lettres Et Sciences Humaines a été consultée.

Les documents exploités portaient sur la description des phénomènes d'inondations, les facteurs qui les déclenchent, l'ampleur des dégâts qu'ils causent et les mesures prises par les différentes institutions concernées pour les combattre à savoir : l'ONACC, le MINAT et les structures locales de gestion des catastrophes.

Cette documentation a été utile pour :

- Etudier le régime fluvial du Tongo Bassa.
- L'étude du relief général du bassin de Tongo Bassa.
- L'étude de l'habitat du bassin de Tongo Bassa.
- Collecter les données météorologiques de la zone d'étude pour une période de 30ans.
- Etudier le système de marée du Wouri.
- Connaitre la répartition des ménages dans le bassin de Tongo Bassa pour faire un bon échantillonnage.

-

0.10.3.1.2 Recherche sur internet

La priorité de la recherche sur internet a été mise sur les mémoires et les thèses qui abordaient de près ou de loin les thématiques des inondations, des impacts et même des solutions contre les inondations, dans le but de se familiariser avec le sujet. Ceci s'est fait principalement avec Google scholar. Les cartes liées à mon sujet ont été collectées pour avoir

une idée plus claire de la zone d'étude. Les images satellitaires de 1990, 2000, 2010 et 2019 ont été obtenues pour déterminer l'évolution des différents modes d'occupation du sol et leurs effets possibles sur la genèse des inondations.

0.10.3.2 Données de source primaire

Il s'agit de collecter des données directement sur le terrain. Il est question d'observer la réaction des chenaux après des épisodes de pluie. Il s'agit aussi de faire des analyses hydrologiques notamment les hauteurs d'eau débits et charge solide et le temps de concentration. De plus nous avons interrogé des personnes afin de connaître leur perception du risque d'inondations, les impacts de celles-ci sur eux, et les moyens utilisés pour s'adapter. Les données collectées sont hydrométriques, géomorphologiques, hydrographiques, géométriques et celles relatives aux impacts des inondations sur les populations.

0.10.3.2.1 Les données hydrométriques.

Les stations météorologiques et hydrologiques de Douala ont été consultées afin de comprendre l'évolution des précipitations, des hauteurs d'eau et des débits sur une période de 30 ans dans le but de dégager des tendances et de vérifier si celle-ci influence l'occurrence des inondations. Les temps de concentration quant à eux seront déterminés par minutage après un épisode de pluie. Les données météorologiques associées aux données limnimétriques ont permis de déterminer le comportement du bassin à un épisode pluvieux.

0.10.3.2.2 Les données géomorphologiques, hydrographiques et géométriques

Pour réaliser ce travail nous avons utilisé des images de satellite de type SRTM Shuttle Radar Topography Mission) avec une résolution de 30 m. Elles font référence aux fichiers matriciels et vectoriels topographiques fournis par deux agences Américaines : la NASA et la NGA. Ces images servent de base pour élaborer un modèle numérique de terrain (MNT). Le MNT a été la première donnée nécessaire pour la cartographie du bassin versant. Il est devenu l'une des couches d'informations les plus utilisées dans un SIG. L'altitude apparaît comme le paramètre explicatif de nombreux phénomènes naturels notamment des inondations. L'intérêt du MNT est de limiter le bassin versant de Tongo Bassa, d'extraire automatiquement les caractéristiques physiques de la zone d'étude (caractéristiques morphologiques, paramètres de relief et paramètres morpho métriques). Les logiciel Arcgis et Google earth ont été utilisés pour la réalisation de la cartographie.

0.10.3.2.3 Les données relatives aux impacts des inondations sur les populations

La méthode utilisée est l'enquête ménage à l'aide d'un questionnaire. Son but a été de récolter des informations qui apportent des explications ou des éléments des preuves à mon travail de recherche. Pour obtenir ces données, l'entretien semi directif a été utilisé. Il est composé d'une série d'interrogations précises. L'avantage de ce questionnaire est qu'il permet d'avoir des réponses claires et facilement vérifier les hypothèses. Le questionnaire a été structuré de sorte à pouvoir faire ressortir la perception du danger, les éléments de vulnérabilité et aussi les impacts des inondations sur les populations.

Pour ce qui est de la perception du danger nous sommes parti du postulat selon lequel les moyens financiers et l'habitude aux inondations sont des facteurs qui influencent la perception du danger. Afin de pouvoir vérifier cela dans le cas du bassin de Tongo bassa nous avons étudié ces éléments. Pour le cas de la vulnérabilité de la population, les éléments cibles étaient la fragilité des bâtiments, les moyens financiers, les activités économiques, la vulnérabilité sociale et la fragilité de l'environnement. Enfin pour étudier les impacts des inondations sur la population nous avons mené l'étude sur le plan économique, sociale, et environnementale.

Pour pouvoir obtenir ces données auprès de la population nous sommes passé par un échantillonnage. Il s'agit de sélectionner certains individus représentatifs de la population totale dont les informations collectées permettront de faire des conclusions sur la population entière. Cet échantillonnage est fait selon des données démographiques du bassin de Tongo Bassa.

La méthode d'échantillonnage choisie est la méthode d'échantillonnage à plusieurs degrés. Le choix de cette méthode a été influencé par la grande taille du bassin et le nombre très important de ménages s'y trouvant (213341) comme le montre le tableau 2. Tout en veillant à respecter le principe de la représentativité nous avons procédé de façon progressive au découpage de la population cible.

Pour obtenir le premier degré d'échantillonnage on divise d'abord la population en groupes. Dans ces cas le bassin de Tongo Bassa elle a été subdivisé en zones en fonctions des risques d'inondations. Les zones à risque très élevé et moyen ont été ceux sélectionnés.

Se basant sur la carte du risque d'inondations on note 20 zones qui sont : Makèpè Missokè, Makèpè Maturité, Ndongmbe, Songbikako, Bonamoussadi, Bepanda Yongyong,

Bépanda Omnisport, Bépanda Gentil, Bépanda Jourdain, Ndogbati, Cite de la paix, Cite CICAM, SIC cacao, Bépanda Camtel, Bépanda Cacao Barry, Pindo, Malangue, Cite des palmiers et Cite SIC. On obtient donc notre premier degré d'échantillonnage. Le tableau 3 montre la répartition de la population par quartier.

Parmi ces zones. 5 ont été sélectionnées suivant un model équiprobabiliste. Celles sélectionnées ont été Makèpè Missokè, Malangue, Beedi, Cite Sic et Bonamoussadi. On obtient donc le deuxième degré d'échantillonnage. Chacune de ces zones est subdivise en 5 et 2 sous zones sont sélectionnées. On obtient le 3^{ème} degré d'échantillonnage.

Les questionnaires seront utilisés sur 2% des ménages de chaque zone du 3^{ème} degré. Le procédé est résumé par le tableau 2.

Tableau 2 : Récapitulatif du procédé d'échantillonnage.

Zone de degré 2	Nombres de ménages	Nombre de ménage des Sous zones suivant les 1/5	Taille de la population cible de chaque sous zone (2%)
Makèpè Missokè	2481	469.2	10 ménages
Malangue	528	105.6	2 ménages
Beedi	12188	2437.6	48 ménages
Cite Sic	937	187.4	4 ménages
Bonamoussadi cite	4657	931.4	19 Ménages
TOTAL	20791	4158	83 Ménages

Source : Données du RGPH 2005 et du BUCREP Adaptées par Bakoto Landry.

Tableau 3 : Répartition des ménages et de la population du bassin de Tongo Bassa.

Zone	Ménages	Sexe		Total
		Masculin	Féminin	
BEEDI	12188	269149	269300	538449
BEPANDA OMNISPORT	6148	13656	13716	27372
BEPANDA PETIT WOURI	2604	5808	5842	11650
BEPANDA TSF	7823	16373	16419	32792
BEPANDA TSF CACAO-BARRY	5098	12120	11375	23495
BEPANDA VOIRIE	3495	7594	7874	15468
BEPANDA YONYONG	2338	5207	4816	10023
BONAMOOUSSADI CITE	4657	9986	9766	19752
BONAMOOUSSADI VILLAGE	5297	11856	11204	23060
CACAO-BARRY	3741	8080	7760	15840
CITÉ DES PALMIERS	61	112	121	233
CITÉ-SIC BASSA	937	1883	1888	3771
DIKAHE (PK 10)	2987	7358	7716	15074
EMENE CITY (PK 12)	1475	2899	3369	6268
GENTIL	1027	2415	2378	4793
JOURDAIN	787	2000	1986	3986
LOGPOM	1226	2810	2851	5661
MAKEPE ANCIENNE DECHARGE	4087	9197	9837	19034
MAKEPE CITE	1902	4410	4505	8915
MAKEPE II ET III OU VILLAGE	2678	6086	5304	11390
MAKEPE MATURITE	2292	5166	5678	10844
MAKEPE MISSOKE	2481	5827	5651	11478
MAKEPE PETIT PAYS	3338	7346	6884	14230
MAKEPE TERMINUS	6494	14283	13225	27508
MAKEPE ZONE DE RECASEMENT	2043	4244	4017	8261
MALANGUE	528	1111	1033	2144
MANIKE PK 11	2290	3703	3753	7456
NDOGBATI I	517	1331	1300	2631
NDOGBATI II	1092	2742	2888	5630
NDOGBONG	1791	3612	3604	7216
NDOGHEM	841	1666	1703	3369
NGUERECK PK 12	3539	6723	6916	13639
P.K 15 BOMKUL	98	186	249	435
P.K 8 KONDI	771	1814	1835	3649
SOBIKAGO I	1083	2489	2571	5060
SODIKOMBO PK 13	21	53	44	97
U.I.T ET ENSET	1926	4230	4361	8591
NDOGSIMBI	1630	3867	4013	7880
LOGBESSOU	10	25	14	39
TOTAL	213341	469417	467766	937183

Source : Données du RGPH 2005 et du BUCREP, Adaptées par Bakoto Landry

L'enquête a été menée le matin mais pas trop tôt pour être sûr de trouver les personnes. L'enquête ménage s'est effectuée sur deux jours. Les données auprès des populations ont été obtenues à l'aide d'un entretien semi structuré. La collecte s'est faite sous forme de causerie, après quoi les coordonnées GPS des ménages enquêtés ont été relevées ainsi que des photos utiles de la zone. L'entretien a été préparé grâce à un masque de saisi de kobo collect. Les personnes interrogées étaient les adultes, bien portant et ayant déjà vécu au moins 10 ans dans la zone.

0.10.3.3 Les données de surface

La texture du sol a été déterminé grâce à une granulométrie réalisée par décantation. La granulométrie est importante car elle permet d'estimer le taux d'infiltration.

0.10.4 Traitement des données

Des critiques préliminaires ont été effectués pour s'assurer de la crédibilité des données et des sources d'information. Le traitement des données sera fait en fonction des thèmes. Les données numériques seront traitées à l'aide de tableau synthétique élaboré à partir d'Excel. Il s'agit notamment des données météorologiques, hydrométriques, géomorphologiques, pédologiques, hydrographiques et celles issues des entretiens auprès de la population.

0.10.4.1 Les données météorologiques

Les données ont été traitées avec les logiciels comme Chrono stat et hydro lab notamment pour étudier le bilan de l'eau. Les données de précipitation ont été associées aux données d'écoulement, d'évapotranspiration et de changement de stock. Les données des précipitations ont été recueillies à la station pluviométrique de la Site SIC.

Etant donné la difficulté de calculer avec exactitude l'évapotranspiration nous avons procédé à une estimation de cette grandeur. La méthode utilisée pour estimer l'évapotranspiration a été celle suivant la formule de Thornthwaite. L'avantage de cette formule est qu'elle intègre des éléments qui sont facilement calculable. Cette formule est donnée par :

$$ETP(m) = 16 \left[\frac{10 * T(m)}{I} \right]^A F(m, \phi) \quad I = \sum_{n=1}^{12} i(m) \quad i(m) = \left[\frac{T(m)}{5} \right]^{1.514} \quad \text{ou}$$

ETP(m) : Evapotranspiration mensuelle du mois m, (m varie de 1-12) en mm.

T : Moyenne interannuelle des températures du mois en °C

A: $0.016 * I + 0.5$

I: Indice thermique annuel.

F(m,ϕ): facteur correctif fonction du mois (m) et de la latitude¹

0.10.4.2 Les données hydrométriques

Les relevés limnimétriques ont été consultés afin d'analyser des variations du niveau de l'eau dans le bassin. Les stations de Makèpè petit marché, Makèpè Missokè, Kondi Hôpital, Parcours Vita et vallées hôpital général ont été consultées.²

0.10.4.3 Les données géomorphologiques et pédologiques

Pour déterminer les variations des stocks d'eau dans le sol, nous avons procédé par l'étude des caractéristiques pédologiques et géomorphologiques. En effet se sont des paramètres importants qui jouent sur le taux d'infiltration. Cette grandeur est d'une importance capitale en raison du fait que l'écoulement se produit lorsque la capacité d'absorption du sol est excédée. Donc plus vite les sols se saturent plus vite l'écoulement se met en place.

L'étude du bilan de l'eau nous permet de comprendre la réaction du bassin versant à un épisode de pluie connaître comment se dirigent les eaux une fois les pluies précipitées. La finalité de l'étude de ce bilan est la formulation d'un modèle mathématique permettant de schématiser l'occurrence des inondations dans le bassin de Tongo Bassa.

0.10.4.4 Les données hydrographiques

Les données ont été traitées principalement à l'aide des formules mathématiques comme le montre des équations suivantes :

0.10.4.4.1 Pente moyenne du cours d'eau principal

Elle a été obtenue en appliquant la formule suivante :

$$DH_{\max}/L$$

DH_{max} = Dénivellation maximale de la rivière en mètre.

L= Longueur du cours d'eau principal.

0.10.4.4.2 Densité de drainage

¹ Les coefficients de correction utilisés dans le calcul de l'évapotranspiration sont présentés dans l'annexe 14.

² Cf. Annexe 13

Elle a été obtenue en appliquant la formule suivante : **Dd= somme des Li/A** Avec

Dd: densité de drainage (Km/ Km²)

Li: Longueur cumulée des cours d'eau (KM)

A= surface du bassin versant (KM²)

0.10. 4.4.3 Densité hydrographique

Elle a été obtenue en appliquant la formule suivante : **F=Ni/A** Où :

F : densité hydrographique (KM²)

Ni : nombre de cours d'eau

A : Superficie du basin (KM²)

0.10.4.4.4 Rapport de confluence

Elle a été obtenue en appliquant la formule suivante : $Rc = \frac{Nn}{Nn+1}$ Avec :

Rc: Rapport de confluence des cours d'eau

Nn: Nombre de cours d'eau d'ordre n

Nn+1 : Nombre de cours d'ordre suivant

0.10.4.4.5 Rapport de longueur

Elle a été obtenue en appliquant la formule suivante $RL = \frac{Ln+1}{Ln}$ Avec :

RL : Rapport de longueur

Ln+1 : longueur totale des cours d'eau d'ordre n+1 en (Km)

Ln : Longueur totale des cours d'eau d'ordre n en (km)

0.10.4.4.6 Coefficient de Torrentialité

Elle a été obtenue en appliquant la formule suivante $Ct = Dd * \frac{N1}{s}$ Avec :

Ct : Coefficient de torrentialité

Dd : Densité de drainage

N1 : Nombre de cours d'eau d'ordre 1

0.10.4.5 Les données géomorphologiques

Les données ont été traitées principalement à l'aide des formules mathématiques comme le montre des équations suivantes.

0.10.4.5.1 Le calcul du rectangle équivalent

Il a été obtenu en appliquant la formule suivante : $S = L \cdot l$ $P = 2 \cdot (L + l)$

$$L = \frac{Kg\sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kg}\right)^2} \right]$$

0.10.4.5.2 Calcul de l'altitude moyenne

Elle a été obtenue en appliquant la formule suivante : $H_{moy} = \frac{\sum A_i \cdot h_i}{A}$ Avec :

H_{moy}: altitude moyenne du bassin versant en mètre

A_i : Aire comprise entre deux courbes de niveau en KM²

H_i : altitude moyenne entre deux courbes de niveau en mètre

A : Superficie totale du bassin versant en Km²

0.10.4.5.3 Calcul de la pente moyenne

Elle a été obtenue en appliquant la formule suivante :

$$P_{moy} = \frac{H_{moy}}{L} \quad \text{Avec : } P_{moy} : \text{Pente moyenne} \left[\frac{m}{k} \right] \quad H_{moy} : \text{Altitude moyenne en (m)}$$

L : Longueur du rectangle équivalent

0.10.4.5.4 Calcul de l'indice de pente globale

Il a été obtenu en appliquant la formule suivante :

$$IG = \frac{D}{L} \quad \text{Avec :}$$

IG : Indice de pente globale

D : H 95% -H5% (dénivellation)

L : longueur du rectangle équivalent

La notion de rectangle équivalent a été introduite pour comparer l'influence des caractéristiques des bassins versants sur l'écoulement. Le bassin versant rectangulaire résulte

de la transformation géométrique du bassin réel dans laquelle on conserve la même superficie, le même périmètre (ou le même coefficient de compacité) c'est à dire la même hypsométrie.

Soit L et l la longueur et la largeur du rectangle et P et A le périmètre et l'aire du bassin versant on a la longueur de ce rectangle équivalent est de 16,6362 km et sa largeur est de 7,1403 km.

0.10.4.6 Les données relatives aux impacts des inondations sur les populations riveraines.

Ces données seront traitées avec Excel puis analysées afin de faire ressortir le type d'effet et leurs gravités et seront présentés sous forme de tableaux, graphique et figures.

0.10.5 Analyse de données.

0.10.5.1 Les données météorologiques

Les résultats ont été analysés faisant ressortir la variabilité climatique annuelle, inter annuelle et décennales qui ont été présentées à l'aide de tableaux, de figures et de graphiques. Les nombres de jours de pluie ont été comptés pour chacune des années de notre période d'étude. Les tendances générales ont été déterminées. Le but de cette manœuvre est d'identifier les éléments qui permettraient de justifier une augmentation des inondations ces dernières années.

0.10.5.2 Les données géomorphologiques du bassin versant

Certaines de ces données ont été analysées pour cerner l'influence sur les écoulements et les inondations. D'autres ont été cartographiées. Ceci a permis la localisation et le dimensionnement des zones à risques.

0.10.5.3 Les données issues des entretiens

La méthode d'évaluation de l'importance des impacts identifiés s'est reposée sur une approche intégrant trois paramètres d'appréciation : la durée, l'étendue et le degré de perturbation qui sont assimilés en un indicateur de synthèse à savoir l'importance de l'impact (indicateur de jugement global). Celle-ci peut être qualifiée de forte, moyenne ou faible selon une combinaison des critères ci-dessus énumérés nous référant au Ministère de l'Environnement.

0.10.5.4 Analyse de la vulnérabilité

Le guide méthodologique de Wongbusarakum et Loper (2011) applicable en zone côtière est celui utilisé. Il propose un ensemble de dix indicateurs pour évaluer la vulnérabilité aux inondations. Il s'agit entre autre :

- la dépendance aux ressources et services vulnérables ;
- des conditions de vie en rapport avec le revenu des ménages ;
- la perception du risque par les populations ;
- la diversité des moyens d'existence ;
- l'accès et l'utilisation des connaissances scientifiques sur le climat (service météo...) ;
- les structures formelles ou informelles ayant pour vocation de réduire la vulnérabilité ;
- la capacité de la communauté à se réorganiser après la survenue d'une catastrophe ;
- la Gouvernance et le leadership ;
- l'accès équitable aux ressources par les populations

Ce guide a joué un rôle important dans la collecte des données, car il précise les différentes orientations qu'une analyse de vulnérabilité en contexte d'inondation doit suivre.

Pour avoir des facteurs plus précis à étudier nous nous sommes basés sur L'interaction entre les quatre composantes (économique, social, environnemental et physique) et les trois facteurs (exposition, susceptibilité et résilience) de la vulnérabilité a été a la base du calcul de l'indice de vulnérabilité développé par Balica et *al.* (2009) exprimé par l'équation suivante.

$$FVI = \frac{\text{Exposition} * \text{Susceptibilité}}{\text{Résilience}}$$

Chaque composante est en relation avec les facteurs de vulnérabilité³. Pour chaque sous-indice, les indicateurs relatifs à l'exposition et la susceptibilité sont placés au numérateur car appartiennent à des facteurs aggravant la vulnérabilité. Par contre les indicateurs relatifs à la résilience réduisant la vulnérabilité sont placés au dénominateur (Dihn et al, 2012).

Composante Sociale de la vulnérabilité

Elle a été obtenue en appliquant la formule suivante :

$$FVI_s = \frac{pd * pfa * \% \text{ disable} * ch * pg * HDI * cm}{pe * \frac{A}{p} * Cpr * S * Ws * Er * Es} \quad \text{Où}$$

Pd = Densité de la population.

Pfa = Population habitant en zone inondable.

³ Cf. annexe 4, 5 et 6

% disable= Personne vivant avec un handicap.

Ch = Héritage culturel

Pg= Croissance démographique.

HDI= Indice de développement humain.

Cm= Mortalité infantile.

Pe= expérience du passe

A/P= sensibilité

Cpr= Taux de pénétration de la communication.

S= Abris et centre de santé.

Ws=Système d'alerte précoce

Er= Voies d'évacuation.

Es= services d'urgence

Composante économique de la vulnérabilité

Elle a été obtenue en appliquant la formule suivante :

$$\mathbf{FVIec} = \frac{\mathbf{ind*Cr*Um*Ineq*Ug*HDI*Rd}}{\mathbf{Fi*AmInv*Dsc*D*Rt}} \quad \text{Où}$$

Ind= Industries.

Cr= Contact du bassin avec les cours d'eau.

Ineq= Inégalité.

Um= Chômage sans emploi

Ug= Croissance urbaine

HDI= Indice de Développement Humain

Rd= Débit du cours d'eau.

Fi= Assurance contre les inondations.

AmInv= Montant sur investissement.

Dsc= Capacité de stockage des eaux.

D= système de drainage

Rt= Temps de relèvement.

Composante environnementale de la vulnérabilité

Elle a été obtenue en appliquant la formule suivante :

$$FVI_{en} = \frac{Ug * Rainfall}{EV * lu} \quad \text{Où}$$

Ug= Croissance urbaine

Lu= Espace vert.

Ev= évapotranspiration

Rainfall = Précipitation.

Composante physique de la vulnérabilité

Elle a été obtenue en appliquant la formule suivante :

$$FVI_{ph} = \frac{T * Cr}{\frac{EV}{Rainfall} * \frac{Sc}{Vyear} * DI} \quad \text{Où}$$

T=Topographie

Cr= Contact du bassin avec le cours d'eau.

Ev= évaporation

DI= Digue de protection

Sc/Vyear= Rapport du volume stocke sur le volume d'eau annuel ruisselé.

L'indice de vulnérabilité totale (FVI) du système (bassin versant) est la somme des sous indices de la vulnérabilité FVI_s, FVI_{ec}, FVI_{en} et FVI_{ph}.

0.10.5.5 Analyse des risques d'inondations

L'évaluation de la vulnérabilité aux risques d'inondation est avant tout exprimée par le produit de l'aléa de submersion et de la vulnérabilité à celle-ci. (Gilard et Gendreau 1998, Onana, 2005). La quantification du risque et la délimitation des espaces en fonction de la gravité et de la fréquence du risque font toujours recours à la grille de criticité (Figure 2)

L'interprétation de cette grille permet de diviser les zones à risque en trois catégories :

Zone rouge : le risque est fréquent et doté d'une forte gravité. Cette sévérité faut-il le préciser est liée à la nature des dommages enregistrés. Ces derniers vont de simples pertes matérielles aux décès humains. Ces espaces sont non aedificandi au sens de la loi N°2004/003 du 21 Avril 2004, régissant l'urbanisme au Cameroun.

		Fréquence (F)			
		F1	F2	F3	F4
Gravité (G)	G1	1	2	3	4
	G2	3	4	6	8
	G3	6	8	9	12
	G4	9	12	16	16

Indice de Risque (IRi)	
1 à 3	Risque mineur
4 à 6	Risque secondaire
8 à 9	Risque important
12 à 16	Risque très important

Figure 2 : Grille de criticité pour l'analyse du risque d'inondation

Source : Mbevo. F (2019) adapté par Bakoto Landry.

Zone orange : elle correspond aux secteurs de la ville où la gravité du risque est moyenne, voire intermédiaire (pertes matérielles mineures) et la récurrence de retour décalée sur plusieurs années. Ces espaces en orange sont d'aménagement difficile et requièrent des techniques très sophistiquées pour contourner ou maîtriser le danger toujours présent.

Zone verte représente des espaces où le risque présente une fréquence et une gravité très réduites. Les événements catastrophiques ici sont rares et les dégâts sont facilement réparables.

0.11 Difficultés rencontrées

0.11.1 Difficulté d'acquisition des données

Il a été difficile d'acquérir les données sur les écoulements, les données nécessaires pour faire une simulation réelle du comportement du bassin de Tongo Bassa à un épisode de pluie.

De même certaines données détenues par la CUD ont été difficiles à obtenir du fait de la bureaucratie. Il a fallu faire beaucoup de vas et viens pour obtenir certaines informations et qui au final ont été inaccessibles.

Les populations étaient aussi peu coopératives certains s'indignant de savoir que les enquêtes réalisées étaient uniquement dans un cadre de recherche académique. Ne voyant pas l'enquête comme source de solutions futures certaines personnes n'étaient pas disposées à participer à l'enquête. Ce qui a rendu difficile la collecte des données auprès des populations.

Les coûts élevés du séjour à Douala ne nous a pas permis d'étendre la période d'enquête. Il serait possible que certains éléments aient pu nous échapper. Enquêter dans une Ville où l'on n'avait encore jamais mis pied a été un vrai défi. Il a fallu étudier les cartes en profondeur afin de se familiariser avec la ville autant que possible pour identifier les zones à enquêter et établir un plan d'action.

0.11.2 Difficultés dans le traitement des données

La non maîtrise des logiciels en début de rédaction notamment de cartographie, de statistiques a quelque peu ralenti le travail de rédaction. Ceci nous a permis d'obtenir des compétences, mais soucieux de la qualité du travail nous avons fait appel à un cartographe.

Tableau 4 : Tableau synoptique de la recherche

Questions	Objectifs de la recherche	Hypothèses de recherche	Méthodes d'investigation	Indicateurs
Question principale : Comment comprendre les inondations dans le bassin de Tongo Bassa.	Objectif principal : Cerner les risques d'inondation et protéger les enjeux dans le bassin de Tongo Bassa.	Hypothèse principale : Les inondations dans le bassin considéré seraient de causes naturelles et causent beaucoup de dégâts.	-Compilation documentaire -Enquête de terrain	-Relief -Inondation -Facteurs aggravant -Solutions existantes
Question spécifique 1 : Quelle est la nature du bassin de Tongo Bassa et quel est le contexte des inondations ?	Objectif spécifique 1 : Présenter le bassin de Tongo bassa et le dynamique des inondations.	Hypothèse spécifique 1 : Les caractéristiques physiques du bassin de Tongo bassa le rendent propice au inondations causant une augmentation des zones à risque d'inondation au fil des années.	-Compilation documentaire -Etude du relief -Faire des relevés pluviométriques -Enquête ménage	-Vitesse d'écoulement -Zone inondable -Récurrence des inondations
Questions spécifique 2 : Quels sont les facteurs de la recrudescence des inondations ces dernières années ?	Objectif spécifique 2 Cerner les facteurs aggravant des inondations.	Hypothèse spécifique 2 : La variabilité climatique et l'urbanisation seraient les facteurs principaux de la résurgence des inondations dans le bassin de Tongo Bassa.	-Compilation documentaire sur le régime fluvial du Ngongue -Observation du Ngongue -Images satellitaires -Données climatiques et des marées du Wouri.	-Obstruction des cours d'eau -Urbanisation
Question spécifique 3 : Quelles sont les conséquences des inondations sur les populations riveraines?	Objectif spécifique 3 Identifier les impacts des inondations sur les populations riveraines	Hypothèse spécifiques 3 : Les populations deviennent sans abri pendant plusieurs jours une fois que surviennent les inondations.	-Collectes de données socio-économique auprès des populations par -Echantillonnage -Administration de questionnaire	-Eléments de vulnérabilité.
Question spécifique 4 : Comment lutter efficacement contre les inondations dans le bassin ?	Objectif spécifique 4 Analyser les mesures actuelles de lutte contre les inondations .	Hypothèse spécifique 4 : L'endiguement de canal de Ngongue permettrait de résoudre le problème d'inondation.	-Enquête auprès de la commune de Douala 5 ^{ème} et la communauté urbaine de Douala	-Opérationnalité -Coût

PRESENTATION DU PLAN DE TRAVAIL

La partie résultat et discussion qui suit l'introduction générale est constitué de 4 chapitres :

Le Chapitre 1 intitulé "Caractérisation du bassin de Tongo Bassa et de ses inondations" étudie les caractéristiques du bassin de Tongo Bassa et les inondations qui s'y produisent. Celles-ci ont été étudiées afin de cerner l'influence qu'elles exercent dans le phénomène d'inondation. Nous avons également étudié la dynamique dans le temps et dans l'espace des inondations dans le bassin de Tongo Bassa pour connaître la fréquence de d'occurrence et les variations des surfaces affectées.

Le Chapitre 2 intitulé- "les facteurs aggravant des inondations" porte sur la variabilité climatique et forçage anthropique comme facteurs aggravant des inondations. Dans ce chapitre nous avons déterminé la part que la variabilité climatique et l'action humaine comme l'urbanisation anarchique jouent dans l'occurrence des inondations.

Le Chapitre 3 intitulé "Impacts des inondations sur les populations riveraines" porte sur les impacts des inondations sur les populations riveraines. Dans ce chapitre nous avons au préalable examiné les éléments de vulnérabilité des populations face aux inondations. Il s'agit des composantes sociale, économique, environnementale et physique. Les impacts sociaux, économiques, infrastructurels et environnementaux sur les populations ont par la suite été examinés.

Le Chapitre 4 intitulé "Stratégies de lutte contre les inondations dans le bassin de Tongo Bassa" quant à lui porte sur les stratégies de lutte contre les inondations. Dans ce chapitre nous avons tout d'abord fait un état des lieux des stratégies de lutte existantes dans le bassin de Tongo Bassa et identifié les limites. C'est ce qui nous a permis de faire des propositions sur ce qui devait encore être fait.

CHAPITRE 1 : CARACTERISATION DU BASSIN DE TONGO BASSA ET DE SES INONDATIONS

Introduction

Le bassin de Tongo Bassa tout comme les autres bassins versants possède des caractéristiques qui lui sont propres. Il sera question dans ce chapitre d'étudier les caractéristiques géométriques, géomorphologiques, hydrologiques et les états de surface du bassin versant de Tongo Bassa. Notre hypothèse pour ce chapitre est que les caractéristiques du bassin versant le rendent sujet aux inondations. Nous avons donc caractérisé les inondations dans le bassin de Tongo bassa dans le temps et dans l'espace et par la suite vérifier cette hypothèse en faisant le lien entre les caractéristiques du bassin versant et les inondations qui s'y produisent. Pour réaliser ce travail, nous nous sommes servi d'images, de photo et de logiciel SIG. Les caractéristiques physiques d'un bassin versant influencent le régime d'écoulement en période de crue ou d'étiage. Ils regroupent les paramètres géométriques, les paramètres de relief et les caractéristiques du réseau hydrographique. Il en résulte que la plus part des caractéristiques physiques du bassin influence favorablement les inondations mais pas tous.

1.1 Les caractéristiques du bassin de Tongo Bassa

1.1.1 Les caractéristiques géométriques du bassin versant

L'étude des paramètres géométriques du relief, appelée aussi orométrie, vise à donner une expression quantitative du relief. La morphométrie s'intéresse à l'étude de plusieurs indices (Superficie, périmètre et forme).

1.1.1.1 La superficie et le périmètre

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, les débits vont être en partie reliés à sa surface. La surface du bassin peut être mesurée par superposition d'une grille dessinée sur papier transparent par l'utilisation d'un planimètre ou par des techniques de digitalisation. La superficie du bassin de Tongo Bassa est de 41.652km². Il est d'ailleurs le plus grand bassin versant de la ville de Douala. Cette

grande superficie implique un plus grand réceptacle pour les précipitations et une augmentation du potentiel à l'écoulement.

Le périmètre du bassin de Tongo Bassa est de 47.553km. La longueur du thalweg le plus long est de 11.65km. La distance entre les extrémités du bassin est de 9.5 Km. Les précipitations parcourent une grande distance avant d'être évacuées. Les précipitations restent donc un peu plus longtemps dans le bassin permettant une accumulation des eaux et par conséquent un risque d'inondation élevé. Les différentes longueurs du bassin sont représentées par la figure 3.

La distance entre les extrémités du bassin est de 9.5km. Le plus long talweg est celui du Ngongue qui prend sa source dans le sud a une longueur de 11.65km. La figure 4 montre aussi la distance entre le point le plus haut et le point le plus bas qui est de 7.3km.

1.1.1.2 La forme

La forme d'un bassin versant influence la forme de l'hydrogramme à l'exutoire. Une forme allongée favorise pour la même pluie de faibles débits de pointe de crue ceci en raison des temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire plus important. Les bassins de forme en éventail présentent un temps de concentration plus court. Les cours d'eau auront de plus fort débit de pointes : C'est le cas du bassin de Tongo Bassa. Les pluies reçues aux extrémités du bassin arrivent plus rapidement à l'exutoire.

Grâce à l'indice de compacité de Gravelius (1914), on peut avoir une idée de la mesure du bassin suivant ce paramètre. Il s'agit de faire le rapport entre le périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même superficie. Il est calculé avec la formule suivante :

$$K_g = 0.28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

A= surface du bassin versant en KM²
P= périmètre du bassin en KM

Le bassin de Tongo Bassa a une superficie de 41.652KM² et son périmètre quant à lui est de 47.553km ce qui nous donne un indice de 2.069. Etant donné que cette valeur n'est pas très éloignée de 1, le bassin versant a une forme arrondie. Il est compact et par conséquent bien drainé donc les écoulements arrivent très rapidement au centre du bassin.

1.1.2 Les états de surface

1.1.2.1 Le couvert végétal

Les jardins, les champs, les brousses et les forêts ne représentent qu'environ 10% de la surface totale du bassin de Tongo Bassa.

Les feuilles interceptent la pluie réduisant ainsi la quantité d'eau qui atteint la terre et le choc des gouttes de pluies sur le sol. Les racines stabilisent le sol et forment des conduits qui accélèrent l'infiltration. Les substances organiques provenant des racines et des feuilles améliorent la structure des sols, accroissant la rétention d'eau. Par la transpiration, la végétation élimine une partie de l'eau contenue dans le profil du sol, libérant ainsi une partie de la capacité de rétention pour de nouvelles précipitations.

De façon générale, la couverture forestière réduit les débits de pointes en assurant une infiltration maximale ce qui accroît l'écoulement souterrain au détriment de l'écoulement superficiel. Le transport des sédiments du bassin versant vers le cours d'eau est ainsi réduit.

Les feuillus et les herbes évacuent 300-390 mm et 200-420mm d'eau pour une pluie reçue de 1000 mm à travers l'évaporation (Agence Européenne des forêts).

Avec seulement 10% de la surface, la végétation n'est pas suffisante pour favoriser un fort taux d'infiltration. Une grande partie des précipitations est convertie en ruissèlement augmentant les débits et la hauteur d'eau dans les cours d'eau.

1.1.2.2 Nature du sol (texture et perméabilité)

Le sol est un milieu poreux et triphasé (eau, air, minéraux). Selon l'utilisation faite du sol, ses propriétés physiques peuvent être modifiées. Sa fonction réservoir pour l'eau présente des aspects dynamiques. Le sol peut stocker l'eau en remplissant partiellement (présence d'air) ou totalement (absence d'air) sa porosité.

Cette capacité de stockage dépend de la composition granulométrique des éléments solides du sol (texture), du mode d'arrangement de ces éléments avec la matière organique (structure) et de leur nature minéralogique. Pour une masse de sol sec donnée, le stock en eau d'un sol argileux et bien structuré sera plus élevé que celui d'un sol sableux et compact. Le manque d'absorption d'eau est une des causes principales des inondations.

Plus les particules sont de taille importante, plus le terrain est perméable c'est -à- dire favorable à l'infiltration. On a adopté généralement la classification selon la taille des particules suivantes :

Gravier > 2mm ,Sable grossiers de 2 à 0.2mm ,Sable fins 0.2 à 0.02mm

Limons 0.02 à 0.002mm ,Argile <0.002mm

Les prélèvements pédologiques et l'étude de sa granulométrie nous permettent de dire que Le sol du bassin de Tongo Bassa est à dominance sableux. Ce qui a pour rôle de faciliter l'infiltration et de réduire l'écoulement de surface. Les sols de ce type favorisent également l'évapotranspiration. La texture du sol est illustrée par la photo 1 et la figure 4.



Photo 1 et Figure 4 : Echantillon de sol prélevé à Malangue.

Source : Bakoto Landry, enquête de terrain, le 15/06/2021.

Sur la photo on observe : **A** les particules fines notamment les argiles et les limons occupant la partie supérieure et **B** les particules grossière (sable).

En utilisant la méthode de décantation pour déterminer la texture, nous obtenons que l'échantillon du sol est constitué à 65% de sable et à 35% par les particules fines. Etant donné la nature particulière du sol la distinction entre les limons et les argiles a été difficile à faire.

1.1.2.3 Présence de plan d'eau

Il existe des plans d'eau à l'est de Bépanda. Ces basins retiennent une partie de l'écoulement et augmente le temps de ruissèlement d'où le ralentissement des écoulements.

1.1.3 Caractéristiques géomorphologiques

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément car les paramètres hydrométriques sont influencés par lui. On à faire à un relief disséqué par l'érosion des cours d'eau qui se sont frayé des chemins à travers le relief.

