FACULTE DES LETTRES, ARTS ET SCIENCES HUMAINES (FLASH)

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES (FAST)

Université d'Abomey-Calavi (UAC)

Ecole Doctorale Pluridisciplinaire (EDP)
« Espace - Culture - Développement »

Chaire UNESCO Sciences, Technologie et Environnement (CUSTE)

N° d'enregistrement……. - 14/EDP/GE

THESE DE DOCTORAT UNIQUE

Filière : Géographie et Gestion de l'Environnement

Option : Géosciences de l'environnement et Aménagement de l'espace

STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS DANS LE GRAND COTONOU : DIAGNOSTIC ET ALTERNATIVE POUR UNE GESTION DURABLE

Présenté par : BLALOGOE Cocou Parfait
Pour l'obtention du Diplôme de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey – Calavi (Bénin)

Sous la direction de :

Benoît Damien N'BESSA, Professeur Emérite**,** Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
et de :
Euloge OGOUWALE, Maître de Conférences, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Soutenue publiquement le 20 juin 2014 devant le jury composé de :

Président :	**Michel BOKO**	Professeur Titulaire, Université d'Abomey-calavi (Bénin)
Rapporteurs :	**Benoît N'BESSA**	Professeur Emérite, Université d'Abomey-calavi (Bénin)
	Euloge OGOUWALE	Maître de Conférences, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
Examinateur :	**Euloge AGBOSSOU**	Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
Examinateur :	**Yolande OFOUEME BERTON**	Professeur Titulaire, Université Marien N'Gouabi de Brazzaville (Congo)
Examinateur :	**Odile GUEDEGBE DOSSOU**	Maître de Conférences, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Mention : Très Honorable

Sommaire

Sommaire 2
Dédicace 3
Liste des sigles et acronymes 4
Remerciements 8
Résumé 10
Summary 11
Introduction 12
PREMIERE PARTIE:CADRE THEORIQUE ET DEMARCHE POUR L'ANALYSE DE LA GESTION DES INONDATIONS 15
CHAPITRE I: ETAT DES CONNAISSANCES, PROBLEMATIQUE ET CLARIFICATION DES CONCEPTS 16
1.1. Etat des connaissances 16
1.2. Problématique 24
1.3. Clarification des concepts 30
Conclusion partielle 42
CHAPITRE II : APPROCHE METHODOLOGIQUE DE L'ETUDE 43
2.1. Données utilisées 43
2.2. Collecte des données 46
2.3. Traitement des données et analyse des résultats 55
Conclusion partielle 64
DEUXIEME PARTIE:FONDEMENTS ET MANIFESTATIONS DES INONDATIONS 65
CHAPITRE III : FONDEMENTS NATURELS ET HUMAINS DES INONDATIONS DANS LE GRAND COTONOU 66
3.1. Facteurs biophysiques des inondations 66
3.2. Facteurs humains et sociaux amplificateurs des inondations 91
Conclusion partielle 101
CHAPITRE IV : DYNAMIQUE DES INONDATIONS DANS LE GRAND COTONOU ..... ET IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES 102
4.1. Manifestation et évolution des inondations 102
4.2. Incidences des inondations 107
Conclusion partielle 124
TROISIEME PARTIE :MECANISME DE GESTION ET MESURES ALTERNATIVES .. POUR UNE GESTION DURABLE DES INONDATIONS 126
CHAPITRE V : MESURES DE GESTION DES INONDATIONS 127
5.1. Actions développées par les populations 127
5.2. Politique communale de gestion des inondations 130
5.3. Mesures étatiques de gestion des inondations 142
Conclusion partielle 162
CHAPITRE VI : MESURES ALTERNATIVES POUR UNE GESTION DURABLE DES INONDATIONS DANS LE GRAND COTONOU 163
6.1. Création d'une agence intercommunale de gestion des inondations 163
6.2. Composantes du modèle de Gestion Intégrée et Durable des Inondations (GIDI) 165
6.3. Promotion des techniques alternatives de construction d'infrastructures decollecte et d'évacuation des eaux pluviales 174
6.4. Aménagement d'ouvrages de protection 178
6.5. Mesures de prévision des inondations 180
Conclusion partielle 182
Conclusion 183
Bibliographie 186
Liste des figures 214
Liste des tableaux 216
Liste des photos et planches 217
ANNEXES 218
Table des matières 239

Dédicace

A :

- ma mère, Marcelline Oumè EHOUISOU et mon père, Marcel BLALOGOE. Ceci est l'un des fruits de vos efforts.
- ma chère épouse Isabelle Akoua DOSSOU, en signe d'amour et de reconnaissance, mes enfants Orden, Hermine, Hermione et Elihu.

Liste des sigles et acronymes

ABE	:	Agence Béninoise pour l'Environnement
ACA	:	Agence de Coopération et d'Aménagement
AGETIP	:	Agence d'Exécution des Travaux d'Intérêt Public
AGETUR	:	Agence d'Exécution des Travaux Urbains
ASECNA	:	Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar
BCEOM	:	Bureau Central des Etudes d'Outre-Mer
CBDD	:	Centre Béninois de Développement Durable
CCCI/3CI	:	Cotonou en Campagne Contre les Inondations
CCF	:	Centre Culturel Français
CNC	:	Comité National de Crise
CNPC	:	Comité National de Protection Civile
CCNUCC	:	Convention-Cadre des Nations Unies pour les Changements Climatiques
CEDA	:	Centre d'Etudes pour le Développement de l'Afrique
CEDEAO	:	Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest
DAT	:	Délégation à l'Aménagement du Territoire
DAVU	:	Direction de l'Assainissement et des Voies Urbaines
DEBAFOC	:	Programme de Délimitation des Bas-fonds de Cotonou
DEPONAT	:	Déclaration de Politique Nationale d'Aménagement du Territoire
DGAT	:	Département de Géographie et Aménagement du Territoire
DGDU	:	Direction Générale du Développement Urbain
DGE	:	Direction Générale de l'Environnement
DGEau	:	Direction Générale de l'Eau
DGURF	:	Direction Générale de l'Urbanisme et de la Réforme Foncière
DHC	:	Direction de l'Habitat et de la Construction
DLEC	:	Direction de la Lutte contre l'Erosion Côtière
DPDM	:	Direction de la Prospective et du Développement Municipal
DPIML	:	Direction de la Promotion Immobilière et des Matériaux Locaux
DSEF	:	Direction des Services Economiques et Financiers

DSM	:	Déchets Solides Ménagers
DSO	:	Document de Stratégie Opérationnelle
DSRP	:	Document de Stratégie de Réduction de la Pauvreté
DST	:	Direction des Services Techniques
DUA	:	Direction de l'Urbanisme et de l'Assainissement
EPAC	:	Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi
ETP	:	Evapotranspiration Potentielle
FED	:	Fonds Européen de Développement
FIDES	:	Fonds d'Investissement pour le Développement Economique et Social
FSA	:	Faculté des Sciences Agronomiques
GIEC	:	Groupe Intergouvernemental d'Etude sur le Climat
GIGG	:	Groupement IGIP, GKW et GRAS
GPS	:	Global Positionning System
IGN	:	Institut Géographique National
INC	:	Institut National de la Cartographie
INSAE	:	Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique
IPCC	:	Intergouvernemental Panel on Climate Changes
IPH	:	Indice de Pauvreté Humaine
LABEE	:	Laboratoire de Biogéographie et Expertise Environnementale
LEDUR	:	Laboratoire d'Etudes des Dynamiques Urbaines et Régionales
MAEP	:	Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche
MCL	:	Maison des Collectivités Locales
MCOT	:	Mairie de Cotonou
MEHU	:	Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme
MEPN	:	Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature
MISD	:	Ministère de l'Intérieur, de la Sécurité et de la Décentralisation
MMEH	:	Ministère des Mines, de l'Energie et de l'Hydraulique
MPREPE	:	Ministère du Plan, de la Restructuration Economique et de la Promotion de l'Emploi
MTPT	:	Ministère des Travaux Publics et des Transports

MUHRFLEC	:	Ministère de l'Urbanisme, de l'Habitat, de la Réforme Foncière et de la Lutte contre l'Erosion Côtière
NLTPS	:	Etudes Nationales de Perspectives à Long Terme
OCDE	:	Organisation de Coopération et de Développement Economique
OCHA	:	Organisation des Nations Unies pour la Coordination des Affaires Humanitaires
OMD	:	Objectif du Millénaire pour le Développement
OMS	:	Organisation Mondiale de la Santé
ONG	:	Organisation Non Gouvernementale
ONU	:	Organisation des Nations Unies
ORSEC	:	Organisation des Secours
PAE	:	Plan d'Action Environnementale
PAZH	:	Programme d'Aménagement des Zones Humides
PDC	:	Plan Développement Communal
PDES	:	Plan de Développement Economique et Social
PDM	:	Partenariat pour le Développement Municipal
PGDSM	:	Projet de Gestion des Déchets Solides Ménagers
PDU	:	Plan Directeur d'Urbanisme
PGU	:	Projet de Gestion Urbaine
PGUD	:	Projet de Gestion Urbaine Décentralisée
PIB	:	Produit Intérieur Brut
PNRRC- ACC	:	Plate-forme Nationale de Réduction de Risques de Catastrophes et d'Adaptation aux Changements Climatiques
PNUD	:	Programme des Nations Unies pour le Développement
PNUE	:	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
POS	:	Plan d'Occupation du Sol
PRGU	:	Projet de Réhabilitation et de Gestion Urbaine
PTF	:	Partenaires Techniques et Financiers
PU	:	Plan d'Urbanisme
PUB	:	Projet d'Urbanisme en République du Bénin
SAH	:	Service d'Aménagement et d'Habitat
SCET-COOP	:	Société Centrale pour Equipement du Territoire - Coopération

SDAC	:	Schéma Directeur d'Aménagement de la Commune
SDAL	:	Schéma Directeur d'Aménagement du Littoral
SDAU	:	Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme
SERHAU-SA	:	Société d'Etude Régionale d'Habitat et d'Aménagement Urbain-Société Anonyme
SERHAU-SEM	:	Société d'Etude Régionale d'Habitat et d'Aménagement Urbain - Société à Economie Mixte
SIG	:	Système d'Information Géographique
SNADT	:	Schéma National d'Aménagement et de Développement du Territoire
SNG	:	Structure Non Gouvernementale
SNU	:	Système des Nations Unies
SONAGIM	:	Société Nationale de Gestion Immobilière
SONEB	:	Société Nationale des Eaux du Bénin
SPREV	:	Service de la Prévention des Risques, Espaces Verts et cadre de vie
SSC	:	Schéma de Services Collectifs
UNISDR	:	Stratégie Internationale de Prévention des Catastrophes, Nations Unies
SWOT	:	Strenght, Weaknesses, Opportunities and Threats
ZAD	:	Zone d'Aménagement Différé
ZEP	:	Zone d'Environnement Protégé
ZIF	:	Zone d'Intervention Foncière
ZUP	:	Zone à Urbaniser en Priorité

Remerciements

La réalisation d'un travail de thèse est certes une démarche personnelle, mais elle ne saurait se concrétiser en dehors d'un environnement favorable. Je tiens à remercier sincèrement tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la création et la consolidation de cet environnement. Je suis reconnaissant envers mon Seigneur Jésus-Christ pour sa protection et sa grâce divine.

Je présente toute ma gratitude à mon Directeur de thèse, le Professeur émérite Benoît N'BESSA, pour la confiance qu'il a placée en moi en acceptant de m'intégrer dans l'équipe de recherche du Laboratoire des Dynamiques Urbaines et Régionales (LEDUR). Aussi, voudrais-je le remercier pour la qualité de son encadrement et l'encouragement qu'il m'a apporté tout au long de cette thèse. J'ai été à la fois très heureux et honoré d'avoir travaillé avec lui.

Je remercie également le Professeur Michel BOKO, Directeur de l'Ecole Doctorale Pluridisciplinaire "Espaces, Sociétés et Développement " qui m'a fait constamment renaître de mes errements et de ma lassitude. Ses remarques objectives et pertinentes, ses précieux conseils ont été d'une grande utilité dans l'aboutissement de cette thèse. Monsieur le Professeur, vous constituez une référence pour ma génération pour laquelle vous demeurez le mentor. Les mots me manquent en cette circonstance, pour vous exprimer mes sentiments. Je vous prie tout simplement d'accepter mes profonds et sincères remerciements.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit du Docteur Euloge OGOUWALE, Maître de Conférences, qui a accepté de codiriger ce travail malgré ses occupations. Votre contribution scientifique dans la réalisation de cette recherche a été d'une importance capitale. Qu'il vous plaise d'accepter l'expression de ma profonde gratitude.

J'adresse mes sincères gratitudes aux Professeurs Euloge AGBOSSOU, Directeur du Laboratoire d'Hydraulique et de Maîtrise de l'Eau de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) ; Christophe HOUSSOU ; Constant HOUNDENOU ; Odile DOSSOU-GUEDEGBE ; tous du Département de Géographie de l'Université d'Abomey-Calavi et Gabriel Kwami NYASSOGBO de l'Université de Lomé (Togo) pour vos précieuses contributions dans la finalisation de ce document.

J’exprime aussi mes remerciements à Messieurs le Professeur Placide CLEDJO et les Docteurs Ibouraïma YABI, Expédit VISSIN, Gervais ETENE et Toussaint VIGNINOU pour leurs observations, suggestions dans la conduite des travaux de recherche. Veuillez trouver ici l’expression de ma profonde gratitude.

Mes remerciements vont également à l’endroit de tous les autres enseignants du Département de Géographie notamment :

- Docteurs Brice TENTE, François C. TCHIBOZO, Germain GONZALLO, José GNELE, pour leurs conseils ;
- les membres du jury pour avoir accepté de prendre le temps d’évaluer ce travail et d’effectuer le déplacement ;
- les collègues et amis des différents laboratoires du Département de Géographie et Aménagement du Territoire, pour leur collaboration ;

Je souhaiterais aussi remercier vivement l’ensemble des personnes qui ont accepté de me recevoir et de se soumettre aux entretiens. Elles m’ont non seulement réservé un accueil chaleureux et bienveillant, mais m’ont fait part de nombreux documents et contacts sans lesquels ce travail n’aurait pu être possible. Il s’agit notamment des responsables et agents des services administratifs et techniques des mairies de Cotonou, de Porto-Novo, d’Abomey-Calavi, de Sèmè-Podji, de Ouidah et des structures déconcentrées.

Mes parents ont toujours été d’un soutien sans faille : je leur exprime ici toute mon affection.

Pour finir, je voudrais mentionner ici les enseignants, qui depuis ma plus petite enfance, m’ont transmis le goût du savoir et de la connaissance. Je n’ai pas ici les mots pour dire combien ils ont changé ma vie en me donnant l’envie et les moyens d’aller toujours un peu plus loin à chaque étape. Ils sont si nombreux que je ne peux les nommer ici, mais ce travail n’existerait pas sans eux.

J’oublie certainement des gens, qui, d’une manière ou d’une autre, ont participé à l’élaboration de cette thèse. Qu’ils m’en excusent et qu’ils soient remerciés du fond de mon cœur.

Résumé

Depuis quelques décennies, le Grand Cotonou est marqué par des inondations avec une terrible amplification dans le temps et dans l'espace. Quelques gouttes d'eau suffissent pour que le Grand Cotonou soit complètement inondé. Cette situation sera davantage exacerbée par les perturbations climatiques. Face à cela, autorités et populations locales développent des stratégies d'adaptation. Mais, la plupart de ces stratégies sont peu résilientes. La présente recherche les stratégies de gestion des inondations dans le Grand Cotonou dans une perspective de développement urbain durable.

La démarche utilisée a combiné la recherche quantitative et qualitative. En effet, les données pluviométriques de 1951-2010 ont été analysées au moyen d'outils statistiques appropriés (indice pluviométrique, fréquence et ampleur des années excédentaires). En outre, les investigations documentaires et socio-anthropologiques ont été réalisées pour appréhender les stratégies développées par les autorités et les populations. Le diagnostic de la situation de gestion des inondations a été réalisé grâce à la Recherche Action Participative (RAP). Le traitement des données a été réalisé à l'aide du logiciel SPSS. Le modèle SWOT a été utilisé pour analyser les différentes stratégies développées.

Les manifestations pluvio-orageuses des cinq dernières décennies ont occasionné des inondations sans précédent dans l'histoire récente du Grand Cotonou. L'analyse des données pluviométriques montre que les hauteurs de pluies des années 1960 ont été globalement supérieures à celles des années 2000. Pourtant, la dernière décennie a enregistré plus d'inondations. Au delà des hauteurs de pluies, les caractéristiques physiques du sol (faible altitude du relief, imperméabilité des sols), l'occupation individuelle du sol, l'obstruction des exutoires naturels ainsi que l'insuffisance d'un réseau viaire d'assainissement expliquent la réduction des surfaces réceptrices susceptibles d'accélérer l'infiltration et par conséquent l'accumulation des eaux pluviales dans les concessions. De 8,41 % de personnes touchées avant 1990 dans la région, on est à plus de 71,58 % au cours de la dernière décennie.

Face aux inondations, les autorités et les populations développent des stratégies d'adaptation. Les autorités éditent des textes de loi et mettent en place des cadres institutionnels de gestion. Pendant les inondations, elles déplacent certains sinistrés (2 % des enquêtés) vers les infrastructures socio-communautaires et distribuent également des moustiquaires, médicaments et vivres (41, 6 % des personnes interrogées).

Les populations quant à elles, développent des stratégies telles que la mise en hauteur des objets (35 %), la construction des digues et la pose des sacs de jutes remplis de sable (23 %), le déménagement temporaire des maisons inondées (7 %). Avant et après la crise, 10 % des ménages sinistrés réalisent des travaux de colmatage des murs.

Toutes ces stratégies sont peu efficaces au regard de l'ampleur des inondations et ne s'inscrivent pas dans la dynamique de développement durable du Grand Cotonou. C'est pourquoi, des stratégies durables pour limiter les risques d'inondation ont été élaborées. Ces stratégies concernent la création d'une agence de gestion et la mise en œuvre d'un modèle GIDI dont les grands axes sont l'élaboration d'un plan de prévention des risques d'inondation, la promotion des techniques alternatives de construction d'infrastructures de collecte et d'évacuation des eaux pluviales au niveau des ménages et la culture du risque.

Mots clés : Grand Cotonou, inondation, stratégies, diagnostic, gestion durable

Summary

In recent decades, the Greater Cotonou is marked by terrible floods with amplification in time and in space. Few drops of water are enough for the Greater Cotonou to be completely flooded. This situation becomes warse with climate change. In response, local authorities and populations develop adaptation strategies. But, most of these strategies are not conclusive. This study analyzes the strategies of flood management in Greater Cotonou in a perspective of sustainable urban development.

The approach combined quantitative and qualitative research. Rainfall data from 1951-2010 were analyzed using appropriate statistical tools (rainfall index, frequency and magnitude of surplus years). In addition, socio-anthropological surveys have been conducted to understand the strategies developed by the authorities and populations. The diagnosis of the situation of flood management was achieved through Participatory Action Research (PAR). Data processing was performed using the SPSS software. The SWOT model was used to analyze the different strategies developed.

The rainstorm events of the past five decades have caused huge flooding in the recent history of Greater Cotonou. The analysis of rainfall data shows that rainfall amounts of 1960 were generally higher than those of the 2000s. Yet the last decade has recorded more floods. Beyond the heights of rainfall, soil physical characteristics (low altitude terrain , soil permeability) , individual land , obstruction of natural outlets and the lack of a rail system of draining explain reduction receiving surfaces to accelerate infiltration and therefore the accumulation of rainwater in coumpounds. From 8.41 % of people living in the region before 1990 more than 71.58 % were concerned in the last decade.

As far as floodings are concerned the authorities and people develop adaptation strategies. Authorities take the laws, set institutional frameworks for management. During floods, they move some disaster (1 % of respondents) to the socio-community infrastructures. They also distribute mosquito nets, medicines and food (41, 6 % of respondents).

As far as populations are concerned, they develop strategies such as setting up objects (35 %), the construction of dikes and installation of bags filled with sand (23 %), the temporary relocation of flooded houses (7 %). Before and after the crisis, 10% of affected households undertake patching walls work.

All these strategies are inefficient in terms of the extent of flooding and do not fit in the development of Greater Cotonou. That is why, sustainable strategies to reduce the risk of flooding have been developed. These strategies include the creation of a management agency and the implementation of a GIDI model whose major axes are developing a plan to prevent flood risk, the promotion of alternative construction technics to infrastructure for collection and disposal of storm water at the household level and risk culture.

Keywords: Greater Cotonou , flood , strategy, diagnosis, sustainable management

Introduction

Les inondations sont les catastrophes naturelles les plus fréquentes à l'échelle planétaire (Carry et Veyret, 1996 ; Berlioz et Quénet, 2000 ; Blanchard, 2008). Au cours des deux dernières décennies, plusieurs pays ont été gravement affectés en Amérique (Venezuela en 1999 ; États-Unis, 2005), en Asie (Bengladesh et Viêt-Nam en 2002) et en Europe (France, Allemagne en 2000).

En Afrique, les inondations créent chaque année de nombreuses victimes. Les inondations de 2007 ont touché 600 000 personnes en Afrique de l'Ouest. En 2009, les villes de Ouagadougou au Burkina Faso, d'Agadez au Niger et de Bamako au Mali, ont subi des inondations suite à des évènements pluvieux exceptionnels qui ont eu lieu au cours du mois de septembre. Particulièrement à Ouagadougou, les inondations ont occasionné le déplacement de 150 000 habitants (OCHA, 2009). Partout, les inondations engendrent des ravages, des dégâts économiques et des pertes en vies humaines.

Les inondations de la période 2000-2010 ont été récurrentes parce que les conditions climatiques étaient favorables aux pluies diluviennes, à la pluviométrie abondante et répétitive (Blivi, 2013). Les études du GIEC (2012), de OCHA (2007) et le rapport sur le Développement Humain de 2010 insistent sur l'exacerbation des extrêmes et des risques climatiques, hydrologiques, etc. Selon World Bank (2008), bien que l'Afrique Subsaharienne ne soit pas une région de prédilection pour les catastrophes, sa plus grande vulnérabilité est liée aux facteurs physiques, sociaux, économiques et environnementaux qui affectent négativement la capacité des populations à sécuriser et protéger leurs activités génératrices de revenus.

Le rapport du GIEC (2007) souligne également que les villes côtières de l'Afrique subiront des inondations plus graves et plus fréquentes en raison de la concentration et de l'intensification des précipitations, de l'élévation du niveau des mers et océans. De plus, l'urbanisation crée des conditions favorables aux inondations en recouvrant le sol de revêtement de chaussées ou de trottoirs, de bâtiments et en construisant des canalisations d'évacuation urbaines, qui provoquent un ruissellement accéléré de l'eau vers les rivières par rapport aux conditions naturelles (Coeur, 2003 ; Fourchard, 2004). Or, les inondations urbaines sont très coûteuses et difficiles à gérer du fait du grand nombre des citadins et de la forte concentration des biens et

des services (Hubert et Ledoux, 2004 ; Griffen, 2006 ; Gideon, 2010). Les inondations de 2000 à Maputo au Mozambique, ont enregistrées 70 % des pertes humaines dans les zones urbaines avec un coût financier estimé à environ 250 millions d'euros (Magaia, 2011).

Au Bénin, les inondations prennent de l'ampleur en raison de la fréquence des pluies exceptionnelles et de l'occupation anarchique du sol (Ogouwalé, 2003 ; Houndakinou, 2005 ; Houndénou, 2011). L'urbanisation mal planifiée ou non maîtrisée peut aggraver les risques d'inondation en raison des changements inadaptés d'affectation des terres (N'Bessa, 1997 ; Gnélé, 2010). Au fur et à mesure que les villes se densifient et s'étalent pour accueillir toujours plus d'habitants, leur expansion donne souvent lieu à un développement anarchique qui contribue à l'amplification des inondations (Chocat, 1997 ; Afouda et Houanyè, 2004).

Selon Ogouwalé (2005), le Grand Cotonou semble être condamné de façon irréversible à subir les affres de l'inondation chaque année. Ce fléau jadis conjoncturel devient progressivement structurel. Pour OCHA (2009), la situation est préoccupante puisque l'inondation a des impacts insoupçonnables sur les populations forcées d'abandonner leurs activités avec les risques de maladies comme la diarrhée, le choléra, etc. Les enfants connaissent parfois la déscolarisation du fait de la submersion de leurs écoles (Allagbé, 2005).

Dès lors, la gestion du phénomène est devenue pour les autorités une préoccupation majeure au point où en juin 2009, le gouvernement du Bénin a déclaré ''l'état d'urgence sur les inondations'' et en septembre 2010 ''pays sinistré'', faisant ainsi appel à l'aide de la communauté internationale. Les coûts des dommages et des pertes résultant des inondations sont estimés à 120 milliards de francs CFA en 2010. Cette situation a eu une incidence de 0,8 % de fléchissement du Produit Intérieur Brut (SNU, 2011).

Face à cette situation, différentes réponses sont apportées aussi bien par les communautés locales que les structures publiques. Les populations sinistrées qui ne disposent pas de grands moyens, font, entre autres, des aménagements sommaires ou abandonnent momentanément leur domicile, le temps pour l'eau de se retirer (N'Bessa, 2008 ; LACEEDE, 2010). Du côté des autorités, de nombreux efforts sont

déployés dans le domaine de l'assainissement, sous la forme de projets. Pour Gnélé (2010), les autorités locales réalisent des collecteurs d'évacuation des eaux pluviales qu'elles essaient avec beaucoup de difficultés d'entretenir chaque année, à la veille de la saison pluvieuse.

En 2010, la Banque Mondiale dans son rapport sur les inondations a fait observer que les actions entreprises par les populations victimes des inondations, d'une part, les autorités municipales et nationales d'autre part, manquent de cohérence et d'appropriation par les uns et les autres. LEDUR (2010) s'inscrit dans la même veine pour montrer que les populations ne savent pas à quel moment il faut entreprendre les actions préventives. Les interventions des autorités communales souffrent quant à elles du manque d'adhésion des populations dont les opinions ne sont pas prises en compte. A cela s'ajoute le fait que les cadres et services techniques des municipalités travaillent en vase clos et ne sont pas outillés pour intégrer la dimension climatique dans leurs stratégies de lutte contre les inondations (Aïlo, 2010). Du reste, malgré les efforts conjoints des Mairies, du Gouvernement, des ONG nationales et internationales, la peine des populations est loin d'être soulagée.

La présente thèse est une contribution à l'analyse des stratégies de lutte développées par les différents acteurs pour faire face aux inondations dans le Grand Cotonou afin de proposer des alternatives de gestion.

Elle est structurée en trois parties subdivisées en six chapitres. La première partie regroupant deux chapitres est consacrée à l'analyse du cadre théorique et méthodologique de l'étude. Le premier chapitre présente l'état des connaissances, la problématique du sujet et la clarification des concepts. Le deuxième chapitre expose la démarche méthodologique suivie pour réaliser l'étude.

La deuxième partie comprend deux chapitres qui mettent en exergue les facteurs responsables des inondations et analyse la dynamique du phénomène. Ainsi, le troisième chapitre aborde les fondements naturels et humains des inondations tandis que le quatrième chapitre s'intéresse à la dynamique spatiale et temporelle du phénomène.

Enfin, la troisième partie comprend également deux chapitres. Le cinquième chapitre examine les actions engagées pour la gestion des inondations et le sixième chapitre propose des mesures de gestion durable du phénomène.

PREMIERE PARTIE:

CADRE THEORIQUE ET DEMARCHE POUR L'ANALYSE DE LA GESTION DES INONDATIONS

CHAPITRE I: ETAT DES CONNAISSANCES, PROBLEMATIQUE ET CLARIFICATION DES CONCEPTS

Ce chapitre est consacré à l'état des connaissances sur les inondations, à la problématique et à la clarification des concepts clés qui sont utilisés.

1.1. Etat des connaissances

La problématique de la gestion des inondations a été abordée par plusieurs auteurs dans différents pays du monde. Quelques résultats de ces études sont abordés dans cette rubrique.

1.1.1. Facteurs explicatifs, manifestations et conséquences des inondations

Pour Chocat (2004), deux causes majeures sont souvent avancées pour expliquer les inondations qui se produisent de plus en plus dans les milieux urbains :

- une anthropisation massive des bassins versants (modification des pratiques culturales, mutation de l'usage des sols, etc.), qui serait à l'origine d'une augmentation des ruissellements ;
- un changement climatique planétaire, dû en particulier aux gaz à effets de serre, qui serait à l'origine d'une augmentation de la fréquence des pluies intenses.

Selon Peerbolte (1994), bien que les inondations soient déclenchées par la survenance d'événements naturels, l'activité de l'homme y contribue souvent dans une grande partie. Il postule que l'ampleur croissante de cette catastrophe est amplifiée par l'action de l'homme par suite des pressions économiques, sociales, démographiques et environnementales énormes. C'est dans ce même contexte que s'inscrit Mbow (2010) pour affirmer que les inondations récurrentes dans les moyennes ou grandes villes sont plus liées à la présence humaine qu'aux précipitations. D'après ce dernier, les inondations annuelles que connaît la ville de Dakar sont le reflet de la croissance démographique explosive de la ville, de la pauvreté et de l'insuffisance des politiques d'aménagement urbain. Il souligne : « *Les habitants des zones rurales qui sont frappés par la pauvreté viennent s'installer sur des terres inadaptées à l'habitat où ils sont ensuite exposés à des inondations et d'autres catastrophes telles que les glissements de terrains ou les risques industriels* ». De même, pour Descroix (2012), les inondations de 2012, qui ont fait 81 morts et 525 000 déplacés au Niger, 137 décès et 35 000 déplacés au Nigéria et

des milliers de sinistrés dans d'autres pays de l'Afrique de l'Ouest et centrale sont dues à la pression démographique et à ses conséquences sur l'exploitation des terres. Selon cet auteur, les inondations qui ont frappé les pays riverains du fleuve Niger ne doivent pas être systématiquement attribuées à des précipitations exceptionnelles. Car, de telles précipitations ne sont pas inhabituelles en cette période de l'année, qui correspond à la saison des pluies pour cette région du monde. Il indique que certes les pluies sont fortes mais pas exceptionnelles. Ce sont « *les changements d'usage des sols qui sont à 90 % responsables des crues du fleuve Niger* ».

Malikir (1993) pour sa part, indique que les caractéristiques hydrogéologiques du bassin sédimentaire côtier et plus particulièrement celles du littoral à Cotonou interviennent dans la manifestation des inondations. Il a mentionné que le sens d'écoulement de la nappe souterraine de la région sédimentaire du bassin côtier est nord-sud avec un affleurement au niveau du cordon littoral qui favorise l'afflux d'une quantité importante d'eau vers le site de Cotonou. L'auteur a montré que le taux d'infiltration moyen calculé à partir de la méthode de Coutagne est de 84,3 mm/an sur le plateau et de 104 mm/an dans les cordons littoraux.

Par ailleurs, Adam (1998) a montré que la position géographique de la ville de Cotonou la rend vulnérable à l'augmentation du niveau marin. Il indique aussi que ce sont : l'affleurement de la nappe phréatique, la faible pente de la surface topographique, l'apport des eaux de ruissellement du nord Bénin accentué par la disparition accélérée de la couverture végétale ajoutée au système de pente du bassin versant de l'Ouémé, qui justifient ensemble une telle vulnérabilité.

Boton (1994), N'Bessa (1999) et Dossou-Yovo (2001) ont démontré que la densification de l'habitat dans l'agglomération de Cotonou imperméabilise le sol et augmente ainsi les ruissellements, qui à leur tour, alimentent l'inondation. Ils ont également montré que l'occupation du sol est parfois anarchique avec des installations dans des endroits marécageux bloquant parfois le système d'évacuation naturelle des eaux et générant des inondations dans la ville de Cotonou.

Au Bénin, les travaux du SNU (2011) ont permis de retenir que les inondations de 2010 ont affecté 55 communes à des degrés divers (sur les 77 que compte le pays).

Environ 680 000 personnes étaient touchées par cette catastrophe et 46 ont perdu leur vie. Plus de 55 000 maisons étaient endommagées, 455 écoles et 92 centres de santé partiellement ou complètement détruits. Les impacts sur la santé des populations résultant de la destruction des latrines, des équipements en eau potable et la retraite lente de l'eau sont énormes. Les inondations ont également perturbé le démarrage de l'année scolaire dans plusieurs communes et ont entraîné des pertes d'infrastructures socio-économiques, d'habitations et de cultures agricoles. La destruction des maisons, y compris les écoles et les centres de santé constitue un dommage de plus de 11 milliards F CFA et les pertes qui en résultent sont de plus de 445 millions FCFA (DPPC, 2010). Ces impacts affectent directement les ménages dans les communes les plus exposées, notamment celles urbaines.

Pour Gbaguidi (1998), les inondations surviennent chaque année pour compliquer l'existence des populations des agglomérations urbaines et rurales. Ceci est confirmé par LEDUR (2010) qui souligne que 56 % des habitations de l'agglomération de Cotonou sont régulièrement victimes des inondations. Pour Azonhito (1988) et Allagbé (2005), ces inondations sont source d'affections sanitaires des populations dans la ville et dans ses quartiers périphériques.

Selon Gnimagnon (2007), les inondations de l'année 1997 ont été particulièrement catastrophiques pour les populations. Elles ont été la cause de nombreuses maladies parmi lesquelles le paludisme représente à lui seul 33 % des affections infectieuses et parasitaires enregistrées au cours de cette année-là à Cotonou. Il constitue la première cause de décès chez les enfants de 0 à 4 ans. Il est suivi des affections gastro-entérites et des maladies diarrhéiques.

Guitchan (2006), a regroupé en trois catégories les dommages dus aux inondations. Il s'agit des:

- dommages directs : ils concernent les dommages physiques sur les habitations, infrastructures et équipements urbains dans les quartiers inondés ;
- dommages indirects qui sont liés aux perturbations du calendrier des activités économiques et autres pertes dues à l'inactivité pendant les inondations ;
- dommages sociaux qui regroupent les dommages sur la vie et la santé, les conditions sociales.

Les risques liés aux inondations seront davantage exacerbés par les changements climatiques.

1.1.2. Changements climatiques et inondation

Depuis quelques années, les changements climatiques et leurs impacts sur les différentes composantes biophysiques et sur l'environnement sont devenus des préoccupations de la communauté scientifique internationale (GIEC, 2007). La fréquence des inondations et la diminution des écoulements en rivière font notamment l'objet d'une attention particulière (Douglas *et al*., 2000 ; Reynard *et al*., 2001; Evans et Schreider, 2002 ; Monirul *et al*., 2003). Beaucoup de ces travaux s'appuient sur des modèles de simulation climatique basés sur un doublement de dioxyde de carbone (CO_2), et ce afin de prévoir les impacts des changements globaux sur les régimes hydrologiques à long terme. Les résultats de ces modèles varient beaucoup d'une région à l'autre, indiquant soit une augmentation, soit une diminution des précipitations, affectant à divers degrés le régime d'écoulement des rivières et les risques d'inondation (Panagoulia et Dimou, 1997; Pielke et Downton, 2000 ; Muzik, 2001 ; Evans et Schreider, 2002).

Il ressort de ces travaux que les effets anticipés des changements climatiques sur les régimes hydrologiques sont difficilement quantifiables en raison des échelles considérées. Il importe d'aborder cette problématique à des échelles locales ou régionales pour mieux saisir les incidences climatiques sur les systèmes fluviaux. Cependant, Colin (2004) indique que les régimes climatiques actuels tendent à indiquer un réchauffement de la planète et une augmentation du nombre de phénomènes météorologiques extrêmes dont les précipitations. Cette idée est confirmée par André (2007) qui précise que, dans les régions tropicales, les extrêmes climatiques ont augmenté de fréquence depuis 1970 environ. Selon Lamarre (2008), quel que soit le scénario des experts de l'Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC), les conséquences sur la fréquence et la sévérité des précipitations sont attendues. Il souligne que des épisodes de sécheresse plus intenses alterneront avec des précipitations plus fortes. Pour Cazenave (2006), il convient de s'inquiéter davantage de la récurrence plus fréquente d'événements climatiques extrêmes (précipitations intenses et inondations) que de la hausse du niveau de la mer dans le cadre de l'adaptation aux changements climatiques. Pour l'auteur, les aléas occasionnés par les crues et les dégâts liés aux inondations

constituent les problèmes les plus graves pour la production agricole et la sécurité des populations installées dans les plaines inondables.

Au Bénin, plusieurs études sur le climat ont montré qu'au cours de ces dernières années, il y a eu de fortes fluctuations des précipitations, le démarrage tardif des pluies, la concentration des pluies sur de très courtes durées, une tendance à la hausse des températures (Boko, 1988 ; Afouda, 1990 ; Houssou, 1998 ; Houndénou, 1999 ; Ogouwalé, 2006). Boko (1988) fait remarquer que l'absence, la rareté, l'excès ou la mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies peuvent être générateurs de crises climatiques et économiques et très souvent aussi, d'instabilité sociale et politique. Aussi, Houndénou (1999) indique que les inondations au Bénin, notamment dans les agglomérations urbaines, permettent de se rendre compte de la durée d'apparition des événements climatiques exceptionnels dont la non maîtrise augmente la vulnérabilité des populations. En analysant les impacts environnementaux des pluies extrêmes dans la ville de Cotonou et ses environs, Houndakinnou (2005) souligne que la ville est marquée par une augmentation de la fréquence d'occurrence des événements pluvieux extrêmes sur la période 1931-2000. Pour ce dernier, cette croissance s'expliquerait par la diminution du nombre de jours de pluie et l'augmentation des hauteurs d'eau dans la partie méridionale du Bénin sur la période 1970-1990. Les pluies surviennent moins mais avec plus d'intensité.

1.1.3. Gestion des inondations

En matière de gestion des inondations, les Etats-Unis et l'Angleterre se distinguent par l'importance des recherches entreprises et le niveau de développement des méthodes de gestion et d'évaluation des inondations (Reliant et Hubert, 2004).

C'est aux Etats-Unis que la notion de gestion des plaines inondables (flood plain management) est apparue dans les années 1950 avec les travaux du géographe Gilbert White, véritable précurseur des recherches menées sur ce thème. Les États - Unis ont donné une place très importante à l'échelon fédéral dans la gestion des inondations. Le principal acteur de cette gestion est le Federation Emergency Management Agency (FEMA) et le levier d'action de cette agence est le National Flood Insurance Program (NFIP) (Barroca, Pottier, Lefort 2005).

En Angleterre, la gestion des inondations est divisée en une politique de protection

(flood defence) et une politique de maîtrise de l'urbanisation et de l'occupation des sols en zones inondables (floodplain management). La recherche est menée par le Flood Hazard Research Center ; un des premiers centres travaillant sur la problématique de gestion du risque d'inondation autour d'une équipe interdisciplinaire qui étudie plus spécialement les relations entre les inondations et la société. De nombreux types de dommages ont été étudiés, essentiellement au travers d'approches quantitatives telles que la construction de fonctions de dommages et l'analyse coûts/avantages.