1.1.3.1 Les altitudes

L'altitude fait référence à l'élévation d'un lieu par rapport au niveau de la mer. On va appliquer la méthode statistique qui permet de traduire la répartition des altitudes à l'intérieur de la zone d'étude. Cette méthode consiste à calculer les pourcentages des surfaces en fonction des altitudes, puis le calcul des pourcentages au-dessus du cumule comme le montre le tableau 5.

Tableau 5 : Superficie cumulée supérieur à une altitude en %

Altitude en m	Pourcentage
>10	84
>20	58
>30	42
>40	16
>50	2

Source : Bakoto Landry à partir de du fond de carte de l'INC et du MNT

La superficie totale au-dessus de 50m ne représente que 2% de la superficie totale. Celle au-dessus de 40m est de 16%. Celle au-dessus de 30m est de 42%. 84% de la superficie totale se trouve en dessous de 10m. Suivant la même méthode statistique on peut déterminer les % de superficie se trouvant dans chaque tranche d'altitude (tableau 6).

Tableau 6 : Répartition par tranche d'altitude en %

Altitude en m	Pourcentage
0-10	16
10-20	26
20-30	16
30-40	26
40-50	14
50-60	2

Source : Bakoto Landry a partir de du fond de carte de l'INC et du MNT

Les tranches d'altitude 10-20m et 30-40m ont le plus grand pourcentage avec 26%. La tranche d'altitude 50-60m a le plus petit pourcentage avec 2%. Une vue synthétique de la répartition des altitudes est illustrée par la courbe hypsométrique. La courbe hypsométrique

est une représentation graphique des altitudes en fonction des pourcentages des superficies cumulées. Elle est représentée par la figure 5.

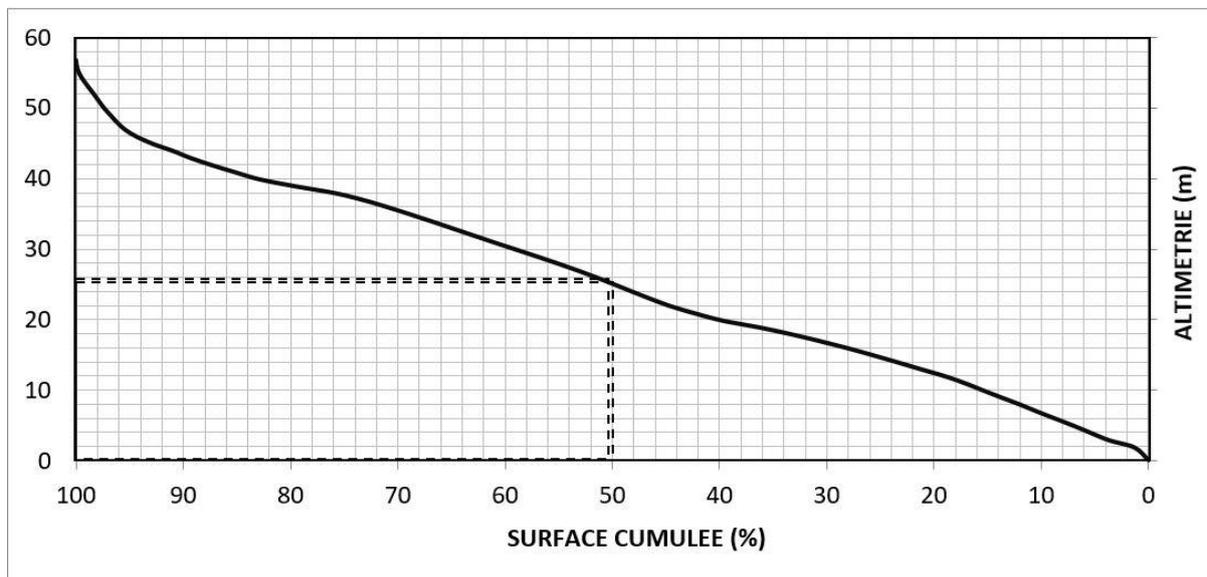


Figure 5 : Courbe hypsométrique du bassin de Tongo bassa.

Source : Bakoto Landry à partir de du fond de carte de l'INC et du MNT

La courbe hypsométrique fournit une idée sur la pente du bassin versant. Elle est basée sur le modèle numérique obtenu à partir d'un fichier STRM de la région. Cette courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude. Elle porte en abscisse la surface (ou le pourcentage de la surface du bassin qui se trouve au-dessus de l'altitude représentée en ordonnée).

La moitié de la superficie du bassin de Tongo Bassa se trouve en dessous de 25m. une bonne partie est donc susceptible d'être inondée. Les altitudes maximales et minimales sont obtenues directement à partir du MNT. L'altitude maximale qui représente le point le plus élevée du bassin est de 56m et son altitude minimale qui représente le point le plus bas (généralement l'exutoire) est 0.4 m. les altitudes à chaque point du Bassin de Tongo Bassa sont illustrés par la figure 6.

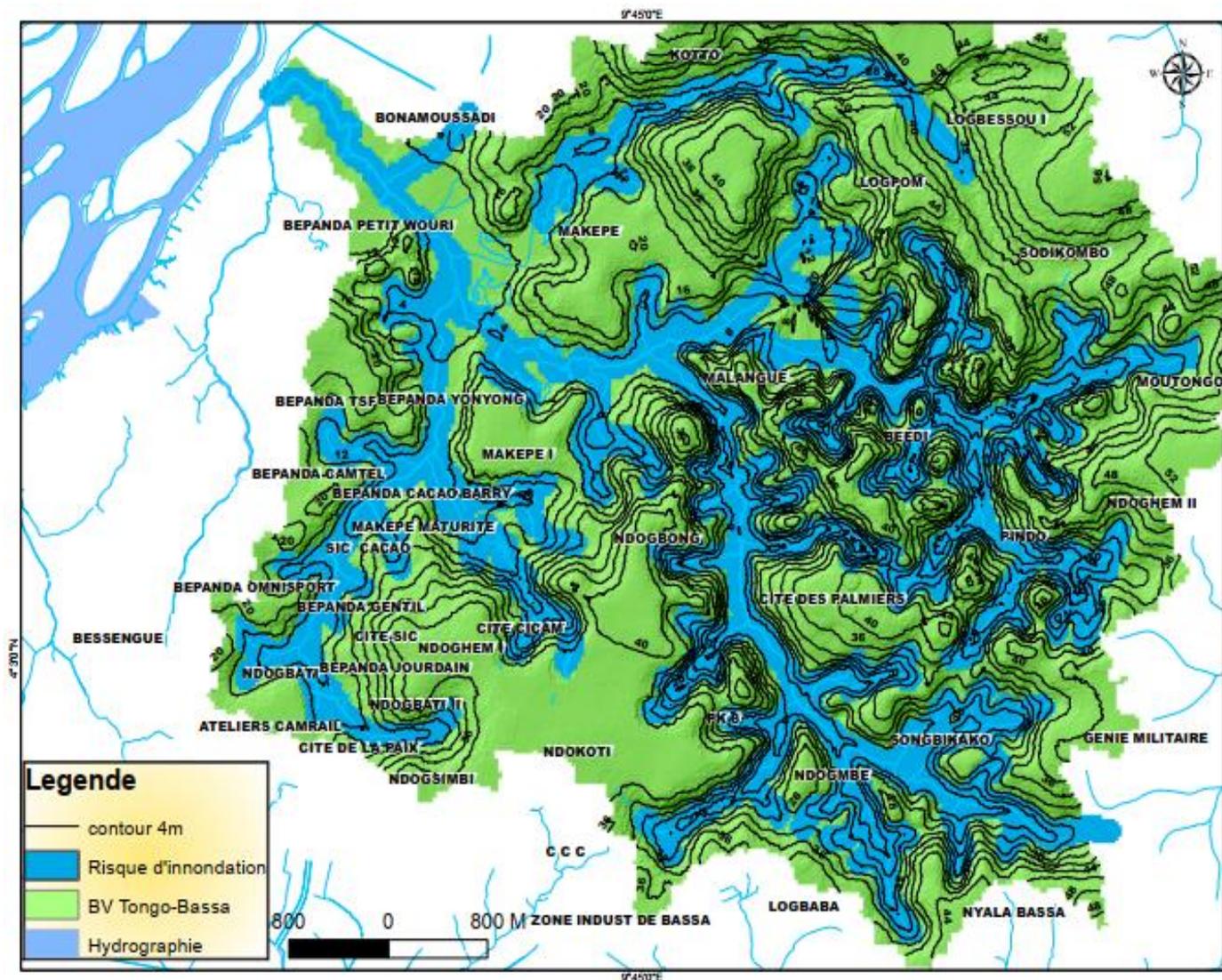


Figure 6 : Représentation des altitudes avec les courbes de niveau.

Source : Réalisé par Bakoto Landry et assisté par Nguimfack Stanis. Fond de carte de l'INC et données de la CUD.

On constate que la dénivelée n'est pas très importante dans la zone d'étude. Par conséquent on n'a pas de variations considérables dans les facteurs climatiques.

Son altitude moyenne est déduite de la courbe hypsométrique. Dans le cas du bassin de Tongo Bassa, nous pouvons calculer l'altitude moyenne à partir du tableau pour toutes les surfaces comprises entre les courbes de niveaux. Sa hauteur moyenne est donc de 24.5 m et son altitude médiane qui correspond à l'altitude au point d'abscisse 50 % de la surface totale du bassin sur la courbe hypsométrique qui est de 25.8m.

1.1.3.2 Le relief

Le relief fait référence à l'ensemble des inégalités du terrain. Les différentes formes que peuvent prendre la surface constituent le relief. Le relief du bassin de Tongo Bassa est bosselé. Il s'est mis en place principalement par l'érosion par les cours d'eau. Pour avoir une meilleure vue du relief nous avons réalisé un MNT (figure 7).

Les hautes altitudes supérieures à 46m se trouvent à l'Ouest et au nord-est. Les plus basses altitudes occupent le nord-ouest du bassin. Le relief détermine donc le sens de l'écoulement.

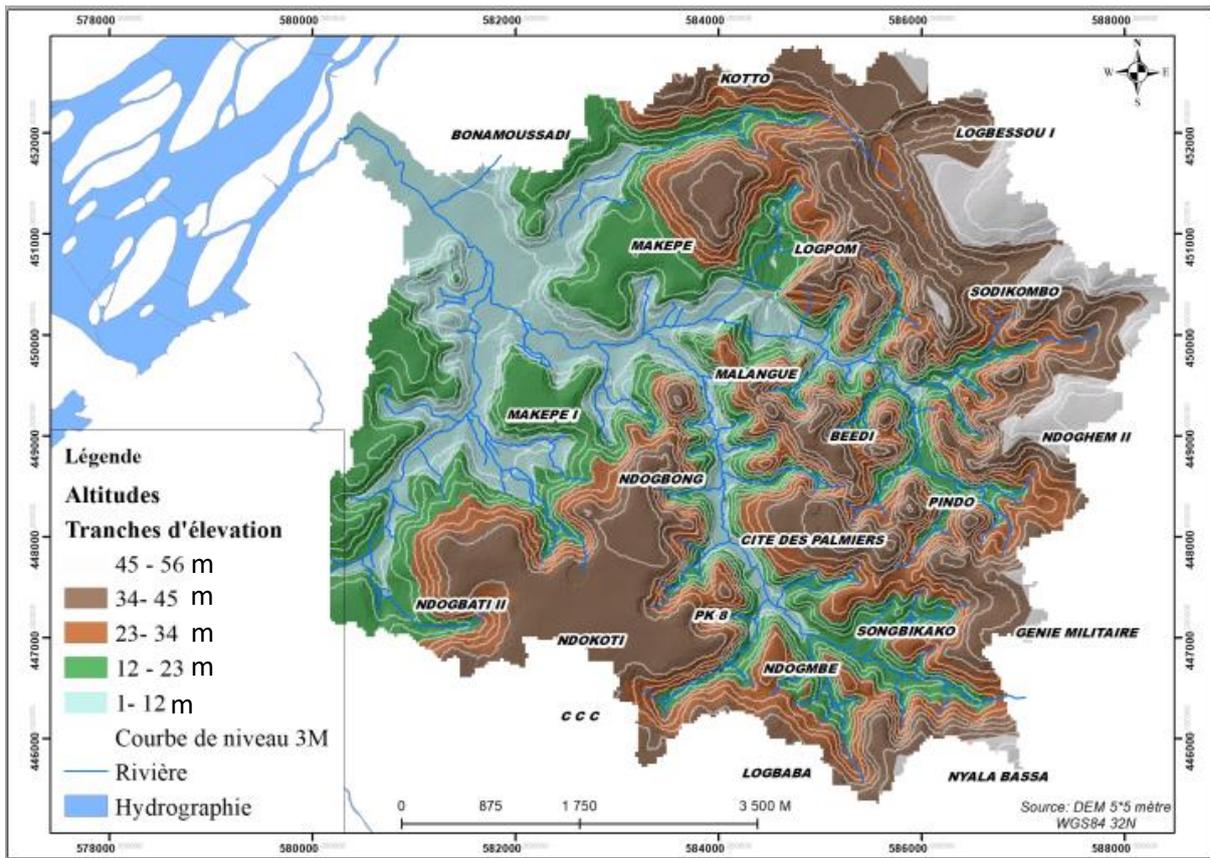


Figure 7 : MNT du bassin de Tongo Bassa

Source : Réalisé par Bakoto Landry et assisté par Nguimfack Stanis. Fond de carte de l' INC et données de la CUD.

La pente donne une indication sur le temps de parcours du ruissellement direct, donc sur le temps de concentration et influence directement le débit de pointe lors d'une averse à des altitudes données. Les pentes les plus raides du bassin sont au centre, à l'est et au sud tandis que les parties ouest et nord ont les pentes les plus douces. La vitesse d'écoulement n'est donc pas uniforme. Les eaux auront tendance à s'évacuer plus rapidement dans les zones de fortes pentes tandis qu'elles auront tendance à stagner en zone de faibles pentes. Il est nécessaire de commencer d'abord par une classification des pentes comme indiqué dans le tableau 7.

Tableau 7 : Classification des pentes

Classes	Degré des pentes	Type de pentes
1	0 à 10	Nulle à faible
2	10 à 20	Moyennement modérée
3	20 à 30	Modéré
4	30 à 40	Forte

Source : Québec Faune et Parc

Les pentes fortes sont concentrées dans la partie centrale du bassin vers Beedi et Malangue et s'étendent vers l'Est et vers le sud. Les pentes décroissent de façon générale en allant vers l'Ouest et le Nord-Ouest où elles deviennent nulles comme le montre la figure 8.

La pente moyenne du bassin est un paramètre important pour la détermination du temps de parcours de ruissellement, c'est-à-dire le temps de concentration. La pente moyenne de bassin versant est égale au quotient de la différence entre les hauteurs extrêmes par la longueur du rectangle équivalent. On estime la pente moyenne à partir de la courbe hypsométrique du bassin.

Dans le bassin de Tongo Bassa, la pente moyenne est de 5°. On constate qu'elle est faible et favorise ainsi les inondations car l'eau ne s'écoule pas assez vite.

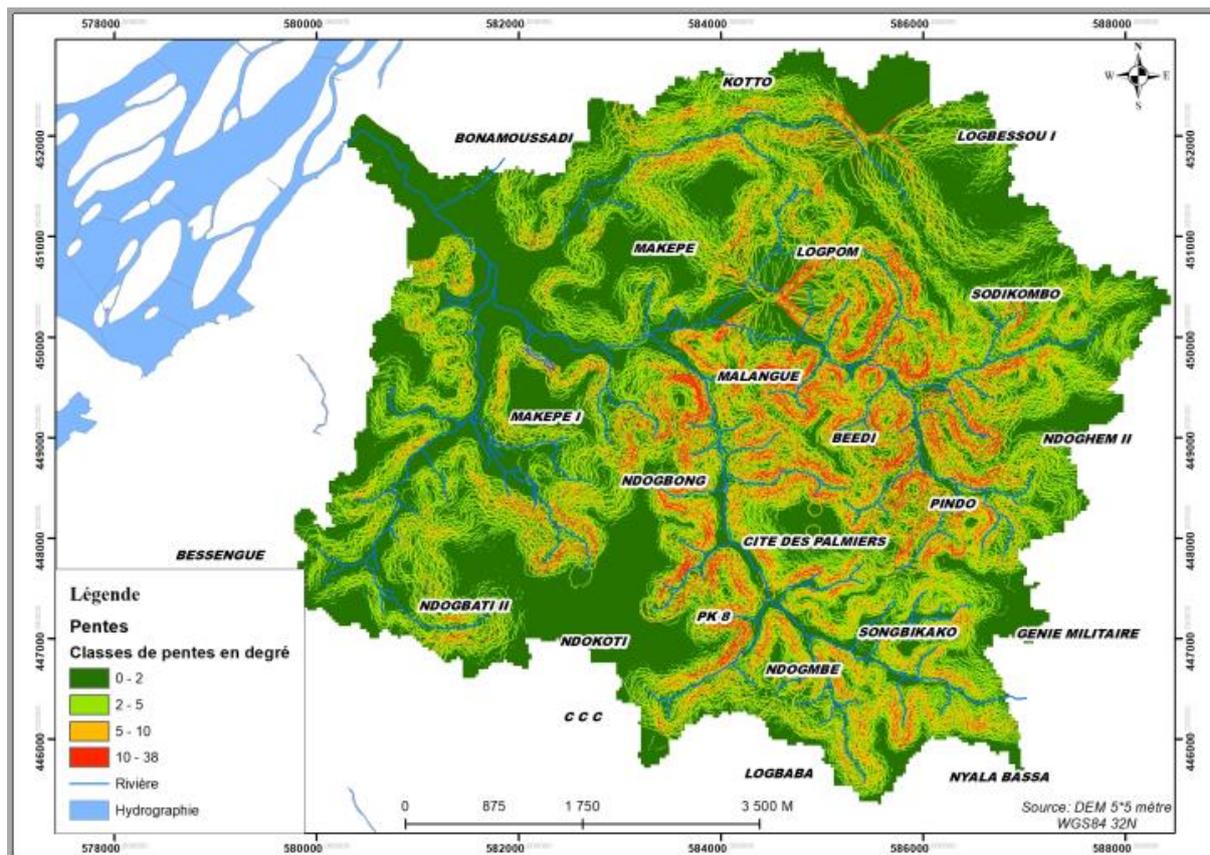


Figure 8 : Pentes du bassin versant de Tongo Bassa.

Source : Réalisé par Bakoto Landry et assisté par Nguimfack Stanis. Fond de carte de l'INC et données de la CUD.

L'indice de pente globale permet de déterminer l'influence du relief sur le bassin. Cet indice se calcule à partir du rectangle équivalent. Il est défini comme étant le rapport entre la dénivellation (D) et la longueur du rectangle équivalent (L). : La classification des pentes est illustrée par le tableau 8.

Tableau 8 : Classification du relief à partir de l'indice de pente globale.

Classe	Nature du relief	Valeur d IG
R1	Relief très faible	$Ig < 0.0002$
R2	Relief faible	$0.002 < Ig < 0.005$
R3	Relief assez faible	$0.005 < Ig < 0.01$
R4	Relief modéré	$0.01 < Ig < 0.02$
R5	Relief assez fort	$0.02 < Ig < 0.05$
R6	Relief fort	$0.05 < Ig < 0.5$
R7	Relief très fort	$Ig > 0.5$

Source : Oussama :B(2019) Adapté par Bakoto Landry

Pour le bassin versant de Tongo Bassa le dénivelé calculé à partir de la courbe hypsométrique du bassin versant est de 56 m et la longueur du rectangle équivalent est de 16.63 km ce qui nous donne un IG de 0.0033 ce qui correspond à la classe R2 qui est relief faible

1.1.4 Caractérisation hydrographique

La disposition du réseau hydrographique est liée en grande partie à l'évolution des phénomènes structuraux qui ont affecté la région (la géologie la lithologie et les structures tectoniques) à savoir les facteurs externes (le climat, le couvert végétal et l' anthropisation) et les facteurs composites(la topographie, les facteurs hydrologique...).Les paramètres importants qui régissent le régime hydrologique d'un cours d'eau sont : la densité de drainage, les rapports de confluence , les rapports des longueurs. Ces différentes caractéristiques sont illustrées par la figure 9.

1.1.4.1 La typologie du réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est une des caractéristiques les plus importantes du bassin. Le réseau hydrographique peut prendre une multitude de formes. La différenciation du réseau hydrographique d'un bassin est due à quatre facteurs principaux qui sont :

- La géologie qui par sa sensibilité à l'érosion et la nature du substratum détermine la forme du réseau hydrographique.
- Le climat (les réseaux qui sont plus denses en zone tropicale humide).
- La pente du terrain qui détermine si les cours d'eau sont en phases érosives ou sédimentaires. Dans les zones de pentes plus élevées les cours d'eau participent souvent au processus d'érosion de la roche sur laquelle ils s'écoulent par contre, en zone de plaine les cours d'eau s'écoulent sur un lit où la sédimentation prédomine.
- La présence humaine (le drainage des terres agricoles, la construction des barrages, l'endiguement, la protection des berges et la correction des cours d'eau modifient continuellement le tracé originel du réseau hydrographique).

Les affluents du bassin de Tongo Bassa s'organisent en un réseau de type dendritique. Les cours d'eau sont ramifiées comme les branches d'un arbre. Le Tongo Bassa a spécifiquement une forme de chêne. La ramification est bien développée avec un espacement régulier des confluences. Cette typologie est aussi liée au rapport de confluence. Cette organisation est très importante pour la formation des crues du cours d'eau principal. Selon le type de géométries du réseau, des crues des différents affluents confluent plus ou moins rapidement dans l'espace et dans le temps. Elles se superposent plus ou moins les unes sur les autres ou au contraire se succèdent les unes après les autres. Les risques de superposition croissent du type peuplier au type pin parasol. La forme en Chêne du réseau de drainage est moyennement favorable à la formation des crues.

1.1.4.2 La numérotation des cours d'eau du bassin de Tongo Bassa

La typologie s'avère utile dans la description du réseau hydrographique notamment en proposant une classification de ceux-ci. Cette classification est facilitée par un système de

numérotation des tronçons de cours d'eau (rivière principale et affluente). La codification des cours d'eau est également utilisée pour le traitement automatique des données.

Il existe plusieurs types de classification des tronçons des cours d'eau, dont le Système de numérotation (Strahler 1957) est le plus utilisé. L'avantage de cette méthode est qu'elle permet de décrire sans ambiguïté le développement du réseau de drainage de l'amont vers l'aval suivant les règles suivantes. Tout cours d'eau dépourvu de tributaires est d'ordre 1. Tout cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eaux d'ordre différents prend l'ordre du plus élevés des deux. Le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau du même ordre est augmenté de 1. La numérotation des cours d'eau du bassin de Tongo bassa est illustre par la figure 9.

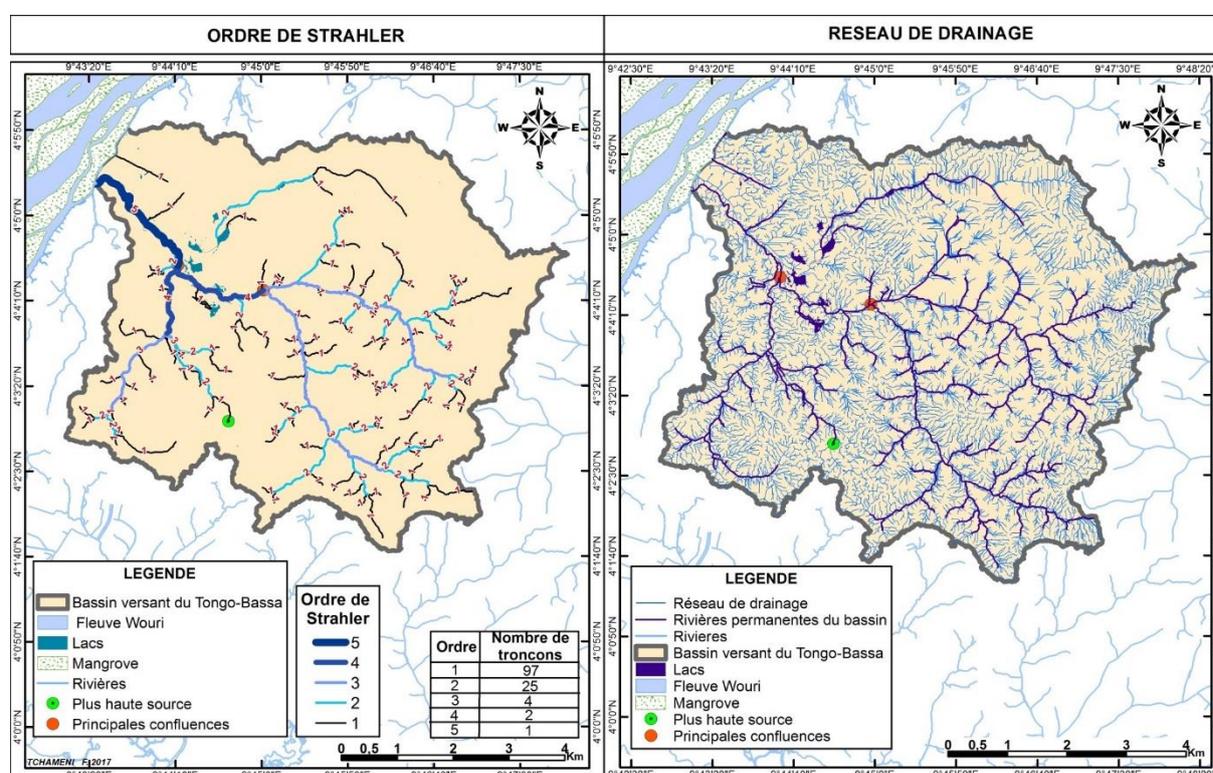


Figure 9 a : Numérotation des cours d'eau du bassin de Tongo Bassa

Figure 9 b : Réseau de drainage du bassin de Tongo Bassa

Figure 9 : Classification du réseau hydrographique selon le système de Strahler.

Source : Réalisé par Bakoto Landry et assisté par Nguimfack Stanis. Fond de carte de l'INC et données de la CUD.

Il y a 97 cours d'eau d'ordre 1, 25 cours d'eau d'ordre 2, 4 cours d'eau d'ordre 3. Plusieurs cours d'eau convergent vers le cours d'eau d'ordre supérieur et ce presque à angle

droit. Les cours d'eau ne suivent pas les chemins les plus courts vers l'exutoire, permettant aux eaux de s'accumuler plus longtemps augmentant le risque d'inondation.

1.1.4.3 Longueur du cours d'eau principal

Elle est la distance curviligne depuis l'exutoire jusqu'à la ligne partage des eaux, en suivant toujours le segment d'ordre le plus élevé lorsqu'il y a un embranchement et par extension du dernier jusqu'à la limite topographique du bassin versant. Si les deux segments à l'embranchement sont de même ordre, on suit celui qui draine la plus grande surface. Le Tongo Bassa a une longueur de 6 km. Le cours d'eau principal du bassin n'est pas le plus long. Les deux autres (le Kondi et le Ngongue) sont plus longs. Les écoulements sont acheminés à grande partie par ces deux autres cours d'eau.

1.1.4.4 Pentas du cours d'eau principale

La pente moyenne d'un cours d'eau détermine la vitesse avec laquelle l'eau se rend à l'exutoire du bassin donc le temps de concentration. Cette variable influence donc le débit maximal observé. Une pente abrupte favorise et accélère l'écoulement superficiel, tandis qu'une pente douce ou nulle donne à l'eau le temps de s'infiltrer, entièrement ou en partie, dans le sol.

Le calcul des pentes moyennes et partielles du cours d'eau s'effectue à partir du profil longitudinal du cours d'eau principal et de ses affluents. La méthode la plus fréquemment utilisée pour calculer la pente longitudinale du cours d'eau consiste à diviser la différence d'altitude entre les points extrêmes du profil par la longueur totale du cours d'eau.

Le Tongo Bassa, le cours d'eau principal du bassin a une dénivellation de 37m et une longueur de 19.5km ce qui nous donne une pente moyenne de 0.68° . Cette pente est très faible et nous permet de comprendre que les eaux de pluie ne s'évacuent pas assez vite. La probabilité d'une hausse subite du niveau de l'eau dans le cours d'eau après une pluie est très élevée.

1.1.4.5 Méandres et sinuosité

La sinuosité ou l'indice de sinuosité est le rapport de la longueur du talweg sur la longueur d'onde. L'indice permet de caractériser la sinuosité des cours d'eau :

Is < 1.05 : cours d'eau rectiligne

1.05 < Is < 1.5 : cours d'eau sinueux

Is > 1.5 : cours d'eau à méandres

Le bassin de Tongo Bassa est constitué de 3 cours d'eau majeures. Par ordre d'importance nous avons : le Tongo Bassa, le Ngongue et le Kondi Le Tongo Bassa avec une longueur curviligne de 19.5 km et une distance entre les deux extrémités du cour d'eau de 12.5km a un indice de sinuosité de 1.56. Il est donc un cour d'eau très sinueux. Le Ngongue avec une longueur curviligne de 19.2 et d'une distance entre les extrémités de 16km a un indice de 1.2. Il est donc un cours d'eau sinueux. Le Kondi avec une longueur curviligne de 17 km et une distance entre les extrémités de 14 km a un indice de sinuosité de 1.21. Le cours d'eau est lui aussi sinueux. Cette sinuosité s'explique par la faible pente des thalwegs, la faible énergie pour entreprendre le processus érosif. Ces indices de sinuosité obtenus nous permettent de comprendre que les eaux ne seront pas rapidement écoulées en cas de pluie. De ce fait, les eaux auront tendances à s'accumuler et à déborder les cours d'eau en cas de pluie extrêmes.

1.1.4.6 Densité de drainage

La densité de drainage est un paramètre qui permet de caractériser l'organisation du chevelu hydrographique et le degré de drainage du bassin versant. Elle correspond au rapport de la longueur totale des thalwegs par la surface du bassin. Elle nous renseigne sur l'efficacité de drainage de la région donnée. Elle dépend de la géologie, des caractéristiques topographiques du bassin versant et même dans certaines mesures des conditions climatologiques. La densité de drainage, introduite par Horton est la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant. Avec une longueur cumulée de 113.03km et une superficie de 41.652 km², le bassin de Tongo Bassa a une densité de drainage de 2.71km/Km². Le bassin est bien drainé et participe à évacuer les eaux de pluies.

Cette valeur s'expliquerait par le fait que le réseau est très ramifié avec peu d'infiltration. Selon Schumm, la valeur inverse s'appelle constante de stabilité d'eau et physiquement elle représente la surface du bassin versant nécessaire pour maintenir des conditions hydrologiques stables dans un vecteur hydrographique unitaire.

1.1.4.7 Rapport de confluence

Le rapport de confluence, appelé aussi rapport de bifurcation s'exprime par le rapport du nombre de cours d'eau d'ordre(n) sur le nombre de cours d'eau d'ordre (n+1).

Ce taux de bifurcation est lié au temps de concentration des sédiments dans le réseau de drainage. Plus ce rapport est faible, moins il y aura bifurcation au niveau du réseau de drainage et plus les évacuations des sédiments vers l'aval se feront rapidement. D'après Strahler (1957 et 1964), le rapport de confluence varie de 3 à 5 pour une région où la géologie n'a aucune influence.

Dans notre zone d'étude, Rc est 3.026. On peut conclure que la géologie de la région a une grande influence sur les écoulements. Le sol du bassin de Tongo Bassa est sableux et notre valeur de RC nous montre que ce type de sol n'influence pas beaucoup l'écoulement à travers l'infiltration. Les rapports de confluence sont illustrés par le tableau 9.

Tableau 9 : Rapports de confluence du bassin de Tongo Bassa

Nom du bassin versant	Ordre écoulement	Nombre	RC
Tongo Bassa	1	97	3.88
Tongo Bassa	2	25	6.25
Tongo Bassa	3	4	2
Tongo Bassa	4	2	2
Tongo Bassa	5	1	1

Source : Bakoto Landry à partir du fond de carte de l'INC et du MNT.

1.1.4.8 Rapport de longueur

Le rapport des longueurs des cours d'eau correspond au rapport de la longueur moyenne des cours d'eau d'ordre (n+1) sur la longueur moyenne des cours d'eau d'ordre (n).

Plus le rapport de longueur est élevé plus les drains d'ordre supérieurs seront importants et les évacuations plus facile. Les rapports de longueurs du bassin de Tongo

Bassa est de 0.69. Ceci montre que les cours d'ordre $n + 1$ ne sont pas tellement plus longs que les cours d'ordre n . A cause de cela les eaux sont évacuées beaucoup moins rapidement que dans un bassin avec un rapport de longueur plus important. Les rapports de longueur sont illustrés par le tableau 10.

Tableau 10 : Rapports de longueur du bassin de Tongo bassa

Ordre du cours d'eau	Nombres des cours d'eau	Longueur totale en Km	Longueur moyenne en Km	RL
1	97	39.16	0.403	1.2
2	25	47.31	1.8924	0.35
3	4	16.6	4.15	0.4
4	2	6.64	3.32	0.5
5	1	3.32	3.32	1

Source : Bakoto Landry à partir du fond de carte de l'INC et du MNT.

1.1.4.9 Fréquence des cours d'eau

Elle représente le rapport du nombre du cours d'eau d'ordre 1 à la surface du bassin de Tongo bassa. Pour le bassin, cette valeur est de 2.2 par Km^2 ce qui traduit une hiérarchisation moyenne.

1.1.4.10 Coefficient de torrentialité

C'est le produit de la densité de drainage et la fréquence de cours d'eau élémentaires. Cet indice peut être plus indicatif et plus expressif que la densité de drainage. Plus il est élevé plus la torrentialité augmente traduisant ainsi une grande agressivité des averses. Avec une densité de drainage de 2.71, 97 cours d'eau d'ordre 1 et une superficie de 41.652 km^2 , notre bassin a un rapport de torrentialité de 6.3. Cette valeur indique que les averses sont très agressives c'est -à -dire qu'en cas de pluie les eaux montent très rapidement.

1.1.5 La géologie de son substratum

Le bassin de Tongo Bassa se trouve sur une zone formée par l'accumulation des alluvions récentes et donc sa perméabilité facilite l'infiltration. La connaissance de la

géologie d'un bassin versant s'avère importante pour cerner l'influence des caractéristiques physiographiques. La géologie du substratum influe sur l'écoulements de l'eau souterraine mais également sur le ruissellement de surface. La perméabilité intervient sur la vitesse de montée des crues. Ayant un substratum perméable, le bassin présentera les crues moins violentes et moins rapides que celui avec un substratum imperméable, les deux étant soumis à la même quantité de pluie.

1.1.6 Récapitulatif des caractéristiques du bassin de Tongo Bassa

Parmi les caractéristiques du bassin de Tongo Bassa étudiés la plupart sont favorables à la production des inondations. Ces caractéristiques et leurs influences sur les inondations sont illustrées par le tableau 11.

Tableau 11 : Récapitulatif des caractéristiques du bassin de Tongo Bassa

Caractéristiques	Sous caractéristiques	Valeur	Rôle sur l'écoulement
Géométrique	Surface	44Km ²	Grand réceptacle pour les précipitations
	Forme	Arrondie	Courte distance par rapport à l'exutoire
Géomorphologique	Pente du cours principal	3°	Ecoulement lent
	Pente moyenne	4°	Ecoulement lent
	Altitudes caractéristiques	Alt nax =56 m Alt moyen= 24.5 Alt min= 0	Ecoulement lent
Hydraulique	Densité de drainage	2.71	Bassin bien draine
	Rapport de confluence	3.26	La texture du sol n'influence pas beaucoup les écoulements
	Fréquence du cours d'eau	2.2/km ²	Apports important au débit total
	Système hydrographique	Dendritique	Crue au niveau du cours d'eau principal
	Densité hydrographique	3 cours d'eau par km ²	Apports important au débit total
	Sinuosité	1.32	Ecoulement lent
Etat de surface	Texture	Dominance sableuse	Ecoulement réduit du fait de l'infiltration
	Végétation	Très faible pourcentage	Infiltration réduit, vitesse d'écoulement augmente, érosion et transport de matériaux solides.
	Présence de plan d'eau	Oui	Réservoir pour une partie de l'écoulement.
De sub surface	Géologie	Alluvions récents	Infiltration

Source : Bakoto Landry.

1.2 Caractérisation des inondations dans le bassin de Tongo Bassa

1.2.1 Variabilité spatiale des inondations dans le bassin de Tongo Bassa

Toutes les parties du bassin de Tongo Bassa ne sont pas inondées de la même façon. Certaines sont plus inondées que d'autres. Cette variabilité dans l'espace des inondations est illustrée par la figure 10.

Les quartiers les plus inondés sont Malangue, Makèpè Missokè, Makèpè Maturité, Bépanda, Ndokbati, Bonamoussadi Denver, Cité des palmiers, Cité SIC. Cependant les hauteurs d'eau sont différentes selon la zone dans laquelle les inondations se produisent. Selon l'enquête réalisée sur le terrain l'eau montera jusqu'à 2 m dans les quartiers comme Denver, contre une vingtaine de centimètres dans les quartiers comme Malangue et Beedi.