En France, les risques naturels et particulièrement les inondations sont devenus un objet de politique publique à partir des années 1970, alors qu'ils n'étaient pas auparavant l'objet d'une gestion spécifique. Une analyse historique rapide d'un siècle et demi de gestion des inondations permet de constater que les politiques de gestion de ces risques se sont construites au fil du temps (Beucher, 2007). La première étape consistait à **une politique de sécurité** orientée vers des actions basées sur l'aléa ; que ce soit par construction d'ouvrages de protection essentiellement au travers de digues ou par des actions sur la couverture forestière des bassins versants, ensuite **une politique d'urbanisme**. En général, cette politique s'appuie à la fois sur la loi Barnier de 1995 qui a donné l'impulsion politique qui manquait et la loi Bachelot de 2003 qui a complété la panoplie des outils nécessaires à une bonne stratégie de réduction du risque inondation (Oufella, 2005 ; Iris, 2009).

En somme, les démarches entreprises par les pays du monde dans le cadre de la lutte contre les inondations sont nombreuses mais reposent sur quatre principes qui se présentent comme suit :

a) la réglementation. Elle prend en compte les actions anthropiques aboutissant à une modification substantielle du relief, à l'édification de toute construction en zones inondables ;

b) la prévention. Elle repose sur quatre grands axes :

- améliorer la connaissance du phénomène : un travail bibliographique est mené afin d'étudier les crues anciennes et modéliser l'impact du phénomène qui pourrait se produire dans le temps ;
- maîtriser l'urbanisation : la connaissance du risque est intégrée dans les documents d'urbanisme afin que des zones ne soient pas ouvertes à l'urbanisation lors d'un aléa potentiel capable d'impacter ces zones ;

- agir sur la limitation de l'aléa et de la vulnérabilité : pour l'aléa, il s'agit de travaux de ralentissement hydraulique. Et pour la vulnérabilité, encourager les autorités locales et les particuliers à prendre des mesures adoptées pour les habitations existantes.
- favoriser l'information des populations : grâce aux moyens disponibles.

c) la prévision. Elle s'articule autour de trois principes clés :

- le suivi du phénomène qui consiste à l'analyse des différentes zones susceptibles de subir une inondation, l'ampleur et la typologie de cette inondation ainsi que la délimitation précise des secteurs inondables ;
- la surveillance du phénomène par la mise en place d'un service d'annonce et d'alerte des crues ;
- la préparation de la crise : organisation et mise en œuvre des plans de secours.

d) le retour d'expériences. En analysant comment la gestion de crise s'est mise en œuvre et en étudiant ce en quoi l'événement qui s'est produit, apporte une nouvelle connaissance du risque.

Ces différentes mesures reposaient sur diverses positions scientifiques.

Metzger (2003) distingue deux types de mesures pour lutter contre les inondations : celles qui sont réputées "structurales" ou "techniques" et celles réputées "non structurales" ou "organisationnelles ". Les premières mesures font référence à toutes actions constructives visant à réduire le danger (niveau global) ou les dommages (niveau individuel). Il s'agit de la construction des réservoirs et bassins de rétention d'eau, des digues, de la modification du cours d'eau ou de son bassin versant, de l'amélioration du drainage ou de la protection du cours d'eau. Les deuxièmes mesures font référence à l'information du public, les aides financières. On retrouve dans cette catégorie les prévisions, les systèmes de surveillance et d'alerte, la planification de l'aménagement, l'assurance, l'information et l'éducation du public.

Par contre, Kane (2007) identifie deux types de mesures complémentaires dans la gestion des inondations. L'un d'eux concerne tout ce qui a trait à une meilleure efficacité dans la « gestion des crises ». Ce qui va de l'identification des zones potentiellement exposées aux mesures de suivi post catastrophes, en passant par les dispositifs d'annonce de crues et les plans d'alerte et d'évacuation. Cependant, il

constate que ces mesures perdent en efficacité quand les habitants concernés interprètent mal les messages qui leur sont transmis. Un second type de mesures regroupées sous le terme générique de « culture du risque » consiste à éduquer les individus pour les rendre plus réceptifs aux messages de prévention ou d'alerte. Mais au terme de son étude, il se rend bien compte que l'approche « gestion de crise » est plus curative que préventive. Il propose alors de développer simultanément une politique de prévention qui consiste à définir l'aménagement du territoire le plus pertinent pour ne pas s'exposer inconsidérément au risque tout en continuant à profiter des nombreux avantages que présentent ces zones occasionnellement inondables. Il s'inscrit alors dans le même ordre d'idées que Crausaz (2000). D'après ce dernier, un plan de réduction des risques liés aux inondations ne peut se limiter à la construction de mesures structurales globales, comme ce fut le cas jusqu'à présent, mais se doit d'être élaboré à partir d'un panachage de l'ensemble des mesures possibles.

Beucher et Reghezza-Zitt (2008) voient coexister sur un même espace de l'agglomération parisienne, deux enjeux de la gestion qui reposent sur deux échelles spatiales et deux logiques différentes. D'un côté, une problématique locale qui s'appuie toujours largement sur une gestion réglementaire et pyramidale où la politique est impulsée et imposée depuis l'échelon sommital, à savoir l'Etat. De l'autre, une gestion à une échelle plus globale, régionale, qui s'appuie davantage sur la régulation et la gouvernance. C'est ce système de gestion dualiste des inondations qui prévaut au Bénin notamment dans le Grand Cotonou.

Abordant les stratégies d'adaptation dans la ville de Cotonou, Jonhson (2009) indique que la gestion des inondations fait partie de la politique environnementale de la ville de Cotonou. L'auteur précise que l'une des activités principales de cette politique est l'opération Cotonou en Campagne Contre les Inondations (3CI) qui consiste à la mise en œuvre de plusieurs mesures réactives en période d'inondation. Pour finir, il note la faiblesse des mesures préventives des autorités locales dans la stratégie de lutte contre les inondations. Aussi les première et deuxième communications du Bénin sur les changements climatiques préconisent la mise en place d'un système d'alerte agro-météorologique pour faire face aux inondations.

Il ressort de cette synthèse bibliographique que de nombreux travaux scientifiques ont porté sur la question des inondations dans les villes. Ces études se sont intéressées aux causes, aux conséquences et aux mesures de gestion des inondations. Cependant, dans le secteur d'étude, les diverses études qui ont porté sur les stratégies développées par les différents acteurs pour lutter contre le phénomène, se sont limitées au constat des faiblesses des stratégies sans toutefois proposer des options durables de gestion. En outre, ces études n'ont pas pris en compte la nouvelle dynamique urbaine qui s'observe dans le littoral qui amène les communes de Ouidah, Abomey-Calavi, Sèmè-Podji et Porto-Novo à recevoir le trop plein démographique de la ville de Cotonou. D'où la nécessité de repenser la politique de développement urbain dans cet espace géographique pour éviter à la grande agglomération future de connaître les mêmes problèmes d'inondations que Cotonou. De même, les opportunités offertes par la décentralisation dans le cadre de l'intercommunalité n'ont jamais été prises en compte pour proposer des mesures de gestion des inondations.

1.2. Problématique

Elle comprend la justification du sujet, les hypothèses de travail et les objectifs de recherche.

1.2.1. Justification du sujet

La communauté internationale reconnaît que les concentrations accrues de gaz à effet de serre dans l'atmosphère imposent au climat des changements importants incluant un réchauffement d'origine naturelle et anthropique (IPCC, 2001 ; Bravard, 2007). Ces changements se traduisent par l'apparition et la fréquence des évènements climatiques extrêmes telles que les inondations et les sécheresses. Les inondations sont devenues les catastrophes naturelles les plus fréquentes (Berz, 2000 ; Hostache, 2006). Leur nombre a considérablement augmenté au cours des 20 dernières années (Wang, 2009 ; Amankwah et Caputo, 2011). Durant, la dernière décennie, des inondations dévastatrices se sont produites dans le monde entier : Amérique (Canada en 1996), en Asie (Chine en 2002, Pakistan en 2010, Sri Lanka et Philippines en 2010), en Europe (Hongrie et Tchécoslovaquie en 2000) au Queensland (Australie) et en Afrique (Mozambique en 2000 et 2001 ; Afrique du Sud en 2010) (OMS, OPS, UNISDR, 2011).

En Afrique de l'Ouest les inondations sont de plus en plus intenses ces dernières années (Diarra, 2010). Les années 2007, 2008, 2009 et 2010 sont significatives en pluviométrie considérablement accrue, provoquant des inondations dramatiques dans presque tous les pays (Boko et Afouda, 2013). Elles ont engendré d'importants dommages matériels et humains. Les évènements météorologiques extrêmes sont désastreux pour les communautés urbaines dépourvues de solutions lutte durables (OCHA, 2009 ; Gaye, 2009 ; Houndénou, 2011). Dans les zones urbaines, la vulnérabilité aux inondations est accentuée avec la croissance démographique, l'urbanisation rapide et incontrôlée de zones à risque (habitat spontané), la faiblesse des dispositifs de préparation et de réponses aux catastrophes, l'insuffisance des informations climatiques, les faibles capacités des institutions (GIEC 2001 et 2007 ; UNISDR, 2007 ; Osman-Elasha, 2009). Ainsi, les espaces urbains sont de plus en plus menacés par des inondations récurrentes, qui ont provoqué au cours des dernières décennies des dommages importants (Clark, 1983 ; Chocat, 1997; Dégardin, 2002). De Dakar à Cotonou en passant par Niamey, Bamako, Ouagadougou, Abidjan et Lomé, les villes de l'Afrique de l'ouest enregistrent presque chaque année et de façon croissante des inondations aux conséquences dramatiques (Dasylva, 2009 ; Wallez, 2010).

Les grandes inondations préoccupent les Etats dans la mesure où elles perturbent les équilibres économiques et sociaux du pays, et ont un impact à différentes échelles sur l'organisation du territoire (Beucher et Reghezza-Zitt, 2008).

Au Bénin, le cas du Grand Cotonou se révèle particulièrement préoccupant car, il est le secteur le plus urbanisé du pays et regroupe la plupart des infrastructures avec plus de 90 % des investissements (DAT, 2012). Il constitue, de ce fait, un enjeu humain et économique important. Mais, de la planification urbaine à la gestion des déchets en passant par la prise en compte des risques environnementaux, cet espace présente le visage d'un paysage urbain où tout reste à faire (Gnélé, 2010). Pourtant, il a été élaboré et mis en œuvre pour les deux grandes villes (Cotonou et Porto-Novo) des plans directeurs d'urbanisme en 1951 et 1962. Les directives prônées par les différents outils de planification n'ont guère été suivies (Gnimagnon, 2007). Une grande partie de l'expansion urbaine au niveau des villes de Cotonou et Porto-Novo s'est faite en dehors des cadres officiels et légaux des codes de construction, des réglementations concernant les plans d'aménagement du territoire

(Domingo, 2007). De nos jours, la grande agglomération urbaine formée par Cotonou, Porto-Novo, Sèmè-Podji, Abomey-calavi et Ouidah se trouve confrontée à plusieurs problèmes. Au nombre de ceux-ci, on note la dégradation du milieu, l'occupation des bas-fonds, des plans d'eau et autres exutoires entraînant la perturbation de leurs fonctions de réceptacle, de régulation et de production. Les inondations constituent le premier risque naturel qui pèse sur le Grand Cotonou (DPPC, 2009).

En 2010, les inondations ont entraîné dans le Grand Cotonou 50 300 personnes sinistrées dont 13 625 déplacées et 4 541 sans abris. A Cotonou, 27 blessés et un décès ont été enregistrés (SNU, 2011). Il s'en est suivi également de nombreux dégâts matériels (documents de valeurs, objets précieux, etc.), avec pour corollaires des maladies (choléra, paludisme, diarrhée,…). Les habitations envahies par des vagues d'eau, deviennent temporairement inaccessibles du fait que leurs intérieurs sont occupés par des eaux sales et boueuses charriant toutes sortes de déchets (Allagbé, 2005). La destruction des infrastructures socio-communautaires, des exploitations agricoles, la noyade des animaux domestiques, la paralysie des activités économiques, la fermeture temporaire des écoles et la prolifération des maladies (le paludisme, les gastro-intestinales, le choléra, les infections respiratoires aiguës, etc.) sont les conséquences des inondations survenues au cours des dix dernières années (Ogouwalé, 2005 ; Houndénou, 2011).

Face aux inondations répétées de ces dernières années, les populations sinistrées qui ne disposent pas de grands moyens, prennent des initiatives élémentaires (barrage de l'eau, pose des objets en hauteur) pour s'y adapter. Les autorités locales et centrales pour leur part, mettent en place des dispositifs règlementaires et administratifs. Ainsi, elles déploient des moyens pour la construction de différents ouvrages d'assainissement, la mise en application du Plan National d'Organisation des Secours (ORSEC), du plan de contingence national et l'accompagnement des communes dans l'élaboration des plans de contingence communaux (Sohou, 2010).

Malgré toutes ces dispositions, la question des inondations demeure préoccupante au Bénin et particulièrement dans la partie méridionale. Les actions entreprises n'ont pas permis de lutter efficacement contre les inondations et leurs incidences néfastes. Les initiatives prises ne permettent pas de renforcer la résilience et les capacités

d'adaptation des populations. Il est aujourd'hui indispensable de s'interroger sur les capacités des acteurs à gérer et s'adapter au nouveau contexte pluviométrique.

Ainsi, l'amplification temporelle des inondations dans le Grand Cotonou suscite quelques interrogations qui méritent des réflexions :

1- quels sont les principaux facteurs amplificateurs des inondations au cours des trois dernières décennies dans le Grand Cotonou ?
2- quels sont les impacts des inondations sur la vie socio-économique et sanitaire des populations ?
3- quels sont les résultats des différentes stratégies individuelles et institutionnelles de gestion de ces inondations ?
4- quelle politique doit-on mettre en œuvre pour lutter contre les inondations dans le cadre d'un développement urbain durable du Grand Cotonou ?

La présente recherche portant sur **« Stratégies de lutte contre les inondations dans le Grand Cotonou: Diagnostic et alternative pour une gestion durable »,** est menée pour apporter des éléments de réponse à ces questions.

1.2.2. Objectifs de recherche

L'objectif général de cette recherche est d'analyser les modes de gestion des inondations dans le Grand Cotonou dans une perspective de développement urbain durable.

Spécifiquement, il s'agit de :

- Identifier les facteurs physiques, socio-économiques et urbanistiques d'amplification des inondations dans le Grand Cotonou ;
- déterminer les impacts environnementaux et socio-économiques des inondations ;
- évaluer les stratégies de gestion et d'adaptation aux inondations développées par les individus et les institutions ;
- proposer des mesures d'aménagement, de prévention et de gestion durable des inondations.

1.2.3. Hypothèses de travail

Pour conduire cette recherche, les hypothèses suivantes ont été formulées :

- le contexte physique associé aux facteurs socio-économiques et urbanistiques accentuent les inondations dans le Grand Cotonou ;
- les inondations affectent négativement les conditions de vie des populations ;
- les mesures de gestion des inondations développées par les individus et les institutions sont peu efficaces et ne s'inscrivent pas dans une vision prospective de développement du Grand Cotonou ;
- la prévention et la gestion durable des inondations dans le Grand Cotonou nécessitent la mise en œuvre d'une politique urbanistique intégrée et prospective.

La figure 1 retrace le cadre conceptuel de l'étude.

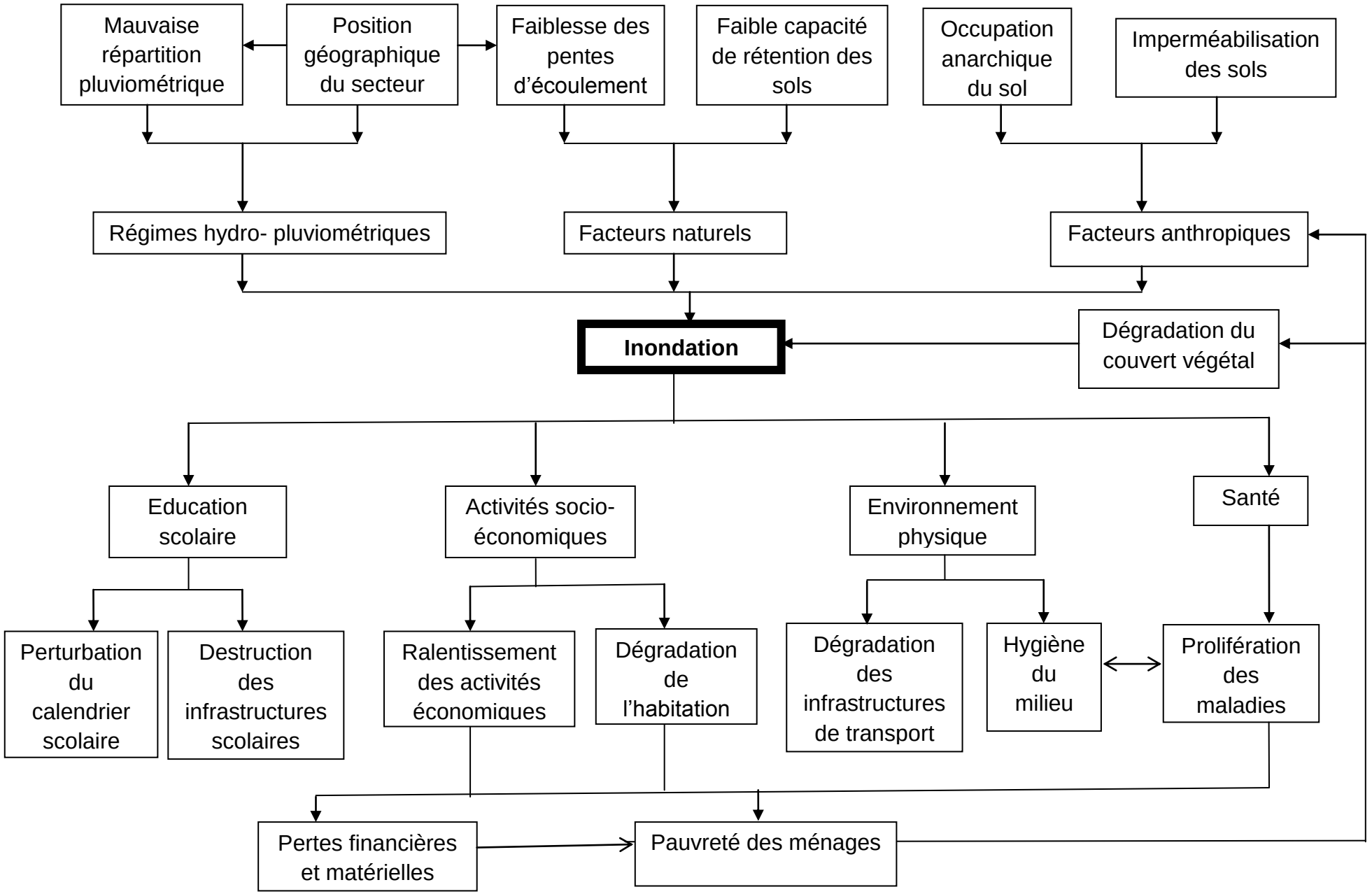


Figure 1 : Cadre conceptuel de l'étude

1.3. Clarification des concepts

Pour faciliter la lecture de cette thèse, les concepts clés utilisés ont été définis en partant du langage admis par la communauté scientifique et en tenant principalement compte des spécificités de la présente recherche.

1.3.1. Développement urbain durable

Selon la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement de l'Organisation des Nations Unies, le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs (Brundtland, 1987). Deux concepts sont inhérents à cette notion : le concept de « besoins », et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité, et l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir.

C'est le passage dans les priorités d'action, de la rentabilité économique à court terme à une efficacité allocative à long terme, de la recherche de l'égalité sociale à celle d'une efficacité distributive et de la stricte conservation des richesses à une équité environnementale.

Selon Theys (1987), la première définition est un peu réductrice, car le rapport Bruntland est une véritable rupture historique. Le développement durable est représenté dans sa forme explicative de stratégie des « Trois E ». Les projets doivent pouvoir prendre en compte les facteurs environnementaux (préservation des ressources à long terme, prévention des risques), les facteurs économiques (efficacité et maintien de la croissance) et les facteurs éthiques ou sociaux (principe d'équité sociale, de non-ségrégation).

Le terme "développement urbain durable", est un processus de changement dans l'environnement bâti qui favorise le développement économique tout en conservant les ressources et en protégeant l'intégralité des personnes, de la collectivité et de l'écosystème (Richardson, 1989). Selon cette définition un développement urbain doit permettre une urbanisation productive, non polluante et non ségrégative.

Selon Zaccaï (2002), le développement durable a deux histoires : la première explique comment se réalise le prolongement logique des théories écologistes dans

les réflexions sur le développement; la seconde privilégie la notion de rupture, d'innovation du concept et sa portée politique (Rist, 1996).

Selon Barroca et Hubert (2008), le concept de développement durable au milieu urbain suggère une réflexion en terme de ville dense ou compacte. Les nombreux travaux qui étudient les moyens d'accéder au développement urbain durable présentent généralement la densité comme un facteur nécessaire. Pour ces auteurs, pour être admises et applicables par les acteurs locaux, élus et société civile, les actions publiques et les mesures qui en découlent doivent être cohérentes avec la dynamique territoriale sur laquelle elles agissent.

Dans le cadre de cette étude, le développement urbain durable est un processus de l'évolution de la ville qui prend en compte les risques auxquels, elle est soumise.

1.3.2. Changements climatiques

Selon le GIEC (1996), les Changements climatiques sont toute évolution du climat dans le temps, qu'elle soit due à la variabilité naturelle ou aux activités humaines. Cette définition est moins restrictive que celle de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), qui stipule qu'il s'agit ‘'des modifications de long terme, attribuables directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère globale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables''. C'est la définition qui fonde aujourd'hui toutes les interrogations sur le futur climatique de la Terre ainsi que ses conséquences sur les sociétés humaines.

Quant à Ogouwalé (2006), les changements climatiques sont une modification statistiquement significative, sur plusieurs décennies, de l'état moyen du climat (précipitations, température, etc.) sous l'effet combiné des activités humaines et des processus naturels de forçage interne et externe au système climatique lui-même ; alors que ‘'la variabilité climatique peut être définie comme la variance à l'intérieur d'états de même type'' (Douguedroit, 2008).

Dans le cadre de cette recherche, seul le volet des changements climatiques liés à la modification des précipitations sera abordé. Car l'objet de l'étude n'est pas porté sur les changements climatiques dans tous ses compartiments.

1.3.3. Adaptation

Selon Lazarus et Folkman (1986), l'adaptation est « la mise en place d'efforts cognitifs et comportementaux destinés à gérer des demandes spécifiques évaluées comme étant ardues ou dépassant les capacités d'une personne ». Pour ces auteurs, lorsque les êtres vivants sont confrontés à des situations difficiles ou stressantes, ils réagissent de différentes façons – par exemple en essayant de rendre la situation plus tolérable ou alors en tentant de diminuer le stress et les émotions négatives engendrés par la situation. Ces réactions peuvent être considérées comme de « l'adaptation ».

D'après l'Union Européenne (2009), l'adaptation consiste à rendre les systèmes ou territoires moins vulnérables aux dérèglements climatiques, par des actions diminuant les impacts effectifs du changement climatique, ou améliorant les capacités de réponse des sociétés et de l'environnement (naturel ou cultivé).

Selon le GIEC (2007), l'adaptation au changement climatique est "l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques". Dans le cadre de cette étude, l'adaptation correspond à la modification des comportements et pratiques des populations, des acteurs locaux et étatiques aux nouvelles conditions de précipitations. Elle revient à aboutir à une société viable dans le nouveau climat qui s'impose.

L'adaptation est donc un processus évolutif. L'enjeu est d'accompagner les territoires dans leur transition vers un état plus « adapté » aux conditions futures.

1.3.4. Résilience et vulnérabilité

La notion de « résilience » est encore soumise à des débats (Blanchard, 2008). Issue du monde de la physique et reprise par l'écologie, elle est introduite en sciences sociales par le biais de la systémique. La résilience est la capacité d'un système social à absorber une perturbation et à se réorganiser, alors qu'il subit des changements, de façon à retrouver essentiellement ses mêmes fonctions, sa structure, son identité et ses réactions (Walker et *al*., 2004).

Pour Pelling (2003), la résilience peut être considérée comme une « composante de la vulnérabilité » puisque ces deux concepts s'intéressent aux mêmes facteurs

(sociaux, économiques, politiques, culturels, etc.). Cependant, Gaillard (2007) distingue la résilience de la vulnérabilité car elle donne un caractère actif à la société confrontée au risque. Alors pour ce dernier, la vulnérabilité ne prend en compte que la propension des individus à souffrir des dommages et à transformer l'occurrence d'un aléa naturel en catastrophe. Selon Folke (2002), la résilience et la vulnérabilité constitueraient les deux faces opposées d'une même médaille. Pour Rufat (2012), la résilience est un attribut positif d'un système qu'il serait nécessaire d'augmenter, tandis que la vulnérabilité serait un attribut négatif qu'il serait nécessaire de diminuer. Pour l'OMS (2008), la résilience désigne la capacité d'un système, d'une communauté ou d'une société exposé(e) aux aléas de résister, d'absorber et de corriger les effets d'un danger, et de s'en accommoder, en temps opportun et de manière efficace, notamment par la préservation et la restauration de ses structures essentielles et de ses fonctions de base.

Dans le cadre de cette étude, la résilience est la capacité des sociétés à gérer les crises et les catastrophes liées aux inondations. Elle apparaît donc comme un processus qui entraîne la société concernée vers son rétablissement. Quant à la vulnérabilité, elle est la capacité à anticiper l'aléa. Elle permet d'agir sur l'exposition en l'absence de certitudes sur l'aléa en intégrant les facteurs de risque dans le processus de l'urbanisation.

1.3.5. Inondation

Pour Torterotot (1993), l'inondation constitue un phénomène naturel se matérialisant par la submersion temporaire de surface non habituellement submergée. Deux principaux phénomènes naturels sont à l'origine des inondations : l'invasion marine à l'intérieur des plaines maritimes, et les précipitations continues ou torrentielles résultant d'événements climatiques exceptionnels.

Certains auteurs distinguent plusieurs types d'inondation, à l'instar de (Parker, 1999) qui différencie les invasions marines *(tidal flooding),* les inondations fluviales *(fluvial flooding),* les inondations consécutives aux pluies orageuses *(thunderstorm flooding)* et les inondations consécutives à la saturation des réseaux d'assainissement et d'évacuation des eaux *(sewer flooding).*

D'autres auteurs plus institutionnels distinguent, pour leur part, cinq principaux types d'inondation : par crue, par ruissellement et coulée de boue, par lave torrentielle, par remontées de nappes naturelles et enfin par submersion marine, (MEED, 2002).

Selon Graz (1999), les processus à la base des inondations sont multiples et peuvent être classifiés en plusieurs groupes :

- inondations par stagnation d'eaux pluviales ;
- inondations par débordement de cours d'eaux ;
- inondation par rupture d'ouvrages ou d'embâcles ;
- inondation par ruissellement en secteur urbain ;
- inondation par crues torrentielles ;
- inondation par submersion des zones littorales ou lacustres.

Ces différentes définitions permettent de constater que les éléments déclencheurs des inondations regroupent une large gamme de phénomènes climatiques, géologiques mais aussi anthropiques. Cette situation est due au fait que les inondations ne sont pas causées par les mêmes facteurs et les processus de perturbation ne sont pas les mêmes. Il est clair que le but de ce travail n'est pas d'aborder tous ces types d'inondation. Ainsi, pour des raisons de conformité, seules seront considérées dans le cadre de cette recherche, les inondations de type pluvial définies ici comme un envahissement ou une submersion temporaire par les eaux (de pluies, de fleuve), de surfaces non habituellement submergées. Elle se produit lorsque l'eau en excès ne peut être évacuée par les voies naturelles (lit mineur ou voie d'eau) ou artificielles prévues à cet effet (réseaux d'assainissement).

1.3.6. Impact

Etymologiquement, le mot « impact » vient du latin « impactus », du participe passé de « impigue », signifiant heurté.

D'après Wathern (1998), l'impact sur l'environnement peut se définir comme l'effet, pendant un temps donné et sur un espace défini, d'une activité humaine sur une composante de l'environnement pris dans le sens large du terme (c'est-à-dire englobant les aspects biophysiques et humains), en comparaison de la situation probable advenant la non-réalisation. La réalisation du projet va donc entraîner une modification, c'est-à-dire une perturbation du système par rapport à l'état initial. Cette définition traite l'impact sous l'angle de l'effet d'une intervention humaine sur l'écosystème. Elle est donc restrictive.

Selon Blandin (2001), les impacts sont décrits d'un point de vue strictement écologique, comme des déviations de dynamiques naturelles d'évolution aboutissant à des modifications de l'état théorique d'écosystème. Ainsi l'impact peut être positif comme négatif.

Pour André (2002), la notion d'impact recouvre trois dimensions indissociables :

- **la grandeur de l'impact :** désigne le changement de la mesure d'une variable de l'environnement compte tenu du contexte général, tant spatial que temporel. Cette grandeur peut constituer une mesure ou en une prédiction. C'est une mesure quantifiable.
- **l'importance de l'impact :** jugement porté par l'expert sur l'importance des modifications anticipées, qui tient compte du contexte d'insertion spatiale et temporel du projet.
- **la signification de l'impact :** valeur variable qu'accorde chacun des acteurs aux deux caractéristiques précédentes (reflet d'appropriation de l'espace de vie, perception et évolution souhaitées).

Dans le cadre de cette étude, l'impact est vu sous l'angle des effets négatifs des inondations sur les composantes sociales, économiques et environnementales du cadre de vie des populations. Ainsi, les aspects positifs de l'inondation sont très peu abordés. Il en est de même des impacts d'inondations sur les composantes biophysiques (sol, végétation) de l'environnement.

1.3.7. Gestion des risques

Etymologiquement, le mot « risque » provient du latin *resecare*, qui signifie couper le cours des choses, l'ordre établi, le quotidien par la survenance imprévisible d'un danger (Dubois, 2001). Cette définition très générale a été complétée par d'autres auteurs.

Pour White (1975), le risque se définit par le croisement de deux composantes « indépendantes » que sont l'aléa et la vulnérabilité. Ainsi, le risque d'inondation n'existe que lorsqu'un aléa hydrologique s'applique sur un territoire vulnérable, c'est-à-dire un territoire comportant des enjeux qui peuvent être altérés par une inondation. Aussi, Ancey (2005) définit le risque comme la combinaison de deux composantes que sont l'aléa et la vulnérabilité. L'aléa représente le phénomène physique, naturel et non maîtrisable, indépendant de ses effets potentiels sur

l'environnement et les activités humaines alors que la vulnérabilité exprime le degré de dommage d'un enjeu soumis à un aléa d'intensité et d'occurrence données.

Le terme de risque est alors utilisé dans des situations où se croisent un aléa, c'est-à-dire un danger, hydrologique dans le cadre de cette étude, et des enjeux humains, économiques, naturels, patrimoniaux, etc.

Pour le GIEC (1998), la gestion des risques est un processus de recours systématique aux directives, compétences opérationnelles, capacités et organisations administratives pour mettre en œuvre les politiques, stratégies et capacités de réponses appropriées en vue de réduire les dommages et les pertes potentielles liées aux risques. Ce processus comprend quatre étapes :

- ✓ **Identification des risques :** Elle consiste à repérer les risques associés aux phénomènes météorologiques extrêmes résultant du changement climatique et amplifiés par les actions anthropiques. Face à la prépondérance des catastrophes d'origine hydrique, l'identification des risques hydrométéorologiques s'avère nécessaire pour la prise des mesures adéquates. Mais si les causes des risques sont diverses, la "question d'identification des risques" en revanche, n'a pas reçu de réponse complète.
- ✓ **Estimation des risques :** Dans la gestion des risques hydrométéorologiques, les deux composantes (l'aléa et la vulnérabilité) doivent être estimées. Cette estimation permet de savoir dans quelle mesure le système climatique va accroître l'ampleur et la fréquence des événements météorologiques. Elle nécessite par conséquent des outils performants et élaborés, comme les modèles fréquentiels. Ces derniers ont pour principal attrait de simuler numériquement des hauteurs de pluie ou des crues hypothétiques ou réelles afin de caractériser l'aléa dans l'espace et dans le temps (débits de pointe, hauteurs maximales de pluie, durée de retour, etc.). Ils permettent ainsi de prédire les conséquences potentielles d'une crue ou d'une forte pluie et de fournir des informations très utiles aux décideurs.
- ✓ **Evaluation des risques :** Ils sont souvent évalués de quatre façons :
  - risque élevé : avec le respect de conditions météorologiques liées au climat, le critère de risque élevé est le plus pertinent ;

- l’équilibre entre les risques (par exemple, l'équilibre entre les risques du changement climatique et les risques associés à la prévention) ;
- comparaison des risques (par exemple, comparer le risque climatique et d'autres risques tels que les pluies acides, l'appauvrissement de la couche d'ozone) ;
- risque bénéfique (par exemple, comparer les impacts de termes monétaires et les coûts des mesures d'atténuation). Ces différentes manières d’évaluer les risques sont abordées dans la littérature du GIEC et sont soumis à des restrictions sévères à la fois dans la théorie et la pratique.

✓ **Identification des mesures de réduction des risques :** L’identification et la sélection des mesures sont au cœur du processus de gestion des risques. En théorie, les mesures de réduction des risques comprennent toutes les mesures (aussi appelées ajustements) qui ont déjà été employées ainsi que de nouvelles mesures créées soit par des changements technologiques ou une invention sociale. En pratique, l'ensemble des mesures est en général, rapidement circonscrit à une gamme plus limitée, jugées les plus matériellement possibles, économiquement viables et socialement acceptables.

Dans le cadre de cette étude, la gestion des risques d’inondation est l’action de prévenir les dangers liés à l’inondation, d’assurer la sécurité du territoire, ainsi que celle des citoyens, afin de contrôler le fonctionnement urbain et d’en réduire les vulnérabilités.

1.3.8. Prévention, Protection et Prévision

Selon Lagadec (2008), la protection est l’ensemble des mesures visant à limiter l’étendue ou/et la gravité des conséquences d’un phénomène dangereux sans en modifier la probabilité d’occurrence tandis que la prévention est la recherche de parades et de protection qui ont pour objet de minimiser l’un ou l’autre des deux facteurs suivants :

- l’aléa ou l’événement. L’objectif est d’agir directement sur l’aléa. C’est une prévention active ;
- la vulnérabilité. L’objectif est de réduire les conséquences de l’aléa. C’est une parade passive.

Ces parades peuvent être individuelles ou collectives. C’est ainsi qu’on parle de la réduction des risques à la source pour réduire la probabilité d’occurrence de l’aléa

et/ou de ses conséquences et de maîtrise de l'urbanisation autour des sites à risque pour réduire les enjeux.

La prévention est donc l'ensemble de méthodes et des actions de toute nature qui concourent à éviter que ne surviennent des catastrophes ou du moins à réduire les occurrences et à conférer un niveau de risque résiduel le plus faible possible.

Pour Zahour (2010), la prévision est la connaissance anticipée de la date et du lieu de la catastrophe. Alors que la prévention est l'ensemble des moyens mis en œuvre pour informer le citoyen et les différentes communautés et groupements sociaux sur les causes du risque, ses conséquences, ses impacts à court et à moyen terme et enfin sur les moyens de lutte, les mesures de précaution à prendre pour se défendre contre les agressions de cette catastrophe.

Dans le cadre de cette étude, la prévention est l'ensemble des actions anticipées destinées à promouvoir les solutions techniques, juridiques, économiques, sociales et humaines permettant de maîtriser les risques liés aux inondations. Elle regroupe l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre pour empêcher ou réduire l'impact d'une inondation sur les personnes et les biens. Alors que la prévision est l'ensemble des dispositifs techniques et tactiques pour connaître l'occurrence d'une inondation. La prévision intervient quand la prévention a échoué. La protection est l'ensemble des mesures destinées à mettre à l'abri les hommes et l'environnement des dégâts causés par la survenance d'une inondation.

1.3.9. Intercommunalité

Selon Dubois (2001), l'intercommunalité est la possibilité pour des communes, d'exercer en commun, en synergie, certaines compétences lorsque les enjeux dépassent ceux d'une seule commune. Exemples : gestion de rivières et de leur bassin, assainissement, transports urbains, équipements sportifs, équipements culturels, cimetières, etc.

Pour Makpenon (2008), l'intercommunalité ou coopération est une forme de coopération entre les communes limitrophes ou proches, fondée sur leur libre volonté de coopérer entre elles, notamment d'élaborer des projets de développement.

L'intercommunalité donne aux communes la possibilité de se regrouper au sein d'un établissement public pour assurer certaines prestations ou pour réaliser des projets de développement économique, d'aménagement ou d'urbanisme.

En effet, l'intercommunalité est la relation que deux ou plusieurs communes d'un même Etat, décident librement d'établir entre elles en vue de la réalisation et de la gestion d'équipements et de la création de services d'intérêt et d'utilité intercommunaux. La relation qui lie les communes de Cotonou, d'Abomey- Calavi et de Sèmè-Podji dans le cadre du Programme d'Appui à l'Agglomération de Cotonou (PAACO) financé par l'Agence Française de Développement (AFD) ressort de l'intercommunalité. Il en est de même entre les communes de Cotonou, d'Abomey-Calavi et de Sèmè-Podji, Porto-Novo et Ouidah dans le cadre du Projet d'Urgence et Gestion Environnementale en Milieu Urbain (PUGEMU) relatif à la lutte contre les inondations financé par la Banque Mondiale.

1.3.10. Grand Cotonou

Dans le cadre de cette recherche, le Grand Cotonou est l'espace géographique couvrant les cinq communes de Porto-Novo, Semè-Podji, Cotonou, Abomey-Calavi et Ouidah à cause de certains traits caractéristiques. Selon INSAE (2002), le réseau urbain formé par les villes de Cotonou, d'Abomey-Calavi, de Ouidah, de Sèmè-Podji et de Porto-Novo devrait évoluer vers une conurbation, contrôlant toute la zone côtière, dynamisant l'intérieur du pays et jouant un rôle de premier plan dans la sous-région ouest -africaine.

Le mouvement migratoire est très dynamique au sein de cet espace géographique. Selon l'INSAE (2002), plus de 10 % de la population cotonoise sont allés grossir les localités d'Abomey-Calavi, dans une proportion de plus de huit (8) émigrants sur dix (10) et de Sèmè-Podji, dans des proportions moindres (moins de deux émigrants Cotonois). Aussi Cotonou fournit à Porto-Novo son plus fort contingent d'immigrants (environ 29,0 %). Le ralentissement du rythme d'accroissement de la population de Cotonou et, par conséquent, de la perte de son poids démographique, trouvent leur explication dans ces déplacements de populations qui sont, en quelque sorte, des réponses aux contraintes de sites (exiguïté, insalubrité, inondations chroniques, pollution), à la pauvreté urbaine qui favorise aussi la péri-urbanisation et aux autres considérations d'ordres économique et sociologique.