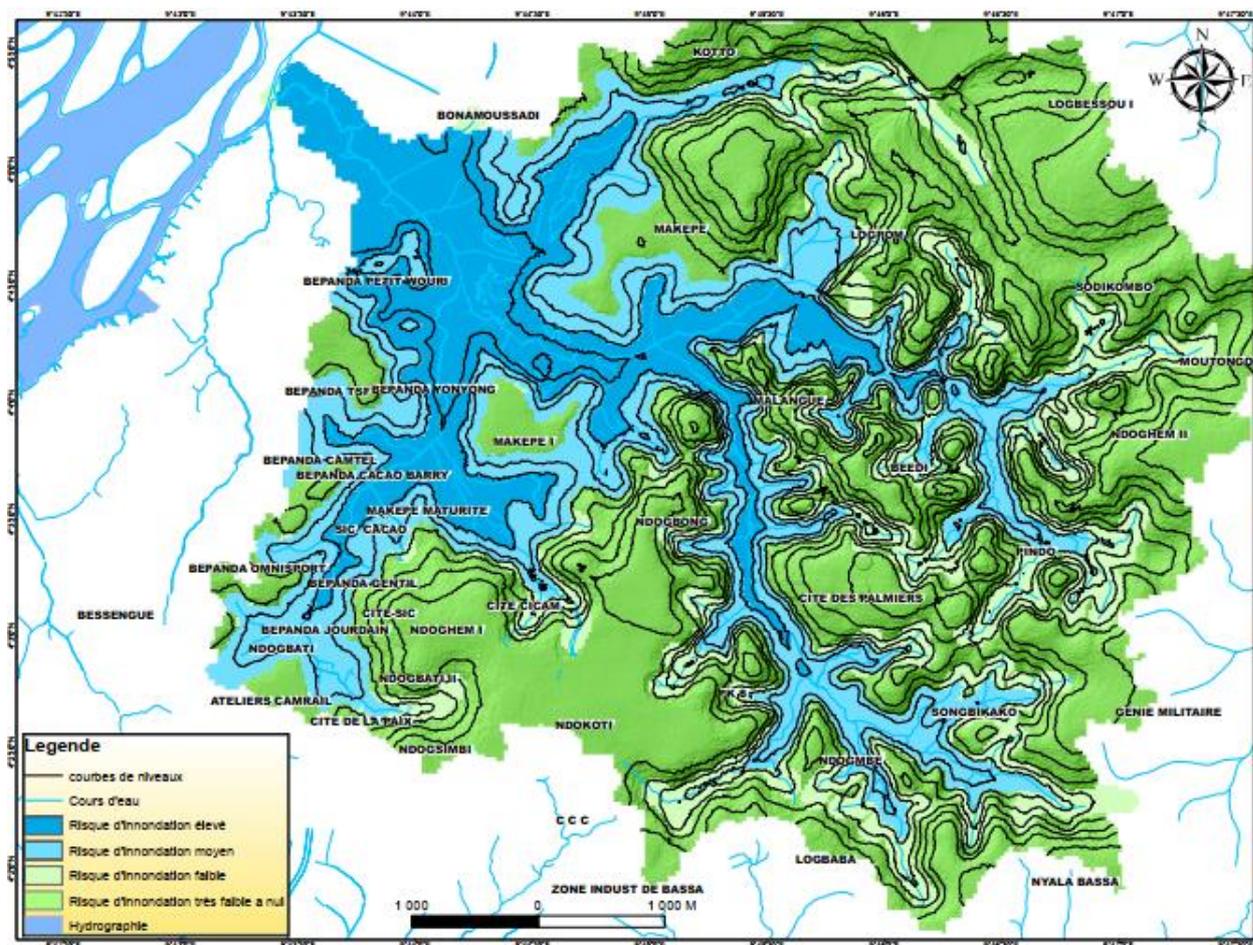


Figure 10 : Variabilité spatiale du risque d'inondations dans le bassin de Tongo Bassa.

Source : Réalisé par Bakoto Landry et assisté par Nguimfack Stanis. Fond de carte de l'INC et données de la CUD.

On peut avoir une idée plus claire des inondations qui se produisent dans le bassin de Tongo bassa avec des images réelles comme la photo 2.



Photo 2 : Scène d'inondation a Makèpè Missokè

Source : Bakoto Landry, enquête de terrain.

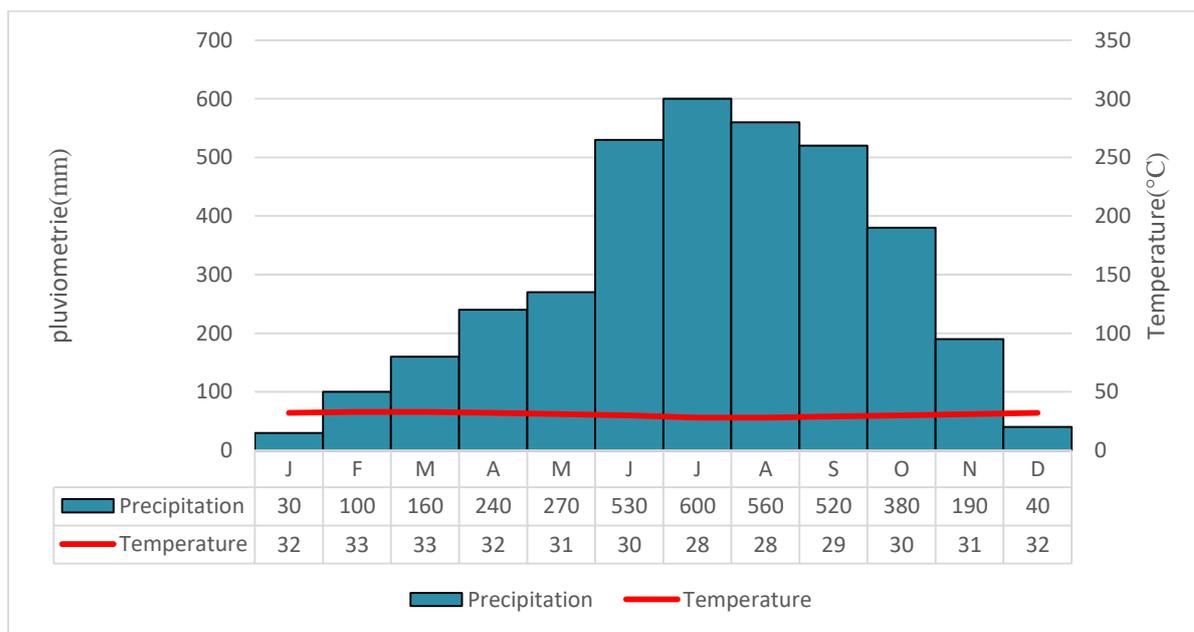
On observe A : la submersion et B : un individu qui a les pieds complètement trempés par les eaux abondantes.

Les véhicules étant à l'arrêt les passant pataugent dans l'eau pour pouvoir traverser la zone inondée.

1.2.2 Variabilité temporelle des inondations

1.2.2.1 Analyses mensuelle des inondations

Les inondations se produisent dans le bassin de Tongo Bassa a la période de la grande saison de pluie (Juillet, Août et Septembre). La plupart de celles-ci se produisent au mois de Juillet qui est celui ayant le maximum pluviométrique mensuel c'est le mois ou il pleut généralement le plus. Cette variabilité mensuelle est illustrée par la figure 11. La figure montre qu'en moyenne le mois de Juillet reçoit 600mm de pluie, Août 560, Juin 520 et Septembre 510 mm. Ces 4 mois sont les plus pluvieux de l'année et se démarque de belle manière des autres mois.



Source : Données ONACC adaptées par Bakoto Landry.

Figure 11 : Moyenne des précipitations mensuelles dans le bassin de Tongo Bassa.

Le mois de Mai reçoit 260mm et Octobre 300mm. Ces 4 mois constitue la période très humide. Le mois de juillet et Août étant les plus pluvieux sont les mois les plus susceptibles d'avoir les inondations.

les inondations ces 5 dernières années se sont manifestées à l'ouest, au centre et au sud. Il est vrai qu'il est impossible d'affirmer avec certitude que les zones où il y a absence de point ont été totalement épargnées par les inondations en raison du fait que les populations auraient pu oublier les inondations ou ceux qui ont été témoins des inondations ont déménagés entre temps. Ceci dit, les points limites d'inondations représentent bien les points où il y a eu les inondations au moins une fois au cours de l'intervalle de temps indiqué.

CONCLUSION

Ce chapitre faisait un état des lieux des caractéristiques du bassin de Tongo Bassa et des inondations qui s'y produisent. Ceci était dans le but de connaître l'influence de ces caractéristiques sur l'occurrence des inondations. Notre hypothèse de départ était que les superficies inondables augmentent au fil des années. Grâce aux logiciels SIG, nous avons pu étudier les caractéristiques géométriques, géomorphologiques et hydrologiques du bassin de Tongo Bassa.

Il en résulte que le bassin de Tongo bassa est un grand bassin de forme en éventail avec une faible dénivellation, des pentes faibles, un sol sableux du au dépôt d'alluvions, un système de drainage bien développé et un réseau de drainage très dense ainsi qu'une sinuosité élevée. Ces caractéristiques influencent les écoulements et donc la possibilité d'occurrence des inondations. Celles-ci étant du a une évacuation lente des eaux de pluies.

Le risque d'inondation occupe une grande partie du bassin mais il n'est pas uniformément reparti dans le bassin, certaines zones notamment celle de Makèpè Missokè et Cité de palmiers sont plus affectées que d'autres. La répartition temporelle des inondations nous a montré que celles-ci ont une préférence pour le mois d'Août. On peut dire que la superficie exposée aux inondations en général n'augmentent pas, mais que ces dernières années on a eu des inondations qui se sont produites dans les zones où les risque d'inondation est habituellement faible.

CHAPITRE 2 : LES FACTEURS AGRAVANT DES INONDATIONS

Introduction

Les inondations dans le bassin de Tongo Bassa sont de plus en plus fréquentes. Mais quels sont les facteurs de cette résurgence ? Le présent chapitre a pour objectif de déterminer les causes de cette augmentation récente. Notre hypothèse est que la variabilité climatique serait le facteur principal de cette augmentation. Ce chapitre présente l'évolution des précipitations dans le bassin à différents pas de temps sans toutes fois écarter les autres facteurs potentiels à savoir l'activité anthropique et les marées. Ce chapitre n'abordera plus les caractéristiques du bassin déjà mentionné au chapitre 1. Nous avons utilisé les données climatiques notamment celles pluviométriques de l'ONACC puis procédé aux calculs de l'évapotranspiration en nous appuyant sur les températures mensuelles et les facteurs de correction. Les données du SDAU nous ont été utiles pour appréhender l'urbanisation. Nous avons aussi utilisé les données des marées. Nous avons en plus appliqué cette démarche pour une période bien défini celle du 21 Août 2020 date à laquelle le bassin en particulier et la ville de Douala en général ont été abondamment inondés. Le but de cette partie est de calculer les éléments du bilan de l'eau notamment les précipitations et l'évapotranspiration.

2.1 Le facteur climatique

Le climat tel qu'admis dans sa définition courante est la moyenne des conditions atmosphériques observées sur une longue période de temps généralement 30-35 ans. Parmi ces conditions atmosphériques, celle qui influence le plus les inondations est la précipitation. En zone tropicale dans laquelle se trouve le bassin de Tongo Bassa, elle est sous forme liquide. Les précipitations ne sont jamais constantes. Elles varient dans le temps. Nous nous intéresserons pour ce fait à leurs variabilités mensuelles, interannuelles et décennales. Nous nous intéresserons aussi aux températures ce qui nous permettra de calculer l'évapotranspiration.

2.1.1 Le régime pluviométrique moyen annuel de 1990 à 2019

Le régime pluviométrique, moyen annuel du bassin de Tongo Bassa fait état d'un climat très humide dans l'ensemble. De 1990 à 2019, la hauteur des pluies se situe entre 2813 et 4888.6mm et la tendance générale est à la hausse. La moyenne annuelle de cette période est de 3595.43 mm. Les précipitations évoluent en dents de scie. L'année 1998 est la moins arrosée de la série tandis que l'année 2006 est la plus arrosée comme le montre la figure 14.

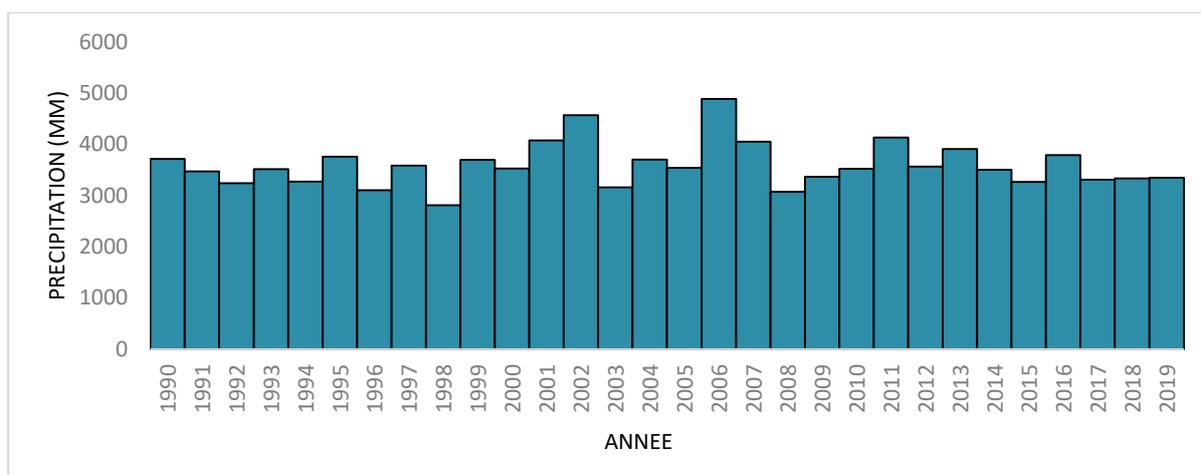


Figure 14 : Evolution interannuelle de la pluviométrie dans le bassin de Tongo bassa entre 1990 et 2019

Source : Données climatiques de l'ONACC adaptées par Bakoto Landry.

La période allant de 2017 à 2019 est parmi les moins arrosées de la période d'étude. L'année la plus arrosée est 2006 avec 4888. L'année la moins arrosée est 2019 avec 3000mm. Ceci devrait entraîner une diminution des inondations. Mais puisque les inondations continuent de s'y produire, il serait judicieux d'étudier d'autres paramètres pluviométriques.

2.1.2 Evolution moyenne mensuelle des précipitations de la saison sèche (Décembre et Janvier)

Les écarts de précipitations d'une année à l'autre est beaucoup plus marquante durant les mois de la saison sèche. Sur la période d'étude, même les mois les plus secs enregistrent des précipitations. La tendance pluviométrique est à la hausse même si celle-ci est légère. Les trois années durant lesquelles il n'a presque pas plus (2015-2017) sont suivies par une période d'augmentation des précipitations en saison sèche (2018 et 2019). Les mois de

Janvier et décembre sont tous deux à la hausse avec des moyennes quasi similaires (29.293mm pour Janvier et 29.876 pour Décembre) comme le montre la figure 15,16 et 17

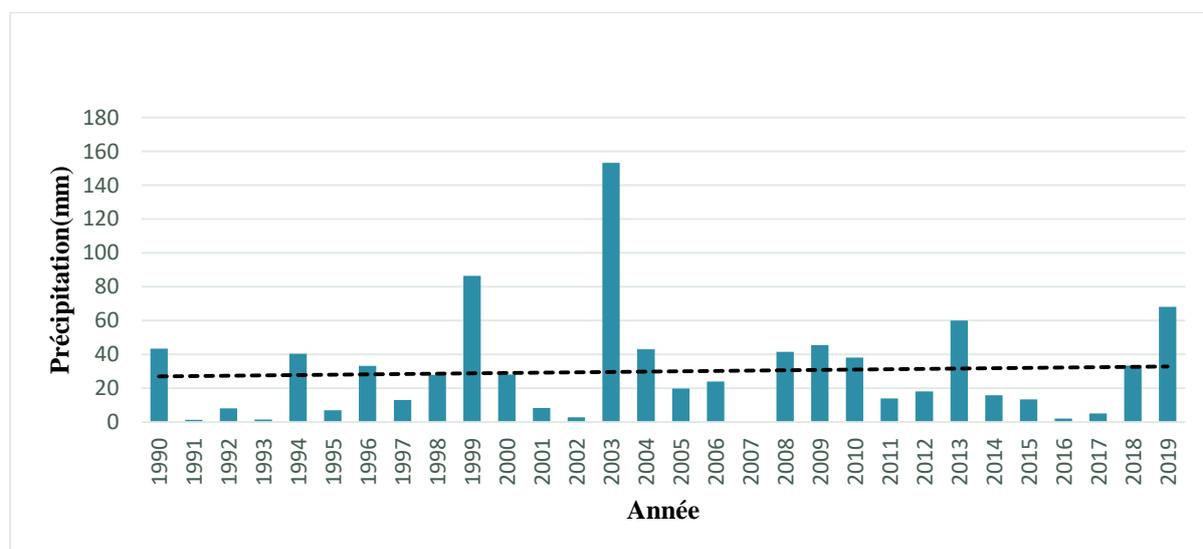


Figure 15 : Evolution pluviométrique du mois de Janvier de 1990 à 2019

Source : Données climatiques de l'ONACC adaptées par Bakoto Landry.

Depuis 2016, on observe une augmentation progressive des pluies pour le mois de Janvier de 0 en 2016 à 68 en 2019. C'est une situation semblable que l'on observe pour le mois de Décembre avec une augmentation de 0 mm en 2016 à 78 mm en 2019.

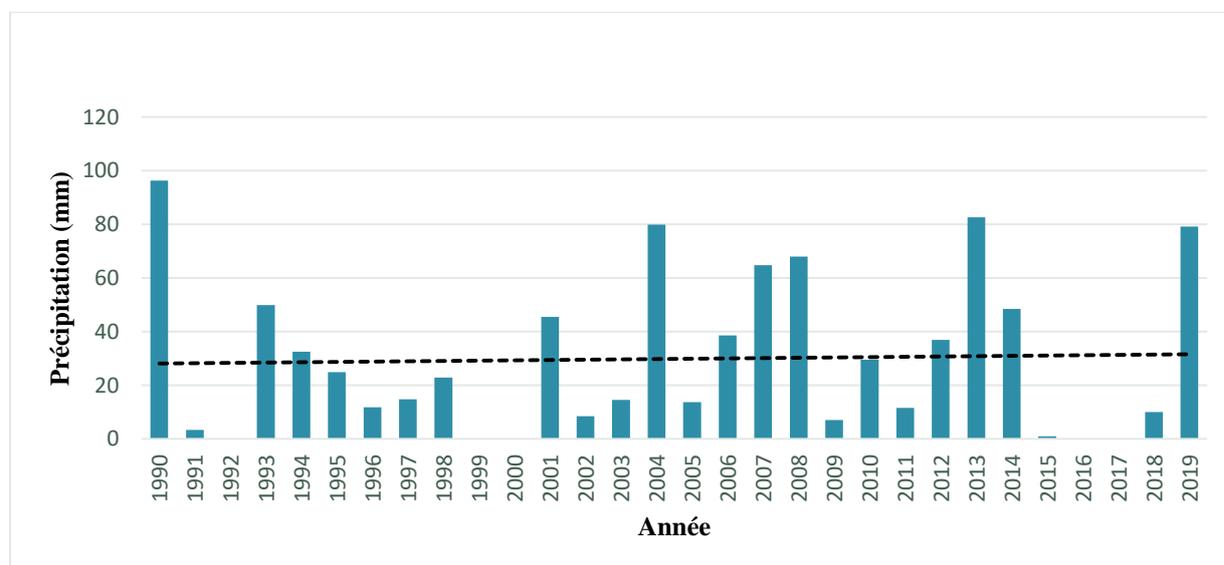


Figure 16 : Evolution pluviométrique du mois de Décembre de 1990 à 2019

Source : Données climatiques de l'ONACC adaptées par Bakoto Landry.

Les mois de Janvier et Décembre nous permettent de déterminer la moyenne des précipitations de la saison sèche. On peut aussi étudier leur évolution de 1990 à 2019 comme le montre la figure 17.

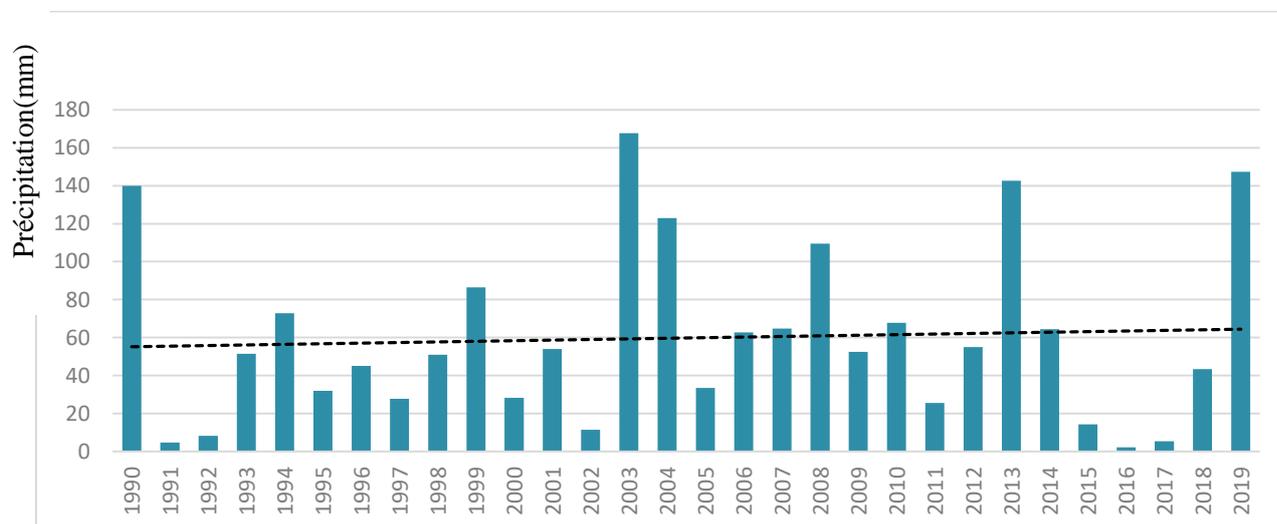


Figure 17 : Evolution pluviométrique de la saison sèche de 1990 à 2019

Source : Données climatiques de l'ONACC adaptées par Bakoto Landry.

Le schéma est le même avec une augmentation progressive des précipitations de 4 mm en 2016 à 144mm en 2019. L'augmentation est d'ailleurs très accentuée et serait un stock d'eau emmagasinée qui jouerait un rôle important pour le bilan hydrique. Il serait intéressant aussi de s'intéresser au comportement des pluies en saison pluvieuse ces dernières années.

2.1.3 Evolution des précipitations moyennes mensuelles de la saison pluvieuse (Juillet, Août et Septembre)

Les années 2006 et 2012 ont reçu le plus de précipitation alors que les années 1996 et 2016 ont reçu moins de précipitations. De 1991 à 1996 les précipitations diminuent dans l'ensemble excepté l'année 1995. De 1997 à 2002 les précipitations augmentent et chutent 2003 puis repartent à la hausse jusqu'en 2006, puis chutent jusqu'en 2010. Elles augmentent brusquement en 2011 avant de redescendre jusqu'à un niveau plus ou moins constant jusqu'en 2019. Cette variation est illustrée par le tableau 12.

Tableau 12 : Moyennes pluviométrique des mois de juin, Juillet, Août et Septembre de 1990 à 2019.

Mois	Juillet	Aout	Septembre
Moyenne	588.25mm	670.546mm	544.5mm

Source : Données climatiques de l'ONACC adaptées par Bakoto Landry.

En se basant sur les graphiques suivants les constats importants se dégagent. Le mois de Juillet enregistre une tendance générale à la baisse. En dépit de cette diminution, l'on observe une augmentation des précipitations depuis 2015 comme le montre la figure 18.

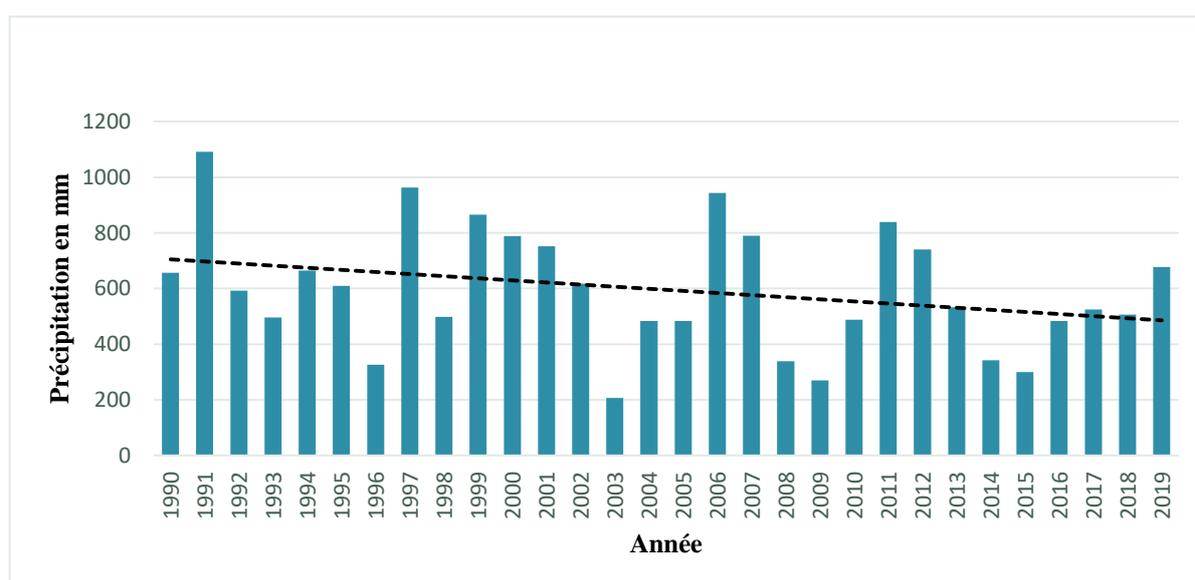


Figure 18 : Evolution pluviométrique du mois de Juillet de 1990 à 2019

Source : Données climatiques de l'ONACC adaptées par Bakoto Landry.

La pluviométrie du mois d'Août quant à elle a une tendance générale à la hausse. Cette hausse se matérialise notamment avec une nette augmentation des précipitations depuis 2017. Depuis 2015, les précipitations augmentent de 300 en 2015 à 650 en 2019. L'évolution se fait suivant des cycles de 6 ans environ durant lesquels les précipitations, augmentent puis baissent. On peut donc s'attendre à ce que les précipitations continuent d'augmenter pour les années à venir. Cette variation est illustrée par la figure 19.

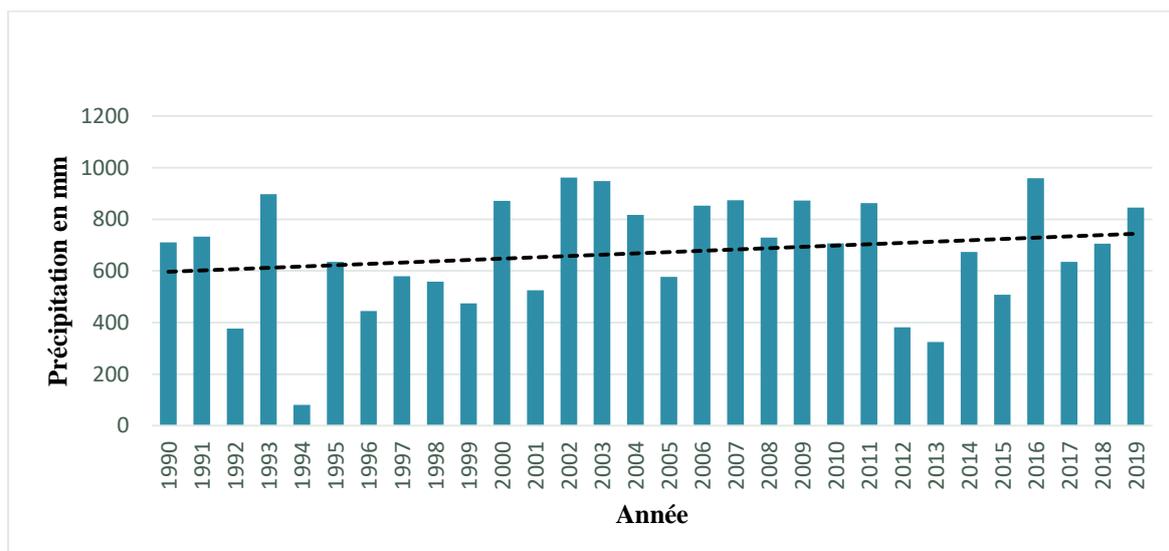


Figure 19 : Evolution pluviométrique du mois d’Août entre 1990 et 2019

Source : Données climatiques de l’ONACC adaptées par Bakoto Landry.

Depuis 2012 les précipitations augmentent. La tendance est plus fortement à la hausse quittant de 260mm en 2012 à 840 mm en 2019. Le mois de septembre quant à lui enregistre une tendance pluviométrique légèrement à la hausse. Cependant le graphique montre que les précipitations sont en baisse depuis 2013 de 760mm en 2013 à 240 mm en 2019, comme le montre la figure 20.

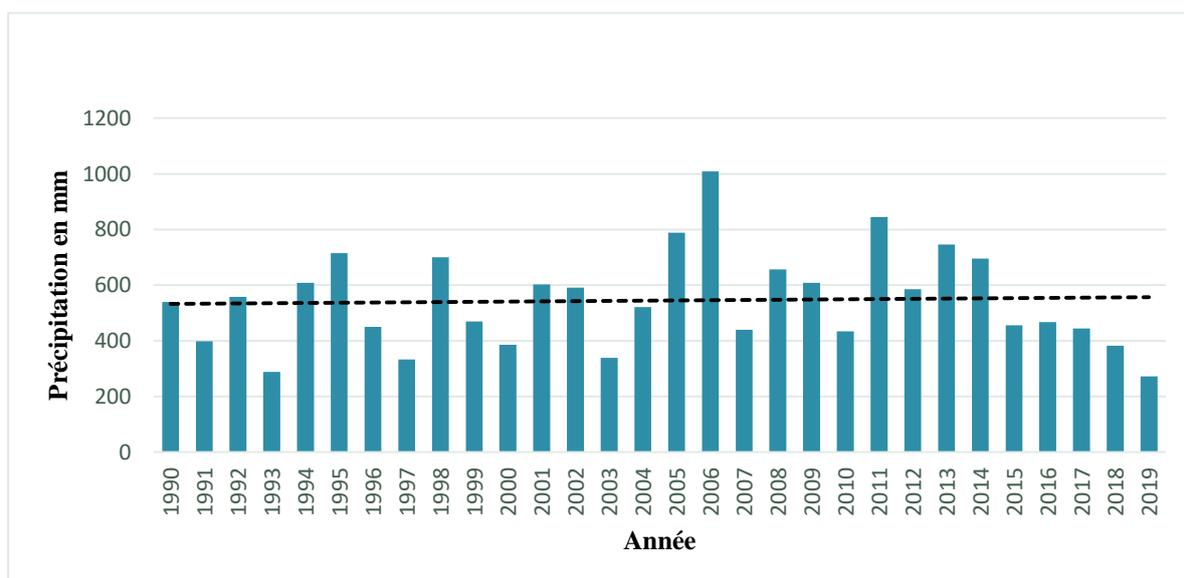


Figure 20 : Evolution pluviométrique du mois de Septembre de 1990 à 2019

Source : Données climatiques de l’ONACC adaptées par Bakoto Landry.

2.1.4 Fluctuations des moyennes pluviométriques à l'échelle pintade

En regroupant les moyennes pluviométriques en série de cinq années successives, on constate des variations importantes dans la distribution des pluies d'une période à une autre. La figure fait état du niveau de précipitation le plus bas occupé par la première pintade. La seconde pintade montre une légère baisse de la pluviométrie, suivie d'une augmentation brusque suivie d'une quasi-stagnation pour les 3 pintades suivantes avant de chuter brutalement durant la dernière. Les niveaux relativement bas de la première, deuxième et troisième pintade ayant des précipitations inférieures à la moyenne (3595.4267mm) ne traduit pas un déséquilibre écologique car, les 3 autres pintades allant de 2000-2014 ont reçu des précipitations au-dessus de la moyenne comme le montre la figure 21.

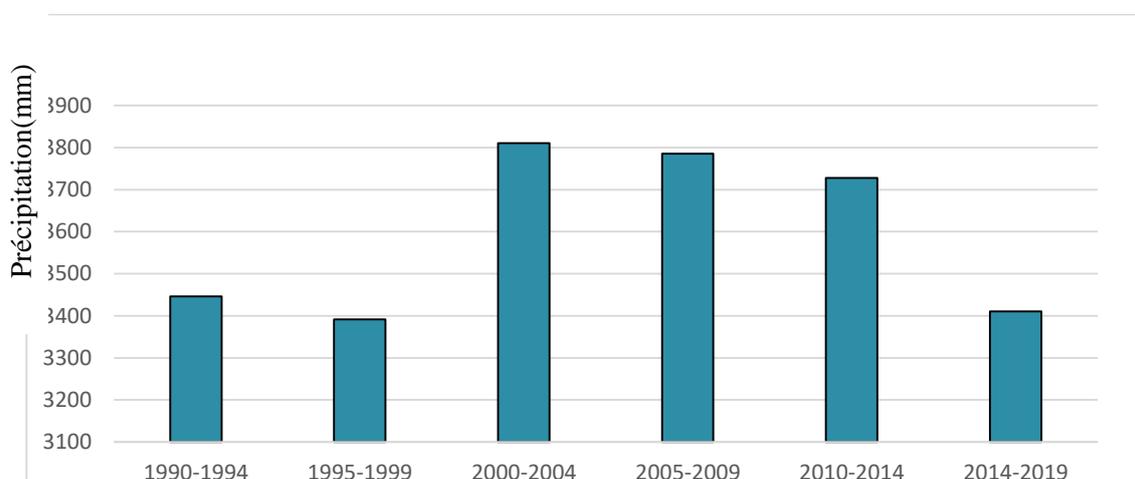


Figure 21 : Variation pluviométrique à l'échelle pintade pour le bassin de Tongo Bassa de 1990 à 2019.

Source : Données climatiques de l'ONACC adaptées par Bakoto Landry

La tendance indique que de 1990-2019, les apports en eau de pluie augmentent légèrement. Cette augmentation est plus perceptible sur l'intervalle 2000-2009, entouré par des périodes de baisse. On note alors une faible complémentarité entre les différentes périodes identifiées. En effet, les pertes des uns sont compensées par les gains des autres. Les mécanismes de régulation climatique ne fonctionnent pas tout à fait dans cette logique. Seulement, au quotidien, l'augmentation des pluies est perceptible du fait que les dernières pintades à l'exception de la dernière sont marquées par de fortes pluviométries. Le régime pluviométrique présente une tendance qui se traduit par une décroissance des apports en eau durant 3 pintades. On est en présence d'un cycle qui se renouvelle tous les 15 ans, mais pas

de façon identique. On peut néanmoins s'attendre à ce que les deux prochaines décennies soient aussi marquées par une pluviométrie relativement basse.

2.1.5 Fluctuations décennales

L'observation de la figure montre que les hauteurs des pluies varient d'une décennie à l'autre. Le traitement des données interannuelles a permis d'observer que la tendance générale était à une légère hausse. La décennie 1990-1999 a été la moins arrosée des 3 le bassin de Tongo Bassa a reçu en moyenne 3418.98mm. La décennie 2000-2009 est la plus arrosée. Cette décennie présente un pic en 2006 le bassin a reçu en moyenne 3798.17 mm Pour la décennie 2010-2019 le bassin a reçu en moyenne 3569.13mm de pluie comme le montre la figure 22.

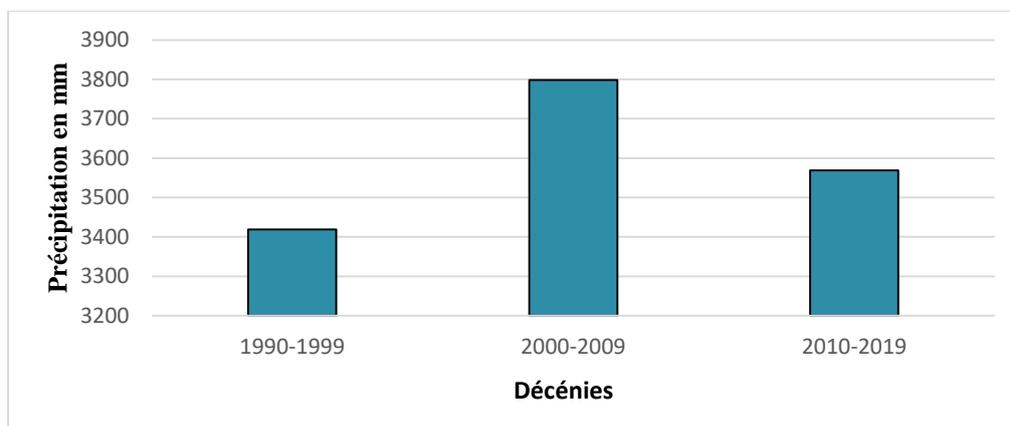


Figure 22 : Fluctuation décennale des précipitations depuis 1990 dans le bassin de Tongo Bassa

Source : Données climatiques de l'ONACC adaptées par Bakoto Landry.

2.1.6 Régimes des précipitations mensuelles de quelques années

Quatre Années ont été choisies. Il s'agit de 1990, 2000, 2010 et 2019. Les précipitations moyennes mensuelles sont illustrées par les figures 23.

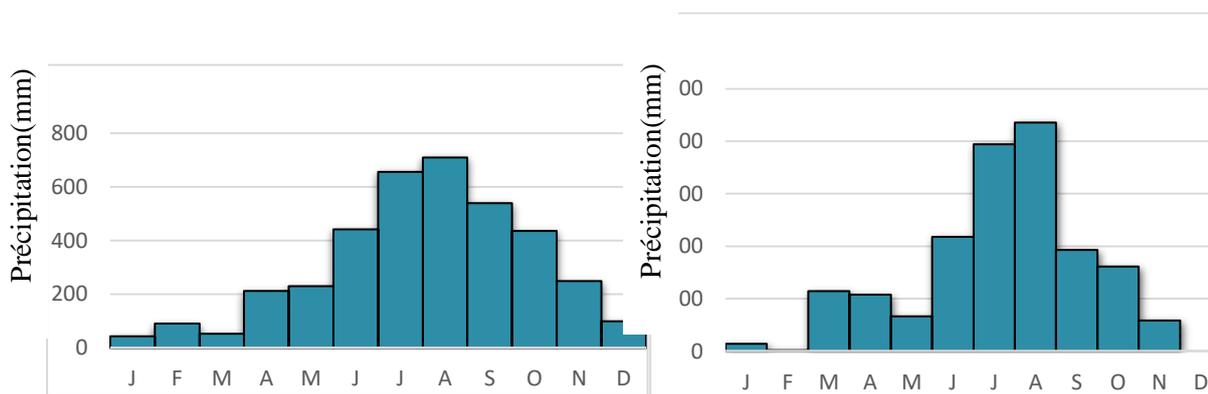


Figure 23 a : précipitations mensuelles de 1990 **Figure 23 b :** précipitations mensuelles de 2000

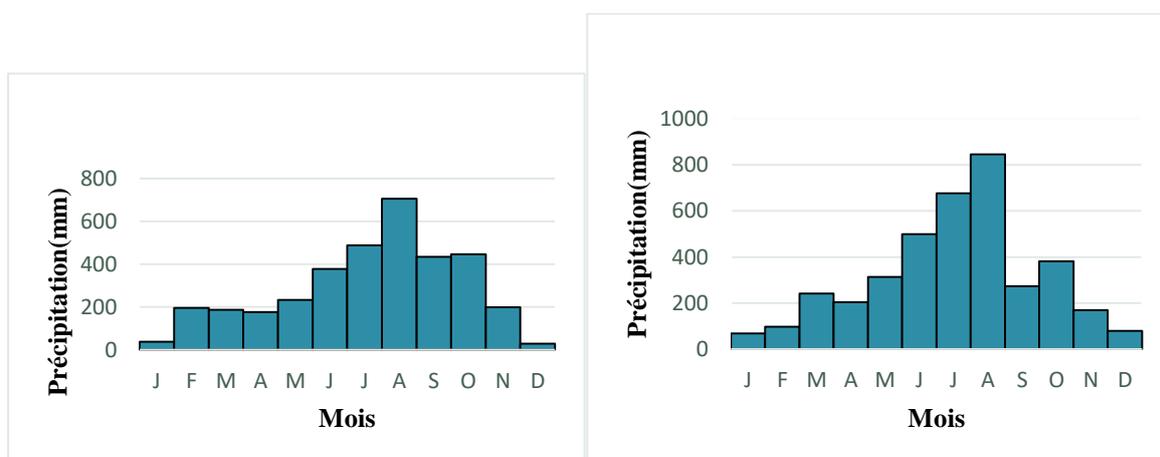


Figure 23 c : Précipitations mensuelles de 2010 **Figure 23 d :** précipitations mensuelles de 2019

Figure 23 : Précipitation mensuelle de quelques années dans le bassin de Tongo Bassa

Source : Données climatiques de l'ONACC adaptées par Bakoto Landry.

Le mois d'août est le plus pluvieux est toujours Aout. Pour l'année 1990 les précipitations augmentent progressivement jusqu'en août puis diminuent progressivement. Pour l'année 2000 les précipitations augmentent puis redescendent au mois de Mai puis recommencent à monter pour atteindre leur maximum au mois d'août. Pour l'année 2010, les précipitations augmentent progressivement jusqu' en Août puis redescendent. Pour l'année 2019 les précipitations augmentent beaucoup plus rapidement jusqu'en Août puis s'estompent presque jusqu' en Décembre.

2.1.7 Régime pluviométrique moyen annuel

Sur le bassin de Tongo bassa il pleut tous les mois de l'année à l'exception de quelques rares années. L'on observe une période de quatre mois où les précipitations sont vraiment accentuées : il s'agit de la haute saison de pluie qui s'étend de Juin à Septembre avec un pic au mois d'Août. De janvier à cette période de quatre mois les précipitations augmentent progressivement et diminuent progressivement après cette période de quatre mois, On a à faire à un régime mono modal. (Figure 24)

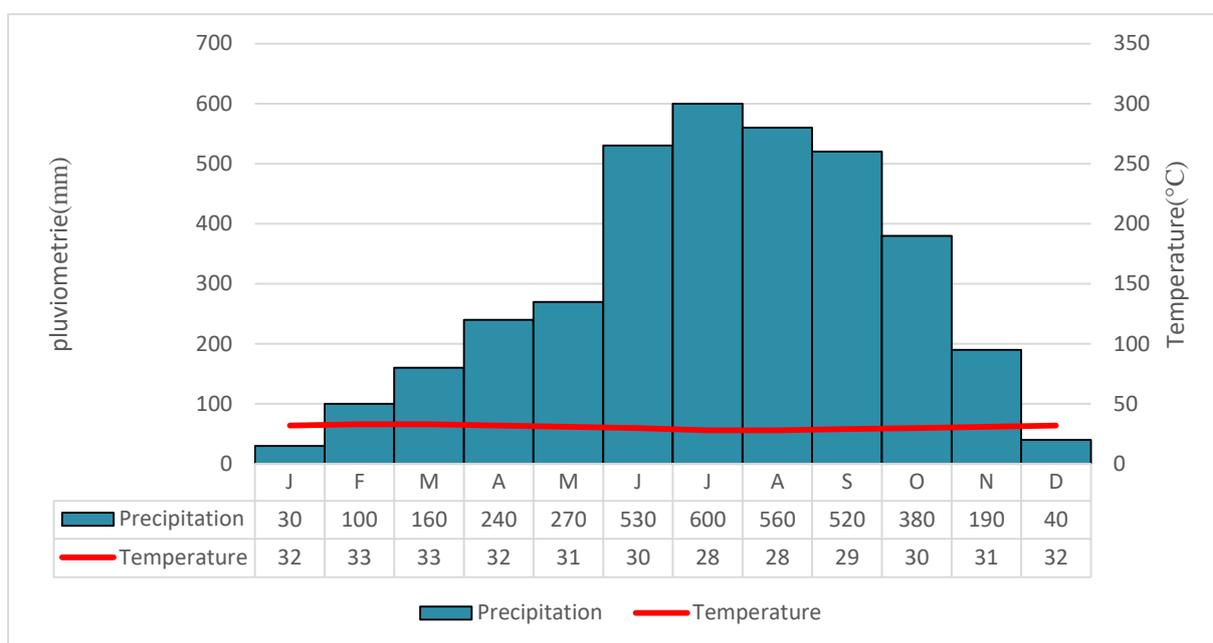


Figure 24 : Diagramme ombro thermique du bassin de Tongo Bassa

Source : Données climatiques de l'ONACC adaptées par Bakoto Landry.

En s'intéressant aussi à la répartition des jours ayant des précipitations supérieures à 50mm on observe une tendance générale vers la hausse comme le montre la figure 25.

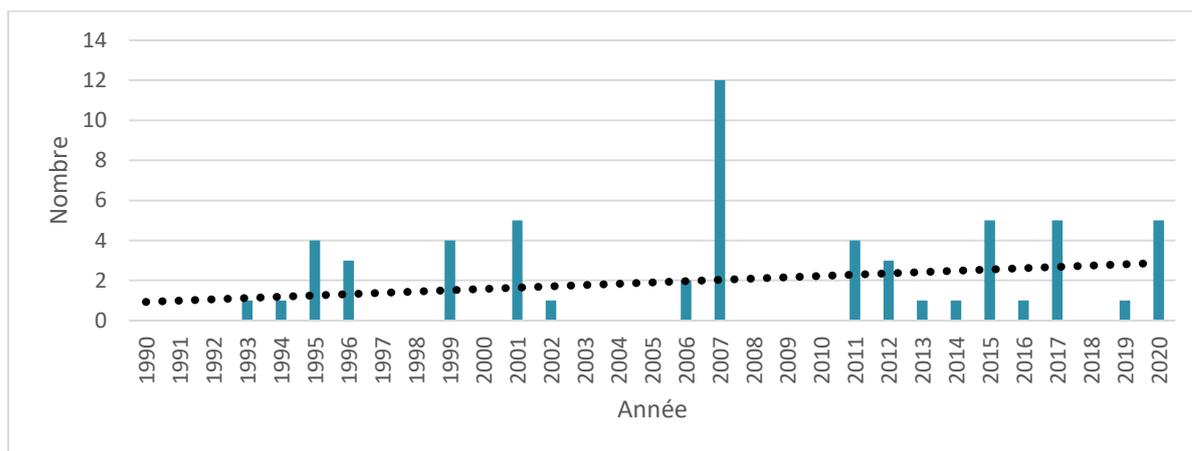


Figure 25 : Répartition des jours de pluie ayant reçu des précipitations supérieures à 50mm.

Source : Données climatiques de l'ONACC adaptées par Bakoto Landry.

2007 a été l'année ayant eu le plus grand nombre de jours ayant enregistré des précipitations supérieures à 50mm. Cette année il y a eu jusqu'à 12 jours. La connaissance des pluviométries pour chacun des jours est important que déterminer la sollicitude du bassin de Tongo Bassa et pour déterminer comment celui-ci peut réagir durant chacun de ces jours.

2.1.8 L'évapotranspiration dans le bassin

L'évapotranspiration est la somme totale des eaux qui sont perdues des plantes, des cours d'eau et des surfaces vers l'atmosphère. L'étude de l'évapotranspiration est essentielle pour le calcul du bilan hydrologique. Celui-ci permet de comprendre le comportement de l'eau circulant à travers les différents réservoirs influençant le bassin de Tongo Bassa. En appliquant la formule décrite dans la méthodologie, nous avons pu calculer l'évapotranspiration pour tous les mois comme le montre le tableau 13.

De ce tableau, il ressort que le mois où il y a le moins de pertes dû à l'évapotranspiration est le mois d'Août. De manière générale, la période allant de Juin en septembre constitue la période où l'évapotranspiration est au plus bas. Cette période correspond à la période de maximum pluviométrique. Il pleut beaucoup à cette période et les pertes dû à l'évapotranspiration sont minimales ce qui entraîne une période de surplus d'eau qui soit s'infiltreront, soit s'écouleront selon la nature de la surface (capacité d'absorption et de rétention) qui dépend du mode d'occupation du sol.

Tableau 13 : Evapotranspiration mensuelle du bassin du Tongo Bassa.

Mois	Température	i(m)	F(m,φ)	ETP(m)
Janvier	32	16.617	1.02	110,41mm
Février	33	17.4	0.93	109,779mm
Mars	33	17.4	1.03	121,583mm
Avril	32	16.617	1.02	110,41mm
Mai	31	15.83	1.06	99,614mm
Juin	30	15	1.03	87,831mm
Juillet	28	13.575	1.06	70,042mm
Aout	28	13.575	1.05	69,382mm
Septembre	29	14.316	1.01	75,982mm
Octobre	30	15	1.03	87,83mm
Novembre	31	18.83	0.99	95,299mm
Décembre	32	16.617	1.02	110,41mm
Total		190.777		1.148,572mm

Source : Données climatiques de l'ONACC adaptées par Bakoto Landry.

2.2 Le forçage anthropique

Pour les bassins versants de faibles extensions de quelques dizaines de km² à quelques centaines de Km² comme c'est le cas pour le bassin de Tongo bassa, les inondations ne sont pas toujours inévitables et très souvent les aménagements sont plus fautifs que le climat. En principe l'eau de pluie s'infiltrer et rejoint d'abord l'humidité du sol, puis éventuellement une nappe d'eau souterraine. Le ruissellement, c'est-à-dire l'écoulement de surface ne se produit que s'il est impossible à l'eau de continuer à s'infiltrer.

Dans un cycle naturel, on estime que l'eau pluie s'évapore à 60-70 % par l'intermédiaire des plantes. Ce qui demeure au sol est pour moitié ou au deux tiers absorbée

par le sol. Ainsi, avec les fluctuations importantes selon le climat et la géologie du sol 15-20 % de la pluie qui ruisselle va grossir rapidement les cours d'eau.

Ce cycle naturel est désormais perturbé par l'homme qui modifie parfois dans les proportions considérables l'aspect physique d'un bassin versant. Il en est ainsi de la déforestation, de l'imperméabilisation des surfaces, de l'obstruction des canaux par les déchets ménagers et par des constructions anarchiques. En plus de cela, l'homme met délibérément en danger en s'accaparant des terres inondables pour s'en servir comme leur lieu d'habitation.

2.2.1 L'urbanisation dans le bassin de Tongo Bassa

Avec 1.9 millions d'habitants (RGPH) Douala reste en 2005 la ville la plus peuplée du pays. Sa croissance démographique a été moins rapide que celle projeté par le SDAU de 1983 qui tablait sur une population de 2.7 millions d'habitants en 2005. Douala concentre 10% de la population du pays. Sa surface urbanisée est majoritairement occupée par l'habitat 64%, dont 24% par un habitat anarchiquement installé. Depuis 1960, environs 326 ha par an ont été urbanisés. Deux tiers des nouveaux habitants s'installent dans les espaces inoccupés et le tiers restant densifie les espaces urbanisés ou en cours d'urbanisation.

Une consommation moyenne d'espace urbain est de 75m² par habitant. L'étude du SDAU de 1983 observait que cette consommation d'espace était restée depuis 10 ans à peu près stable entre 80 et 85m² par habitant. La croissance démographique s'est donc traduite par une augmentation de la densité moyenne d'occupation liée par la raréfaction des terrains urbains.

En appliquant ces différentes hypothèses, les besoins en nouveaux terrains pour la période 2020/2025 sont d'environ 6000 ha en hypothèse basse, 9000 ha en hypothèse tendancielle et 13000 ha en hypothèse haute. Au total, l'occupation de l'espace urbain de Douala présente souvent les caractéristiques suivantes : l'occupation anarchique qui provoque souvent une occupation des ouvrages de drainage et leur inaccessibilité aux engins d'entretien, l'implantation de plus en plus anarchique d'activités sur des terrains souvent inappropriés, la prolifération de quartiers précaires sans canalisations.

En outre, cette urbanisation accélérée engendre la disparition des espaces verts qui jouent un rôle crucial dans l'infiltration des eaux de pluie, la réduction du ruissèlement provoquant de ce fait l'inondations.

En 1975, le bassin versant était recouvert à environs 90% par la forêt. En 1995 le bassin était recouvert par la forêt à environ 50% et en 2015 la forêt ne représentait plus qu'environ 20% de la surface totale du bassin versant. La forêt disparaît et laisse place à l'espace bâti.

2.2.2 Evolution des modes d'occupation du sol

2.2.2.1 Evolution des surfaces agricoles

La surface agricole a été en constante diminution. Concernant de son rapport a la surface totale du bassin Elle quitte de 57%. En 1990 à 25.21 en 2005 à 4.85% en 2015. L'étude de ces superficies sera utile pour faire les calculs de l'évapotranspiration et des bilans hydrologiques. Cette évolution est illustrée par la figure 26 .

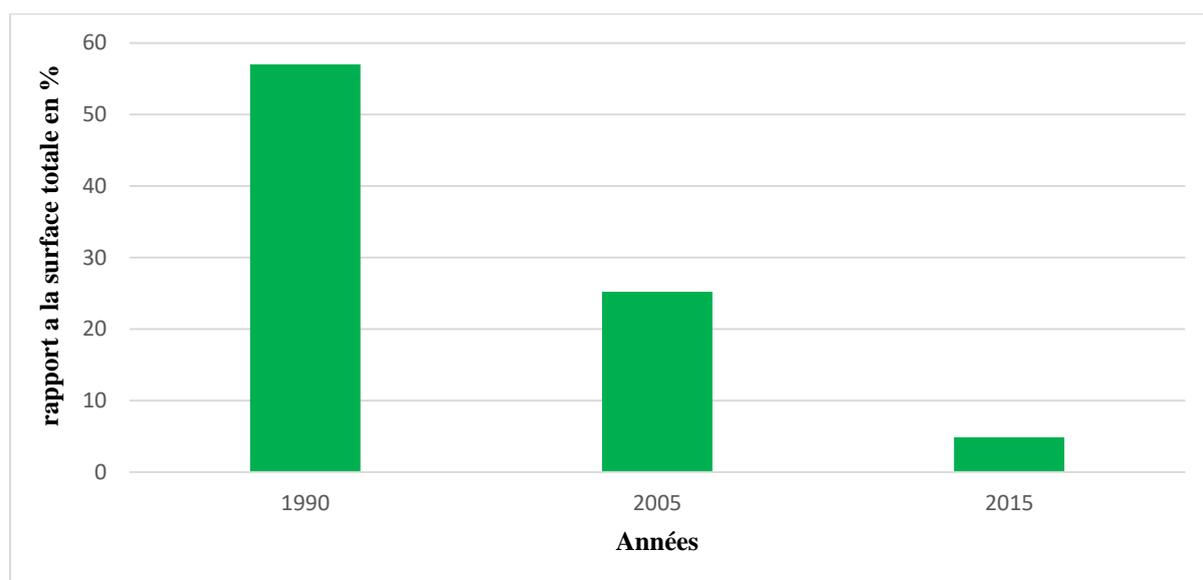


Figure 26 : Evolution des surfaces agricoles.

Source : images satellitaires

2.2.2.2 Evolution de la voirie et de l'espace bâti

La superficie de l'espace bâti et de la voirie est en constante augmentation. Concernant son rapport à la surface totale du bassin, elle quitte de 30,39 % en 1990 à 25,45% en 2005 et à 30,71% en 2015. L'étude de ces superficies sera utile pour faire les calculs de l'évapotranspiration et des bilans hydrologiques. Cette évolution est illustrée par la figure 27.

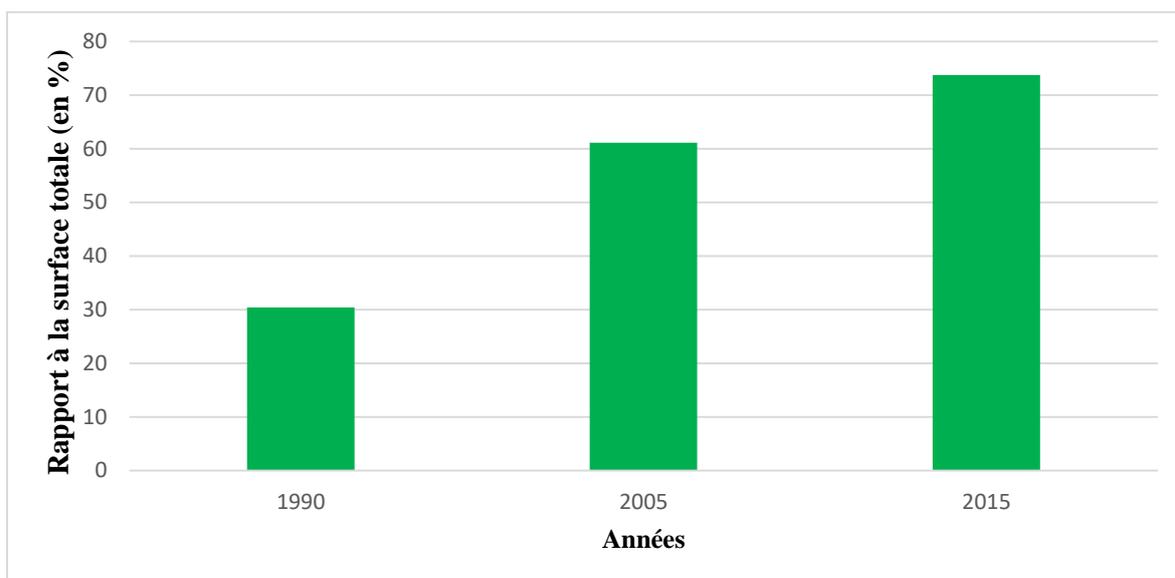


Figure 27 : Evolution des surfaces de l'espace bâti et de la voirie.de 1990 à 2015

Source : images satellitaires

2.2.2.3 Evolution du couvert végétal

La superficie occupée par la végétation est en constante diminution. Concernant son rapport à la surface totale du bassin, elle quitte de 57,88 en 1990 à 25,21 en 2005 à 11,68 en 2015. L'étude de ces superficies sera utile pour faire les calculs de l'évapotranspiration et des bilans hydrologiques. Cette évolution est illustrée par la figure 28.

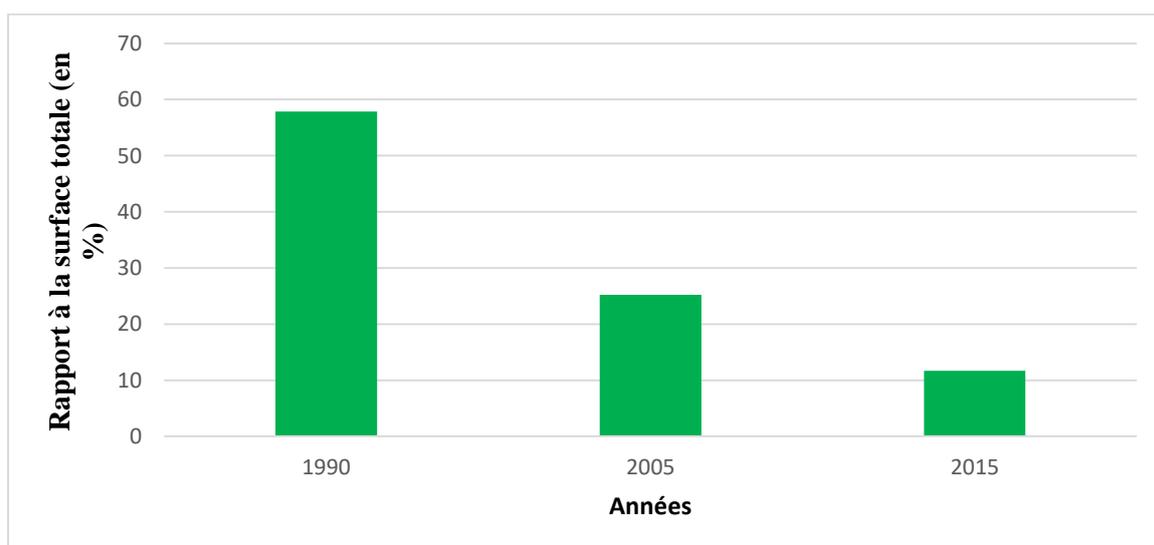


Figure 28 : Evolution du couvert végétal. De 1990 à 2015

Source : images satellitaires

On peut avoir un récapitulatif des différents modes d'occupations du sol comme le montre le tableau 14 et la figure 29.

Tableau 14 : Récapitulatif des modes d'occupation du sol

Mode d'occupation	1990		2005		2015	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Couvert végétal	24,11	57,88	10,5	25,21	4,856	11,66
Espace bâti et voirie	12,66	30,39	25,45	61,1	30,65	73,6
Surface agricole	4,882	11,73	5,7	13,68	6,056	14,54

Source : images satellitaires.

Le couvert végétal a connu une évolution très rapide. Vers la baisse tandis que L'espace bâti a eu une évolution très rapide vers la hausse. La surface agricole est restée presque au même niveau depuis 1990 comme le montre la figure 29.

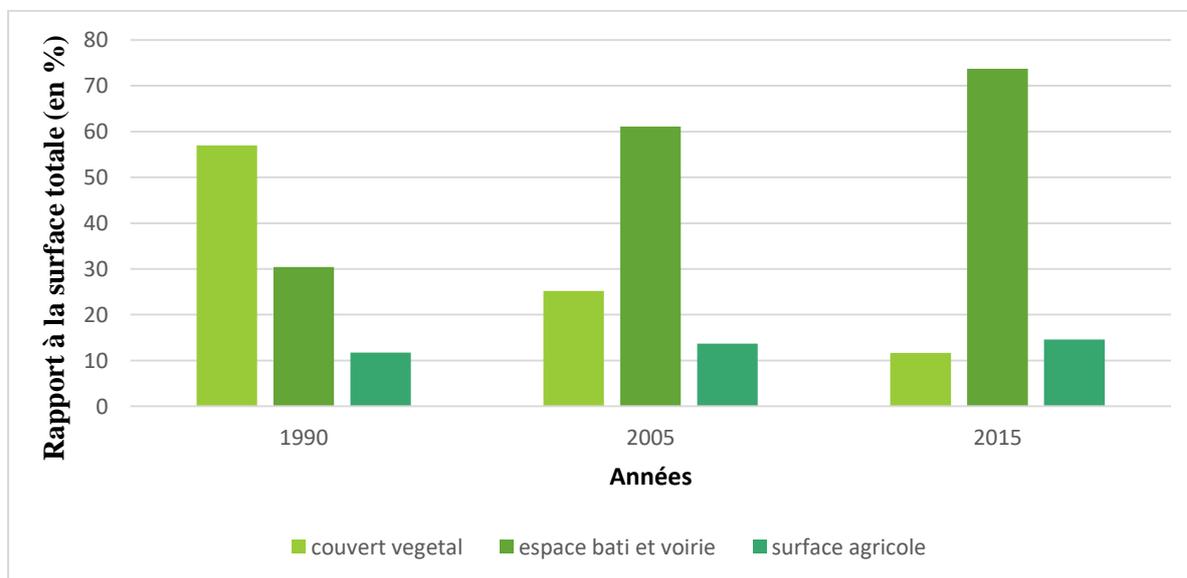


Figure 29 : Evolution des modes d'occupation du sol dans le bassin de Tongo Bassa de 1990 à 2015.

Source : images satellitaires.

Le mode d'occupation du sol influence le ruissèlement. En effet, le taux de pluie qui sera ruisselée dépend de la nature de la surface du sol. Selon la nature de cette surface, on peut déterminer la quantité d'eau qui sera infiltrée ou qui s'écoulera en surface. Le tableau 15 montre le taux de ruissèlement de chaque mode d'occupation.

Tableau 15 : Coefficient de ruissèlement pour différentes couvertures du sol

Nature superficielle du bassin versant	Coefficient de ruissèlement
Bois	0,05
Champs cultivés	0,2
Terrains nus	0,5
Rochers	0,7
Routes sans revêtement	0,7
Route avec revêtement	0,9
Toitures	0,9

Source : Lambert 1986 adapté par Bakoto Landry.

Comme le montre ce tableau, les toitures et les routes avec revêtements (goudron et béton) ont le coefficient de ruissèlement le plus élevé avec 0,9. Les bois et les champs cultivés ont les coefficients de ruissèlement très bas avec 0,05 et 0,2 respectivement. Ceci veut dire que s'il tombe 100 mm de pluie, 90 mm ruissèleront en surface dans les espaces bâtis et seulement 20mm pour les champs.

Il est vrai que nous n'avons pas pris en compte tous les modes d'occupations du sol notamment les sols nus et les rochers. Mais les résultats obtenus avec les 3 modes d'occupations ne seront pas loin de la réalité car, les autres modes d'occupations ne couvrent pas une grande superficie du bassin. Nous avons calculé les bilans hydrologiques à l'aide de formules décrites dans la méthodologie pour tous les mois de l'année comme le montre le tableau 16

Tableau 16 : Responsabilités des surfaces aux écoulements

Nature superficielle du bassin versant	% de la Superficie occupe dans le bassin	Responsabilité au ruissellement total (%)
Bois	11,66	0,55
Espaces bati et voirie	73,6	58.8
Espaces agricole	14,54	0.87
Total	99.8	60.23

Source : images satellitaires et du coefficient de ruissèlement des différents mode d'occupation de Lambert 1986 adapté par Bakoto Landry.

On remarque les espaces bâti et la voirie, occupant la plus grande partie de la surface de bassin et ayant aussi un fort taux de ruissèlement par unité de surface entraine un écoulement d environ 58.8% des eaux précipitées, tandis que les bois et les espace agricoles ne couvrant pas une grande superficie et n'ayant ne causant pas un fort taux de ruissellement par unité de surface ne causeront les écoulement qu' à hauteur de 0.55% et 0.87% respectivement.

Selon les surfaces des différents modes d'occupation du sol et de leur responsabilité aux écoulements calculées on sera en même de faire une estimation assez précise sur la quantité d'eau qui s'écoulera à la surface à la suite d'un épisode pluvieux. Prenons par exemple le mois d'Août avec une précipitation interannuelle moyenne de 560 mm Le couvert végétal engendrera un écoulement de 4,648 mm, les champs cultivés 16.28 mm et l'espace bâti et la voirie 350.28 mm ce qui nous donne un total de 371.2mm. Le tableau 17 illustre bien cela.

Tableau 17 : Bilans hydrologiques mensuels du bassin de Tongo Bassa

Mois	Précipitation en mm	Ecoulement En mm	Evapotranspiration En mm	Changement de stock en mm	2019	2020
Janvier	30	19,904	110,41mm	-100,3	-100,3	-40,244
Février	100	66,288	109,779mm	-76,06	-179,06	-119,004
Mars	160	106,06	121,583mm	-67,643	-246,703	-186,703
Avril	240	159,09	110,41mm	-38,584	-285,287	-225,231
Mai	270	178,97	99,614mm	-8,584	-293,871	-233,815
Juin	530	351,32	87,831mm	90,849	-203,022	-143,022
Juillet	600	397,73	70,042mm	132,228	-70,794	-10,794
Août	560	371,21	69,382mm	119,408	48,614	108,714
Septembre	520	344,697	75,982mm	99,321	147,935	208,003
Octobre	380	251,89	87,83mm	40,28	188,215	248,315
Novembre	190	125,94	95,299mm	-31,239	156,976	217,526
Décembre	40	26,51	110,41mm	-96,92	60,056	120,156
Total	3.620	2.398,719	1.148.572	62,756		

Source : Données de l'ONACC exploitées et adaptées par Bakoto Landry.

Le tableau 17 représente les bilans hydrologiques mensuels étudiés sur 2 années cibles : 2019 et 2020. Nous avons utilisé les précipitations et les rôles des différentes surfaces pour déterminer l'écoulement. Nous avons donc retiré les évapotranspirations qui avaient été calculées plus haut et cela nous a permis de déterminer le changement de stock. A la fin de l'année 2019, il y avait un bilan positif de 60,056 mm. Ce bilan est intégré dans les calculs du changement de stock de l'année suivante (2020). Nous constatons que constaté que les mois ayant des bilans de sol excédentaires vont de juin à Octobre. Etant donné que les déficits et les excédents des mois influent sur les bilans des mois qui les suivent, nous avons remarqué que le premier mois de l'année avec un bilan cumulé excédentaire est le mois d'Août suivi de Septembre, Octobre, Novembre et Décembre qui influencent les bilans de l'année suivante.

Une lecture parallèle du tableau nous permet aussi de constater que les écoulements augmentent subitement de Mai à Juin (de 178,99 en Mai à 351 en Juin). De plus, les 4 mois ayant le plus grand écoulement (Juin, Juillet, Août et Septembre) correspondent aux années ayant des bilans d'eau du sol excédentaire. Nous pouvons donc dire que la saturation du sol a un grand rôle à jouer dans les écoulements du bassin de Tongo Bassa. La figure 30 nous offre une vue synthétique des rapports entre ces quatre paramètres hydrologiques.

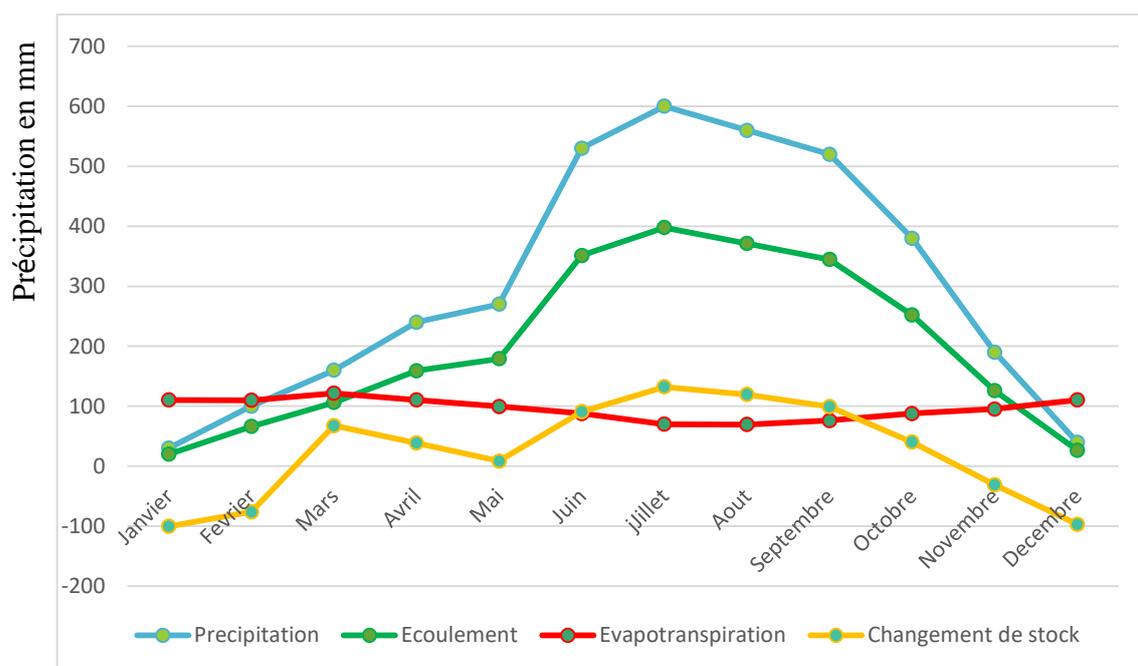


Figure 30: Rapports entre la précipitation et les autres paramètres hydrologiques dans le bassin de Tongo Bassa

Source : Données ONACC, adapté par Bakoto Landry.

Etant donné que 1mm de pluie représente 1 litre d'eau de pluie pour une surface de 1 m² et que 1km²= 1.000.000 de m², le bassin de Tongo Bassa avec une superficie de 41,562 km² recevra pour chaque mm de pluie enregistré 41.562.000 litre, soit 41,562 m³ d'eau. De ce fait, le mois de Juin avec 530 mm recevra 22,027,860 m³ d'eau. Le mois de Juillet avec 600 mm recevra 24,999,200 m³. Le mois d'Août avec 560 mm recevra 23,325,120 m³ et le mois de Septembre avec 520 mm recevra 21,607,040 m³.

La longueur cumulée des cours d'eau est 111.03 km. En estimant la largeur moyenne des cours d'eau à 7m et la profondeur à 3 m, on obtient une aire transversale de 21 m² qui multiplié par la longueur nous donne une capacité d'environ 2,331,630 m³ ce qui correspond à 56.1 mm de pluie sur le bassin.

Sachant aussi que selon les modes d'occupation du sol du bassin de Tongo Bassa déjà étudiés, environ 60.23% des eaux précipitées seront écoulées, 22.5% évapotranspirées et 17.1% converti en humidité du sol. Il faudrait une précipitation d'environ 84mm pour que les cours d'eau atteignent le maximum de leur capacité de rétention au-delà laquelle les cours d'eau sont débordés et les inondations se produisent.

Quand on s'intéresse à la pluviométrie du 21 Aout 2020 du bassin de Tongo Bassa, jour où le bassin a subi de terribles inondations, on remarque que la pluie débute à 3h 30 environ, atteint son pic vers 10h30, diminue progressivement jusqu'à 16 heures environ. A ce stade la pluie est très faible mais ne s'estompe pas mais continue jusqu'au jour suivant. En tout le bassin a reçu 288mm de pluie en cette seule journée, l'essentiel de la pluie s'étalant sur 12 heures. Cette dynamique est illustrée par la figure 36. En se penchant sur la réponse hydrologique du bassin on remarque que le niveau de l'eau commence à monter au début de la pluie (3h30). Il évolue de 110 cm à 3h30, atteint son pic (405cm) à 12h40 puis redescend progressivement jusqu'au jour suivant. On remarque que la capacité de réception du bassin est largement dépassée, se produisent alors les inondations (Figure 31).

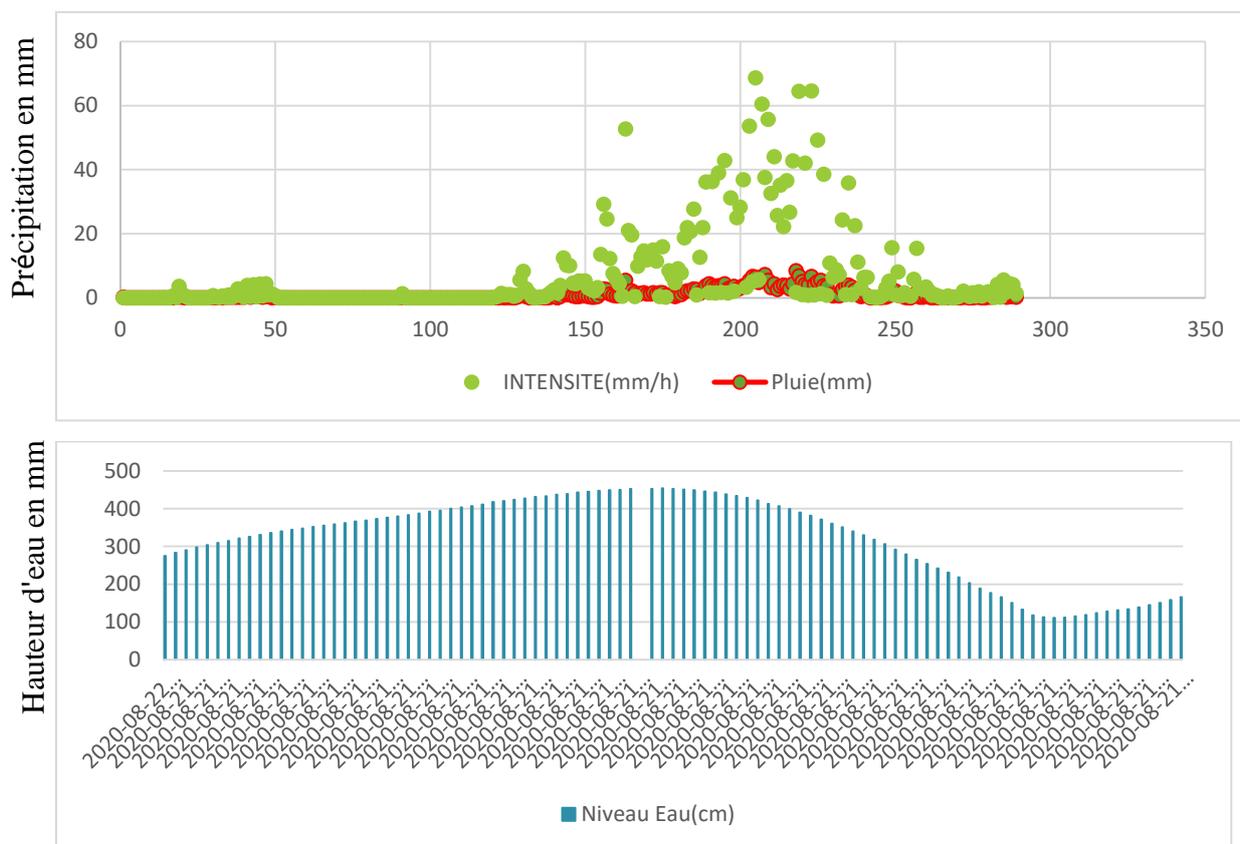


Figure 31 : Pluviométrie et hauteur d'eau dans le bassin de Tongo Bassa le 21 Aout 2020.