La commune de Cotonou exerce toujours une forte attraction sur ses communes environnantes. La quasi totalité des fonctionnaires d'Abomey-Calavi, de Sèmè-Podji et de Ouidah viennent travailler à Cotonou et y restent jusqu'au soir. Par ailleurs les déchets de Cotonou sont traités à Ouidah. Le cimetière de Cotonou est implanté sur le territoire d'Abomey-Calavi. Les boues humaines de Cotonou, de Porto-Novo, d'Abomey-Calavi et de Sèmè-Podji sont traitées à Sèmè-Podji, etc. Abomey-Calavi demeure le pôle universitaire de l'ensemble.

Ces déterminants relationnels entre la commune de Cotonou et les communes voisines explicitent le degré de complémentarité et de dépendance entre Cotonou et son hinterland proche. Bien que les différentes communes soient dotées d'une autonomie organisationnelle, financière et territoriale, ce sont les mêmes acteurs qui animent cet espace sur le plan social, politique et économique malgré la diversité de langues et de cultures.

Le Grand Cotonou a une superficie de 1252 km² et est située entre 6°15' et 6° 45' de latitude nord puis entre 2°0' et 2°45' de longitude est (figure 2). Il est limité au nord par les communes de Kpomassè, de Tori-Bossito, de Zè, de So-ava, des Aguégués et d'Apro-Missérété ; au sud par l'Océan Atlantique ; à l'est par la république fédérale du Nigéria, les communes d'Adjarra et d'Avrankou ; puis à l'ouest par la commune de Grand-popo.

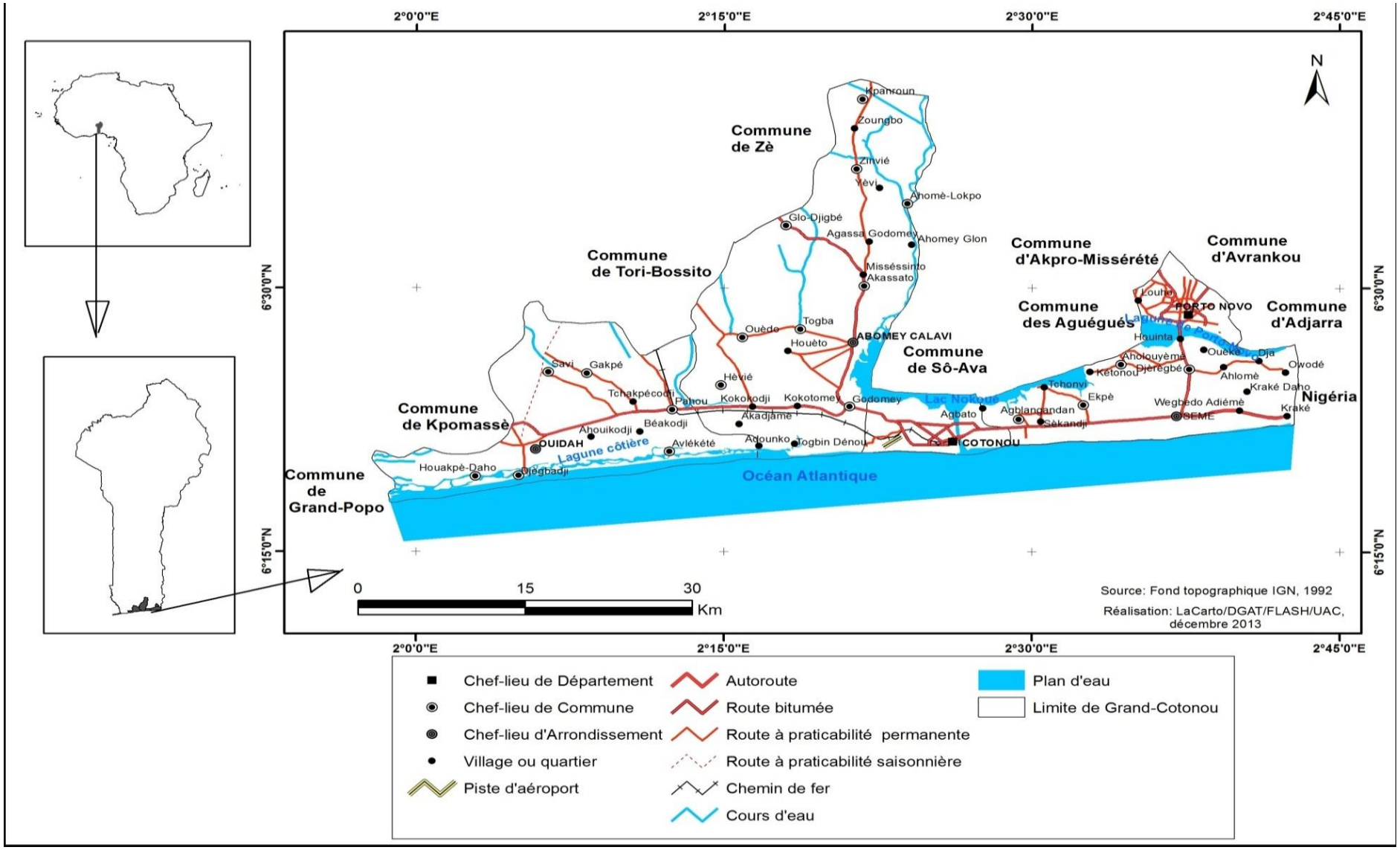


Figure 2: Situation géographique du secteur d'étude

Conclusion partielle

La question de la gestion des inondations abordée dans cette recherche est d'une importance capitale pour le Grand Cotonou. Ce chapitre a permis de cerner les contours du sujet grâce à l'état des connaissances, la problématique du sujet et à la clarification des concepts. L'intensité et l'ampleur de l'inondation, l'inefficacité des stratégies développées par les différents acteurs justifient le choix du sujet et du secteur d'étude. Beaucoup d'études ont abordé les questions de l'inondation mais la dynamique spatiale est souvent occultée et les questions de valorisation des stratégies endogènes sont souvent négligées dans la mise en œuvre des stratégies globales de lutte.

Afin d'atteindre les objectifs fixés dans le cadre de ce travail une approche méthodologique a été utilisée.

CHAPITRE II : APPROCHE METHODOLOGIQUE DE L'ETUDE

La collecte des données quantitatives et qualitatives, le traitement et l'analyse des données collectées grâce aux méthodes et outils appropriés et l'analyse des résultats constituent les grandes lignes de la démarche méthodologique utilisée.

2.1. Données utilisées

Les données et informations utilisées dans le cadre de travail, sont quantitatives et qualitatives.

2.1.1. Types et nature des données

Les données utilisées dans le cadre de cette recherche sont relatives aux statistiques climatologiques, démographiques, sanitaires et socio-économiques du secteur d'étude. Les dispositifs réglementaires et législatifs, de même que les outils de gestion des crises d'inondation, des catastrophes naturelles, d'aménagement et de gestion de l'espace ont été aussi exploités. Les informations sont obtenues auprès des ménages, des autorités municipales, des personnes ressources, des structures étatiques, des cadres à divers niveaux de l'administration publique intervenant dans la gestion des espaces urbains et périurbains mais aussi dans la prévention et la gestion des catastrophes naturelles. Les données recueillies sont quantitatives et qualitatives. Il s'agit des :

- ✓ données météorologiques ou climatologiques relatives à la pluie et à la température. Les hauteurs de pluies, le nombre d'événements pluvieux aux échelles journalières, mensuelles et annuelles, et les valeurs de l'évapotranspiration mensuelle ont été collectés. Ces données ont été extraites du fichier de l'Agence pour la Sécurité et de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA), sur la période de 1951-2010 et concernent trois (03) stations du secteur d'étude à savoir : Cotonou aéroport, Porto-Novo, Ouidah.

Les caractéristiques de ces stations sont présentées dans le tableau I.

Tableau I : Caractéristiques des stations et postes considérés

Stations	Latitude nord	Longitude est	Altitude (m)	Types
Cotonou aéroport	06° 21’	02°26’	05	synoptique
Porto-Novo	06° 29’	02° 37’	20	pluviométrique
Ouidah	06° 29’	02° 05’	10	climatologique

Source : *ASECNA, 2010*

Le réseau des trois stations répond à une meilleure couverture spatiale du Grand Cotonou et offre des séries d’observations pouvant être divisées en deux normales pour les analyses. Les stations d’Abomey-calavi et de Sèmè-Podji qui présentent assez de lacunes ne sont pas prises en compte.

- ✓ données hydrométriques constituées des débits mensuels du fleuve Ouémé enregistrés à la station de Bonou (Latitude : 06°54' N ; Longitude : 02°27' E) de 1965 à 2010 et ceux du chenal de Cotonou (sous le pont Martin Lutter King à Dantopka) de 2001 à 2010. Il n'existe pas de station de relevé de débit sur le lac Nokoué. Les données de la station la plus proche à savoir celle de Bonou sont utilisées en complément des données du chenal pour analyser la dynamique hydrologique du lac Nokoué. Elles ont été fournies par le Service Hydrologique de la DG-Eau.
- ✓ données géomorphologiques et générales sur le milieu d’étude au niveau des Laboratoire ‘’Pierre PAGNEY’’ Climat, Eau, Écosystèmes et Développement (LACEEDE), Laboratoire d’Etudes des Dynamiques Urbaines et Régionales (LEDUR), Laboratoire de Biogéographie et d’Expertise Environnementale (LABEE), Sites Internet ;
- ✓ données pédologiques à l’Institut National de Recherche Agronomique (INRAB) ;

- ✓ données sur la dynamique de l'occupation du sol à partir des images satellites LANDSAT, TM 1979, 1995 et 2010 obtenues au Centre National de Télédétection (CENATEL) ;
- ✓ fonds de carte topographiques de 1985, 1992 à l'Institut Géographique National (IGN) ;
- ✓ données sanitaires de la période 1995-2010 au niveau des Directions Départementales de la Santé (DDS) de l'Atlantique-Littoral et de l'Ouémé -Plateau ;
- ✓ statistiques démographiques et de croissance urbaine à l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) ;
- ✓ statistiques sur les manifestations et les dommages des inondations au niveau de l'Agence Nationale de Protection Civile (ANPC), du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), de la Direction Générale de l'Environnement (DGE), des Mairies de Cotonou, de Porto-Novo, d'Abomey-Calavi, de Sèmè-Podji, de Ouidah et des populations victimes.

2.1.2. Critiques et reconstitution des données pluviométriques et hydrométriques manquantes

Les séries des données pluviométriques et hydrométriques qui présentent moins de 5 % de lacunes ont été comblées. Les valeurs manquantes détectées lors des traitements statistiques concernent les mois de décembre 1986, février, mars et avril 2010 à Ouidah et toute l'année 1994 à Porto-Novo. Les techniques utilisées pour remplacer les données manquantes sont celles de la station voisine présentant le plus fort coefficient de détermination (r^2) sur l'année considérée (régression linéaire simple) ou en remplaçant les lacunes par les moyennes de la série ou la moyenne des valeurs encadrant la lacune pour un nombre de manquants inférieur à cinq et non consécutifs.

Les données de terrain sont obtenues en utilisant un certain nombre de matériels.

2.1.3. Matériels utilisés

Les matériels utilisés pour la collecte des données et l'élaboration des différents documents cartographiques sont :

- un GPS pour géo-référencer les coordonnées géographiques ;
- un appareil photographique numérique pour les prises de vue instantanées sur le terrain ;

- un enregistreur pour sauvegarder les interviews ;
- les documents planimétriques qui ont aidé à la réalisation des cartes dont : les cartes topographiques (fonds de carte IGN 1992 et 1998, Atlas cartographique de la région sud du Bénin), les photographies aériennes, les images satellitaires, les plans d'urbanisme et d'aménagement ;
- un stéréoscope pour l'interprétation des photographiques aériennes.

2.2. Collecte des données

Les données et informations utilisées dans le cadre de ce travail, sont issues principalement de la documentation et des travaux de terrain.

2.2.1. Recherche documentaire

La recherche documentaire a été la première étape de la collecte des données. Elle a conduit à l'exploitation des ouvrages ayant trait au sujet et au milieu d'étude. Cette recherche documentaire a permis de recenser, d'étudier et d'analyser la plupart des ouvrages scientifiques, relatifs à la problématique des inondations. Elle a permis également d'avoir des informations sur les politiques et stratégies de gestion des catastrophes naturelles et particulièrement les inondations. Cette phase a porté beaucoup sur les documents écrits ou graphiques liés au sujet disponible dans les bibliothèques et centres de documentation de l'Institut français, du Ministère de l'Environnement de l'Habitat et de l'Urbanisme (MEHU), de la Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines (FLASH), de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), les bibliothèques de l'UAC mais aussi dans les laboratoires du DGAT (LEDUR, LACEEDE, LABEE) et au niveau du secrétariat de l'Ecole Doctorale Pluridisciplinaire, etc.

Les ouvrages spécifiques sont ceux qui portent sur la planification et l'aménagement urbain, le développement durable, les catastrophes naturelles, les inondations, les évènements climatiques extrêmes, les statistiques sur les sinistrés, les pertes et dégâts liés aux inondations. Ces documents ont été consultés dans les centres cités ci-dessus, mais aussi dans les institutions spécialisées telles que les mairies de Cotonou, de Ouidah, d'Abomey-Calavi, de Sèmè-Podji et de Porto-Novo, l'INSAE, la DGURF, la DHC, la SERHAU-SA, la DGeau, IGN, etc.

En dehors des ouvrages, les études et travaux réalisés par les institutions internationales comme la Banque Mondiale (BM), le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), ont été aussi exploités dans le cadre de cette recherche.

Les documents techniques tels que le Plan Lavalin et autres de grande valeur qui ne sont plus disponibles dans les centres de documentation ont été obtenus auprès de certains cadres et personnes ressources. Cette documentation s'est aussi appesantie sur les sites web de certaines structures spécialisées dans ce domaine comme OCHA, SIPRC/ONU. De nombreux ouvrages et publications scientifiques relatifs au thème d'étude et traitant des expériences d'autres pays ont été consultés.

Cette étape a permis de mieux situer le travail par rapport aux nombreux travaux qui ont porté sur le thème des inondations et a servi également de base pour l'obtention des données sur les facteurs physique et démographique du secteur d'étude. Cette documentation a aidé à la compréhension de certains concepts, théories et approches d'étude développés par d'autres auteurs sur les questions abordées dans cette étude. La grille de lecture est l'outil utilisé pour mieux capitaliser les informations reçues.

Les informations issues de cette étape ont été complétées par des enquêtes auprès des populations victimes des inondations et des personnes ressources.

2.2.2. Echantillonnage

Les investigations de terrain ont été faites prioritairement auprès des populations victimes et des différents acteurs de la gestion des crises liées aux inondations. Un échantillon de la population a été choisi pour être soumis au questionnaire.

2.2.2.1. Taille de l'échantillon

La taille minimale de l'échantillon (Tme) est déterminée par la formule de Schwartz (1995) qui tient compte de la taille des ménages de base et du nombre de ménages ayant été touchés par les inondations en 2010.

$$\textbf{Tme} = [((Z\beta)^2 \times PQ)/d^2]$$

me : Taille minimale de l'échantillon ;

Zß^2 : niveau de confiance fixé à 1,96 qui correspond à un degré de confiance de 95 % ; P $= \frac{n}{N}$ avec n= nombre de ménages inondés par commune en 2010 selon les déclarations des mairies ; N = nombre de ménages total en 2010 ;

P : pourcentage de ménages inondés en 2010 ;

Q = 1 – P = pourcentage des ménages non inondés au niveau de chaque commune

d : marge d'erreur qui est de 5 %.

Après la détermination du Tme par commune, le nombre N_Q de ménages à questionner par quartier a été calculée par la pondération de $\frac{Tme}{Tc}$ avec

Tc= Nombre de ménages estimés par commune en 2010. Ainsi

$N_Q = T_Q \times \frac{Tme}{Tc}$ avec T_Q le nombre estimé de ménages par quartier en 2010

Le tableau II présente la répartition des ménages interrogés par commune.

Tableau II : Valeur de l'échantillon par commune

Communes	**Nombre de ménages en 2010**	**Nombre de ménages déclarés sinistrés en 2010**	**Proportion de ménages sinistrés en 2010**	**Zβ**	**$(Zβ)^2$**	**p**	**q=1- p**	**$(Zβ)^2$ x PQ**	**d^2**	**Effectif de l'échantillon (tme)**
Cotonou	183 205	43 000	0,27859	1,96	3,8416	0,2785	0,7214	0,7720	0,0025	309
Porto-Novo	54 918	4 000	0,08696	1,96	3,8416	0,0869	0,9130	0,3050	0,0025	122
Sèmè-Podji	38 918	5 800	0,23558	1,96	3,8416	0,2355	0,7644	0,6918	0,0025	277
Ouidah	21 761	1 500	0,07912	1,96	3,8416	0,0791	0,9208	0,2799	0,0025	112
Abomey-Calavi	131 553	11 000	0,17001	1,96	3,8416	0,1700	0,8299	0,5420	0,0025	217
Total	430 355	65 300								**1037**

Source : Blalogoé (2011)

Au total, 1 037 ménages ont été interrogés dont 309 à Cotonou. Les enquêtes se sont déroulées en octobre 2010, juin et novembre 2011.

2.2.2.2. Sélection des unités d'observation

La méthode de tirage de l'échantillon est un sondage à deux degrés. Le premier degré est le choix des quartiers inondables, puis le second degré est celui du choix des ménages dans lesquels sont tirés les individus soumis au questionnaire. Le choix des quartiers inondables est fait en se basant sur la recherche documentaire et les entretiens réalisés avec les autorités politico-administratives et les responsables des services techniques des mairies.

Pour constituer l'échantillon, la méthode de choix raisonné a été utilisée pour choisir les maisons et les ménages dans lesquels les enquêtes ont eu lieu.

- **Critère de choix des maisons d'enquête**

Dans les quartiers retenus, le choix des ménages est fait en fonction des critères non cumulatifs suivants :

- la qualité des matériaux ayant servi à la construction de l'habitation (en béton, en terre battue, en rotin ou autres) ;
- le niveau d'élévation de la fondation ;
- l'état de la voie d'accès à la maison (aménagé, rechargé, remblai avec des ordures, marche sur pilotis ou autres) ;
- le caractère inondable du site de la maison.

- **Critères de choix des individus et déroulement des enquêtes**

Une personne est choisie par ménage et par maison pour être soumise au questionnaire. Les critères qui ont sous-tendu le choix des personnes sont :

- être une personne ayant au moins 40 ans et capable de relater les faits sur les inondations qui ont eu lieu dans son quartier au cours des trois dernières décennies.

- résider au moins pendant les vingt dernières années dans la maison ou le quartier.

Les personnes ressources ont été choisies en fonction de leur responsabilité dans la gestion des inondations.

Les caractéristiques de l'échantillon sont résumées dans le tableau III.