Source : Données ONACC, et CUD adapté par Bakoto Landry.

2.2.3 Construction anarchique et inondations

La construction anarchique fait référence aux implantations humaines qui ne respectent pas les règles d'urbanisation. Pour le bassin de Tongo Bassa on note l'occupation du lit majeur, l'obstruction des canaux d'évacuation, la construction en plein, milieu d'un cours d'eau, les secteurs sans canalisation, et la construction en zone marécageuse.

2.2.3.1 Occupation du lit majeur

Le lit majeur d'un cours d'eau est la zone d'expansion de ses crues. Il s'agit donc d'une zone ponctuellement inondable où l'installation d'activités humaines et d'infrastructures est soumise à un risque d'inondation. On a remarqué que dans les quartiers comme Makèpè Missokè, beaucoup de bâtiments sont construits à quelques mètres du cours d'eau. Ceci implique qu'à chaque fois que le cours d'eau débordera les habitations seront menacées.

Il arrive que les eaux débordent du canal et ce jusqu'à une hauteur d'environ 1 mètre. Les maisons situées de part et d'autre présentent un risque majeur. C'est ainsi qu'on a remarqué des traces sur les murs causés par le passage des eaux souillées. Ce qui nous montre que dans cette zone les eaux atteignent une hauteur importante.

2.2.3.2 Obstruction des canaux d'évacuation

L'accent est porté au réseau de drains puis aux ouvrages de franchissement. L'on compte 3 types d'ouvrages assurant le drainage des eaux pluviales : Les canaux bétonnés, les caniveaux et buses et les ouvrages de franchissement. D'après le rapport de la phase diagnostic sur les services urbains, infrastructures et équipements sociaux, les drains primaires et secondaires peuvent être divisés en 3 catégories :

- **Les drains primaires en aval** : Ils présentent de faibles pentes. Les habitations se sont implantées dans ces zones et elles se situent pour certaines à moins de 0,5 m au-dessus du terrain naturel.
- **Les drains secondaires en amont** : Ces drains recueillent des débits relativement faibles et sont caractérisés par une pente assez forte et des dimensions réduites (largeur de 1 à 2m, hauteur de 0,5 m). Ils traversent des zones d'habitats denses et peuvent être localement encombrés par des habitations.

- **Les drains secondaires et primaires des parties centrales des bassins versants :**
Ils collectent l'eau des drains précédents ; recueillent des débits plus élevés et leurs dimensions sont variables (largeur de 2 à 5 m, hauteur de 0,5 de 1 m). L'emprise existante est plus large que pour les drains secondaires en amont.
- **Le réseau de drainage tertiaire :** Il s'agit de caniveaux et de buses situés le long des voiries bitumées dans certaines zones dont le rôle est de collecter les eaux pluviales et de les acheminer dans les drains secondaires en amont.

Les populations agissent directement sur la production des inondations en favorisant l'obstruction des canaux d'évacuation avec les déchets. Ceci est illustré par la photo 3.



Photo 3 : Obstruction d'un canal d'évacuation par les ordures à site SIC.

Source : Bakoto Landry 15/06/2021

Sur la photo 4 on note le cours d'eau (A), les ordures versées (B), maison vulnérable (C), l'eau polluée (D).

Comme le montre la photo 3, le canal est obstrué, l'eau de ruissellement n'a nulle part où aller, elle ne peut circuler. Ceci favorise le processus d'embâcle et par conséquent accroît le risque d'inondation.

3.3 Construction en plein cours d'eau

la recherche effrénée des populations de terrain pour la construction de leur habitat emmène certains à construire n'importe où y compris sur le passage naturel de l'eau. Ceci a pour conséquence une déviation du cours d'eau, un ralentissement de l'écoulement, un ralentissement de la vitesse d'évacuation en cas de fortes pluies, augmentant le risque d'inondation.



Photo 4 : construction sur le passage d'un cours d'eau. À Beedi.

Source : Bakoto Landry, 15/06/2021.

On note le cours d'eau (A), la maison au milieu du cours d'eau (B),

Comme le montre la photo 4 une maison est construite en plein milieu du cours d'un cours d'eau ce qui ralenti la vitesse d'écoulement de l'eau.

2.2.3.4 Secteurs sans canalisation

Un tour dans le bassin nous emmène à constater que certaines zones n'ont ni rigoles, ni canalisations pour évacuer les eaux de pluies. Dans ce secteur, lorsque survient les inondations, l'eau n'a nulle part où aller car les moyens d'évacuation sont absents. Il n'y a donc pas de rigoles, pas de drains, pas de canal. Les eaux stagnent, saturent le sol, limitent le taux d'infiltration. Du coup lorsque survient une pluie, l'eau ne peut ni s'infiltrer ni être évacuer. Donc la quasi-totalité de l'eau de pluie est converti en hauteur d'inondation. La photo 5 illustre bien cela.



Photo 5 : Absence de canalisations a Bonamoussadi.

Source : Bakoto, 16/06/2021 prise à Bonamoussadi

On remarque l'eau stagnante (A), un passant qui se fraye un chemin (B),

Comme le montre la photo l'eau de pluie n'est pas évacuée, elle stagne. Rendant le sol permanentement saturé en eaux ce qui augmente le risque de pluie pour les prochaines pluies.

2.2.3.5 Occupation des zones marécageuses

La façon de construire et la zone de construction expose aussi les populations au risque d'inondation. Les zones marécageuses sont parmi les zones les plus à risque d'inondation. Les zones marécageuses sont des zones qui sont en permanence gorgées d'eau. Le sol étant déjà saturé en eau, aucune infiltration n'est possible. De ce fait la quasi-totalité des eaux précipitées se transformeront en hauteur d'eau d'inondation. De plus les marécages sont des zones où l'on retrouve très souvent des eaux usées. Ce qui en plus du problème de l'eau en lui-même il y a un risque important d'épidémies si l'eau monte jusqu'à un certain niveau. La précarité économique est le principal facteur encourageant les personnes à s'implanter dans de telles zones. Les zones marécageuses dans le bassin sont indiquées par la photo 6.



Photo 6 : Construction en zone marécageuse à Beedi.

Source : Bakoto, 15/06/2021.

On note les maisons à risque (A), les sacs de terres et les roues mis pour le passage(B), le marécage(C).

La photo montre un cadre de vie épouvantable. Il y a de l'eau partout. Les riverains n'ont nul autre choix que de se frayer des chemins à l'aide des moyens de fortune notamment les roues, les sacs et même des feuilles de palmiers. Le sol est tellement gorgé d'eau que celle-ci ne parvient plus à s'infiltrer.

2.3 L'influence du Wouri et des marées sur les inondations

Le fonctionnement du Wouri nous permet de comprendre les effets sur les inondations dans le bassin de Makèpè Missokè. Le 21 Août 2020 une précipitation de 187 mm a été enregistrée en une seule journée, ce qui a causé un débordement des eaux du Wouri. Etant donné que les eaux du bassin de Tongo bassa se déversent dans le Wouri, un niveau trop élevé de celui-ci a entraîné une réduction de la vitesse des eaux du Tongo Bassa à s'évacuer. Du coup elles se sont accumulées et le bassin de Tongo Bassa s'est trouvé inondé.

Selon les études menées par Ndongo et al (2015), le temps moyen de remontée de la marée (séparant la pleine mer de la basse mer) est de 06 heures, ce qui correspond à une heure marée pour un marnage maximal de 2,86 m. Le débit de marée de pointe est estimé à

trois (03) fois le produit de la vitesse de l'onde marée par sa largeur au niveau de son embouchure. L'onde marée en haute mer se propage avec une vitesse de 205,8 m³.s⁻¹, qui est réduite à 102,9 m³.s⁻¹ au niveau de l'estuaire du Wouri ; ce qui induit, au maximum, la remontée de 222,8 km³ d'eau sur le Wouri, chaque jour.

Cette remontée d'eau a un impact sur les drains primaires connectés à l'embouchure sur une distance de plusieurs kilomètres. La fluctuation de la marée dans l'estuaire du Wouri, fait varier les débits dans les drains qui y sont connectés (généralement leurs exutoires) par la génération de remous et l'élévation du plan d'eau. Cette élévation du plan d'eau, à son tour, induit un écoulement de drainage négatif ; l'eau coule du fleuve vers le continent. Ainsi, le débit entrant dans le drain étudié varie de 0,017 m³/s (à 14h45, après la mi-marée) à 0,032 m³/s (à 17h45, avant la marée haute).

Il en découle dès lors que le débit maximum d'eau impulsé dans ce drain par la marée est supérieur à 0,032 m³/s et son débit en marée basse, est au plus égale à 0,017 m³.s⁻¹. Ceci traduit la difficulté de l'écoulement par drainage du continent vers le fleuve à marée haute. Cet écoulement inverse a pour conséquence la réduction de la vitesse d'écoulement dans le drain de l'ordre de 16% et l'augmentation de la surface mouillée de 30%.

Les précipitations génèrent des écoulements sur le continent indépendamment de la marée, ce qui cause une concentration des volumes d'eau ruisselés sur le continent, et donc des volumes d'eau importants dans les réseaux, qui causent des inondations localisées, très récurrentes dans le bassin de Tongo Bassa. Cette situation est amplifiée par la réduction de la section vivante des drains du fait de l'accumulation des sédiments et des déchets domestiques dans ceux-ci. Ces inondations localisées présentent d'après la perception des populations des ampleurs et des fréquences élevées. Ainsi, les débordements de réseau sont constatés en moyenne cinq (03) fois par an dans certains quartiers (Beedi, Malangue, Cite des palmiers), avec une propagation des crues sur des distances pouvant excéder 100 m par rapport à la position des canaux ; les lames d'eau ruisselées variant de 5 à 50 cm.

CONCLUSION

La pluviométrie est très importante pour les inondations. Notre hypothèse de départ pour ce chapitre était que la variabilité climatique et l'occupation de l'espace par l'homme sont des facteurs aggravant des inondations.

Pour ce faire, nous avons étudié la variabilité pluviométrique à l'échelle interannuelle, des pintades et des décennies. Nous avons aussi étudié les données d'urbanisation de la CUD et des recherches parallèles sur internet pour avoir une idée claire sur l'urbanisations dans le bassin et vérifier s'il y avait une influence de celle-ci sur les inondations. Avec la précipitation, l'évapotranspiration et le taux d'infiltration selon la mode d'occupation du sol connus nous avons pu nous pencher sur le bilan de l'eau. Grâce à cela nous avons fait une modélisation mathématique qui permettra d'anticiper les inondations avec une prévision météorologique.

Nous pouvons donc dire que malgré que la tendance pluviométrique est à une légère baisse, les précipitations restent toujours élevées et favorise les inondations. Comme nous l'avons vu au mois d'Août il pleut abondamment et presque tous les jours. Les des mois d'Aout, Septembre et Octobre on des bilans hydrologiques excédentaires. Les sols se saturent en eau et occasionnent les inondations dans les zones inondables.

Les bilans hydrologiques calculés nous ont permis de comprendre pourquoi les inondations se produisent à certaines périodes de l'année. En effet les variations de stock d'eau au niveau du sol influent grandement sur les inondations car, une fois saturés les sols ne peuvent plus absorber de l'eau. Avec l'étude des bilans mensuels de 2019 et 2020. Nous avons remarqué que les bilans de l'eau du sol ont tendance à augmenter d'une année à l'autre, entraînant une saturation plus rapide du sol pour les années suivantes ainsi qu'un risque plus élevé d'avoir des inondations. Il est donc important à présent de nous intéresser aux impacts de ces inondations sur les populations. Nous avons également calculé l'évapotranspiration de chaque mois en utilisant les températures. La manière donc l'homme occupe l'espace joue aussi un rôle important dans les inondations. L'urbanisation dans le bassin de Tongo bassa tout comme dans la ville de Douala en générale subi une urbanisation très rapide entraînant une modification des modes d'occupations du sol. L'imperméabilisation des surfaces, la diminution des espaces verts sont des effets de ce dernier ajouté à cela l'obstruction des canaux d'évacuation, l'implantation en zone inondables. Tout ceci nous permet de dire que l'hypothèse de la recherche a été vérifiée.

CHAPITRE 3 : IMPACT DES INONDATIONS SUR LES POPULATIONS RIVERAINES

Introduction

Les inondations dans le bassin de Tongo bassa ne passent jamais inaperçues. A chaque passage, les populations en payent le prix fort. Quels sont ses impacts ? Tel était notre question de départ et l'hypothèse : les inondations causent des morts, des noyades, des épidémies et des sans-abris. Ce chapitre va permettre de vérifier cette hypothèse en présentant les impacts des inondations sur les plans économique, social et environnemental. Nous visiterons aussi les éléments de la vulnérabilité. Pour réaliser ce chapitre, nous avons utilisé principalement les données issues de l'enquête ménage, mais aussi celles fournies par la CUD. Dans notre analyse, nous avons identifié les éléments de vulnérabilité notamment économique, sociale et environnementale et aussi la perception du risque d'inondation pour déceler les points faibles de cette population, des éléments essentiels pour proposer des solutions.

3.1 Perception du risque d'inondation par les populations du bassin de Tongo Bassa.

La perception fait référence à l'idée que se font les populations vivant les inondations. Les personnes enquêtées étaient les personnes vivant en zones inondables. Nous avons constaté que 76% de ces personnes ont répondu y être installées depuis plus de 5 ans. Ceci implique que ces personnes ont eu le temps de bien observer le phénomène d'inondation et ses effets. 84% des personnes interrogées ont répondu que les inondations constituent la principale menace de leur lieu d'habitation. 67% des personnes ont déclaré être conscientes qu'elles étaient sur des zones susceptibles d'être inondées. Ils savent donc pertinemment qu'un jour ou l'autre les inondations se produiront.

La majeure partie des personnes interrogées savent que la forte intensité des pluies cause les inondations. Ce qui n'est pas étonnant étant donné que les populations ont eu le temps d'observer les phénomènes liés aux inondations. Les populations savent aussi à quel mois les inondations sont susceptibles de se produire. 100% des personnes ont répondu en

juillet ou en Août, avec une dominance pour le mois d'Aout. 80% des personnes ont répondu être conscients qu'ils violent les lois régissant les constructions en s'installant sur des sites impropres à la construction.

71% des personnes ont déclaré avoir des activités génératrices de revenus sur leur domaine en dehors de leurs propres lieux d'habitations. Chaque propriétaire a en moyenne 2 bâtis généralement utilisées pour la location. 20% se trouve à proximité de cours d'eau. 14% des bâtiments sont affectés pendant plusieurs jours. 30% sont complètement engloutis par les eaux. Le coût moyen de pertes financières est de 536000 FCFA. Les enjeux majeurs exposés aux inondations sont les bâtiments. Les semeurs changent leur calendrier de semi pour pallier aux inondations. 29% des populations ne sont pas inquiétées par les inondations. Les comités de développement ne sont pas très connus. C'est pourquoi les inondations ne sont pas prises en charge.

59% considèrent que le changement climatique influence l'augmentation des pluies dans le bassin. 32% répondent que les obstacles qui bouchent les canaux d'évacuation empêchant l'eau de circuler causent les inondations. 34% prévoient rester sur place malgré les précipitations qui risquent augmenter dans l'avenir.

67% des personnes pensent que le risque d'inondation va augmenter dans l'avenir. Les populations attendent beaucoup des pouvoirs publics pour pallier aux inondations. Selon la population la sensibilisation est insuffisante et le manque de synchronisation entre les différentes mesures de protection est une des causes de la non efficacité des mesures de lutte contre les inondations.

3.2 Analyse de la vulnérabilité

S'inspirant des travaux de Balica (2012), nous avons étudié les éléments de vulnérabilité des populations face aux inondations dans le bassin de Tongo bassa. Cette analyse aborde successivement la vulnérabilité sur les plans physique, économique, social et environnemental. Nous avons en exergue les indicateurs de composantes de vulnérabilité en faisant le rapport des facteurs d'exposition et de susceptibilité sur les facteurs de résilience face aux inondations. La formule est :

$$IVI = \frac{\text{Exposition} * \text{Vulnérabilité}}{\text{résilience}}$$

En application, pour chaque sous-indice nous avons obtenus :

FVs (Facteur de vulnérabilité social) = 3.2

FVec (Facteur de vulnérabilité économique) = 2.47

FVph (Facteur de Vulnérabilité Physique) =6.77

FVen (Facteur de vulnérabilité environnemental) =2.04

La standardisation de ces indices nous permet d'obtenir les valeurs suivantes pour les indicateurs de vulnérabilité :

Indice sociale=0.47

Indice économique=0.36

Indice physique=1

Indice environnemental=0.301

Il en ressort que la composante physique du bassin du bassin de Tongo Bassa est très vulnérable avec un indice 1. La composante sociale est aussi vulnérable avec un indice de 0.47. S'en suit la vulnérabilité économique et la vulnérabilité environnementale qui ont respectivement des indices de 0.36 et 0.301. La moyenne des indices de ces sous indicateurs de vulnérabilité nous donne un indice de vulnérabilité moyen du bassin de Tongo Bassa qui est de 0.533. Plus la valeur est proche de 1 plus le bassin est vulnérable et plus la valeur est proche de 0 moins le bassin est vulnérable. Nous pouvons donc dire qu'avec un indice de vulnérabilité de 0.533, le bassin de Tongo Bassa présente une vulnérabilité moyenne aux inondations. Nous analysons à présent Ces indicateurs de vulnérabilité.

3.2.1 Vulnérabilité physique du bassin de Tongo Bassa

La vulnérabilité physique concerne le bâti qu'il soit à usage public ou individuel. Le bassin de Tongo Bassa présente un contraste au niveau de ses constructions avec des bâtiments en matériaux définitifs, des habitations en matériaux définitifs qui sont capables de supporter le passage des inondations et des habitations en matériaux provisoires notamment les planches qui se dégradent au fil des passages répétés des inondations. Ces habitations en matériaux provisoires illustrées par la photo 7 sont vulnérables aux inondations.



Photo 7 : les maisons construites en matériaux provisoires à Makèpè Missokè

Source : <https://biocamer.wordpress.com/2015/07/22/makepe-missoke-la-vie-apres-les-casses/>

On note *A* : les maisons construites en planches, *B* : Les maisons construites en tôles.

Certaines parties du bassin de Tongo Bassa étant impropres à la construction ont subi des déguerpissements et des casses de maisons notamment à Makèpè Missokè. Certaines personnes dont les maisons ont été détruites et qui n'avaient plus assez de moyen pour se reloger ailleurs se sont trouvées obligées de rester dans la zone et parfois dans des conditions plus précaires qu'avant comme le montre la photo 8.



Photo 8 : Précarité des conditions de vie après les casses du 14 Juillet 2015 à Makèpè.

Sources : <https://biocamer.wordpress.com/2015/07/22/makepe-missoke-la-vie-apres-les-casses/>

On note *A* : une personne, *B* : une toiture en bois, *C* : les riverains qui essayent de collecter le plus de matériel possible et *D* : Absence de mur, logement complètement exposés aux inondations.

Comme le montre la photo, le logement est constitué d'un lit et d'une toiture. Cette personne est exposée à tous les dangers environnementaux y compris les inondations et n'a aucun moyen de s'en protéger.

Certaines zones sont constituées de bâtiments en matériaux provisoires, très peu résistants, fortement vulnérables aux événements climatiques extrêmes. Cette situation se justifie sans doute par le caractère naturellement vulnérable de ce territoire dont l'aménagement durable nécessite de lourds investissements. Le bassin dispose d'infrastructures de drainage qui permettent d'évacuer une certaine quantité d'eaux de pluie ce qui diminue sa vulnérabilité aux inondations. Néanmoins ces infrastructures sont insuffisantes aussi bien en quantité qu'en qualité d'où la nécessité d'effectuer des travaux supplémentaires.

3.2.2 Vulnérabilité économique du bassin de Tongo Bassa.

3.2.2.1 Le bassin de Tongo Bassa : un territoire économiquement vulnérable

La vulnérabilité économique concerne les revenus des ménages, leurs dépenses et leur niveau de consommation. Dans certaines parties du bassin de Tongo Bassa, les ménages vivent essentiellement d'autoconsommation et d'économie informelle. En dépit de ce faible niveau de revenu, les populations sont encore obligées de :

- Reconstruire les maisons (fragilisées et détruites par les inondations, dont le coût est exorbitant (une maison en matériaux provisoires sur pilotis coûterait plus de 150.000 francs et une maison en carabotte coûte en moyenne 1.000.000 de francs au Cameroun) ;
- Perdre des heures de travail, notamment les transporteurs. Par exemple, un moto taximan en un déplacement à moto reçoit en moyenne 250 francs. Les inondations en paralysant la circulation et en créant généralement des bouchons interminables l'empêchent de mener à bien ses activités.
- Dépenser beaucoup d'argent pour se faire soigner du paludisme, de la typhoïde et d'autres maladies. Un traitement du paludisme en phase de commencement se situe à un coût d'environ 2.000 frs. La phase intermédiaire coûte à peu près 4.500 frs et

le stade très avancé 15.000 frs. Il apparaît donc clair que les risques naturels (inondations, érosions côtière, vents violents) constituent de véritables facteurs d'amplification de la vulnérabilité de ces populations.

3.2.2.2 Pauvreté et vulnérabilité des populations de Tongo Bassa

Selon Buisson (2012), « la vulnérabilité peut également être comprise comme la probabilité qu'un ménage tombe sous une ligne de pauvreté dans le futur s'il est actuellement au-dessus de cette ligne, ou qu'il reste sous cette ligne s'il est en-deçà ». La principale activité génératrice de revenu étant en baisse à Tongo Bassa après une inondation, la pauvreté matérielle devient récurrente. Cette situation se traduit par la baisse du revenu et l'incapacité des ménages à satisfaire leurs besoins vitaux.

3.2.2.3 Vulnérabilité des activités économiques dans le bassin de Tongo Bassa

La principale activité économique étant les petits commerces, elle présente une forte vulnérabilité qui se traduit par le manque d'assurances, de faibles moyens pour la reconstruction après le passage des eaux. Il s'agit du commerce de vêtements, de tubercules, de viande. Ces activités sont considérablement influencées par les phénomènes naturels in situ. Les pluies accompagnées de vents violents entravent l'exposition des produits, les inondations entament la résistance des hangars. Ces activités nécessitent des clients réguliers car elles fonctionnent au jour le jour. Malgré cette situation, elle polarise à elles seules plus de 21% des actifs du bassin de Tongo Bassa comme le montre la figure 32.

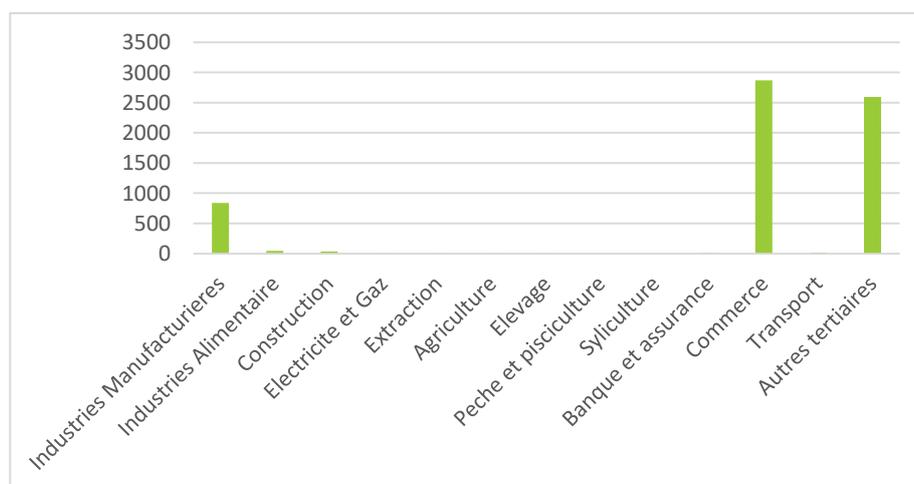


Figure 32 : Proportion d'activités économiques dans le bassin de Tongo Bassa

Source: Bakoto Landry après enquête de terrain. Juin 2021.

De même, pour ce qui est des industries manufacturières, la dynamique des inondations a considérablement ralenti leur secteur d'activité en période de forte pluie. « L'accès et le contrôle des ressources » étant un indicateur efficace de mesure de la vulnérabilité (Wongbusarakum & Loper, opp. cit), il apparaît clairement que les populations du bassin de Tongo Bassa sont vulnérables.

3.2.2.4. Vulnérabilité des sources d'énergie utilisées dans le bassin de Tongo Bassa

Plusieurs sources d'énergie sont utilisées dans le bassin de Tongo Bassa. On cite entre autres le bois, le pétrole, le gaz, l'énergie thermique, l'essence, la bougie, le charbon... Pour ce qui est de l'énergie thermique, les principales sources d'énergie sont l'énergie électrique et le gaz. Les populations les moins nantis utilisent les lampes à pétrole, les bougies et les torches pour s'éclairer comme le montre la figure 33.

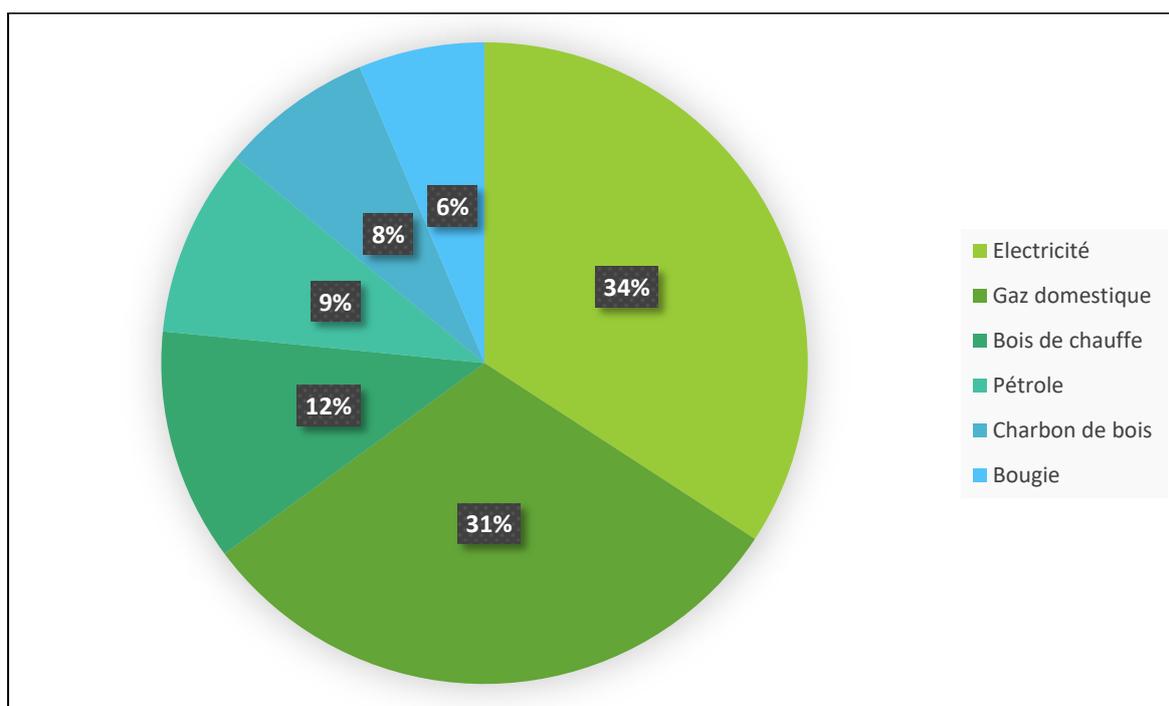


Figure 33 : Répartition des sources d'énergies par les populations de Tongo Bassa.

Source : Bakoto Landry après enquête de terrain. Juin 2021.

L'électricité et le gaz domestique sont très répandus au sein de la population. La répartition des sources d'énergie utilisée montre que les populations auraient moins de mal à se relever et à mener à bien leurs activités après une catastrophe comme les inondations si les sources d'énergie les plus utilisées étaient moins affectées par les inondations.

3.2.3 Vulnérabilité sociale du bassin de Tongo Bassa

En analysant les indicateurs utilisés pour le calcul de cette composante de la vulnérabilité, on constate que la taille de population est de 1.428.345 personnes dont 689.141 vivent en zone inondable avec une croissance démographique de 7.70 % selon le RGPH 2005 et les estimations de 2015. Il est à remarquer également que la densité démographique est très élevée soit 6.802 personnes par Km². Cette très forte concentration a entraîné une occupation anarchique des espaces urbains y compris des zones à risque et impropre à la construction ainsi qu'une forte urbanisation d'un taux d'environ 6.4% (CUD).

La croissance démographique dans le bassin de Tongo bassa est très rapide. La ville de Douala en générale est en pleine croissance démographique avec la majeure partie des nouveaux arrivants qui sont des ruraux et qui n'ayant pas assez de moyens s'installent dans les bas-fonds qui sont des zones à risque d'inondations. Cette dynamique démographique augmente le nombre de personnes qui sont exposées aux inondations.

L'IDH est d'environ de 0.681. Cette valeur a été estimée à partir de la valeur moyenne de L'IDH pour le Littoral. La valeur obtenue est supérieure à la moyenne nationale qui est de 0.563. En se focalisant sur les données de l'enquête ménage et du gouvernement, nous constatons que dans le bassin de Tongo Bassa les inondations affectent 23.267 maisons sur un total de 31.632 ce qui nous donne un pourcentage de 73.55%. En supposant que la population est également répartie dans les maisons, on peut estimer que le nombre de personnes exposées aux inondations est de 1.042.691 personnes.

Les sensibilisations effectuées dans la zone n'ont pas touché un grand nombre de personnes. Les relais communautaires et certaines ONG telles que la Croix Rouge ont sensibilisé la population sur les risques des inondations mais cela n'a pas eu les retombées espérées. Dans le bassin, il y a 24 structures sanitaires qui avec un personnel d'environ 390 personnes qui servent la population en cas d'urgence.

L'analyse de la vulnérabilité sociale d'un territoire littoral comme Tongo Bassa renvoie avant tout à l'examen des déterminants politiques, socio-économiques, culturels et institutionnels. Elle se mesure avec des indicateurs du type : éducation, revenus, pauvreté et autres données comme le capital social, la diversification des moyens d'existence, le cadre

foncier, etc. Les données socio-économiques fournissent des clés d'interprétation et viennent compléter l'analyse de la vulnérabilité.

À Tongo Bassa, la multiplication des plans d'eau favorable à la prolifération des agents vecteurs de certaines maladies entraîne une recrudescence des affections épidémiologiques telles que le paludisme, la typhoïde, le choléra, la diarrhée... L'OMS a d'ailleurs en 2008 situé le Cameroun parmi les pays à haut risque suite à la poussée épidémiologique du choléra qui a sévit dans la région du Littoral et du Nord. À cela se double l'attitude « *lente et passive* » des organismes étatiques en charge de la gestion des risques au Cameroun (Direction de la Protection civile, Observatoire National des Risques, Observatoire National des Changements Climatiques...).

Bon nombre d'habitant se trouve très près de cours d'eau. Ce sont des zones sujettes aux expansions de crues et la proximité des maisons réduit le temps de réaction en cas d'inondations car les eaux atteignent les maisons en très peu de temps.

Le seuil de pauvreté est aussi important pour analyser la vulnérabilité sociale. C'est la somme d'argent minimale pour survivre. Plus le nombre de personne vivant sous ce seuil de pauvreté est important, plus la population est vulnérable car son accès au service de santé et d'urgence reste difficile.

Bon nombre des latrines du bassin de Tongo Bassa sont non aménagés, raison pour laquelle les abords des cours d'eau sont utilisés comme décharge. Suite à une inondation ou une marée haute, ce sont ces eaux souillées qui remontent et envahissent les maisons. Par ailleurs, l'élévation du niveau de la mer affecte aussi les ressources en eau potable déjà insuffisantes. En outre, le problème fondamental de santé publique est la détérioration de la salubrité qui engendre les risques de maladies. En dehors de ces maladies liées à l'environnement, il existe d'autres maladies existentielles comme le rhumatisme, l'enflure des pieds (figure 34).

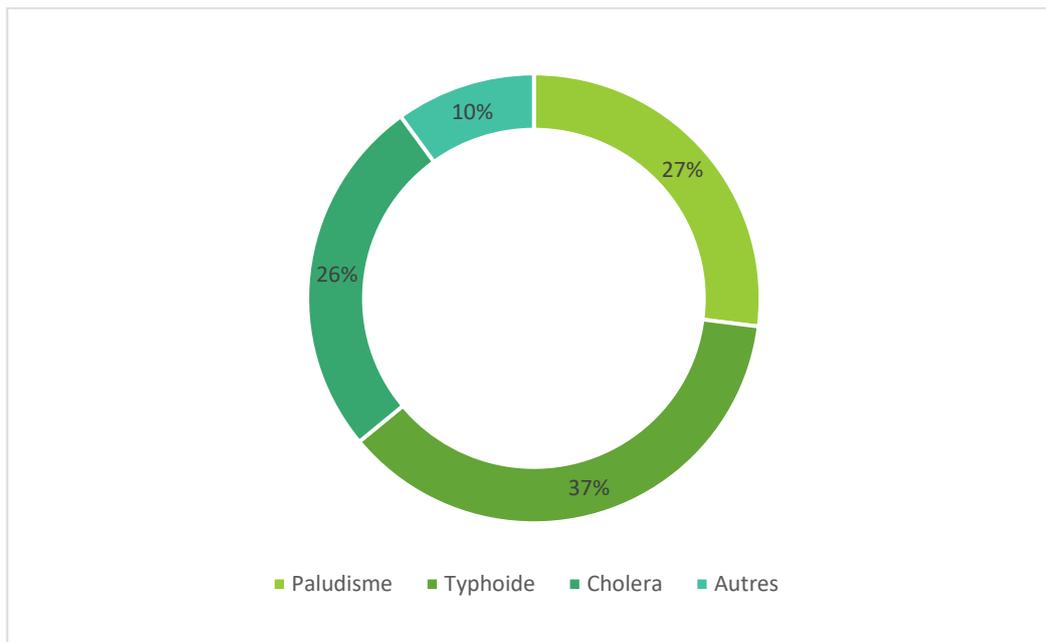


Figure 34 : Maladies affectant les populations. (Source : enquêtes de terrain)

Source: Bakoto Landry après enquête de terrain. Juin 2021.

Un des facteurs les plus importants qui détermine la capacité d'adaptation des personnes, des ménages et des communautés est leur accès et leur contrôle des ressources naturelles, humaines, sociales, physiques et financières. Le niveau d'accès aux ressources et leur contrôle pour ce qui est des hommes est de 75%, celui des femmes est de 15%, celui des enfants est de 7% et celui des vieillards est de 3%.

Dans certaines parties du bassin de Tongo Bassa, les moyens pour répondre aux besoins sont loin d'être un acquis au regard des réalités sur le terrain et de la réaction de la population à travers le questionnaire et l'entretien. Interrogés sur leurs revenus, les populations se sont montrées très réticentes. Mais après avoir côtoyé assidûment quelques familles, les informations collectées montrent que plus de 40% de la population ont du mal à couvrir les dépenses importantes de leurs ménages.

L'enquête ménage nous a permis de comprendre que les populations ne sont pas surprises par les inondations. En effet, 98% des personnes interrogées ont pu donner une période précise d'occurrence des inondations. Ces personnes ont toutes répondu Août et septembre, période incluse dans la haute saison de pluie. Les populations connaissant bien la période des inondations se préparent selon leurs moyens. A Malangue par exemple, on a pu

voir des personnes empiler les sacs de sable les uns sur les autres pour servir de rempart, des levées et des fondations hautes. En plus de cela, nous avons observé des curages d'une rivière pour faciliter l'évacuation des eaux en saison pluvieuse.

Les inondations en général ne durent pas plus de 2 heures. Cependant après leur passage, il n'est pas possible dans l'immédiat de continuer à habiter dans les maisons qui ont été touchées : Les meubles qui ont été mouillés doivent être lavés et séchés pendant plusieurs jours, la maison doit être nettoyée.

Le facteur administratif de la vulnérabilité tient compte des capacités des pouvoirs publics à alerter la population à temps, la capacité de les protéger avant les inondations et la capacité de prendre soins d'eux après les inondations. Les populations savent bien que le risque d'inondation est bien réel dans certaines zones qu'elles occupent. De nombreuses actions sont entreprises par les pouvoirs publics afin de protéger la population contre le risque d'inondation se sont par exemple : la sensibilisation sur le risque d'inondation, le marquage et la démolition de certaines constructions. Cependant, les habitations continuent de sortir de terre dans la même zone. Après les inondations d'août 2020, des aides avaient été promises aux populations sinistrées. Les populations enquêtées ont dit lors de l'enquête qu'elles ont placé beaucoup d'espoir dans ces aides du gouvernement mais que celles-ci ne sont jamais parvenu jusqu'à elles. La photo 9 montre une installation vouée à la destruction..



Photo 9 : Une maison en zone inondable vouée à la destruction. A Makèpè Missokè.

Source : Bakoto Landry, Makèpè Missokè le 15/06/2021.

Plus de 40% du réseau routier est bitumé ce qui facilite l'évacuation des personnes en cas de catastrophe. Avec une mortalité infantile d'environ 103 pour mille et un taux de

prévalence des personnes vivant avec un handicap d'environ 5.4% et 548.910 personnes environs qui ont déjà subi les inondations et qui sont prêtes à y faire face, la vulnérabilité sociale du bassin n'est pas très élevée. En effet en intégrant toutes les sous composantes de la vulnérabilité sociale, nous obtenons un indice de vulnérabilité social de 0.15.

3.2.3 La vulnérabilité des composantes environnementales du bassin de Tongo Bassa

Elle concerne majoritairement l'analyse des dommages sur la végétation, les cultures, les sols, l'eau, l'air et la faune qui peuvent être provoqués par les risques naturels. Ces approches restent pour l'essentiel qualitatives avec une simple description de dommages. L'analyse que nous avons fait dans le chapitre deux nous a montré que l'espace bâti et la voirie occupe la majeure partie du bassin de Tongo Bassa. Ce sont des éléments qui diminuent le taux d'infiltration des eaux et augmente la probabilité d'occurrences des inondations. Ce qui augmente la vulnérabilité.

Dans un contexte marqué par les inondations, les écosystèmes aquatiques apparaissent comme fragilisés. La pollution des cours d'eau par des latrines vidangées aux passages des eaux est une menace qui pèse sur ce milieu. Cette vidange des latrines dans des eaux de ruissèlement a des répercussions sur les espèces halieutiques. Dans les cours d'eau du bassin de Tongo Bassa, il y a très peu de créatures vivantes qui s'y trouvent. Les écosystèmes peinent donc à se développer et ne parviennent pas à atteindre leur équilibre naturel.

Le bassin de Tongo Bassa a une précipitation élevée d'environ 3700 mm par an quasiment étendu sur toute l'année. L'association de cette forte pluviométrie à une faible pente, une faible dénivellation, un sol sableux (un sol qui se sature au courant de l'année), des inondations qui ne durent pas, mais fréquentes (3 fois par ans en moyenne) et régulière (elles se produisent quasiment tous les ans). Tous ceux-ci augmentent la vulnérabilité des populations aux inondations.

Les inondations ne se manifestent pas avec une gravité uniforme sur l'ensemble du bassin versant. Certaines zones subissent des hauteurs d'eau plus importante que d'autres. C'est ainsi qu'on a des zones où les inondations montent d'une vingtaine de centimètres et à d'autre elle peut monter jusqu' à deux mètres de haut. La perception du danger dépend donc de la zone.

De façon générale, les populations des zones à risque du Bassin de Tongo Bassa sont habituées aux inondations si bien que beaucoup ne font pas grand-chose pour s'en protéger. Pour elles, les inondations sont une fatalité inévitable.

3.3 Impacts des inondations

3.3.1 Impacts économiques

3.3.1.1 Perturbation du commerce

Le bassin de Tongo Bassa compte 66 principaux établissements de commerce (marchés, boulangeries, supermarchés etc. les simples boutiques ne sont pas incluses). Parmi ces 66 établissements, 19 sont exposés aux inondations ce qui donne un taux de 29%. Certaines marchandises sont perdues lors des inondations occasionnant des pertes immenses et des difficultés pour les ménages.

La majeure partie de ces commerces (63%) se trouvent dans la partie nord-ouest du bassin qui correspond à l'exutoire du bassin versant. Ces commerces ne peuvent pas recevoir de clients durant toute la période des inondations et même quelques temps après. La figure 35 illustre la distribution des commerces, des écoles et des centres de santé.

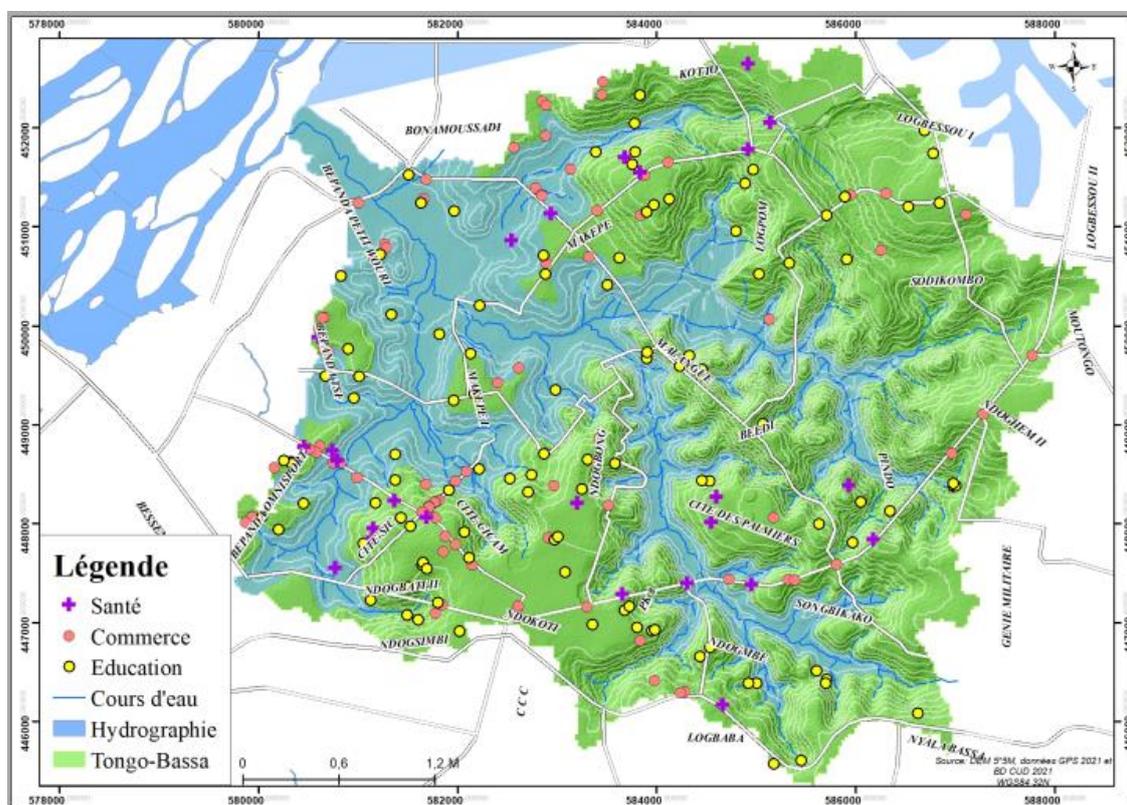


Figure 35 : Localisation des structures de santé, des commerces et des centres éducatifs à risque d'inondation.

Source: Bakoto Landry assisté par Nguimfack Stanis, DEM 5.5m , données GPS 2021 et BD CUD

3.3.1.2 Perturbation du transport

Parmi les tronçons du réseau de transport du bassin de Tongo Bassa, 11 sont affectés par les inondations. La longueur cumulée du réseau routier couvert par les eaux lors des inondations est de 8.91 km. Notre enquête sur le terrain a permis de comprendre que la durée de submersion allait de 1-2 heures de temps. Nous avons étudié le trafic sur un tronçon régulièrement inondable. Nous avons choisi le tronçon de part et d'autre du pont sur le Ngongue. Nous avons étudié le nombre de véhicules qui circulent sur ce tronçon pour un intervalle de temps d'une minute. Nous avons obtenu un résultat de 187 véhicules par minute. En tenant compte du fait que lors d'un épisode de pluie moins de véhicules circulent. Nous estimons que 70 véhicules par minute traversent ce tronçon. Alors 4200 véhicules bloqués par heure et donc 8400 véhicules si les inondations se prolongent pendant 2 heures. Si on suppose que le trafic est semblable pour les autres 10 tronçons, on aura 92.400 véhicules bloqués dans le trafic.

Cette perturbation du transport se voit aussi sur le fait que les acteurs qui font du transport leur gagne-pain en majorité les moto taximen voient leurs recettes baisser de manière drastique. Un moto taximan gagne en moyenne 2.000 frs par heure, donc une perturbation de 2 heures en journées entraîne une perte d'environ 4.000 frs par moto taximan.

3.3.2 Impacts sociaux

3.3.2.1 Destruction de l'habitat

Le bassin de Tongo Bassa compte 33.467 maisons à risque d'inondation dont 23.265 sont exposées à un risque élevé et 10.302 maisons exposées à un risque moyen. La localisation de ces maisons à risque d'inondation est illustrée par la figure 36.

La partie ouest du bassin a la plus grande concentration de maisons à risque d'inondation. Cette partie s'étend de Bépanda Petit Wouri vers l'exutoire et progresse en direction du sud vers Ndogbati. 69% des maisons à risque sont exposées à un risque très élevé d'inondation. La photo 10 nous donne une idée de la hauteur des eaux lors des inondations.

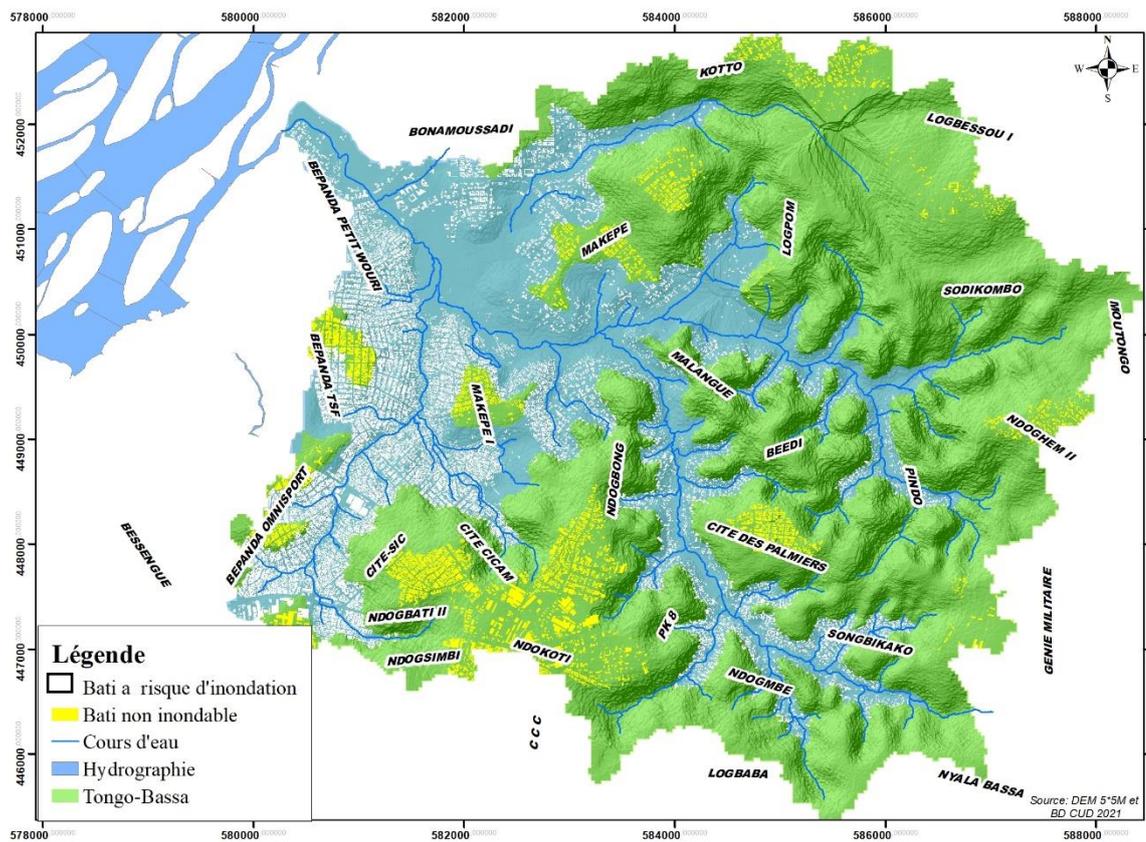


Figure 36 : Localisation des maisons à risque d’inondation.

Source: Bakoto Landry assisté par Nguimfack Stanis, DEM 5.5m , donnees GPS 2021 et BD CUD

Tableau 18 :Répartition des ménages à risque d'inondation selon les quartiers :

Zone	Ménages	Ménages à risque
BEEDI	12188	500
BEPANDA OMNISPORT	6148	1562
BEPANDA PETIT WOURI	2604	2600
BEPANDA TSF	7823	4532
BEPANDA TSF CACAO-BARRY	5098	3254
BEPANDA VOIRIE	3495	2017
BEPANDA YONYONG	2338	1895
BONAMOISSADI CITE	4657	1549
BONAMOISSADI VILLAGE	5297	348
CACAO-BARRY	3741	432
CITÉ DES PALMIERS	61	14
CITÉ-SIC BASSA	937	200
DIKAHE (PK 10)	2987	400
EMENE CITY (PK 12)	1475	567
GENTIL	1027	268
JOURDAIN	787	300
LOGPOM	1226	500
MAKEPE ANCIENNE DECHARGE	4087	1348
MAKEPE CITE	1902	751
MAKEPE II ET III OU VILLAGE	2678	1766
MAKEPE MATURITE	2292	1985
MAKEPE MISSOKE	2481	1800
MAKEPE PETIT PAYS	3338	1759
MAKEPE TERMINUS	6494	2047
MAKEPE ZONE DE RECASEMENT	2043	23
MALANGUE	528	200
MANIKE PK 11	2290	214
NDOGBATI I	517	175
NDOGBATI II	1092	369
NDOGBONG	1791	410
NDOGHEM	841	51
NGUERECK PK 12	3539	56
P.K 15 BOMKUL	98	53
P.K 8 KONDI	771	215
SOBIKAGO I	1083	754
SODIKOMBO PK 13	21	2
U.I.T ET ENSET	1926	1753
NDOGSIMBI	1630	10
LOGBESSOU	10	2
TOTAL	213341	33467



Photo 10 : La hauteur des inondations affectant une maison à Bonamoussadi.

Source : Bakoto, le 16/06/2021 à Bonamoussadi

On note : les murs qui sont Sali et affectes par l'humidité dû au fait que l'eau monte jusqu'au point A. on remarque aussi que les parties en dessus et en dessous du point A n'ont pas la même couleur du aux eaux qui salissent toute la partie du mur couverte par les eaux.

20% des personnes interrogées ont déclaré que lorsque surviennent les inondations, ils sortent de la maison en attendant que les inondations passent. Cependant la durée d'attente dépend de la durée du phénomène. Selon les personnes interrogées, en général où les inondations ne montent pas très haut elles ne durent que quelques heures. Les populations peuvent donc retourner à leur maison.

Les populations de certaines zones comme celle de Bonamoussadi souffrent d'avantage car les inondations ici atteignent parfois jusqu'à la toiture de certaines maisons. Les débris et la boue transportées et déposées après le passage des eaux dégradent les appareils et les équipements ménagers. Certaines maisons restent donc inhabitables pendant de longues périodes pouvant aller jusqu'à une semaine. Il s'en suit par ailleurs une longue période de nettoyage en attendant la prochaine inondation.

3.3.2.2 Perturbation de l'éducation

Le bassin de Tongo Bassa possède 115 centres éducatifs. Parmi ceux-ci, on retrouve 91 établissements primaires et 24 établissements secondaires et supérieures. 27% de ces

établissements sont exposés aux inondations⁴. Les écoliers ne peuvent donc pas suivre leur cursus scolaire normalement. Etant donné que les inondations dégradent aussi les structures abritant les salles de classes, les élèves allant dans les écoles touchées par les inondations verront leur cadre éducatif fortement dégradé.

3.3.2.3 Perturbation du système de santé

Le bassin de Tongo Bassa a 24 centres de santé. Parmi ces 24 centres, 5 sont exposés aux inondations⁵, ce qui correspond à 21%. Les centres de santé sont des infrastructures essentielles. L'incapacité de ces centres de santé à fonctionner en période d'inondation augmente la vulnérabilité des populations vivant dans la zone inondable.

Le choléra fait partie des maladies ayant le plus fort incident sur la population avec un taux de 37%. Ceci est dû aux eaux souillées. Après vient le paludisme avec 27% comme le montre la figure 37.

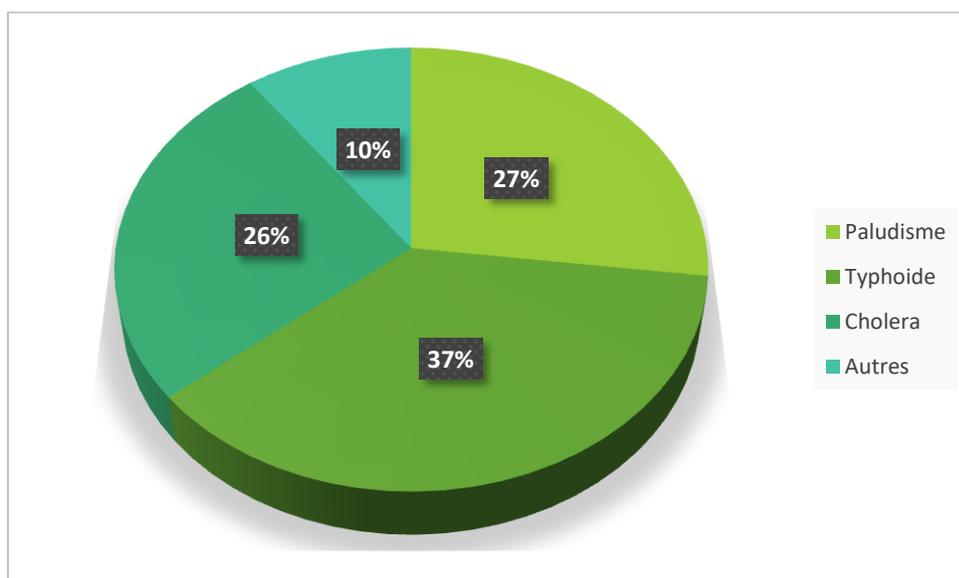


Figure 37 : Récurrence des maladies dans le bassin de Tongo Bassa.

Source: Bakoto Landry, enquête de terrain le 15/06/2021.

La prédominance de ces maladies est dû au fait que les eaux usées des toilettes se trouvent mélanger à l'eau de pluie puis se propagent lorsque se produisent les inondations. Les eaux usées polluent les puits et les rivières. Les populations qui n'ont pas accès à l'eau courante de la CAMWATER ou du forage jettent leur dévolu sur les cours d'eau pour

⁴ Cf. annexe 10

⁵ Cf. annexe 9

s’approvisionner en eaux. Cette prolifération est aussi dû au fait que bon nombre des toilettes sont peu aménagés comme le montre la figure 38.

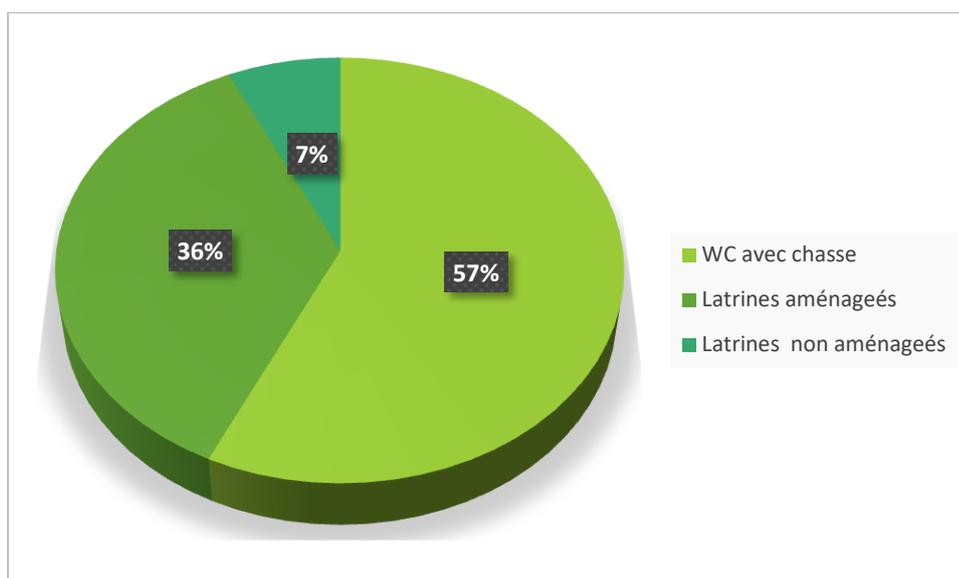


Figure 38 : Répartition des types de toilettes

Source : Bakoto Landry, enquête de terrain le 15/06/2021.

La figure 38 nous montre que 57% des toilettes sont avec des WC équipés de chasse, 36% sont des latrines aménagés et 7% des latrines non aménagés. Ce sont ces dernières qui contaminent les cours d’eau et les puits lors des inondations.

3.3.3 Impacts environnementaux

3.3.3.1 Dégradation des aires récréatives

Les aires récréatives comme les parcs et les stades sont hors d’atteinte des inondations. Elles se situent à une altitude assez importante. Ces aires récréatives ne sont donc pas affectées par les inondations.

Depuis 1990 on remarque que les quartiers comme Makèpè Missokè sont parmi les plus régulièrement touchés par les inondations. le tableau 19 présente l’historique des inondations dans le bassin de Tongo Bassa et leurs impacts .

Tableau 19: Historique des inondations dans le bassin de Tongo Bassa et impacts sur les populations riveraines :

Date	Site	Domages	Source
20-21/06/1996	Makepe-Missoké ; Bepanda ; Ndogbati ;	Circulation difficile	
13-22/08/1998	Douala II	Circulation difficile	
2-3/08/2000	Ndogpassi	02 morts ; personnes sans abri ; traumatisme ; destruction des entreprises ; destructions de deux ponts	DPC Minatd ; CUD
5-6/08/2004	Ndokoti	Circulation difficile	Mutations ; Bonabéri.com
08/07/2008	Makepe Missoke	3 morts	
20/07/2008	Makepe Missoke	Circulation difficile	
05/09/2009	Cité des Palmiers	Circulation difficile dans les quartiers	
22/08/2011	Maképé-Missoké ; Bépanda,	Circulation difficile	Nouvelle expression ; APA ; Camer.be
22/06/2013	Kondi	Circulation difficile	
04/04/2014	Ndogpassi III	Circulation difficile	Cameroun24.net
19-21/06/2015	Maképé-Missoké ; Kotto ; Logpom ; Cité des palmiers ;	Circulation difficile	Mutations ; Afrique Média ; Wikipedia ; Camer-news ; Cameroun-infos.net ; Camer.be, Cameroun24.net
21-24/06/2015	Makepe Sain-Thomas ; Vallée Hopital Général ;	Circulation difficile	Cameroon 237
25/06/2015	Makepe Missoke	Circulation difficile	Travaux de terrain ; CUD
02/07/2015	Maképé-Missoké	Poteaux électriques et habitations emportés CUD	
06/07/2015	Maképé-Missoké	2 morts ; près de 60 millions cfa ; près de 500 familles sans abri	Camerouninfo.net, camer- sport.be
28-29/08/2015	Cité-Sic, Pk 8 ; Axe lourd Ndokotti-Akwa	Circulation difficile	AFRIKMAG
01/11/2015	Sic-Cacao ; BP Cité ;	Circulation difficile	APA
03/04/2016	Makepe Missoke	Circulation difficile	CUD; In la cité
23/05/2016	Ngangue	Circulation difficile	La Nouvelle Expression
21-23/06/2016	Ngangue ; Bonapriso ; Bonamoussadi ; Newtown Aéroport ; Mbanya Sable ; Akwa ; Mboppi	Circulation difficile	La Nouvelle expression ; 237online.com
23-24/06/2016	Makepe Missoke ;	Circulation difficile dans les quartiers ; Les rivières Mbopi et Kondi sortent de leurs lits	Cameroun 24 ; APA
23/07/2016	Maképé-Missoké	Circulation difficile	
30/08/2016	Kondi	Circulation difficile	

27/01/2017	Maképé	Circulation difficile	
19/05/2017	; Kondi ; Bépanda ; Missoké	Circulation coupée à plusieurs altères de la ville	Cameroun-info.net
01/07/2017	Cité des Palmiers	Circulation difficile	Cameroun24.net; Cameroonweb ; Camer.be
1-2/07/2017	Kondi	Circulation difficile	Nouvelle expression
04/07/2017	Makepe Missoké ; PK 8; Ngongué;	Habitations envahies par les eaux	Le Messenger ; APA new; camer-sport.be
4-5/07/2017	Cité des palmiers	Circulation difficile	Le messenger
12/07/2017	Cité de Palmiers ; Missoké ; Bépanda ;	Circulation difficile	Le Messenger
13/07/2017	; Makepe-Missoke	Circulation difficile	APA News
23/08/2017	Cité des palmiers	Circulation difficile	Camer 24
14-16/09/2017	; Bepanda ; Makepe- Missoke ; Bounamoussadi (Sable)	Circulation difficile	CUD ; ActuCameroun.com
14-16/09/2017	Bépanda ;; Kondi ; ; Ndokoti	Circulation difficile	Camerou-info.net
16/09/2017	; Kondi ; Bépanda	Routes coupées ; interruptions des activités	Actu-Cameroun
18/09/2017	PK 8	Circulation difficile	Le Messenger
01/03/2018	Maképé-Missoké	Circulation difficile	Cameroun-info.net
01/03/2018	Saint-Thomas ; Bépanda ; Mabanda ; Maképé	Circulation difficile	Camer.net ; Wikipedia ; Cam er.net
02/03/2018	Cité-Sic, Maképe-Missoké	Toitures emportées ; pluies torridentielles	CUD
03/03/2018	Maképé-Missoké	Circulation difficile	Lebeleparle.com
04/03/2018	Maképé-Missoké; Cité-Sic	Circulation difficile	Cameroun-info.net
12/04/2018	Kotto	Circulation difficile	
02/08/2018	Makepe Missoke ; Bonamoussadi	Circulation difficile	
1-2/04/2018	Maképé-Missoké	Circulation difficile	Cameroon-info.net

CONCLUSION

Les populations s'étant habituées aux inondations ne les considèrent plus comme une calamité. Notre hypothèse de départ était que les inondations gêneraient des sans-abris.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons utilisé les données issues de l'enquête ménage et du recensement. La cartographie nous a aidé à identifier les éléments à risque d'inondation selon leur altitude notamment les écoles les centres de santé, les routes et les

commerces. Nous avons ensuite évalué les impacts suivant trois points de vues : les impacts économiques, les impacts sociaux et les impacts environnementaux.

Nous avons constaté que les cas de morts sont très rares, 27% des écoles, 21% des structures de santé, 74% des maisons, 8.1 km du réseau routier et 29% des commerces sont à risque d'inondations. Les personnes victimes des inondations graves deviennent temporairement des sans-abris. Ceci confirme notre hypothèse de départ. Il est toutes fois important de préciser que les inondations dans le bassin de Tongo Bassa ne vont généralement pas au-delà d'une journée, donc leurs effets se sont ressentir sur une période relativement courte. Les populations elles-mêmes sont un facteur aggravant des inondations. Malgré cela elles essayent tant bien que mal de se protéger et de s'y adapter.

CHAPITRE 4 : STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS DANS LE BASSIN DE TONGO BASSA

Introduction

Les différents modes de gestion qui peuvent être adoptés sont liés à la définition même du risque fréquemment défini comme le produit de deux composantes indépendantes que sont l'aléa et la vulnérabilité (White 1975). C'est à partir de cette définition qu'on peut élaborer une typologie d'outils et modes de gestion des zones inondables en distinguant deux stratégies qui, sans être en opposition se complètent désormais qui ont pour objectifs :

L'une de réduire l'aléa, c'est-à-dire le phénomène physique de d'inondation. L'autre, de réduire les impacts prévisibles des inondations et la vulnérabilité au risque, et de démontrer la capacité de la société à affronter et à surmonter une crise. Nous ferons dans un premier temps un état des lieux des mesures actuelles contre les inondations dans le bassin de Tongo Bassa, nous les évalueront puis nous propose des mesures qui pourraient encore être implémentés.

4.1 Etat des lieux des mesures existantes

Le bassin de Tongo Bassa dispose des structures linéaires (de drainage) et ponctuels de (franchissement) permettant de lutter contre les inondations. Les ouvrages linéaires sont constitués de drains. Le bassin compte 34,397 km de drains repartis en 13 tronçons parmi lesquels 4 sont écurés correspondant à 15,74 km, 7 tronçons ne sont pas écurés correspondant à 11,72 km et 2 tronçons en béton ce qui correspond à 6,87 km. La répartition des ouvrages linéaires est illustrée par la figure 39.

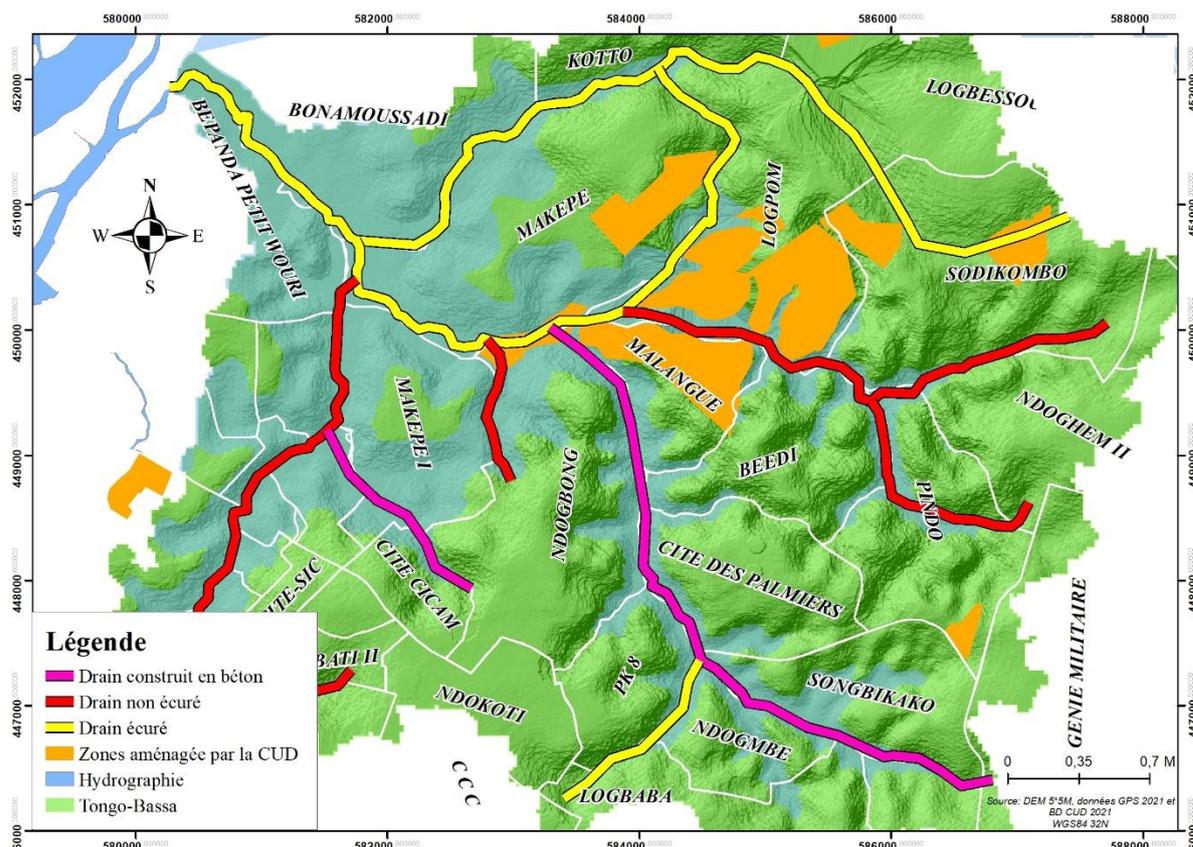


Figure 39 : les ouvrages linéaires anti inondations

Source: Bakoto Landry assisté par Nguimfack Stanis, DEM 5.5m , donnees GPS 2021 et BD CUD .

Comme le montre la figure, les drains sont construits le long des cours d'eau principaux à savoir le Ngongue, le Kondi et le Tongo Bassa, mais aussi le long des cours d'eau qui sont eux aussi de taille importante. Les tronçons de drains écurés se retrouvent dans la partie nord et extrême sud du bassin. Les tronçons de drains non écurés se retrouvent dans la partie sud-ouest et est du bassin. Les drains bétonnés se retrouvent au sud-est. Dû à l'effet du temps, les drains se retrouvent obstrués par les branches, les herbes, les sédiments ou par les déchets abandonnés par les riverains.

Les ouvrages ponctuels sont constitués d'ouvrage de franchissement. Ceux-ci désignent les ouvrages permettant au réseau routier de franchir les drains. La majorité de ces ouvrages sont des dalots. On retrouve aussi des buses dans les sites aménagés par la MAETUR et, elles sont en béton armé de diamètre allant de 600 à 1800 mm⁶. La répartition des ouvrages ponctuels dans le bassin de Tongo Bassa est illustrée par la figure 40.

⁶ Cf. annexe 11.

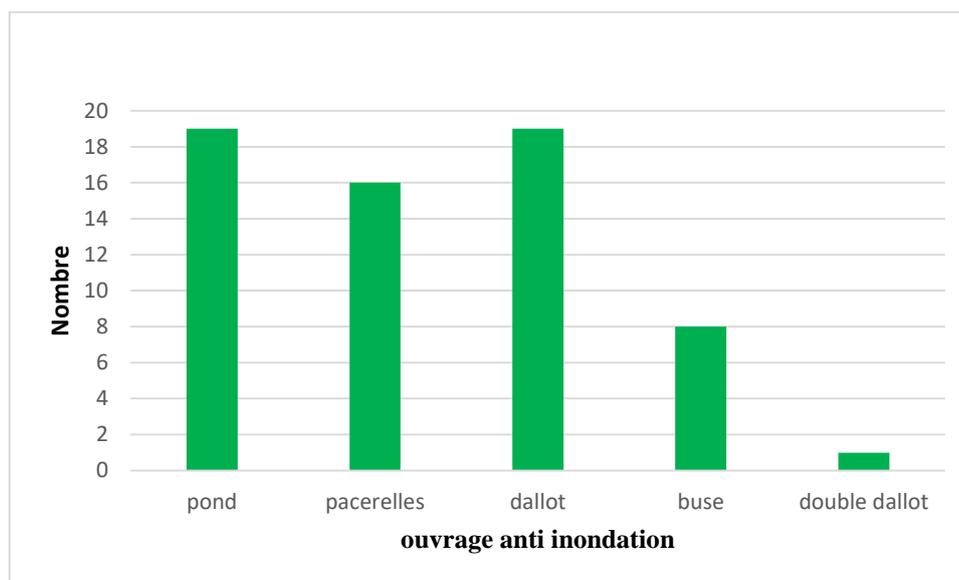


Figure 40 : Répartition des aménagements ponctuels anti crues

Source: Données CUD adaptées par Bakoto Landry.

Comme le montre le graphique il y a plus de ponts et de dalots, suivi des parcelles, des buses et finalement les dalots et les doubles dalots permettant à l'eau de s'évacuer rapidement. Les parcelles et les ponts permettent de circuler au-dessus des flux d'eau. Ces ouvrages sont construits en matériaux divers, certains sont provisoires et d'autres définitifs. Parmi ces ouvrages ponctuels 49 % sont en parfait état de marche. La majeure partie est donc obstruée. La photo 11 illustre un drain construit dans le bassin de Tongo Bassa.



Photo 11 Infrastructure anti inondation à Malangue.

Source : Salomon Bakoto prise le 15/06/2021. Malangue.

L'une des causes des inondations habituellement avancée dans la ville de Douala est le sous dimensionnement des ouvrages de franchissement et de drainage. Les enquêtes de terrain et les entretiens avec le chef de service assainissement de la Communauté Urbaine de Douala révèlent que les ouvrages aujourd'hui considérés comme sous dimensionnés ne l'étaient pas initialement, bien que certains présentent déjà des sections insuffisantes.

En effet, d'une part les ouvrages construits il y a plus de 20 ans pour certains se trouvent obsolètes aujourd'hui, car le fort taux d'urbanisation a conduit à l'augmentation de la proportion des espaces imperméabilisés (habitations, chaussées...), en réduisant du même fait l'infiltration et en accentuant le ruissellement des eaux pluviales. D'autre part le rejet de déchets dans les cours d'eau entraîne leur obstruction, empêchant l'écoulement libre dans les drains en amont et provoquant d'importantes inondations. Les dalots et les buses prévus pour l'écoulement des eaux se trouvent donc généralement obstrués par les alluvions et les ordures ménagères charriées par les rivières. D'où l'impossibilité pour ces ouvrages de permettre une bonne évacuation des eaux.

C'est le cas du dalot de St Thomas, en amont du Kondi sur le tronçon routier de Logbaba à PK8 où les inondations et la stagnation des eaux pluviales entraînent régulièrement la rupture partielle du trafic et la dégradation de la chaussée. Il en est de même pour le dalot situé à l'entrée de la cité SIC et Cité des palmiers, en amont du Kondi, sur l'axe urbain allant de Ndokoti à PK14. C'est fort de ces constats que nous préférons parler de l'obsolescence des ouvrages de franchissement et de drainage plutôt que de leur sous dimensionnement. La photo 9 présente un drain obstrué.



Photo 12 : Drain obstrué au Parcours VITA.

Source : Stanis. Juin 2021.