Tableau III : Caractéristiques de l'échantillon utilisé

Communes	Localités enquêtées par commune	Nombre de ménages	Echantillon	Proportion (%)
Abomey-Calavi	Cococodji	2 975	47	1,58
	Cocotomey	3 718	58	1,56
	Dèkoungbé	2 841	45	1,58
	Gbodjo	521	8	1,54
	Houalacomey	1 885	30	1,59
	Topka-Zongo	1 850	29	1,57
Cotonou	Agla	8 489	94	1,11
	Avotrou	2 682	30	1,12
	Ayelawadje I	1 134	12	1,06
	Casse-auto (Ahogbohoue)	1 512	17	1,12
	Dandji	1 659	18	1,08
	Djidje I	954	10	1,05
	Fidjrosse-Kpota	6 186	68	1,10
	Hinde II	965	11	1,14
	Ste cecile (Towéta 2)	963	11	1,14
	Tanto	1 038	11	1,06
	Vossa	2125	23	1,08
	Yenawa	299	4	1,34
Ouidah	Agbanzinkpota	129	8	6,20
	Bewa-codji (Akadjame)	379	23	6,07
	Pahou	1 077	64	5,94
	Tchakpecodji	277	17	6,14
Porto-Novo	Djegan-kpevi	1 007	47	4,67
	Djegan-daho	155	7	4,52
	Donoukin (Zounkpa)	308	15	4,87
	Tokpota	1 133	53	4,68
Sèmè Podji	Agbalilame	1 050	54	5,14
	Agblangandan	1 177	61	5,18
	GbaPodji	136	8	5,88
	Lokokoucoume	1 100	58	5,27
	Tchonvi	765	40	5,23
	Ekpe I	1 069	56	5,24
Total		**51 558**	1037	2,01

***Source** : Enquête de terrain (2011)*

Le tableau III montre qu'un taux d'échantillonnage de 2,01 % a été appliqué. Outre les 1 037 ménages enquêtés, 43 personnes ressources ont été interviewées. La figure 3 montre la répartition spatiale des lieux d'investigation.

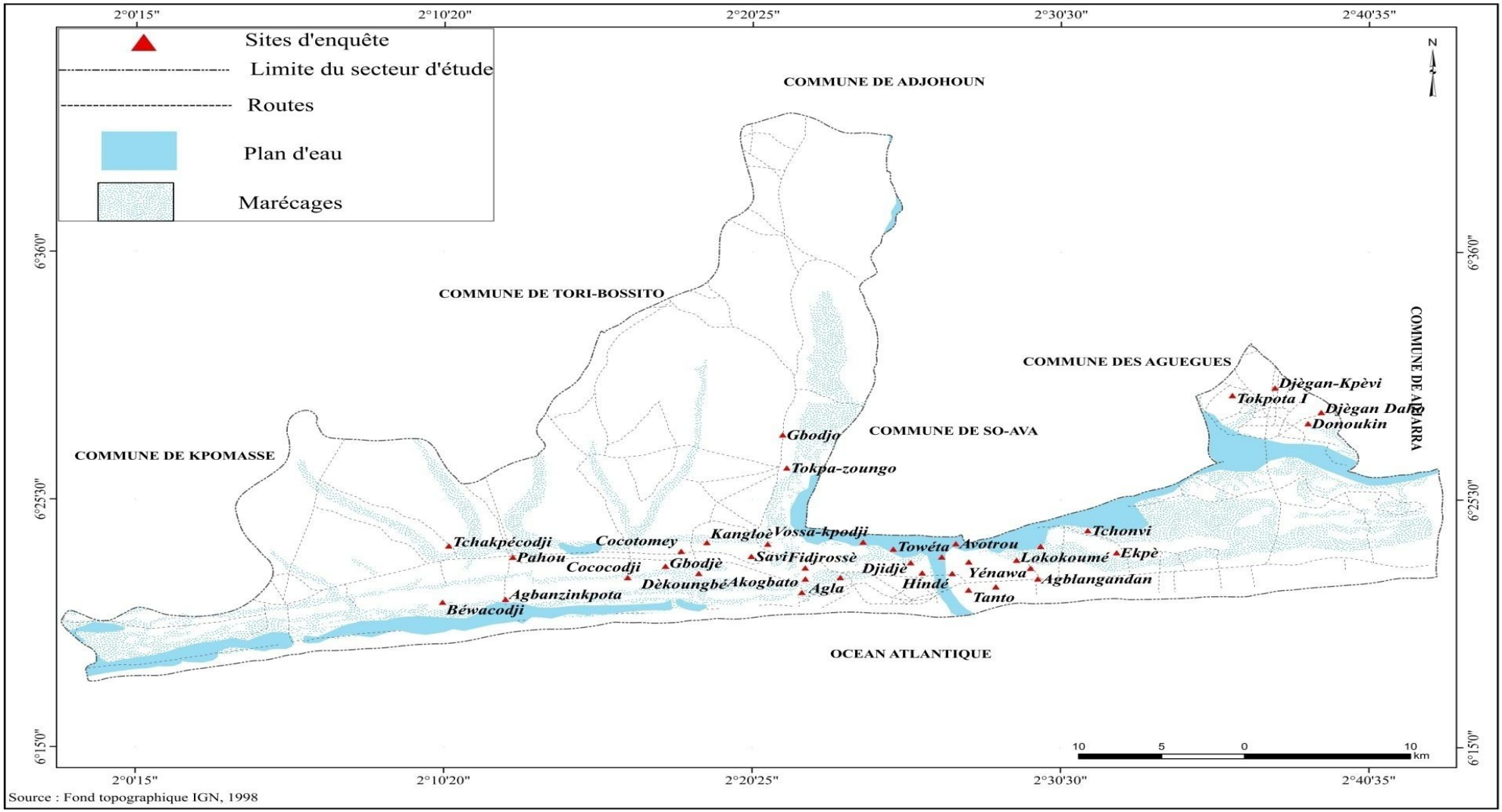


Figure 3 : Localités d'enquête, octobre 2010, juin et novembre 2011

2.2.3. Techniques et outils de collecte

Les techniques utilisées principalement pour collecter les données sont les entretiens directs et semi-directs puis l'observation. La Recherche Action Participative (RAP) a servi pour le choix des quartiers où se sont déroulées les enquêtes.

2.2.3.1. Recherche Action Participative (RAP)

La Recherche Action Participative est un processus de réflexion, de résolution progressive de problèmes conduite par des individus en collaboration avec d'autres personnes en vue d'améliorer leur manière d'aborder et de résoudre les problèmes (Maarleveld et Dangbégnon, 1999; Pretty et Buck, 2002).

Dans le cadre de cette étude, cette technique a permis de rassembler autour d'une même table, les personnes âgées de plus de 40 ans, les groupements et associations de jeunes, de femmes et les élus locaux au niveau des 1er, 3ème, 6ème, 9ème, 12ème, 13ème arrondissements de Cotonou, puis de Godomey (commune d'Abomey-Calavi) et d'Agblangandan (Commune de Sèmè-Podji). Cette approche a permis de retracer l'histoire des inondations dans chaque quartier de l'arrondissement, les causes, les perceptions des populations et d'hiérarchiser les quartiers dans chaque arrondissement en fonction de l'ampleur et de l'intensité des inondations. Les données obtenues ont permis de compléter la documentation disponible sur les quartiers inondés. Elles ont servi pour le choix des quartiers pour le déroulement des enquêtes de terrain.

2.2.3.2. Entretiens directs

Il a porté sur les motifs d'installation dans les zones marécageuses, à la périodicité des inondations, au revenu des ménages, à la collecte des ordures ménagères, à la gestion des collecteurs de drainage des eaux pluviales par les riverains.

L'outil utilisé pour recueillir les données est le questionnaire adressé aux ménages choisis. Cet outil a été utilisé auprès de cette catégorie d'acteurs à cause de leur nombre important. Les enquêtes se sont déroulées successivement en octobre 2010 à la suite de la grande inondation afin d'apprécier les types d'assistance reçue par les personnes sinistrées, en juin 2011 pour analyser la préparation et la réponse aux inondations et novembre 2011 pour diagnostiquer les mesures de relèvement pratiquées.

Au cours des enquêtes, les impacts socio-économiques et sanitaires des inondations sur les ménages ont été explorés ainsi que leurs perceptions sur les stratégies d'adaptation. En outre, les procédures d'installation dans les zones à risque d'inondation au regard des textes réglementaires ont été analysées.

Les données recueillies lors des enquêtes sont complétées par des entretiens auprès de certains acteurs clés de la gestion des inondations.

2.2.3.3. Entretiens semi-directs

Ces entretiens ont eu lieu avec 43 personnes ressources suivant la disponibilité des acteurs. Il s'agit des autorités communales, des responsables des Directions des Services Techniques des Mairies, les experts du Système des Nations Unies (SNU), les cadres de l'Agence Nationale de Protection Civile (ANPC), des Ministères et Directions sectorielles en charge de la gestion des catastrophes naturelles particulièrement les inondations, avec les membres du Comité National de Protection Civile, etc. Ces personnes ont été interviewées sur les forces et faiblesses des dispositifs techniques, législatifs et réglementaires de prévention et gestion des inondations de même que leur durabilité dans le cadre du développement urbain. Ces acteurs se sont également prononcés sur les inondations futures au regard des changements climatiques.

Le guide d'entretien est l'outil utilisé pour mener cette phase afin de permettre à cette catégorie d'acteurs d'aborder la problématique des inondations dans tous ses aspects.

2.2.3.4. Observations

Les observations directes à travers la visite des lieux, ont été orientées vers les sites inondés mais aussi vers les différentes actions engagées par les institutions, les communautés et les individus face aux inondations. Par ailleurs, les comportements des populations sinistrées, le fonctionnement et l'état des infrastructures d'aménagement urbain érigées pour lutter contre les inondations ont été observés. Ainsi, l'environnement urbain que sont les types de sol, le relief, les habitations, les voiries, l'occupation du sol, l'usage que les populations font des équipements et ouvrages mis en place, le cadre de vie (au niveau des quartiers, dans les maisons, le long des axes principaux), ont été observés. L'existence des sources de pollution hydrofécales ont fait l'objet d'attention. Les comportements des populations en

matière d'approvisionnement en eau potable, en matière d'assainissement pendant les temps d'inondations sont aussi appréciés. Ces observations et visites de terrain ont permis de voir la réalité sur le terrain, de confronter les pratiques et les données recueillies lors des phases précédentes pour procéder quelques fois à des corrections nécessaires. De même, au cours de ces visites de terrain, des photographies d'éléments ou de faits jugés importants sont réalisées pour illustrer le présent document. Les actions réalisées dans le cadre de la mise en œuvre du programme 3CI « Cotonou en Campagne Contre les Inondations » de la ville de Cotonou ont été également suivies en 2009 et 2010. Le principal outil utilisé est la grille d'observation.

Au total, les travaux en milieu réel ont permis de mieux appréhender les implications socioéconomiques et environnementales des inondations et leurs fondements physiques.

2.3. Traitement des données et analyse des résultats

La méthode d'analyse utilisée varie d'un facteur à un autre en fonction de l'objectif visé.

2.3.1. Mise en évidence de la dynamique pluviométrique et hydrologique

La variabilité pluviométrique aux échelles annuelle et saisonnière du secteur a été étudiée au moyen des indices pluviométriques, de la moyenne mobile, de la fréquence.

2.3.1.1. Indices pluviométriques (annuels et saisonniers)

L'indice de Lamb a été utilisé en vue de caractériser les excédents de précipitation (Mckee *et al*, 1993). Il a été calculé aux pas de temps annuel et saisonnier. La formule mathématique utilisée est :

$$Ip = \left(\frac{X_i - X_{moy}}{\sigma} \right) \qquad (1)$$

Dans cette formule, X_i désigne la valeur de la précipitation annuelle ou saisonnière, X_{moy} est la moyenne de la série utilisée (1951-2010), σ est l'écart type de la série.

Les valeurs de Ip permettent de déterminer l'état pluvieux ou non des années. Ainsi, une année est considérée comme normale si son indice est compris entre - 0,1 et + 0,1. Elle sera dite humide si son indice est supérieur à 0,1 et sèche en deçà de - 0,1. Cet intervalle reste critiquable puisqu'il est relativement faible de sorte que les années normales sont très peu nombreuses (Lawin *et al*, 2011). Mais il permet de bien distinguer les années sèches et les années humides.

Compte tenu du fait que l'étude porte sur les inondations, seules les années ou saisons humides ont été considérées.

2.3.1.2. Détermination des années ou saisons pluviométriques excédentaires

L'identification des années ou saisons excédentaires capables de provoquer des inondations a été faite par le calcul de la pluviosité en pourcentage d'excédent par rapport à la valeur moyenne (Boko, 1988 ; Klassou, 1996).

$$Pluviosité = \frac{Pi \times 100}{Pm} \qquad (2)$$

L'utilisation de ce procédé a permis de conclure que l'année est extrêmement pluvieuse pour une station quand $P_i > 120\ \% P_m$ (20 % d'excédent). La valeur Pi désigne la pluviosité de l'année i et P_m la pluie moyenne de la série étudiée.

2.3.1.3. Calcul de la fréquence des années excédentaires

La fréquence des années et saisons pluviométriques excédentaires (FE) est calculée pour apprécier l'occurrence des années ou saisons excédentaires par décennie afin de déceler la tendance. La formule utilisée :

$$FE = \left(\frac{NE}{NX}\right) x\ 100 \qquad (3)$$

NE est le nombre d'excédents au pas de temps considéré ; NX, le nombre total d'années et de saisons étudiées.

2.3.1.4. Détermination de l'ampleur des excédents

L'ampleur des anomalies pluviométriques positives (A) a été déterminée pour analyser le degré de magnitude des anomalies pluviométriques (excédents) au cours de la période considérée. La formule utilisée est :

$$A = (P_i - P_m)/P_m \qquad (4)$$

Avec Pi la pluviosité de l'année i et Pm la pluie moyenne de la série étudiée.

L'analyse des ampleurs des excédents de pluie a permis de dégager les influences de la variabilité pluviométrique sur l'occurrence des inondations.

2.3.1.5. Etude de la variabilité des débits du fleuve Ouémé à Bonou et du chenal de Cotonou

Les données hydrologiques ont été traitées dans le logiciel Excel. Les figures permettant d'apprécier l'influence des crues du lac Nokoué en rapport avec la hauteur de pluies mensuelle de la station de Cotonou aéroport ont été conçues pour apprécier la dynamique hydrologique de ce plan sur les manifestations des inondations dans le Grand Cotonou. Les moyennes mensuelles des débits d'écoulement au niveau du fleuve Ouémé à Bonou et du chenal de Cotonou ont été calculées à l'aide de la formule :

$$\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} xi \qquad (5)$$

$\overline{X}$ est la moyenne arithmétique**,** n est l'effectif total des valeurs xi considérées, x peut designer la hauteur annuelle ou mensuelle.

L'évolution des moyennes de débits au cours de l'année et des décennies ont permis de connaître l'influence du fleuve Ouémé sur la dynamique hydrologique du lac Nokoué et par conséquent sur la manifestation des inondations dans le Grand Cotonou.

2.3.2. Etablissement de la carte des risques d'inondation

Elle est issue de la combinaison de la carte de l'aléa et de celle de la vulnérabilité à l'inondation.

2.3.2.1. Cartographie de l'aléa à l'inondation

L'aléa est représenté par le phénomène d'inondation. La réalisation de la carte de l'aléa a consisté à croiser la carte des isohyètes pluviométriques et celle d'occupation du sol en 2010. A la suite de ce croisement, les degrés de l'aléa sont distingués.

2.3.2.2. Cartographie de la vulnérabilité à l'inondation/enjeux

La vulnérabilité exprime le niveau de conséquences prévisibles de l'inondation sur les enjeux. Elle est le degré de l'inondation qui peut affecter la population qui s'y trouve. Elle traduit la fragilité d'une commune dans un ensemble et de manière indirecte, sa capacité à éviter l'inondation. A cet effet, la vulnérabilité n'est pas la même d'un secteur à un autre même dans une commune. Ainsi, il est distingué des degrés de vulnérabilité (très forte, forte, moyenne et faible). La vulnérabilité augmente à mesure que de nouvelles populations arrivent dans le milieu. Plusieurs étapes ont été observées dans l'établissement de cette carte. Il s'agit :

- premièrement, la carte géologique (mettant en exergue les unités géologique et les failles) est croisée à celle du réseau hydrographique. Le résultat de ce croisement donne une carte composite 1 appelée la carte de croisement des unités géologique et hydrographique ;
- deuxièmement, la carte pédologique est croisée à la carte composite 1 (carte de croisement des unités géologique et hydrographique). On obtient ainsi la carte composite 2 appelée carte de croisement des unités géologique, hydrographique et pédologique ;
- troisièmement, la carte de croisement des unités géologique, hydrographique et pédologique est croisée à celle des systèmes de pente. Le résultat de ce croisement donne la carte de vulnérabilité à l'inondation.

2.3.2.3. Cartographie du risque à l'inondation

Le risque mesure l'événement possible. Il évolue selon le temps et les lieux. Il est la résultante du croisement entre un aléa et des vulnérabilités. Ainsi donc la

superposition de la carte à l'aléa-inondation et celle de la vulnérabilité donne la carte du risque.

Le croisement des deux cartes intermédiaires donne la carte du risque à l'inondation (Figure 4).

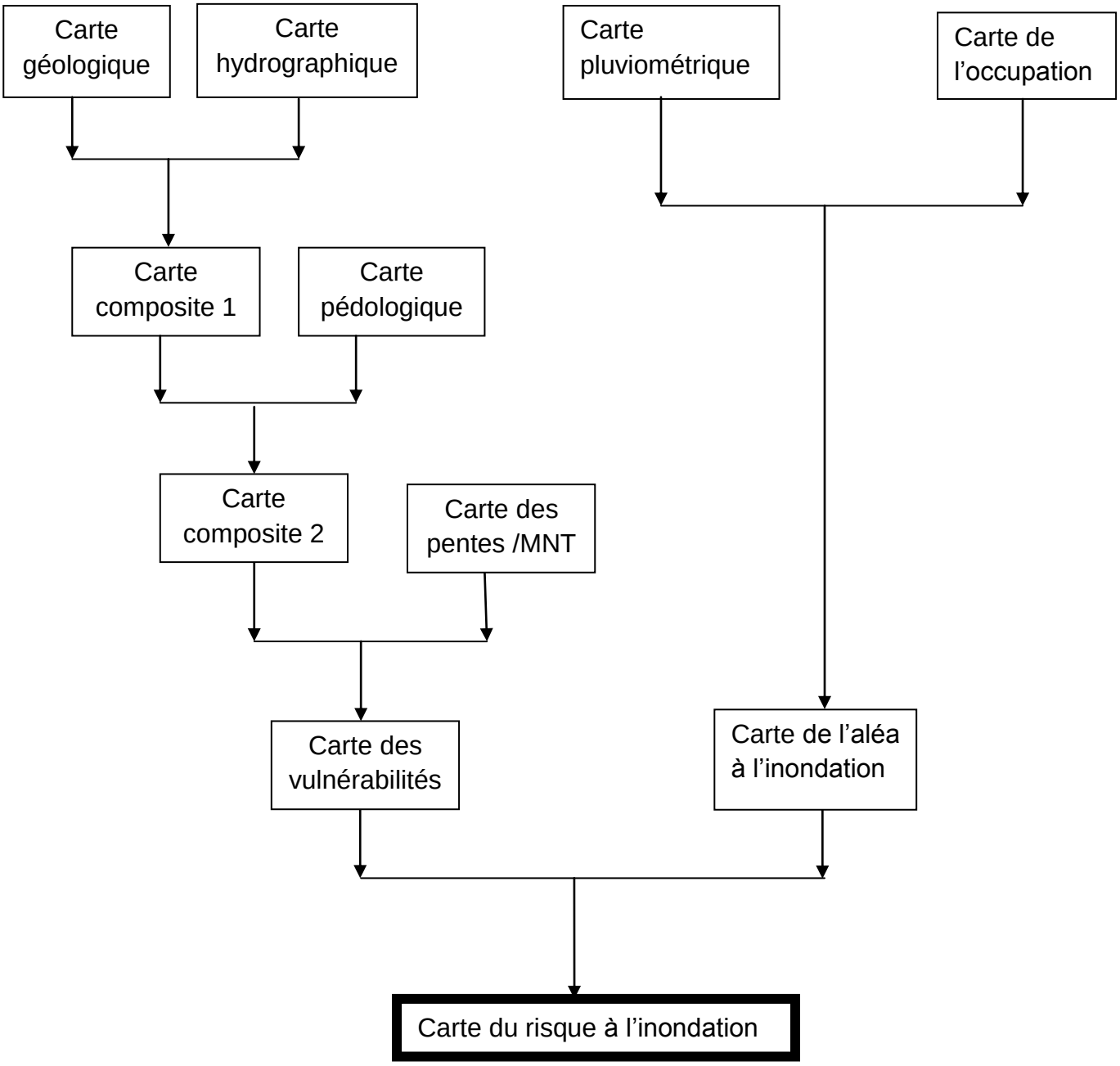


Figure 4: Synthèse de la démarche d'élaboration de la carte des risques d'inondations

L'application des scores des degrés permet de catégoriser les secteurs en fonction de leur degré de risque: secteur à risque très fort ; secteur à risque fort ; secteur à risque moyen; secteur à risque faible.