On note le cours d'eau (A), le passage des eaux (B), les herbes obstruant le passage des eaux (C), déchets susceptibles d'obstruer le passage des eaux(D)

L'eau ne peut donc pas s'écouler normalement en cas de pluie. L'eau n'aura pas de passage et sera obligée de gonfler et déborder son lit causant les inondations.

En intégrant les ouvrages linéaires contre les inondations aux enjeux étudiés au chapitre 3 à savoir les maisons, les écoles, les commerces, les routes, structures sanitaires on peut avoir une vue d'ensemble des inondations et des populations afin de savoir ce qu'il reste à faire pour protéger les populations. Ceci est bien illustre par la figure 41.

On remarque que la partie sud-ouest du bassin, celle allant de Makèpè Maturité à Bépanda et Ndogbati est une zone à forte concentration de maisons et une forte probabilité d'occurrence d'inondations pourtant des drains sont non écurés. La même situation transparait vers le centre du bassin vers Makèpè Missokè où on remarque aussi une forte densité de population et des ouvrages anti crues ne fonctionnant pas à leur capacité optimale.

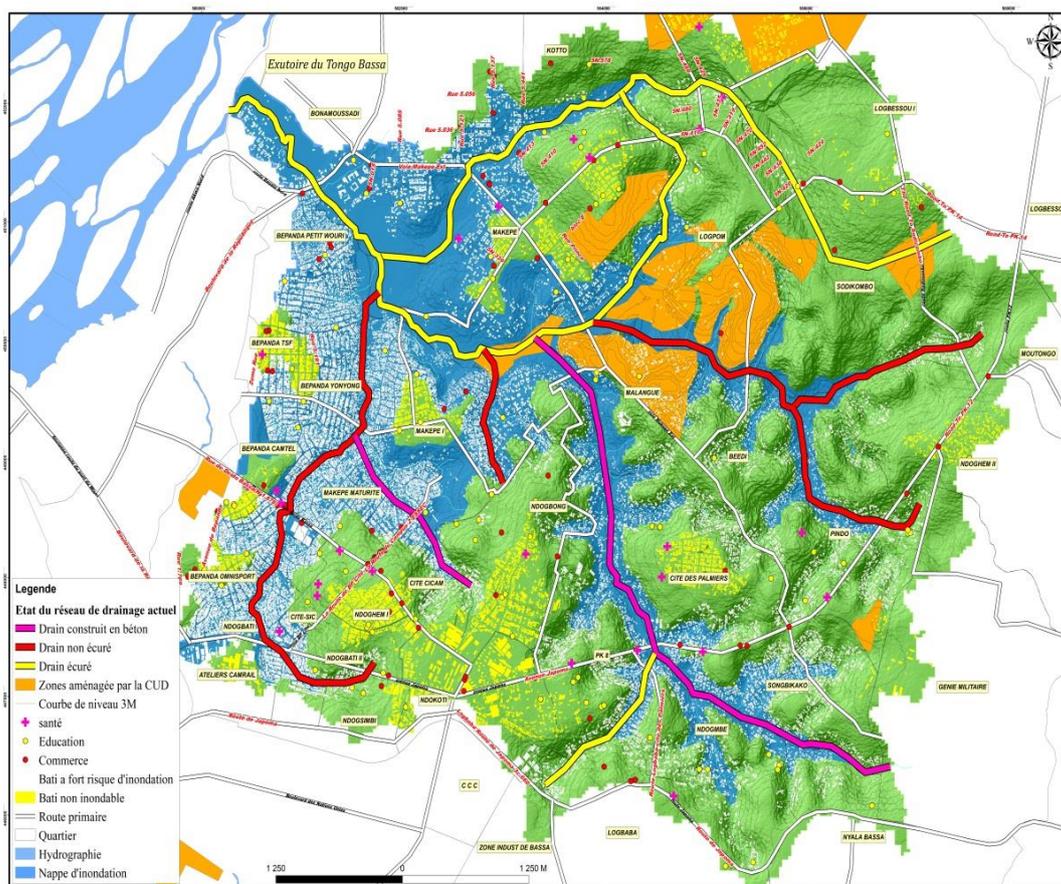


Figure 41 : Intégration des enjeux aux structures anti crues

Source: Bakoto Landry assisté par Nguimfack Stanis, DEM 5.5m , données GPS 2021 et BD CUD .

Sur les 271 points limites d'inondation qui ont été répertoriées les populations qui résident près d'eux réagissent différemment. Parmi les mesures de luttés contre les inondations utilisées par les populations on retrouve les fondations surélevées, les remblais, la construction et l'ouverture des caniveaux et les roues for se créer une parcelle en période de submersion. La figure 42 montre la popularité des différentes mesures au sein des populations.

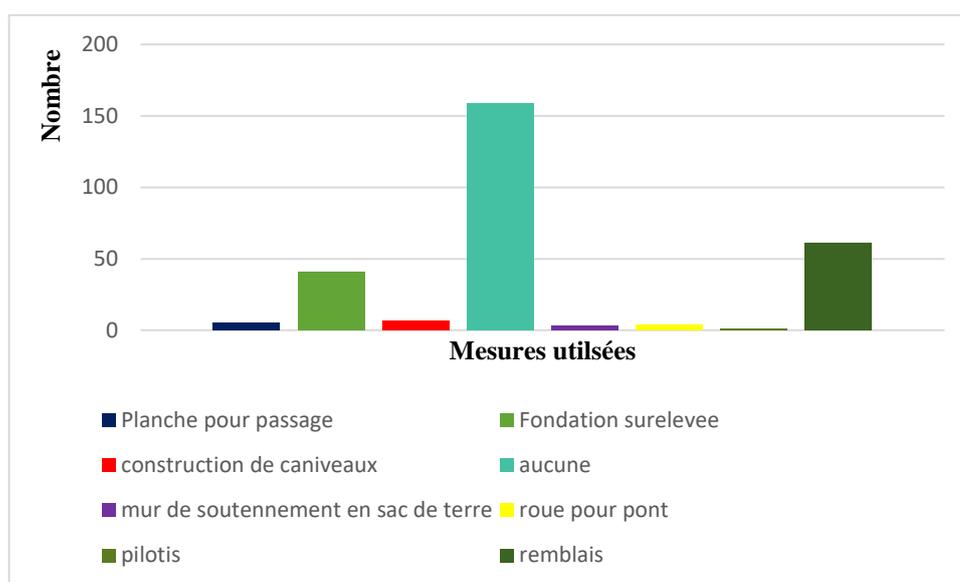


Figure 42 : Répartition des mesures utilisées par les populations riveraines

Source: Données CUD adaptées par Bakoto Landry.

Dans la majorité des cas les populations ne font rien, ne mettent rien en place pour se protéger. Elles se sont habituées et ne considèrent pas les inondations comme si dangereux. L'enquête ménage nous a permis de comprendre que les populations connaissent bien la période à laquelle les inondations se produisent. Ils acceptent les inondations qu'ils considèrent comme un phénomène tout à fait ordinaire. Ces derniers sont ceux qui subissent le plus de dégâts après le passage des inondations. Le manque de moyens financier et l'habitude pourrait expliquer cela.

La mesure la plus utilisée est le remblai. Il s'agit de déverser une quantité importante de terre pour augmenter de niveau pour que l'eau ne puisse pas atteindre le niveau des habitations. Ensuite viens l'utilisation des fondations élevées. Comme le montre la planche 1.

Planche 1 : Modes de préparation en vue des inondations. Malangue à gauche et Bonamoussadi à droite



Source : Bakoto. 16 Juin 2021

On note A= *les remparts anti inondation* B= *les fondations surélevées*

D'autres en effet utilisent la suspension des objets important. Ils acceptent les inondations qu'ils considèrent comme un phénomène tout à fait ordinaire. Ces derniers sont ceux qui subissent le plus de dégâts après le passage des inondations.

4.2 Les mesures à promouvoir pour lutter contre les inondations

4.2.1 Les mesures structurelles

Les mesures structurelles sont des mesures techniques de protection contre les crues. Elles consistent en des travaux d'ouvrages de génie civil dans le lit du cours d'eau et sur les versants. Elles visent à influencer sur les conditions d'écoulement des crues et leurs hydrologies pour réduire le risque d'inondation. Il s'agit de la correction des lits, l'emploi judicieux des barrages et la construction de digues, la protection et l'aménagement des bassins de rétention.

Les réponses techniques peuvent schématiquement être classées selon deux destinations : la mise en place d'ouvrages à l'échelle du bassin versant et les aménagements intégrés à l'échelle du bassin versant.

4.2.1.1 Les bassins de rétention

Un bassin de rétention des eaux pluviales est une zone de stockage des eaux pluviales, enterrées ou à ciel ouvert. Sa fonction est de provisoirement stocker de l'eau pour éviter les inondations. Cette eau peut être peu à peu infiltrée vers la nappe ou lentement libérer en période d'étiage. Il a pour but de limiter les apports importants d'eau pluviale au réseau, en écrêtant l'apport en eau dans les réseaux ou le milieu naturel afin d'éviter la saturation des réseaux d'assainissement, le débordement des réservoirs d'orage. Le bassin de rétention peut être installé en aval des cours d'eau principaux à savoir le Kondi, le Ngongue et le Tongo Bassa.

Un bassin de rétention peut être réalisé sous de multiple formes, simple décaissement (étanche ou non), sur dimensionnement des canalisations de collecte, ouvrage de génie civil, utilisation de SAUL (structure alvéolaire ultra légère) qui sont des modules de stockage à fort taux de vide (95%) pour la rétention temporaire, et le recyclage de l'eau de pluie.

4.2.1.2 Les travaux de corrections et de régularisation des cours d'eau

La sinuosité du cours d'eau impact directement l'écoulement. Plus la sinuosité est importante plus les écoulements seront lents. Il est important de corriger les courbures naturelles des cours d'eau du bassin de Tongo Bassa pour les rendre plus ou moins droit. De plus l'élargissement de ces cours d'eau les permettra d'accueillir une plus grande quantité d'eau sans se faire déborder.

4.2.1.3 Les digues et les levées

Une digue de défense contre les inondations ou submersions est un ouvrage linéaire, en surélévation par rapport au terrain naturel, faisant partie d'un système de protection contre les inondations de cours d'eau ou de mer. Une digue sera peut être constituée de matériaux très divers selon les ressources locales (limon, gravier, concasse grossier, gravats, terre, béton, argile, planches, murs, etc.), impactant directement la conception et l'efficacité de l'ouvrage.

Pour réaliser sa fonction au sein du système, une digue peut agir de trois façon différentes ;

- Elle peut empêcher le passage de l'eau en retenant celle-ci en dehors de la zone protégée (fonction principale d'une digue de protection)
- Elle peut canaliser le flux d'eau vers une zone non protégée pour éviter l'inondation dans la zone protégée.
- Elle peut contenir l'eau dans une zone tampon située en amont pour réduire l'inondation en aval. Dans ce cas, il peut s'agir d'un barrage (au sens réglementaire).

En domaine fluvial comme c'est le cas du bassin de Tongo Bassa une digue permet de canaliser le cours d'eau et de faire ainsi obstacle à l'écoulement pour protéger les zones situées dans la zone potentiellement inondable.

4.2.2 Les mesures non structurelles

4.2.2.1 Intégration de l'inondation dans le processus d'urbanisation

Elles visent à modifier les pratiques en termes d'utilisation du sol ainsi que les enjeux exposés en terme de volume et de fragilité. Ces mesures non structurelles consistent en des instruments de prévention au sens strict du terme, telle que la prise en compte du risque d'inondation dans les documents de planification à vocation générale (document d'urbanisme ou au travers d'instruments spécifiques mais encore de dispositifs d'information, d'alerte et d'annonce des crues, voire de mesures de réparation telles que l'assurance et l'indemnisation des victimes.

Plus d'espace devraient être laissés non urbanisés. Les parcs et les espaces verts devraient proliférer afin de faciliter l'infiltration et réduire les inondations. Ceci permettrait aussi d'embellir le bassin de Tongo Bassa et le rendre plus vivable.

Selon l'article 9 du code de l'urbanisme du Cameroun de 2004, sont inconstructibles sauf prescriptions spéciales les terrains exposés à un risque naturel tel que les inondations. Ceci veut dire que les populations ne devraient pas s'implanter dans ces zones à risque. Ce n'est pourtant pas ce que l'on observe. Les zones inondables accueillent une grande population. Les autorités devraient donc s'assurer de la mise en application de cette mesure.

4.2.2.2 Améliorer le système de surveillance météorologique

Pour permettre aux populations de mieux supporter les inondations elles doivent mieux se préparer. Elles peuvent mieux se préparer si elles savent exactement quel jour les inondations se produiront. En utilisant les données climatiques et la réaction du bassin versant aux épisodes de pluie il serait possible de connaître le jour et même les heures durant lesquelles se produiront les inondations. Comme nous l'avons vu a chapitre 3 une précipitation d'environ 84mm en une seule journée cause les inondations dans le bassin de Tongo Bassa Si les populations savent quel jour exactement il s'abattrà une telle pluie, elles se prépareront mieux, ce qui réduira la vulnérabilité des populations. Il a été constaté que beaucoup de riverains ne s'intéressent pas vraiment à la météo car la considèrent ils comme non fiable. Les populations devraient également être sensibilise sur l'importance de la surveillance e météorologie.

4.2.2.3 Renforcement de l'application du plan de Contingence

Il est judicieux de mettre en place un système d'alerte opérationnel (système local ou national d'alerte des crues). Une prise de conscience du risque par l'ensemble des acteurs c'est à dire la compagnie d'informations de la population résidente ou de passage, l'implantation d'échelle limnométrique, l'implantation des repères de crues dans les zones sensibles, la production des cartes des zones inondables.

4.2.2.4 La mise en œuvre du plan d'urgence

Il est important de mettre en place une équipe multidisciplinaire en fonction du sinistre et activation des postes de commandement (PC) comme la déclaration de l'état de catastrophe par l'autorité politique (MINAT, PM, PRC). Ils auront pour rôle :

- D' Assurer Les soins médicaux poste catastrophe.

Le déclenchement de la chaîne médicale de secours et de soins au niveau des structures opérationnelles spécialisées permettra ainsi : -d'apporter les secours et les soins aux victimes

- D'assurer l'hébergement d'urgence poste inondation

L'hébergement des personnes sinistrées devrait être réalisé soit dans des structures déjà aménagées, soit dans des édifices ou bâtiments susceptibles d'être réaménagés à cet effet. Ceci permettrait à la population affectée d'avoir un peu de temps pour se réorganiser après le passage des eaux.

- **De faciliter l'accès à l'eau et à l'alimentation**

Le ravitaillement de la population en nourriture et en eau potable doit être assuré. Les sources d'eau utilisées par les populations s'en trouve polluées par les eaux ruisselantes abondantes qui pourrait lors de leur écoulement entrer en contact avec des eaux usées. Il est indispensable à cet égard d'entretenir une base de données des fournisseurs des intrants alimentaires. Les populations doivent être informées des possibilités et des procédures d'accès à l'eau potable (recherche, répartition, distribution, stockage, traitements, interdiction de consommer).

- **D'assurer La prise en charge des personnes séparées**

Mettre en place un dispositif de gestion des personnes séparées en particulier les enfants non accompagnés et qui sont très vulnérables aux catastrophes. Leur prise en charge après un sinistre est primordiale.

- **De gérer Les personnes décédées**

La gestion des personnes décédées devrait être rigoureusement encadrée. Des procédures de mises en place pour organiser : L'identification et la conservation des corps ; Les autopsies ; L'établissement des actes de décès à des fins médico-légales. Dans certaines circonstances, le traitement des corps pourrait être décidé par la structure de coordination.

- **D'assurer le rétablissement rapide des réseaux d'eau et d'électricité**

Mettre en place des mesures d'exploitation qui permettent d'assurer un relatif équilibre entre l'offre en situation dégradée et la demande. Des conventions pourrait être signées à cet égard avec les opérateurs publics ou privés intervenant dans ces secteurs.

4.2.2.5 Mettre en place un mécanisme de réhabilitation

Au plan environnemental, déterminer et mettre en place les moyens techniques pour évaluer et prendre en charge les conséquences en termes de manifestations, de gravité et de durée. Au plan sanitaire et social identifier les répercussions sanitaires et sociales et mettre en place les procédures de suivi. Assurer le suivi psychologique des impliqués et des acteurs. Au plan économique, à prendre en charge les répercussions en termes de perte d'emploi, destruction du tissu économique. Remettre en état les habitations, les sites et les infrastructures dégradés. Retour d'expérience, chaque acteur du PNC dresse un bilan de son action en faisant ressortir les missions exercées, les moyens engagés, les difficultés rencontrées et les mesures possibles pour pallier à ces problèmes. Le sur stockage peut se réaliser grâce aux infrastructures existantes et notamment les routes qui franchissent les

rivières. Ce type d'aménagement est cohérent avec l'utilisation d'une topographie naturelle et existante et d'une intégration au paysage. Le sur stockage est obtenu en diminuant la débitante de l'orifice de l'ouvrage.

4.2.2.6 Le Curage régulier des drains

Le relief étant généralement plat les sédiments, les feuilles, les branches ont tendance à s'accumuler le long des cours d'eau obstruant une partie de débit. Le curage de ces drains permettrait donc une évacuation plus facile et plus rapide des eaux. Les curages des drains devraient se faire particulièrement en saison de pluie abondante notamment Juin, Juillet, Aout et Septembre.

4.2.2.7 Améliorer le system de collecte des ordures ménagères

De nombreuses zones du fait du manque de voies de communications sont inaccessibles à HYSACAM. Ceci justifie le fait que les ordures se retrouvent dans les cours d'eau, obstruant les canaux d'évacuation. La compagnie ou les riverains ou même la mairie pourrait mettre sur pied un système de collecte des déchets qui desservent aussi les zones enclavées afin que ces déchets ne se retrouvent plus dans les cours d'eau.

Il faudrait apporter une nouvelle vision qui constitue le fondement de la politique camerounaise en matière de gestion des déchets. Le premier principe de cette politique est la reconnaissance de la gestion des déchets comme une compétence structurante : elle doit être mise en place et gérée à l'échelle de la ville sous l'autorité d'une seule institution – ici, la communauté urbaine. Elle pourrait suivre la méthode utilisée par certains pays africains qui ont, privilégié une décentralisation au niveau des quartiers ou une privatisation de l'intégralité du circuit avec des opérateurs qui doivent collecter eux-mêmes auprès des ménages la rétribution de leur service.

Ce dernier système d'utilisateur-payeur – ou *Pay As You Dump* – s'avère bien peu adapté au service de collecte des déchets, car les moyens de contrainte auprès des usagers sont beaucoup plus limités que dans les secteurs de l'eau ou de l'électricité. En effet, un ménage dont les déchets n'ont pas été collectés trouvera toujours le moyen de s'en débarrasser.

4.2.2.8 La mise à jour des drains et autres ouvrages anti inondations

Certains ouvrages construits il y a 20 ans étaient adaptés pour le taux d'urbanisation de la passe, Mais beaucoup de choses ont changé entre temps y compris l'urbanisation. Du coup ces ouvrages ne sont plus aussi efficaces qu'ils ne l'étaient dans le passé. Ils seraient

donc judicieux d'augmenter les dimensions des ouvrages anti inondation pour les permettre d'accueillir une plus grande quantité d'eau et les évacuer vers l'exutoire et encourager les actions des développements locaux visant à réduire l'exposition au risque d'inondation.

4.2.2.9 Améliorer la sensibilisation des populations.

Diverses méthodes sont utilisées selon la partie du bassin versant dans laquelle on se trouve. Selon que l'on soit en amont de la zone à protéger, en aval de la zone à protéger ou sur la zone même à protéger les ouvrages construits diffèrent. En amont on réduit la quantité d'eau qui arrive dans la zone en aval on doit accélérer l'évacuation de l'eau. Ces différents ouvrages sont illustrés par la tableau 20.

Tableau 20 : Récapitulatif des mesures à promouvoir pour lutter contre les inondations dans le bassin de Tongo Bassa.

Localisation	Que faut-il faire	Par quel moyen?
Amont de la zone à protéger	Limiter le débit arrivant sur la zone	Rétention de l'eau en amont par des ouvrages transversaux, dérivation d'une partie du flot vers des zones d'expansion des crues
	Empêcher les débordements parasites pour éviter d'activer des canaux secondaires	Monter les digues aux points de débordements Créer des canaux de collecte des eaux de débordement.
Sur la zone à protéger	Passer le plus rapidement possible	Augmenter la débitante en modifiant les ouvrages et en améliorant l'écoulement des vecteurs hydrauliques existants
Aval de la zone à protéger	Evacuer l'eau	Augmenter la débitante des chenaux naturels ou artificiels par création de lits moyens de décharge
	Orienter l'eau vers des zones décidées	Ouverture de nouveaux chenaux pour protéger les futures zones urbanisables.
	Utiliser les zones d'expansion des crues	Favoriser les débordements dans les terrains non urbanisés, ni prévus pour une urbanisation future.

CONCLUSION

De nombreuses mesures existent pour lutter contre les inondations. Ces mesures sont fonction des caractéristiques de chaque bassin versant. Pour que ces mesures soient efficaces il faut l'implication de tous les acteurs concernés par le problème à savoir les pouvoirs publics, les collectivités locales décentralisées et les populations riveraines elles même.

Notre hypothèse de départ était que l'élargissement du Canal de Ngongue permettrait de résoudre le problème des inondations. Pour vérifier cette hypothèse nous avons tout d'abord fait un état des lieux des mesures existantes. Ceci nous a permis de comprendre que certains ouvrages sont inadaptés, parfois obstrués et parfois insuffisant pour pallier aux inondations, de plus il y a aussi un manque de collaboration entre les riverains pour lutter contre les inondations. Les mesures institutionnelles notamment la sensibilisation, une meilleure gestion des déchets et une actualisation des ouvrages anti inondation ainsi qu'une amélioration de la surveillance météorologique permettraient de pallier au problème des inondations.

Certains de ces moyens sont coûteux et d'autres très difficiles à mettre en œuvre du fait de l'occupation intense de l'espace par les habitations. Le seul moyen sûr d'éviter que des biens et des personnes subissent des inondations est de les implanter hors des zones inondables.

CONCLUSION GENERALE

L'étude des inondations dans le bassin de Tongo bassa se présente donc comme une étude importante de par l'actualisation de ces problèmes. L'approche systémique et la démarche hypothético déductive nous ont permis d'émettre des hypothèses et de les vérifier. Notre hypothèse principale était que les inondations se produisant dans le bassin de Tongo Bassa seraient de cause naturelle et causent beaucoup de dégâts.

Les logiciels SIG, la collecte des données de terrains et auprès des intuitions comme la CUD nous ont permis de comprendre que Les caractéristiques du bassin versant associée à la forte pluviosité en grande saison de pluie, ajoutée au rôle que jouent les populations en s'implantant sur les zones à risques sont autant de facteurs qui contribuent à la formation des inondations dans le bassin de Tongo Bassa. De plus, certaines zones comme Makèpè Missokè sont très vulnérables aux inondations, ceci est dû à l'exposition élevée aux inondations et un standard de vie assez bas. Les habitants subissent des pertes de matériels, la destruction de leur lieu d'habitation et sont exposés aux épidémies de Choléra.

Malgré les mesures structurelles mises en place pour lutter contre les inondations il ressort de l'étude que certaines parmi elles sont plus adaptées aux inondations actuelles, celles qui proviennent de la forte urbanisation, leur sous dimensionnement et l'obstruction des canaux d'évacuations.

Pour pallier donc décisivement aux inondations dans le bassin de Tongo Bassa et pour réduire aussi à néant ses effets néfastes, il faudrait augmenter la surveillance météorologique afin de prévoir avec une très grande précision les jours où les inondations se produiront afin de permettre à la population de mieux se préparer, d'effectuer un curage régulier des drains surtout au mois d'Août et de Juillet, de sensibiliser la population sur les conséquences de déchets dans les cours d'eau et aussi sur les dangers de construire en zone inondable. Il faudrait aussi une actualisation dans la construction des drains afin de les rendre plus adaptés pour supporter les écoulements de plus en plus importants.

Même si les populations riveraines considèrent les inondations comme un mode de vie et si elle se prépare à y faire face, les inondations d'Août 2020 ont fait beaucoup de

dégâts et déplacés beaucoup de personnes. Cela montre donc qu'il faut s'en méfier. Il est cependant possible d'atténuer les impacts de celles avenir en suivant les recommandations. Ceci dit comment peut on améliorer la surveillance météorologique pour effectivement éliminer les inondations ?

BIBLIOGRAPHIE

- ABHAS J et al.**, (2012) *Villes et inondations. Guide de gestion intégrée du risque d'inondation en zone urbaine pour le XXI e siècle*. Banque mondiale <http://hdl.handle.net/10986/2241>
- AMANEJIEU. A.** (2019). *Analyse temporelle de la représentation du risque d'inondation de 1980 à Douala- Cameroun*. Master de spécialisation en gestion des risques. Université de Liège. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/5575?locale=fr>
- BEA. V et MOLES.O**(2018). *Problématique d'habitat des quartiers précaires en milieu urbain*. Centre international de la construction en terre.
- BIDOU J.** et **DROY I.**, (2012). *Peut-on mesurer la vulnérabilité économique et sociale des ménages et des individus ? Communication au colloque organisé par GEMDEV « La mesure du développement »* - Paris, 1-3 février 2012. 21p. URL: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-04/010054657.pdf
- BLIN. J** (2017). *Le risque d'inondation peut-il constitué une ressource dans la conception de projets dès lors qu'il implique des usagers soucieux de leur cadre de vie ?* Science de l'homme et société. <https://dumas.cesd.cnrs.fr/dumas.01619457> .
- BLOSCHL. G.**, (2008). *Interactive comment on a look at the links between drainage density and flood statistics*.
- BRUCKMANN. L, AMANEJIEU.A, MOFFO.M, OZER. P.** (2019) *Analyse géo historique de l'évolution spatiale temporelle u risqué inondation et de sa gestion dans la zone urbaine de Douala(Cameroun)*.10.4000/physio-geo.8038.
- CAMLLE.J** (2009). *Approche mixte instrumentation, modélisation hydrologique multi échelle d'un bassin tropical peu jaugé soumis à des changements d'occupation des sols. Cas du bassin de la Méfou (Yaoundé, Cameroun)*. Université de Montpellier
- CECLILA, MUNJI, MEKOU, BELE, ATHANASIOS, NKWATA, MONICA., IDINOBA, OLUFUNSO et SANVA.** (2013). *Vulnerability to coastal flooding and response strategies: The case of settlements in Cameroon mangrove forest*. Journal of Disaster Risk Studies. Vol 2. N° 1. P 54-72.
- CHAUDHUM. S.** (2003). *Assessing the vulnerability to poverty concepts, empirical methods and illustrative examples*. Department of Economics . Columbia University. 56 P. URL<https://pdsfs.Semanticscholar.org/446/840126dab19ab19ab3869268d35de9516e6dcco.pdf>.

- CHAHRAZED. S.** (2006) (*Résorption de l'habitat précaire dans l'agglomération de Annaba(Algérie). Intégration ou épreuve de l'exclusion ?*)
- CHARLEAU. J.** (2001). *Qualité des modèles numériques de terrain pour l'hydrologie. Application à la caractérisation du régime de crue des bassins versants. Thèse de doctorat, Université de Marne la Vallée France.*
- CLAUDE. C et ROBINSON. M.** (2012). *Rôle hydrologique des forêts. Dans hydrologie continentale.*
- CUD-urba plan** (2009). *Stratégies de développement de la ville de Douala et son aire métropolitain, 158 P.*
- CUD** (2008). *Plan Directeur d'Urbanisme de Douala à l'horizon 2025.*
- DEFISSEZ. S, VINET. F et FREDERIC. L** (2021). *Diagnostic la vulnérabilité face aux inondations. Progrès et limites.*
- DEFOSSEZ. S.** (2009). *Evaluation des mesures de gestion du risque d'inondation. Application au cas des basses plaines de l Aude .Thèse de Doctorat. Université de Montpellier III-Paul Valerie, 501 P.*
- DIBOUM J.,** (1991). *Les contraintes géomorphologiques et quelques tentatives d'aménagement sur le site Douala. Mémoire de Maitrise, université de Yaoundé 1 157 P*
- DIFF. A.** (1999). *Modèle numérique de terrain et hydrologie ; Extraction des paramètres physiologiques et modélisation des écoulements superficiels d'un bassin versant à partir d'un modeler numérique de terrain. Application à l'Oued El Besbes bassin versant de la grande Sebkhha d'Oran. Thèse de magistère. Centre National des techniciens spatiales d Arzev, Oran Algérie.*
- DUTTA. I, FOSTER. J et MISAHVA. A.** (2011). *Measuring vulnerability to poverty. Social choice and welfare. Volume 37/4 P 743-751. URL: https://tel.archives-ouvertes.fr/tel00542397/file/these_defossez_sans_secure.pdf.*
- ERDLENBRUNCH.K, GERMANO.V, GILBERT. E, GRELOT.F et LESCOULIER.C**(2007). *Etude Socioéconomique des inondations sur le bassin versant de L'Orb. Programme Européen intereg III C Sud Europe-INUNDA.*
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY.** (2013) *Water retention potential of Europe s forest.*
- FEUMBA. R** (2015). *Hydrogéologie et évaluation de la vulnérabilité des nappes dans le bassin versant de la Besseke (Douala-Cameroun). Thèse de doctorat PhD. Université de Yaoundé 1, 227 P.*
- FOWE. T** (2015).*et al. Evaluation de la vulnérabilité des populations à Ouagadougou ; Cas des secteurs de Paspanga, Kuwin et Kossodo. IED Afrique et innovations*

environnement développement. <https://WWW.Ideafrique.Org/Evaluation-de-la-vulnerabilite-des-populations-aux-inondations-a-Ouagadougou.html>

- FREDERIC.L et VINET. F.** (2022). *La vulnérabilité, un concept fondamental au cœur des méthodes d'évaluations des risques naturels*. Université Paul Valéry, Montpellier III.
- GBAGUIBI** (2011) *Système d'information géographique et représentation cartographique pour la gestion des inondations à Cotonou*.
- GIEC**, (2007). *Bilan des changements climatiques. Contributions des différents groupes de travail I, II et III. Au quatrième rapport d'évaluation du GIEC*. Genève. Suisse. 144P.
- GILARD. O et GENDREAU N.** (1998). *Inondabilité: Une méthode de prévention raisonnable du risque d'inondation pour une gestion mieux intégrée des bassins versants*. Revue des Sciences de l'eau/ Journal of water sciences. Vol 11, N°3.
- GODONOU. J.** (2013) *Evaluation des risques environnementaux des inondations de 2010 au Bénin : cas des communes de Lola, Dogba, Lokossa*. <https://www.sifee.org>affichePDF> cas communes de Lola et Dogba Lokassa Jocelyne.
- GRELOT.F** (2009). *Gestion collective des inondations. Peut-on tenir compte de l'ensemble de la population dans la phase d'évaluation économique a priori*. Ecole nationale supérieur d'arts et métiers. ENSAM.
- GUMUCHIAN.H et MAROIS C.** (2000). *Initiation à la recherche en géographie*
- GUILLOU. M.** (2012). *Analyse hydrologique et morphologique d'un cours d'eau agricole de la plaine du saint Laurent. Mémoire de maîtrise. Université de l'aval, Québec, 2012 P.*
- HELGA. J et al.** (2004). *Risque d'inondation et aménagement durable des territoires. Partie 2 ; L'intégration du risque d'inondation entre stratégie et moyens*. Page 117-162. Edition septentrion. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.decitre.fr/livres/risque>
- HENRY. J** (2004). *Système d'information spatiale pour la gestion du risque d'inondation de plaine*. Thèse de doctorat. Université de Strasbourg 1.
- HENRY.J, MATGEN.P, THOLEY. N, PFISTER. L, HOFFMANN. L et DEFRAIPONT. P.** (2002). *Vers une intégration des techniques spatiales pour la gestion des inondations*.
- HILL. L** (1960). *Forest plantations influences Stream flow*. Proc soc Amer. For Washington D.C. 168171

- ISABELLE.R et CELINE. L.** (2004). *Vulnérabilité face aux crues rapides et mobilités des personnes en temps de crise*. Laboratoire territoires, institut de géographie Alpine de Grenoble.
- JEAN. B.** (2004). *Systèmes d'information spatiaux pour la gestion du risque d'inondation de plaine*.
- KAYNA. J.,** (2010). *Les constructions anarchiques dans les quartiers Kimboungu I et Yolo Nord III le long de la rivière Kalamu. Etude impact environnemental*. Mémoire de master, Institut des bâtiments et des travaux publics. <https://WWW.memoireonline.com>
- KOAGNE.T.** (2019). *Dégradation du cadre de vie et impacts environnementaux et sanitaires dans les quartiers Makèpè Maturité et Makèpè Missokè a Douala*. Mémoire de recherche.
- AHLAH. S** (2004). *Les inondations en Algérie. Actes des Journées Techniques/ Risques Naturels: Inondation, Prévision, Protection /Batna15/16/décembre 2004*. URL: [#](https://fr.scribd.com/document/340524391/les-inondations-en-algerie-pdf)
- LEGRAS.O** (2014). *Evolution du bilan hydrologique à l'échelle des bassins versants en contexte de changement climatique. Mise en place d'une méthodologie*. Mémoire de fin d'étude. Institut national supérieure des sciences agronomiques, de l'alimentation et de l'environnement.
- LEONE. F et VINET. F.** (2005). *La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles*. [https://documents .Worldbank.Org/Cunated en /878041468779079930/pdf](https://documents.Worldbank.Org/Cunated/en/878041468779079930/pdf)
- LEUMBE. O, BIJOU. D, KAMDEM. L, TIKI. D, IBRAHIM. D.** (2016). *Cartographie des zones à risque d'inondation en zone Soudano Sahélienne : Cas de Maga et ses environs dans la région de l'extrême Nord Cameroun*.
- LE PAPE. S** (1998). *Analyse et quantification du réseau hydrographique, le réseau hydrographique comme objet vectoriel*. Mémoire d'ingénieur, Ecole Supérieur des géométries et topographies. La Mans France.
- L'HOMME. S, SERRE. D, YOUSSEF. D, LAGANIER. R.** (2011). *Les réseaux techniques face aux inondations au comment définir des indicateurs de performance de ces réseaux pour évaluer la résilience urbaine*. Bulletin de L'association de géographie Français. <https://hal.archives.ouvertesfr/hal005580025>
- MAINET G.** (1985). *Douala, croissance et servitude*. l'Harmattan, Paris, 611 P.
- CHOUARI. W** (2014) *La perception du risque d'inondations dans les zones inondables du bassin versant de Manouba-Essijoum (Tunisie nord orientale): Sensibilité au*

risque et aux actions de prévention. Université de Liège.
<https://popups.Uliece.be/0770-7576/index.php?id=5962>

- MBAHA. J et MBEVO. P** (2021). *Résilience en pratique face aux aléas naturels sur le Littoral Nord et Sud Camerounais : Des actions globales aux initiatives locales.* Revue espace géographique et société Marocaine. N°43-44.
- MBAHA. P et TCHOUNGA. G** (2020). *Webmapping et Gestion des risques naturels : Application sur le Littoral Camerounais.* Revue espace géographique et Société Marocaine. N°33-34.
- MBAHA. P et TCHOUNGA. G** (2020). *Imaginaires de l'espace et gestion des risques naturels à Douala.* Revue espace géographique et société Marocaine. N°43-44
- MBAHA. P et al.** (2013). *Cinquante ans de conquête spatiale à Douala : D'héritage colonial en construction à patrimoine socio-spatial vulnérable aux risques naturels.* Université de Douala.
- MBEVO.F.** (2016) a. *Analyse de la vulnérabilité et des stratégies locales d'adaptation aux changements climatiques en zone côtière camerounaise. Cas de Cap Cameroun dans l'arrondissement de Douala 6eme.* Mémoire de Master de Géographie. Université de Yaoundé I.
- MBEVO. F** (2016) b. *Apport des SIG et de la télédétection dans la prévention et la gestion des risques naturels en milieux urbains. Cas des inondations urbaines dans la ville de Douala.* Mémoire de Master professionnel en SIG. Télédétection. Université de Yaoundé I.
- MEVA A.D et al.** (2010). *Analyse Spatiale du risque d'inondation dans le bassin versant du Mbanya à Douala, capital économique du Cameroun.*
- MICHEL.B.** (2005). *L'art de la thèse : Comment comprendre et rédiger un mémoire de master, une thèse de doctorat ou tout autre travail universitaire à l'ère du net.* La découverte 9 bis Paris, nouvelle édition, 202 P.
- MICHELLE. B** (2018). *Analyse des solutions possibles aux inondations dans le centre urbain d'Ottawa et de Gatineau.* Mémoire de Maîtrise, Université de Sherbrooke.
- MINHDU.** (2004). *Code de l'urbanisme. Loi n°2004/005 du 21 Avril 2004. Titre 1. Des règlements généraux d'urbanisme.*
- MOLCHONOV. A** (1963). *The Hydrological role of forests. Jerusalem Israel.* Program of scientific translations 407 p.
- NDONGO. B, LAKO. S, AWE. A, NTANKOUO. R, MOUKOURI. D** (2015). *Tendances pluviométriques et impact de la marée sur le drainage en zone d'estuaire. Cas du Wouri au Cameroun.* Université de Dschang.
- NGASSAM. R.** (2020). *L'urbain informel à Douala.*

- NGOUMA. V.** (2006). *Dynamique socio-économique dans les sites à risque de Douala, recherche menée dans les sites de Makèpè Missokè et Makèpè Maturité*. DEA en géographie, Université de Douala, 147 P.
- ONANA.** (2005). *Dynamique urbaine à l'aide d'images RSO de ERS et HRV de spot, et son impact dans les facteurs d'aggravation des risques d'inondation en milieu urbain : cas de la ville de douala (Cameroun)*. Edition Université de Douala, Vol. 5, n° (1-2-3), p 19-32.
- OLINGA. J.** (2012) *Vulnérabilité des Espaces urbains et Stratégies locales de développement : Etude du cas de la ville de Douala(Cameroun)*. Mémoire de DEA (Master) en Géographie. Université de Douala.
- OLIVRY. J** (1995). *Fonctionnement hydrologique de la cuvette lacustre du Niger et essai de modélisation de l'inondation dans le delta intérieur*. Paris ORSTOM.
- ONU HABITAT,** (2010). *Les enjeux de l'urbanisation en Afrique. Remarque introductive*. 4 P
- PUECH. C.** (2000). *Utilisation de la télédétection et des modèles numériques de terrain pour les connaissances au fonctionnement des hydro systèmes. Mémoire de recherche : Mécanique de milieu géographique et environnement*. INPG Grenoble.
- RAPPORT FINAL CDS.** (2009), *stratégie de développement de la ville de Douala et de son aire métropolitaine*, 159 P.
- RICHERT. C.** (2017). *Les décisions individuelles d'adaptation aux inondations : le cas de résidents en zones inondables dans le sud de la France*. Université de Montpellier.
- REYRE. D.** (1964). *Histoire géologique du bassin de Douala (Cameroun) dans "Bassin sédimentaires côtiers post Cambrien de l'ouest de l'Afrique" III e partie*. Colloque de micro paléontologie de Dakar (Mai 1963)
- ROMAIN. A** (2010). *Etude des états de surface du sol ; et de leur dynamique pour différentes pratiques de travail du sol. Mise au point d'un indicateur de ruissellement*. Université de Strasbourg.
- MONTORI. J.** (2012). *Rôle des sols sur la genèse des inondations*. Académie polonaise des sciences.
- TABIN. M.** (2014). *Améliorer la résilience urbaine par un diagnostic collaboratif, l'exemple des services urbains Parisiens face à l'inondation*. Université de Paris-Diderot.
- TCHINDJANG. M, MBEVO. P et BOPDA. A**(2019). *Construire la ville portuaire de demain en Afrique atlantique*.