2.3.3. Etude des changements d'état des unités d'occupation du sol

L'analyse de la dynamique des unités d'occupation du sol est faite sur la base de l'étude diachronique de la carte d'occupation du sol de1979, 1995 et 2010.

2.3.3.1. Taux moyen annuel d'expansion spatiale

Le taux moyen annuel d'expansion spatiale exprime la proportion de chaque unité d'occupation qui change annuellement (Toko, 2008 ; Arouna, 2012 ; Oloukoï, 2012). Dans le cadre de cette étude, ce sont les formations marécageuses qui ont fait l'objet d'attention particulière. Ce taux annuel est calculé à partir de la formule :

$$Ta=\frac{S2-S1}{S1X(t2-t1)} \text{ x } 100 \qquad (6)$$

Avec S1 la superficie d'une unité d'occupation à la date t1, S2 la superficie de la même unité à la date t2.

2.3.3.2. Matrice de transition

La matrice de transition a permis de mettre en évidence les différentes formes de conversion qu'ont subi les formations marécageuses et les plans d'eau entre 1995 et 2010. Elle est constituée de X lignes et de Y colonnes. Le nombre de lignes de la matrice indique le nombre de classes d'occupation du sol au temps t_1; le nombre Y de colonnes de la matrice est le nombre de classes d'occupation du sol converties au temps t_2 et la diagonale contient les superficies des formations végétales restées inchangées. Les transformations se font donc des lignes vers les colonnes. Les superficies de ces différentes classes d'occupation du sol ont été calculées à partir du croisement des cartes d'occupation du sol de 1995 à 2010 à l'aide de la fonction *Intersect* de la boîte à outils Arctoolbox du logiciel ArcGIS 9.3.

2.3.3.3. Taux de conversion

L'évolution des unités d'occupation du sol à différentes périodes a permis d'apprécier l'emprise des agglomérations humaines sur les zones marécageuses. Ce suivi s'est fait à partir du calcul du taux de conversion de chaque unité. Ce taux correspond au degré de transformation subie par une unité d'occupation en se convertissant vers d'autres classes (Toko, 2008 ; Arouna, 2012 ; Oloukoï, 2012). La formule utilisée est :

$$T_C=\frac{\Sigma St-Ss}{\Sigma St} \qquad (7)$$

Avec Tc le taux de conversion ; St les superficies des unités d'occupation du sol issue de la conversion de l'unité principale à la date t ; Ss la superficie de la même unité demeurée stable à la date t.

2.3.4. Etude de la dynamique des inondations

Les décennies de 1991-2000 et 2001-2010 ont été choisies pour étudier l'évolution temporelle et spatiale des inondations. Ce choix s'est opéré sur la base de l'analyse pluviométrique qui a permis de noter le retour des pluies au cours de ces décennies. Les limites de la mémoire humaine ont milité également en faveur de ce choix. Les investigations socio-anthropologiques et les recherches documentaires ont permis de retracer l'évolution des inondations au niveau des quartiers échantillons. Les données recueillies ont été spatialisées à l'aide du logiciel Arc View 3.2.

2.3.5. Détermination des impacts sociaux des inondations

Les données collectées sur le terrain ont été codifiées, saisies avec le logiciel Epi Info.

Le V de cramer a été utilisé pour analyser la corrélation entre les différents paramètres. Il donne le seuil de signification de la relation entre les deux paramètres mesurés (Reveret, 1990).

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n(L-1)}} \qquad (8)$$

nn : nombre d'observations

χ : valeur de la variable étudiée

L : minimum des lignes et des colonnes du tableau (on prend le plus petit des 2)

V≤ 0,1 : la relation est nulle ;

0,1 < V≤ 0,2 : la relation est faible ;

0,2 < V ≤ 0,3 : la relation est modérée ;

V> 0,3 : la relation est forte.

2.3.6. Analyse de la dynamique de la population

La dynamique de la population a été appréciée à travers l'évolution des taux d'accroissements annuels de chaque commune. La formule mathématique utilisée est celle de l'INSAE (2002) et Tabutin (2004).

2.3.6.1. Taux d'accroissement de la population (T_a)

$$T_a = \left[\frac{(P_t - P_o)}{T} \Big/ \frac{(Pt + P_o)}{2} \right] \quad (9)$$

P_t : population à la date t ;
P_o : population à l'année de référence (2002) ;
T : la durée en année, entre la date t et la date initiale correspondant à la population (P_o) ;
T_a le taux d'accroissement intercensitaire.

2.3.6.2. Projection de la population

La formule utilisée est la suivante :

$$P_n = P_o (1+T_a)^n \quad (10)$$

P_n la population à l'année n, **P_o** la population à l'année de référence (2002),
T_a le taux d'accroissement intercensitaire.

Cette formule a permis d'estimer le nombre de ménages en 2010 à partir des données du RGPH de 2002.

2.3.7. Evaluation des stratégies institutionnelles, communautaires et individuelles de lutte et d'adaptation aux inondations

Le modèle SWOT a été utilisé pour analyser les différentes stratégies de prévention et de gestion des inondations.
Ce modèle (Strength, Weaknesses, Opportunities, Threats) permet d'identifier les facteurs (physiques, humains, environnementaux et socio-économiques) interne et externe qui influencent la gestion des inondations dans le Grand Cotonou. Les facteurs internes concernent les forces/atouts et faiblesses des stratégies de gestion des inondations tandis que les facteurs externes intéressent les opportunités et menaces pouvant permettre de soulager ou d'aggraver les peines des populations face aux inondations (figure 5).

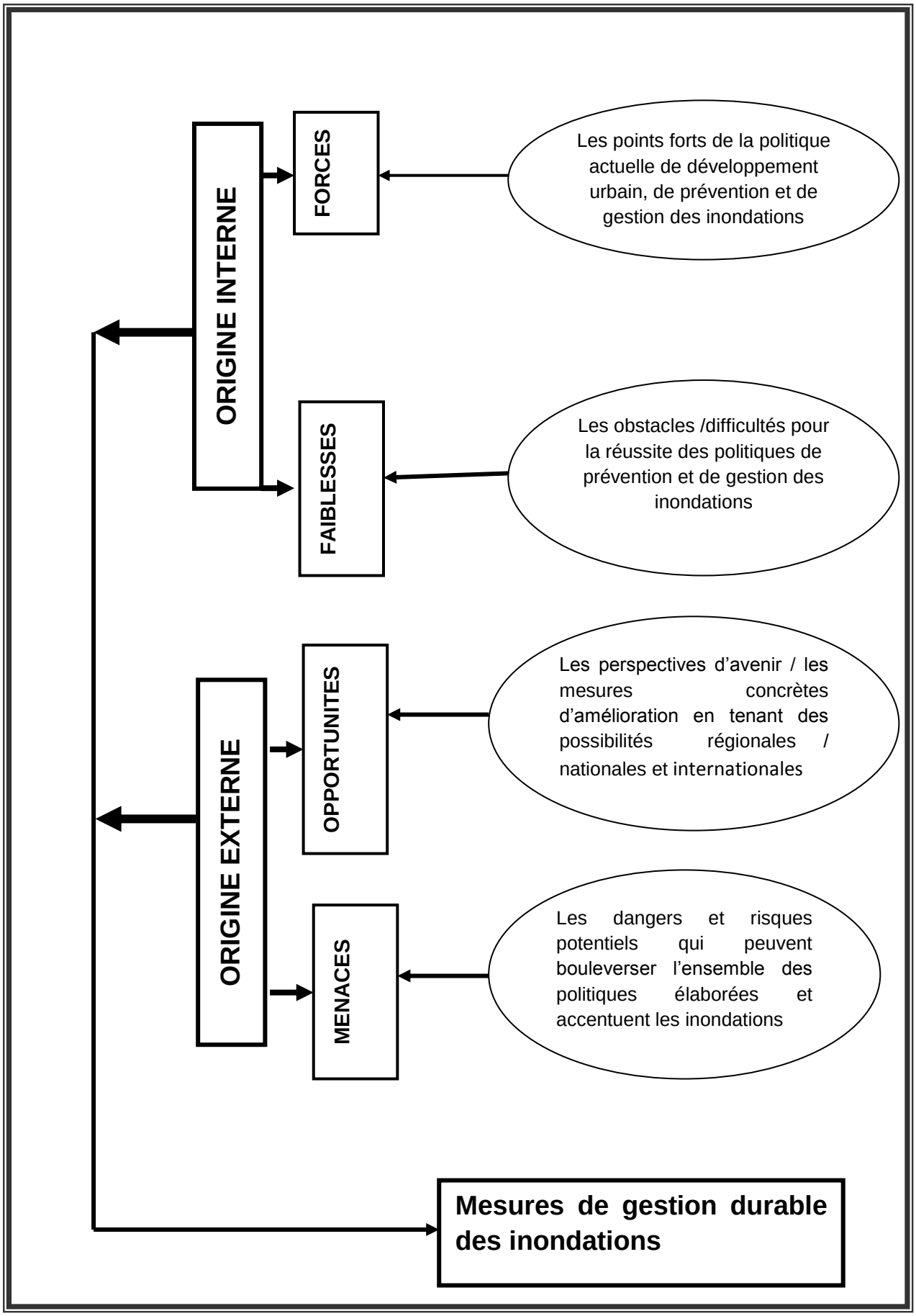


Figure 5: Modèle d'analyse des résultats à l'aide de SWOT

L'utilisation de ce modèle a permis de faire ressortir les insuffisances des stratégies actuelles des inondations et de proposer des mesures de gestion efficace et durable pouvant permettre de maximiser les forces et les opportunités, de minimiser l'impact des faiblesses et menaces et si possible les transformer en forces ou opportunités.

Conclusion partielle

Dans ce chapitre, l'accent a été mis sur la description des données collectées et sur les méthodes d'analyse statistique des études pluviométriques et des occupations du sol. Les données d'occupation du sol ont permis d'étudier la dynamique du phénomène de l'emprise humaine sur les zones marécageuses dans la région. Les données collectées auprès des ménages ont permis de se faire une idée des dégâts causés par les inondations. Les statistiques démographiques ont servi de base pour évaluer le croît démographique du secteur d'étude et son importance au niveau national. Les stratégies de lutte contre les inondations ont été collectées grâce aux entretiens réalisés avec les différents acteurs.

Les méthodes de traitement reposent sur l'approche statistique, l'analyse comparative (analyse diachronique de l'occupation du sol), complétée par le modèle SWOT pour dégager les forces et les faiblesses des différentes stratégies de lutte.

La démarche méthodologique utilisée a permis d'obtenir des résultats qui sont présentés dans les chapitres suivants.

DEUXIEME PARTIE:

FONDEMENTS ET MANIFESTATIONS DES INONDATIONS

CHAPITRE III : FONDEMENTS NATURELS ET HUMAINS DES INONDATIONS DANS LE GRAND COTONOU

Ce chapitre est consacré à la présentation des fondements naturels et humains des inondations dans le secteur d'étude.

3.1. Facteurs biophysiques des inondations

Les caractéristiques physiques et géographiques d'un site conditionnent en premier lieu le ruissellement de l'eau et par conséquent son caractère inondable (Dégradin, 2002).

3.1.1. Caractéristiques géomorphologiques et topographiques

Selon Guilcher (1959) et Slansky (1962), le Sud-Bénin dont fait partie le Grand Cotonou est localisé dans le bassin sédimentaire côtier constitué d'une série de plateaux séparés entre eux par les vallées des principaux cours d'eau (Ouémé et Mono) et d'une zone littorale basse appelée plaine côtière. Sur cette dernière se retrouvent entièrement les communes de Cotonou, de Sèmè-Podji et une partie des communes de Ouidah et d'Abomey-Calavi. Il s'agit respectivement des arrondissements de Pahou et de Godomey. La commune de Porto-Novo est située entièrement sur le plateau. Pour Oyédé (1983), cette plaine représente une bande de terre allongée Est-Ouest et parallèle à la côte. La largeur est d'environ 5 km avec une altitude maximale qui ne dépasse pas 10 m. Cette bande de terre est constituée d'une alternance de cordons dunaires exondés séparés par des dépressions marécageuses (Oyédé, 1991). Le relief assez plat, est dépourvu de toute déclivité. Les altitudes oscillent entre - 4 et 10 m par rapport au zéro géographique (figure 6). Les cordons de sable constituent les parties les plus élevées et les côtes y varient autour de 10 m. La côte moyenne de toute cette partie est de 3,52 m environ (Gnélé, 2010).

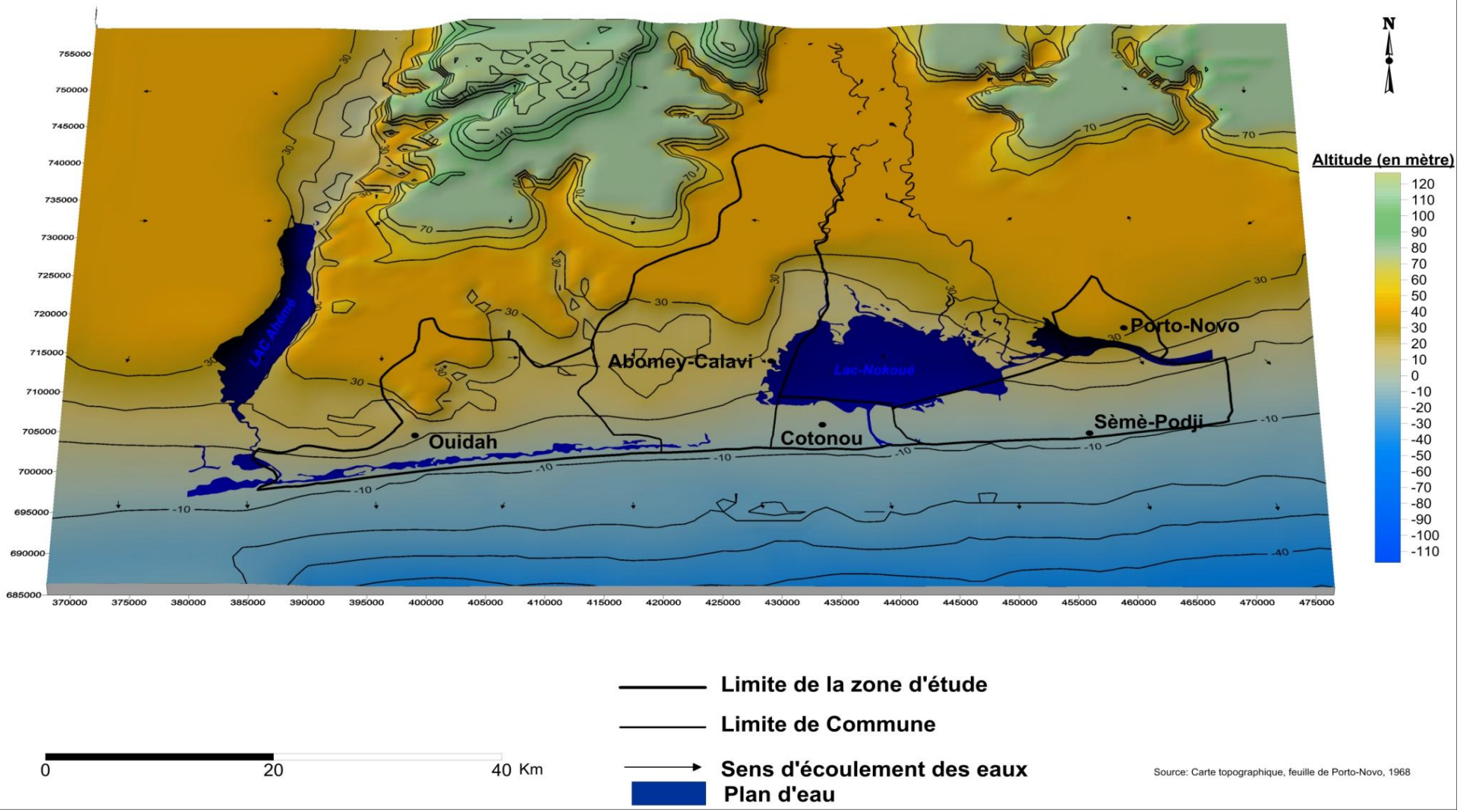


Figure 6 : Facettes topographiques du Grand Cotonou

L'analyse de la figure 6 révèle que dans les communes de Cotonou et de Sèmè-Podji, les altitudes sont très faibles et varient en moyenne autour de 10 m. Les sites de faible altitude (inférieure à 5 m) occupent les 2/3 des superficies de ces communes. De plus, à Cotonou comme à Sèmè-Podji, les altitudes les plus élevées se retrouvent en bordure de la mer. Ainsi, le relief de cette partie du secteur n'est pas favorable à l'écoulement des eaux pluviales vers l'océan. Ces résultats confirment les observations de Adégnika (2004), selon laquelle l'absence de déclivité et la facilité d'engorgement du sol prédisposent le site de la ville de Cotonou à de fréquentes inondations. Mais, ils sont allés au-delà en montrant que les communes de Sèmè-Podji et de Cotonou ont les mêmes réalités topographiques. En plus, Ces résultats permettent de constater que le réceptacle naturel des eaux dans cette partie du secteur d'étude est le lac Nokoué.

Au nord de la plaine côtière se retrouvent les plateaux séparés par les vallées des cours d'eau. Il s'agit du plateau d'Allada (Abomey-Calavi et Ouidah) et du plateau de Sakété (Porto-Novo). Leur altitude peut atteindre 40 à 50 m. Ils sont séparés du domaine margino-littoral par une dépression souvent marécageuse (au Nord de Godomey-Cococodji), parfois lagunaire (lagune de Porto-Novo, lagune Toho, Todougba). Les eaux d'infiltration réapparaissent en de nombreuses sources au pied du plateau (Donou, 2009). Quant à la plaine inondable, elle subit régulièrement les dépôts de charge d'alluvions du fleuve Ouémé par endroits.

Dans l'ensemble, la topographie du secteur est caractérisée par des pentes faibles dans certaines communes (Cotonou, Sèmè-Podji) et quelques dépressions fermées sur les plateaux (Porto-Novo, Abomey-Calavi et Ouidah). Le Grand Cotonou n'est donc pas bien drainé par endroits ; ce qui freine l'écoulement des eaux pluviales et leur stagnation dans les maisons et les rues.

Quant aux unités géomorphologiques, elles sont composées de vallons, de plaines marécageuses, de plateaux (figure 7).