- TCHUIKOUA. L.** (2010). *Gestion des déchets solides ménagers à Douala au Cameroun : Opportunité a menace pour l'environnement*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux,479 P.
- THOURET. J** et **ROBERT. D** (2015). *Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : Effets, facteurs et réponses sociales*. Cahiers des sciences humaines ORSTOM.
- TOMETY, YAOUYI ET DJEVENOU** (2017). *Exposition et vulnérabilité face aux risques d'inondation de la ville de Dori*. Master de spécialisation en gestion des catastrophes.
- VAMI .H, SALEY B, WADE. S, DJOGONG E, KOUAME.F, KOUADJO. A** (2014). *Cartographie du risqué d'inondation par une approche couplée de la télédétection et des Systèmes d'informations géographiques(SIG) dans le département de Sinfra centre Ouest de la Cote D'ivoire*. Edition European scientific journal. vol10.N°2 .
- VAN. D** et **LOGTMEIJER** (2004). *Economic hotspots: Analyzing vulnerability to flooding*. Université de Twente.
- VUILLAUME. G.** (1981) *Bilan hydrologique mensuel et modélisation sommaire du régime hydrologique du Lac Tchad*. Cahiers ORSTOM. Série hydrologie. 18.p.
- WORLD BANK.** (2012). *Cities and flooding; A guide to integrated urban flood risks management for the 21st century*. Chapter 1, page 77-78; World bank, Washington.
- YMELE. J** (2012). *La voie Camerounaise vers une meilleure gestion des déchets*. Secteur privé et développement.

ANNEXE

ANNEXE 1 : ATTESTATION DE RECHERCHE

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTE DES ARTS, LETTRES
ET SCIENCES HUMAINES

FACULTY OF ARTS, LETTERS
AND SOCIAL SCIENCES

DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE
B.P 755 Yaoundé
Tél. 22 22 24 05

DEPARTMENT OF GEOGRAPHY
P.O BOX 755 Yaoundé
Tel. 22 22 24 05

ATTESTATION DE RECHERCHE

Je soussigné **Pr. PAUL TCHAWA**

Chef du Département de Géographie, atteste que

Monsieur : **BAKOTO BAYO Salomon Landry**

Matricule: **160971**

Est inscrit(e) au cycle de : **MASTER II (2020-2021)**

Spécialité : Dynamiques de l'Environnement et Risques

ET prépare une thèse sur le sujet: **Inondations dans le bassin de Tongo Bassa à Douala et impact sur les populations riveraines.**

A cet égard, je prie toutes les ressources et tous les organismes sollicités de lui réserver un bon accueil et de lui apporter toute l'aide nécessaire à la réussite de cette recherche dont la contribution à l'appui au développement ne fait pas de doute.

Fait à Yaoundé le **19 MAI 2021**



Clement Anguh Nkwemoh
Associate Professor (M.C)
University of Yaounde I

ANNEXE 2 : AUTORISATION DE RECHERCHE

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix – Travail – Patrie

REGION DU LITTORAL

DEPARTEMENT DU WOURI

ARRONDISSEMENT DE DOUALA V

SOUS-PREFECTURE DE DOUALA V

BUREAU DES AFFAIRES GENERALES



REPUBLIC OF CAMEROON
Peace – work – Fatherland

LITTORAL REGION

WOURI DIVISION

DOUALA V SUB-DIVISION

SUB-DIVISIONAL OFFICE DLA V

GENERAL AFFAIRS OFFICE

N° 237 /L/C19.05/BAG.

Douala-Kotto, le 11 JUN 2021

Le Sous-préfet de l'Arrondissement
De Douala 5^{ème}

A

Monsieur BAKOTO BAYO Salomon Landry
Etudiant en Master 2 Géographie, UYI.

Objet : A/S votre demande d'autorisation d'enquête.

Monsieur,

Faisant suite à votre correspondance datée du 10 juin 2021 relativement à l'objet susmentionné,

J'ai l'honneur de vous marquer mon accord valant autorisation d'enquête pour effectuer des travaux de recherche dans le cadre de la rédaction de votre mémoire de fin de formation en Master II, dont le thème est : « Inondations dans le bassin de Tongo Bassa et impacts sur les populations riveraines ».

Lesdits travaux de recherche seront effectués dans les quartiers suivants de l'Arrondissement de Douala 5^{ème} : Makepe Cité, Malangue, Beedi, Cité des Palmiers, Cité SIC, Beparda, Logpom, Sodikombo, Ndoghem 1, Ndoghem 2, Ndogbati, Logbessou et Ndogbong.

Veuillez croire, Monsieur, à l'assurance de ma parfaite considération.

KOTTO-DOUALA, LE
LE SOUS-PREFET,



Dr. Amadou Clément Abongue
Administrateur Civil Principal
PHD Histoire de la Gouvernance Locale

ANNEXE 3 : ENQUETE PAR QUESTIONNAIRE

SUJET : RECRUESCENCE DU RISQUE DES INONDATIONS EN CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE : cas du Bassin de Tongo Bassa

Bien le bonjour, je vous remercie de m'accorder de votre précieux temps. Aujourd'hui, je fais une enquête portant sur la perception du risque d'inondation par la population de l'arrondissement de Douala 5 sur le Bassin versant Tongo Bassa. Les informations obtenues me permettront d'apporter des réponses sur la problématique du rapport de la recrudescence du risque des inondations dans le cadre de mon mémoire. Pour cette raison, j'aimerais que vous remplissiez ce questionnaire.

I – PERCEPTION DU RISQUE DES INONDATIONS.

1 - Nom du quartier :.....

- Nom de l'enquêté :.....

- Position GPS du domicile :.....

- Zone inondable : Oui / Non

- Zone située en périphérie : Oui / Non

- Zone hors inondation : Oui / Non

- distance du cours d'eau

- Revenu

2- Quel aspect votre arrondissement/quartier reflète selon vous? Urbain / Rural

- A quel(s) problème(s) majeur(s) faites-vous face dans l'arrondissement/quartier ?

.....

3- Depuis combien de temps êtes-vous installé dans l'arrondissement/quartier?.....

- Percevez-vous des changements dans l'arrondissement/quartier?.....

4 - Selon vous, à quel(s) risque(s) êtes-vous le plus exposé?

Inondation Sècheresse Mouvement de terrain

Incendie Problèmes liés à la qualité de l'eau Aucun

Autres

5- Êtes-vous installé en zone inondable? Non / Oui.

- Si oui, le saviez-vous avant votre installation sur le site? Oui / Non

- Quel(s) paramètre(s) des pluies favorise(nt) la recrudescence des inondations ?

Fréquence : Durée : Intensité :

6 - Êtes-vous conscient que vous violez les lois régissant les constructions en vous installant sur un site impropre à l'habitat? Oui / Non

7- Le terrain que vous occupez est – il le votre? Oui / Non.

- Comment l'avez-vous acquis?

Achat Don Leg Sans autorisation

II- COMPORTEMENTS PERCUS DES POPULATIONS EN ZONE A RISQUE D'INONDATION

8- Hormis votre bâtiment, avez-vous d'autres biens immobiliers sur votre terrain? Oui / Non.

- Nombre de bâtiments :.....

- Pratiquez-vous des activités à revenus sur votre terrain ou autour, en périphérie de votre terrain/ maison ou près d'un point d'eau? Oui / Non.

La(es)quelle(s) :.....

- Dans l'arrondissement/ le quartier menez-vous une activité affectée par le risque des inondations?

Oui / Non.

La(es)quelles :.....

- Comment l'(es) activité(s) en question est/ sont impactées.

Endommagée(s) par l'eau Engloutie par l'eau Ravagée par l'eau Autres :

-Quel est le coût estimatif de ce que vous avez déjà perdu?

- En cas d'inondation, quel(s) enjeu, bien(s) est /sont exposé(s) ?

Biens immobiliers (bâtiment, habitation) Bien mobiliers (matériels, stock)

Véhicule(s) Habitants.

9- Pour protéger/ préserver des dommages votre maison, quelle(s) action menez-vous?

Remblais pour surélever le niveau du sol.

Murette/ barrière en parpaing, sac de sable ou de terre.

Tranchée d'écoulement.

Curage de drain.

Construction en matériaux provisoires.

Rien Autres.

-Pour protéger/ Préserver votre activité des inondations que faites-vous?

Changer d'activité.

Changer les saison/dates de semis.

Arrêt d'activité.

Autres :

10- S'agissant du risque des inondations dans votre arrondissement/quartier, vous diriez que vous êtes.

- Très inquiet.
- Inquiet.
- Moyennement inquiet.
- Pas du tout inquiet.

11- Pour quelle(s) raison(s) faites-vous des aménagements sur votre terrain en zone inondable ?

- Limiter les dégâts en prévision des inondations.
- Faciliter la vente et/ou la location des locaux.
- Répondre aux exigences de la municipalité/ du locataire ou un acheteur potentiel.
- Autres raisons :

12- Avez- vous l'appui des autorités locales dans la gestion du risque des inondations ?

Si Oui, comment ?

- Déguerpissement.
- Sensibilisation.
- Autres :

13- Êtes-vous membres d'un comité/association de développement local ? Non / Oui.

- Les inondations sont-elles le frein majeur au développement local . Non / Oui.

III – OBSERVATIONS PERCUES DES POPULATIONS EN ZONE A RISQUE.

14- Selon vous, comment la recrudescence du risque des inondations est affectée par le changement climatique ?

- Fortes pluies.
- Pluies récurrentes.
- Durée des pluies.
- Fréquence des pluies.

15 -Selon vous, quels sont les facteurs qui aggravent les inondations ?

16- Selon vous quels sont les pertes, dégâts enregistrés dans l'arrondissement/le quartier suite aux inondations ?

- Morts d'homme Blessé Bâtiments publics Terrains agricoles.
- Entreprises. Boutiques/ magasins. Habitations
- Aires de plaisance Autres :

17 -Pourquoi en dépit des pertes vous ne déménagez pas ?.....

IV– PROJECTIONS FUTURES DU RISQUE DES INONDATIONS.

18- Selon vous, est – ce qu’une urbanisation contrôlée future au sein de l’arrondissement/ du quartier réduira l’exposition à la recrudescence du risque des inondations ? Non / Oui.

19- Que feriez-vous face à une augmentation du risque d’inondation dans le futur ?

- Rester sur place.
- Quitter la zone inondable.
- Faire les aménagements nécessaires.
- Autres :

20- Avec le changement climatique, la ville de Douala enregistrera une abondance croissante des pluies. Que pensez-vous face au risque des inondations dans votre arrondissement/ quartier ?

.....

21- La hausse du niveau de la mer due aux pluies abondantes exposera la ville de Douala à une vulnérabilité plus accrue. Qu’en pensez- vous ?

.....

22- Vos solutions endogènes suffisent-elles à maîtriser les effets des inondations ?.....

23- Qu’attendez-vous des pouvoirs publics ?.....

24- D’après – vous pourquoi les comportements des acteurs ne changent pas en faveur de plus de résilience ?

- L’état ne fait pas assez.
- La sensibilisation est inadaptée.
- Les barrières linguistiques empêchent la transmission.
- Pas de synchronisation entre les différents secteurs potentiellement impliqués.

-D’après – vous la solution aux inondations relève :

- D’une bonne sensibilisation
- De la reconfiguration du réseau de collecteur
- Des efforts d’atténuation

ANNEXE 4: RELATION ENTRE LES INDICATEURS, LES COMPOSANTES ET LES FACTEURS DE LA VULNERABILITE DANS LE BASSIN DE TONGO BASSA.

Vulnérabilité aux inondations	Exposition		Susceptibilité		Résilience	
Composante Sociale	Densité de la population	R.S.U	Expérience du passé	R.S.U	Système d’alerte précoce	R.S.U
	Population habitant dans les zones inondables	R.S.U	Education	R.S.U	Voies d’évacuation	R.S.U
	Proximité de la zone d’inondation	R.S.U	Préparation	R.S.U	Capacité institutionnelles	R.S.U
	Population proche de la ligne de cote	R.S.U	Sensibilisation	R.S.U	Services d’urgence	R.S.U
	Population en dessous de la pauvreté	R.S.U	Confiance aux institutions	R.S.U	Abris de protection	R.S.U
	% des zones urbaines	R.S.U	Taux de pénétration de la communication	R.S.U		R.S.U
	Enquête sur le cadastre	R.S.U	Centre de santé	R.S.U		R.S.U
	Héritage culturel	R.S.U	Population ayant accès à l’assainissement	R.S.U		
	% des jeunes et des personnes âgés	R.S.U	Qualité et approvisionnement en eau	R.S.U		
	Zones hors lotissement	U	Qualité de l’approvisionnement en énergie	S.U		
			Croissance démographique	S.U		
			Santé Humaine	S.U		
			Aménagement urbain	S.U		

Composante Economique	Utilisation des terres	R.S.U	Chômage	R.S.U	Investissement dans les mesures de Mitigation	R.S.U
	Proximité du cours d'eau	R.S.U	Revenu	R.S.U	Gestion des infrastructures	R.S.U
	Proximité de la zone d'inondation	R.S.U	Inégalité		Capacité de stockage de la retenue d'eau	R.S.U
	Enquête sur le cadastre	S.U	Qualité des infrastructures		Assurance des inondations	R.S.U
			Esperance de vie		Temps de relèvement	R.S.U
			Croissance urbaine		Expérience du passe	S.U
			Mortalité infantile		Digue de protection	S.U
Composante environnementale	Niveau des eaux souterraines	R.S.U	Reserve naturelle		Temps de relèvement des inondations	R.S.U
	Utilisation du sol	R.S.U	Esperance de vie		Impact environnemental	R.S.U
	Zone surexploitées	R.S.U	Qualité des infrastructures			
	Zone dégradée	R.S.U	Sante humaine			
			Croissance urbaine			
			Mortalité infantile			
Composante physique	Topographie	R.S.U	Code d'adressage		Capacité de stockage de la retenue d'eau	R.S.U
	Géographie	R.S.U			Voirie	R.S.U
	Géologie	R.S.U			Digue de protection	S.U
	Pluie extrême					
	Durée d'inondation					
	Période de retour					
	Proximité d'un cours d'eau					
	Humidité du sol					

	Taux d'évaporation					
	Température moyenne annuelle					
	Débit du cours d'eau					
	Fréquence d occurrence des inondations					
	Vitesse d'écoulement	S.U				
	Onde de tempête	S.U				
	Marée	S.U				
	Profondeur d'eau des inondations	S.U				
	Charge de sédimentation	S.U				
	Trait de cote	S.U				
	Bathymétrie côtière	S.U				

ANNEXE 5 : LES INDICATEURS, LEURS DÉFINITIONS ET LES SOURCES DE DONNÉES UTILISÉS POUR LE CALCUL DE L'INDICE DE LA VULNÉRABILITÉ AUX INONDATIONS DE DU BASSIN DE TONGO BASSA

Indicateurs	Acronyme	Sous-indice	Définition	Unité	Relation fonctionnelle avec la vulnérabilité	Sources ou référence
Densité de population	Pd	E	Il existe une exposition importante à un risque donné si la population est concentrée	Personnes/ Km ²	Densité élevée, vulnérabilité élevée	BUCREP, RGPH, INS
Population habitant en zones inondables	Pfa	E	Nombre de personnes vivant dans une zone exposée aux inondations	nombre	Nombre de personnes élevé, vulnérabilité élevée	BUCREP, RGPH
Héritage culturel	Ch	E	Nombre de bâtiments historiques, musées, etc., en danger lors de l'inondation, si aucun prend 1	-	Nombre important d'héritage culturel, vulnérabilité élevée	CUD
Croissance démographique	Pg	E	% de la croissance démographique dans les zones urbaines au cours des 10 dernières années	%	Croissance démographique rapide, vulnérabilité élevée dans l'hypothèse que cette croissance met la pression sur la capacité de logements	INS
Personne vivant avec un handicap	%diable	E	% de la population ayant un handicap quelconque, aussi les personnes de moins de 15 ans et plus de 65 ans	%	% élevé, vulnérabilité élevée	BUCREP
Indice de développement humain	HDI	S	$HDI = 1/3(LEI) + 1/3(EI) + 1/3(GI)$		Valeur élevée, faible vulnérabilité	Banque mondiale
Mortalité infantile	Cm	S	Nombre d'enfants de moins de 1 an décédés par 1000 naissances	nombre	Nombre d'enfants décédés élevé, vulnérabilité élevée	MINSANTE
Expérience du Passé	Pe	R	Nombre de personnes touchées au cours des 10 dernières années à cause des inondations	personnes	Valeur élevée, faible vulnérabilité	Enquête ménage
Sensibilisation et préparation	S/P	R	Classer de 1 à 10		10 signifie faible vulnérabilité	Enquête ménage et CUD
Taux de pénétration de la communication	Cpr	R	% de ménages ayant des sources d'information	%	% élevé signifie faible vulnérabilité	Enquête ménage
Abris et centres de santé	S	R	Nombre d'abris par km ² , y compris les	#/km ²	Nombre d'abris élevé, faible	CUD

			hôpitaux		vulnérabilité	
Système d'alerte précoce	Ws	R	précoce alors valeur égal à 1, si existence de système d'alerte précoce alors la valeur est 10		Avoir un système d'alerte précoce réduit la vulnérabilité	CUD
Service d'urgence	Es	R	Nombre de personnes dans ce service	personnes	Nombre de personne élevé, faible Vulnérabilité	MINSANTE
Voies d'évacuation	Er	R	% des routes bitumées	%	Grande quantité et qualité de voie, faible vulnérabilité	CUD
Industries	Ind	E	Nombre d'industries ou de types d'activités économiques en zone urbaine	nombre	% élevé, vulnérabilité élevée	CUD
Contact du bassin avec le cours d'eau	Cr	E	Distance de la ville le long du cours d'eau	Km	très proche du cours d'eau, vulnérabilité élevée	CUD
Chômage	Um	S	Um= (Nombre de personne sans emploi/nombre total de personne apte à travailler)*100	%	% élevé, vulnérabilité élevée	Enquête ménage
Inégalité	Ineq	S	Coefficient de Gini pour l'inégalité de la richesse, entre 0 et 1		1 signifie faible vulnérabilité	Enquete menage
Assurance contre les inondations	Fi	R	Le nombre d'assurance contre les inondations pour 100 habitants, si 0, prendre 1		nombre d'assurance d'inondation élevé, faible vulnérabilité	MINFI
Montant sur investissement	AmInv	R	Ratio de l'investissement sur le PIB total	%	investissement élevé, faible vulnérabilité	CUD
Digue de protection	D L	R	Nombre de km de digue de protection	km	Grande longueur de digue, faible vulnérabilité	CUD
Capacité de stockage des eaux	D Sc	R	Volume d'eau stocké dans les barrages en amont de la ville	m3	Grand volume stocké, vulnérabilité élevée	CUD
Temps de relèvement	Rt	R	Temps nécessaire à la ville pour se remettre à une opération fonctionnelle après les événements d'inondation	Jours	Temps très long, vulnérabilité élevée	Enquete menage
Pluviométrie	Rainfall	E	Pluviométrique moyenne annuelle	m/an	pluviométrie élevée, vulnérabilité élevée	ONACC
Espace vert	Lu	E	Superficie réservée pour espace vert à l'intérieur de la ville.		% élevé, faible vulnérabilité	CUD

Croissance urbaine	Ug	S	% d'augmentation de la superficie urbaine au cours des 10 dernières années;	%	La croissance urbaine rapide peut entraîner un logement de mauvaise qualité et donc rendre les gens plus vulnérables	CUD
Evaporation	Ev	S	Diminution annuelle du niveau d'eau souterraine	m/an	niveau d'eau souterraine élevé, vulnérabilité élevée	ONACC
Topographie	T	E	Pente moyenne de la ville	°	Pente raide, vulnérabilité élevée	INC
Débit du cours d'eau	Rd	E	Débit maximal enregistrée au cours des 10 dernières années	m ³ /s	Débit maximum, vulnérabilité élevée	CUD
Evaporation/précipitation	Ec/Rainfall	E	Rapport moyen de l'évaporation annuelle sur la précipitation annuelle	%	Evaporation élevé, vulnérabilité faible	ONACC
Capacités de stockage des eaux	D Sc	R	Le volume total d'eau qui peut être stocké par des barrages, des polders, etc	m ³	Quantité de stockage élevée, vulnérabilité élevée	CUD
Système de drainage	D	R	longueur de canalisation dans la ville	km	Réseau fa vulnérabilité élevée	CUD
Débit moyen du cours d'eau	AvRd	R	Débit moyen du cours d'eau à l'exutoire	m ³ /s	Débit maximum, vulnérabilité élevée	CUD
Rapport du volume stocke sur le volume d'eau annuel ruisselé	Sc/Vyear	R	rapport de la capacité de stockage sur le volume de ruissellement annuel moyen	%	ruissellement élevé, vulnérabilité élevée	Calculs

E= Exposition,

S= Susceptibilité

R= Résilience

ANNEXE 6 : LES DONNÉES AYANT SERVI AU CALCUL DE L'INDICE DE VULNÉRABILITÉ AUX INONDATIONS POUR LE BASSIN DE TONGO BASSA.

Indicateurs	Acronyme	Sous-indice	Unité	Valeur
Densité de population	Pd	E	Personnes/Km ²	6802
Population habitant en zones inondables	Pfa	E	nombre	689141
Héritage culturel	Ch	E	-	1
Croissance démographique	Pg	E	%	7.7
Personne vivant avec un handicap	%disable	E	%	5.4
Indice de développement humain	HDI	S		0.681
Mortalité infantile	Cm	S	nombre	103
Expérience du Passe	Pe	R	personnes	548,910
Sensibilisation et préparation	S/P	R		6
Taux de pénétration de la communication	Cpr	R	%	80
Abris et centres de sante	S	R	#/km ²	24
Système d'alerte précoce	Ws	R		1
Service d'urgence	Es	R	personnes	390
Voies d'évacuation	Er	R	%	40
Industries	Ind	E	nombres	8
Contact du bassin avec le cours d'eau	Cr	E	Km	113.09
Chômage	Um	S	%	27
Inégalité	Ineq	S		0.44
Assurance contre les inondations	Fi	R		1
Montant sur investissement	AmInv	R	%	9,500,000,000
Digue de protection	D L	R	km	1
Capacité de stockage des eaux	D Sc	R	m ³	5,498,064
Temps de relèvement	Rt	R	Jours	1
Pluviométrie	Rainfall	E	m/an	3569
Espace vert	Lu	E	%	11.68
Croissance urbaine	Ug	S	%	5.6

Evaporation	Ev	S	m/an	1,447
Topographie	T	E	°	5
Débit du cours d'eau	Rd	E	m ³ /s	17
Evaporation/précipitation	Ec/Rainfall	E	%	40
Capacités de stockage des eaux	D Sc	R	m ³	1
Système de drainage	D	R	km	33.397
Débit moyen du cours d'eau	AvRd	R	m ³ /s	13
Rapport du volume stocké sur le volume d'eau annuel ruisselé	Sc/Vyear	R	%	2.6

**ANNEXE 7: COEFFICIENT DE CORRECTION DE L'EVAPOTRANSPIRATION SELON
LA LATITUDE ET LE MOIS**

Lat. N.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	.93	1.03	1.02	1.05	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	.99	1.02
10	1.00	.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	.98	.99
15	.97	.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	.95	.97
20	.95	.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	.93	.94
25	.93	.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
26	.92	.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
27	.92	.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	.99	.90	.90
28	.91	.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	.98	.90	.90
29	.91	.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	.98	.90	.89
30	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
31	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
32	.89	.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	.98	.88	.87
33	.88	.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	.97	.88	.86
34	.88	.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	.97	.87	.86
35	.87	.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	.97	.86	.85
36	.87	.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	.97	.86	.84
37	.86	.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	.97	.85	.83
38	.85	.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	.96	.84	.83
39	.85	.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	.96	.84	.82
40	.84	.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	.96	.83	.81
41	.83	.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	.96	.82	.80
42	.82	.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	.95	.82	.79
43	.81	.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	.95	.81	.77
44	.81	.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.30	1.20	1.04	.95	.80	.76
45	.80	.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	.94	.79	.75
46	.79	.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	.94	.79	.74
47	.77	.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	.93	.78	.73
48	.76	.80	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	.93	.77	.72
49	.75	.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	.93	.76	.71
50	.74	.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	.92	.76	.70
Lat. S.												
5	1.06	.95	1.04	1.00	1.02	.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10	1.08	.97	1.05	.99	1.01	.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15	1.12	.98	1.05	.98	.98	.94	.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20	1.14	1.00	1.05	.97	.96	.91	.95	1.99	1.00	1.08	1.09	1.15
25	1.17	1.01	1.05	.96	.94	.88	.93	.98	1.00	1.10	1.11	1.18
30	1.20	1.03	1.06	.95	.92	.85	.90	.96	1.00	1.12	1.14	1.21
35	1.23	1.04	1.06	.94	.89	.82	.87	.94	1.00	1.13	1.17	1.25
40	1.27	1.06	1.07	.93	.86	.78	.84	.92	1.00	1.15	1.20	1.29
42	1.28	1.07	1.07	.92	.85	.76	.82	.92	1.00	1.16	1.22	1.31
44	1.30	1.08	1.07	.92	.83	.74	.81	.91	.99	1.17	1.23	1.33
46	1.32	1.10	1.07	.91	.82	.72	.79	.90	.99	1.17	1.25	1.35
48	1.34	1.11	1.08	.90	.80	.70	.76	.89	.99	1.18	1.27	1.37
50	1.37	1.12	1.08	.89	.77	.67	.74	.88	.99	1.19	1.29	1.41

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
SOMMAIRE	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
.....	vii
LISTE DES PHOTOS.....	ix
LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES	x
INTRODUCTION GENERALE.....	1
Introduction	2
0.1 Contexte général et justification de l'étude	2
0.1.1 Contexte.....	2
0.1.2 Justification de l'étude.....	3
0.2 Délimitation du sujet	3
0.2.1 Délimitation Thématique.....	3
0.2.2 Délimitation temporelle.....	3
0.2.3 Délimitation spatiale	3
.....	5
0.3 Problématique.....	6
0.4 Questions de recherche.....	6
0.4.1 Question principale.....	6
0.4.2 Questions spécifiques	6
0.5 Objectifs de la recherche	6
0.5.1 Objectif principal	6
0.5.2 Objectifs spécifiques.....	7
4) Analyser les mesures actuelles de lutte contre les inondations, identifier les failles et y apporter des solutions supplémentaires.	7
0.6 Hypothèse de la recherche	7
0.6.1 Hypothèse principale	7
0.6.2 Hypothèses spécifiques.....	7

0.7	Intérêts de la recherche	8
0.7.1	Intérêt scientifique	8
0.7.2	Intérêt socio-économique	8
0.7.3	Intérêts Institutionnel	8
	Faire reculer la frontière de la connaissance dans le domaine des études universitaires. Elle permettra également d'aider d'avantage les pouvoirs publics dans la prise de décision en faveur de la protection des populations.	8
0.7.4	Intérêt personnel :	8
0.8	Revue de la littérature.....	8
0.8.1	Croissance urbaine et risque d'inondation.....	9
0.8.2	Inondations à Douala	9
0.8.3	Lutter contre les inondations.....	10
0.8.4	Vulnérabilité	11
0.8.5	Résilience.....	12
0.8.6	Perception du risque.....	12
0.9	Cadre conceptuel et théorique	13
0.9.1	Cadre conceptuel	13
0.9.1.1	Le bassin versant	14
0.9.1.2	Le bilan hydrologique	14
0.9.1.3	Le risque d'inondation	14
0.9.1.4	La vulnérabilité	15
0.9.1.5	Hydrogramme de crue.....	16
0.9.1.6	Résilience	17
0.9.1.7	Perception du risque d'inondation.....	17
0.9.1.8	Aménagement.....	17
0.9.2	Cadre théorique.....	18
0.9.2.1	Théorie de l'hydrogramme unitaire	18
0.10	Méthodologie.....	19
0.10.1	Démarche méthodologique.....	19
0.10.2	L'approche méthodologique.....	19
0.10.3	Collecte des données	19
0.10.3.1	Données de source secondaire.....	20
0.10.3.1.1	Compilation documentaire	20
0.10.3.1.2	Recherche sur internet	20

0.10.3.2 Données de source primaire	21
0.10.3.2.1 Les données hydrométriques.	21
0.10.3.2.2 Les données géomorphologiques, hydrographiques et géométriques	21
0.10.3.2.3 Les données relatives aux impacts des inondations sur les populations.....	22
0.10.3.3 Les données de surface	25
0.10.4 Traitement des données	25
0.10.4.2 Les données hydrométriques	26
0.10.4.3 Les données géomorphologiques et pédologiques	26
0.10.4.4 Les données hydrographiques	26
0.10.4.4.2 Densité de drainage	26
0.10.4.4.3 Densité hydrographique.....	27
0.10.4.4.4 Rapport de confluence	27
0.10.4.4.5 Rapport de longueur	27
0.10.4.4.6 Coefficient de Torrentialité	27
0.10.4.5 Les données géomorphologiques	28
0.10.4.5.2 Calcul de l'altitude moyenne	28
0.10.4.5.3 Calcul de la pente moyenne.....	28
0.10.4.5.4 Calcul de l'indice de pente globale.....	28
0.10.4.6 Les données relatives aux impacts des inondations sur les populations riveraines.	29
0.10.5 Analyse de données.....	29
0.10.5.1 Les données météorologiques	29
0.10.5.2 Les données géomorphologiques du bassin versant.....	29
0.10.5.3 Les données issues des entretiens.....	29
0.10.5.4 Analyse de la vulnérabilité.....	30
0.10.5.5 Analyse des risques d'inondations	32
0.11 Difficultés rencontrées.....	33
0.11.1 Difficulté d'acquisition des données	33
0.11.2 Difficultés dans le traitement des données	34
CHAPITRE 1 : CARACTERISATION DU BASSIN DE TONGO BASSA ET DE SES INONDATIONS	37
Introduction	37
1.1 Les caractéristiques du bassin de Tongo Bassa	37
1.1.1 Les caractéristiques géométriques du bassin versant	37

1.1.1.1 La superficie et le périmètre	37
1.1.1.2 La forme	40
1.1.2 Les états de surface.....	40
1.1.2.1 Le couvert végétal	40
1.1.2.2 Nature du sol (texture et perméabilité).....	41
1.1.2.3 Présence de plan d'eau	42
1.1.3 Caractéristiques géomorphologiques	42
1.1.3.1 Les altitudes.....	43
1.1.3.2 Le relief.....	46
1.1.4 Caractérisation hydrographique.....	50
1.1.4.1 La typologie du réseau hydrographique	51
1.1.4.2 La numérotation des cours d'eau du bassin de Tongo Bassa.....	51
1.1.4.3 Longueur du cours d'eau principal.....	53
1.1.4.4 Pentes du cours d'eau principale	53
1.1.4.5 Méandres et sinuosité.....	53
1.1.4.6 Densité de drainage	54
1.1.4.7 Rapport de confluence	55
1.1.4.8 Rapport de longueur	55
1.1.4.9 Fréquence des cours d'eau.....	56
1.1.4.10 Coefficient de torrentialité.....	56
1.1.5 La géologie de son substratum.....	56
1.1.6 Récapitulatif des caractéristiques du bassin de Tongo Bassa.....	57
1.2 Caractérisation des inondations dans le bassin de Tongo Bassa	59
1.2.1 Variabilité spatiale des inondations dans le bassin de Tongo Bassa	59
1.2.2 Variabilité temporelle des inondations	61
1.2.2.1 Analyses mensuelle des inondations	61
CONCLUSION	65
CHAPITRE 2 : LES FACTEURS AGRAVANT DES INONDATIONS	66
Introduction	66
2.1 Le facteur climatique	66
2.1.1 Le régime pluviométrique moyen annuel de 1990 à 2019	67
2.1.2 Evolution moyenne mensuelle des précipitations de la saison sèche (Décembre et Janvier)	67

2.1.3 Evolution des précipitations moyennes mensuelles de la saison pluvieuse (Juillet, Août et Septembre).....	69
2.1.4 Fluctuations des moyennes pluviométriques à l'échelle pintade.....	72
2.1.5 Fluctuations décennales	73
2.1.6 Régimes des précipitations mensuelles de quelques années.....	73
2.1.7 Régime pluviométrique moyen annuel	75
2.1.8 L'évapotranspiration dans le bassin	76
2.2 Le forçage anthropique.....	77
2.2.1 L'urbanisation dans le bassin de Tongo Bassa	78
2.2.2 Evolution des modes d'occupation du sol	79
2.2.2.1 Evolution des surfaces agricoles.....	79
2.2.2.2 Evolution de la voirie et de l'espace bâti.....	79
2.2.2.3 Evolution du couvert végétal	80
2.2.3 Construction anarchique et inondations.....	87
2.2.3.1 Occupation du lit majeur	87
2.2.3.2 Obstruction des canaux d'évacuation.....	87
3.3 Construction en plein cours d'eau	89
2.2.3.4 Secteurs sans canalisation	89
2.2.3.5 Occupation des zones marécageuses.....	90
2.3 L'influence du Wouri et des marées sur les inondations.....	91
CONCLUSION	92
CHAPITRE 3 : IMPACT DES INONDATIONS SUR LES POPULATIONS RIVERAINES	94
Introduction	94
3.1 Perception du risque d'inondation par les populations du bassin de Tongo Bassa.	94
3.2 Analyse de la vulnérabilité	95
3.2.1 Vulnérabilité physique du bassin de Tongo Bassa	96
3.2.2 Vulnérabilité économique du bassin de Tongo Bassa.	98
3.2.2.1 Le bassin de Tongo Bassa : un territoire économiquement vulnérable.....	98
3.2.2.2 Pauvreté et vulnérabilité des populations de Tongo Bassa	99
3.2.2.3 Vulnérabilité des activités économiques dans le bassin de Tongo Bassa.....	99
3.2.2.4. Vulnérabilité des sources d'énergie utilisées dans le bassin de Tongo Bassa.....	100
3.2.3 Vulnérabilité sociale du bassin de Tongo Bassa	101
3.2.3 La vulnérabilité des composantes environnementales du bassin de Tongo Bassa	

3.3 Impacts des inondations.....	106
3.3.1 Impacts économiques	106
3.3.1.1 Perturbation du commerce.....	106
3.3.1.2 Perturbation du transport	107
3.3.2 Impacts sociaux	107
3.3.2.1 Destruction de l’habitat	107
3.3.2.2 Perturbation de l’éducation.....	110
3.3.2.3 Perturbation du système de santé.....	111
3.3.3 Impacts environnementaux.....	112
3.3.3.1 Dégradation des aires récréatives	112
CONCLUSION	114
CHAPITRE 4 : STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS DANS LE BASSIN DE TONGO BASSA	116
Introduction	116
4.1 Etat des lieux des mesures existantes	116
4.2 Les mesures à promouvoir pour lutter contre les inondations.....	123
4.2.1 Les mesures structurelles.....	123
4.2.1.1 Les bassins de rétention.....	124
4.2.1.2 Les travaux de corrections et de régularisation des cours d’eau	124
4.2.1.3 Les digues et les levées.....	124
4.2.2 Les mesures non structurelles.....	125
4.2.2.1 Intégration de l’inondation dans le processus d’urbanisation	125
4.2.2.2 Améliorer le système de surveillance météorologique.....	126
4.2.2.3 Renforcement de l’application du plan de Contingence.....	126
4.2.2.4 La mise en œuvre du plan d’urgence.....	126
4.2.2.5 Mettre en place un mécanisme de réhabilitation	127
4.2.2.6 Le Curage régulier des drains	128
4.2.2.7 Améliorer le system de collecte des ordures ménagères	128
4.2.2.8 La mise à jour des drains et autres ouvrages anti inondations.....	128
4.2.2.9 Améliorer la sensibilisation des populations.....	129
CONCLUSION	130
CONCLUSION GENERALE.....	131
.....	131
BIBLIOGRAPHIE	133

ANNEXE cxxxiv
TABLE DES MATIERES cxxxiv