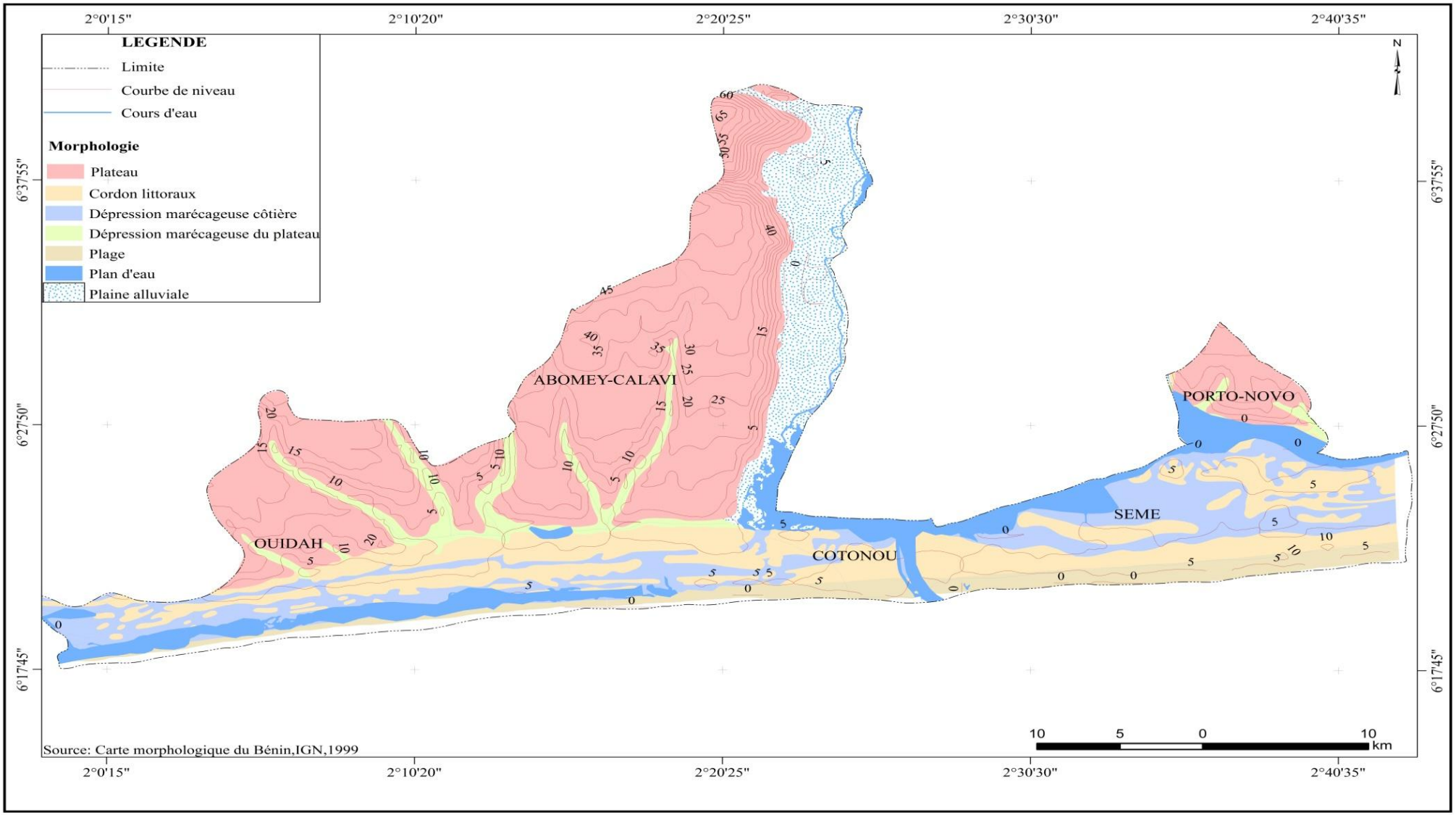


Figure 7: Unités morphologiques du Grand Cotonou

L’analyse de la figure 7 montre que les plateaux de terre de barre sont situés dans les communes de Ouidah, Abomey-Calavi et Porto-Novo qui présentent peu de formations marécageuses. Ils sont bordés par les unités fragiles (bas-fonds, marécages et vallées humides) et les cordons sableux qui occupent la partie méridionale du secteur notamment les communes de Cotonou, de Sèmè-Podji et les localités de Godomey et de Pahou. L’agencement des unités fait que les eaux pluviales coulent des plateaux vers les plaines. Ce qui montre une grande prédisposition du secteur aux inondations.

3.1.2. Composants géologique et pédologique

Selon Adam et Boko (1993), le secteur peut être divisé en trois ensembles du nord au sud compte tenu de la nature géologique des terrains superficiels. Il s’agit d’un :

- premier ensemble couvrant les plateaux, représenté par du sable argilo-limoneux rouge appelé « terre de barre ». La mise en place de ce sable s’est faite sous un climat équatorial ancien. Cette formation date du pléistocène continental ;
- deuxième ensemble correspondant aux sables jaunes et ocres des cordons internes ou bas-plateau. Ces sables sont des terres de barre érodées à faible capacité de rétention (12 à 14 %) ;
- troisième ensemble représenté par les sables blancs ou bruns et des sables gris des cordons médians. Ils sont issus des dernières oscillations marines de la période post-holocène.

Le secteur d'étude présente ainsi superficiellement, des unités géologiques appartenant toutes au Quaternaire.

Les relevés de niveaux statiques effectués par la Direction de l'Hydraulique en 1984 puis en 1988 et 1990 (SNC-Lavalin, 1994) indiquent au niveau :

- des cordons littoraux actuels et subactuels de sables bruns et blancs, les profondeurs de la nappe sont passées de 2,5 à 2 m entre février 1988 (période d'étiage) et décembre 1990 (après la recharge), dégageant une recharge de 0,5 m environ ;
- des cordons médians de sable gris, les niveaux statiques varient de 2,5 à 4 m en saison sèche et de 1,3 à 3,28 m en saison de pluie, soit une remontée d'environ 1m ;
- des cordons de sable jaune, une nappe relativement profonde à l'Est et dans l’arrondissement de Djèrègbé avec des niveaux statiques de 5 à 7 mètres en période sèche et 3 à 7 m après la période pluvieuse.

Les fluctuations sont donc en moyenne de 1 à 1,5 m. Mais la nappe devient plus superficielle vers l'Ouest où le niveau de l'eau fluctue entre 1,5 et 2 m à la recharge et 2 et 2,5 m à l'étiage, soit une remontée de 0,5 m environ (LACEEDE, 2010).

Le secteur d'étude présente des unités géologiques appartenant toutes au Quaternaire. La coupe pédologique réalisée par la SERHAU en 2004 en donne l'illustration (figure 8).

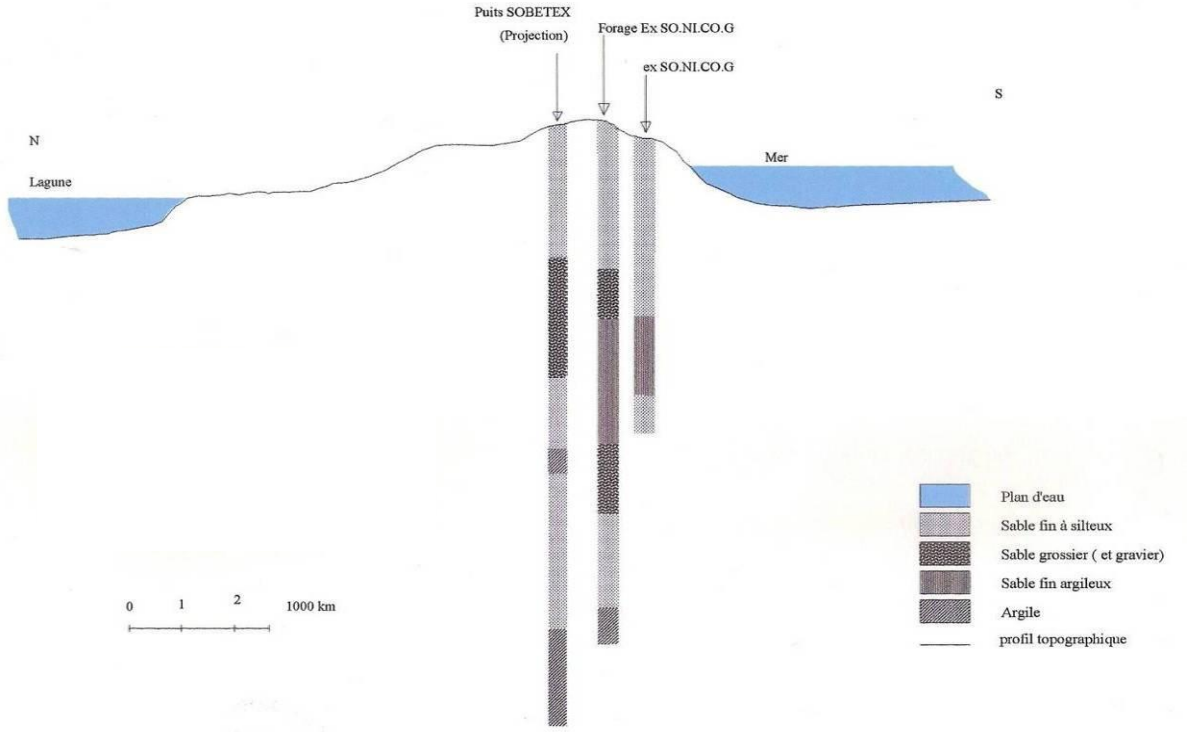


Figure 8 : **Coupe géologique schématique réalisée à Cotonou**
Source : *SERHAU, 2004*

L'analyse de la figure 8 montre une succession de différents types de sables au niveau des forages. Les sables fins silteux se retrouvent au niveau des premiers horizons suivis des sables grossiers et argileux. On retrouve à la base des forages, de l'argile. La teneur en argile de ces sols varie suivant la profondeur. Si la terre de barre est dans la partie superficielle très perméable, elle le devient de moins en moins dans ces horizons inférieurs (Volkoff et Willaime, 1976). Ceci relativise sa capacité d'infiltration par rapport à la fréquence et à l'abondance des pluies. Bourvier (1990) a montré que l'intensité d'infiltration de ce sol dépend de son état initial.

Quant à la pédologie du Grand Cotonou, elle est constituée en grande partie de sols ferralitiques et hydromorphes (figure 9).

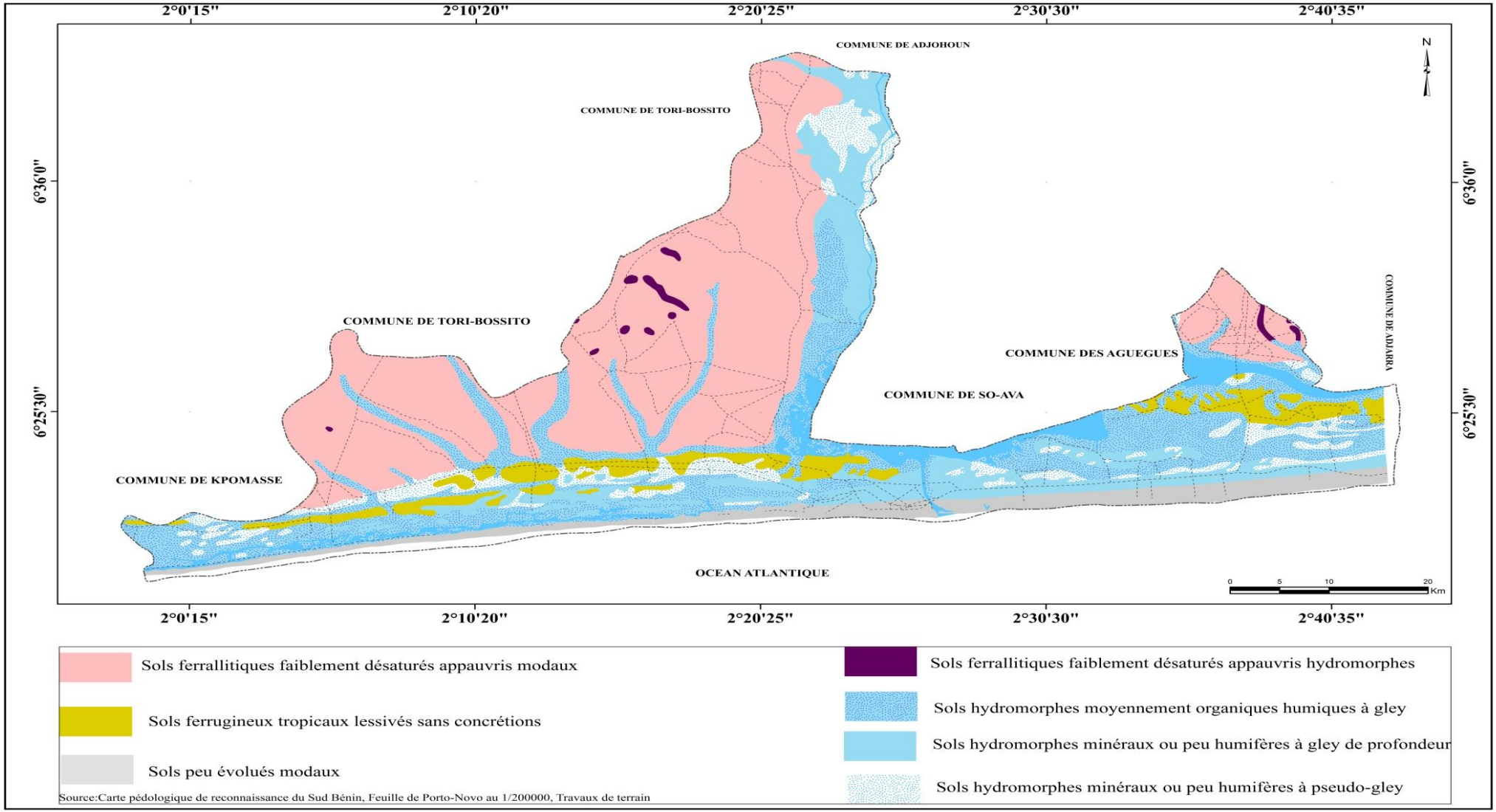


Figure 9: Caractéristiques pédologiques du Grand Cotonou

L’analyse de la figure 9 révèle que les sols hydromorphes à risque d’inondation sont situés en majorité sur la plaine côtière notamment dans les communes de Cotonou, Sèmè-Podji et une partie des communes d’Abomey-calavi et Ouidah. Les premiers horizons de ces sols sont composés de sables fins siliceux qui surplombent les sables grossiers et argileux. Ces caractéristiques font que l’eau s’infiltre très rapidement en période de pluie à travers le sable avant d’être ralentie par les formations argileuses. Cela fait que le sable est vite gorgé d’eau avec pour conséquence les inondations.

Lorsque la grande saison des pluies s'installe, les sols atteignent leur niveau de saturation dans un délai de 2 à 3 semaines (LACEEDE, 2010). Ceci limite la capacité d'infiltration des sols. Ainsi, la nappe phréatique atteint très rapidement la surface du sol, d’où les inondations.

3.1.3. Facteurs climatiques

Les facteurs hydro-climatiques jouent un rôle déterminant dans les inondations, car l’eau issue des manifestations pluvieuses est l’élément déclencheur des inondations.

3.1.3.1. Précipitations

Le Grand Cotonou est caractérisé par un climat de type subéquatorial humide (Boko, 1988). On distingue dans le secteur d’étude deux saisons sèches (mi-novembre à mi-mars et mi-juillet à août), avec absence ou insuffisance de pluies (les précipitations sont inférieures à 40 mm, quasi nulles en décembre, janvier et février) et deux saisons pluvieuses (mi-mars à mi-juillet et septembre à mi-novembre) où il pleut le plus souvent en abondance (la moyenne mensuelle dépasse 170 mm). Il s’agit donc d’un régime bimodal (figure 10), avec deux pointes d’inégales importances concentrant 40 à 65 % à la première saison des pluies et 18 à 30 % à la seconde (Houndakinou, 2005).

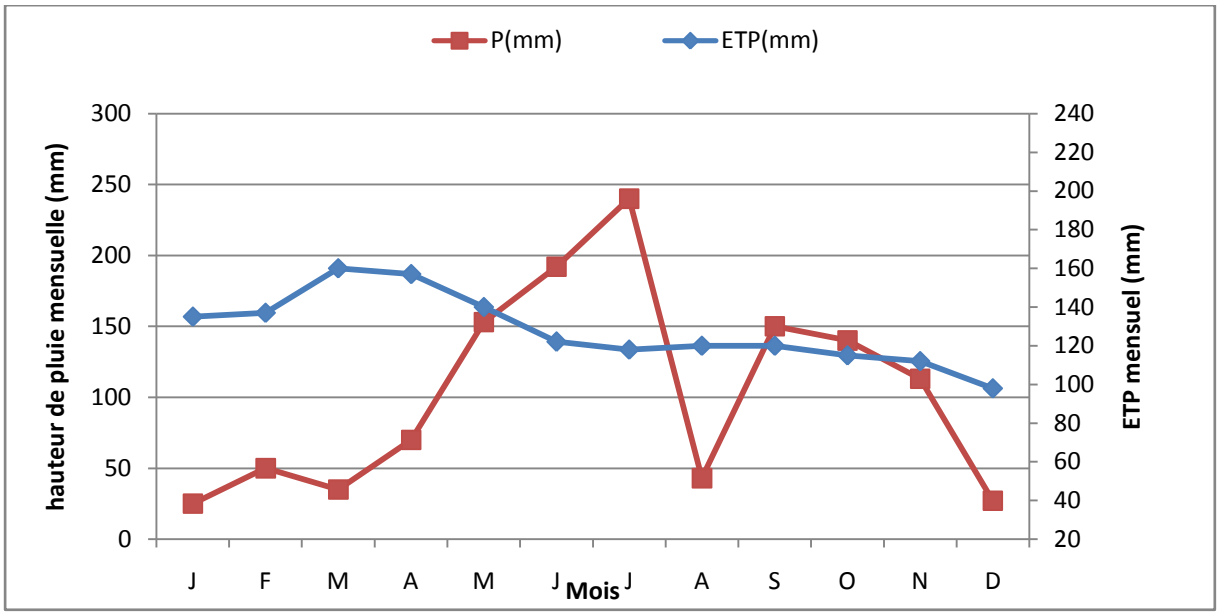


Figure 10 : Evolution des hauteurs moyennes de la pluie et de l'ETP
***Source** : Données ASECNA, 2010*

L'analyse de la figure 10 révèle que les pluies sont abondantes pendant les mois de mai (153 mm), juin (192 mm) et juillet (240 mm). Pendant cette période, le niveau de la courbe de la pluie est supérieur à celle de l'ETP. Durant cette période, les sols du secteur d'étude sont suffisamment humides pour atteindre leurs points de saturation. Ce régime pluviométrique est à l'origine de la première série d'inondations dans la majeure partie du secteur d'étude où l'eau qui tombe s'infiltre en partie dans le sol laissant le reste en surface à cause d'une part, de la saturation rapide des sols et d'autre part des pentes relativement faibles du sol (< 0,05 %) surtout sur la plaine côtière.

Durant les mois de septembre et octobre, la courbe de la pluie est légèrement au-dessus de celle de l'ETP. Les sols n'ont pas atteint leurs points de saturation. Ce qui montre que les inondations de cette période ne sont pas dues uniquement aux précipitations du secteur d'étude. Selon Kèlomè (2006), la dynamique hydrologique dans la ville de Cotonou est liée tant aux précipitations du sud qu'à celles du nord au climat soudanien à une seule saison pluvieuse centrée sur le mois d'août. En effet, deux facteurs hydrologiques, favorables aux inondations sont caractéristiques du secteur :

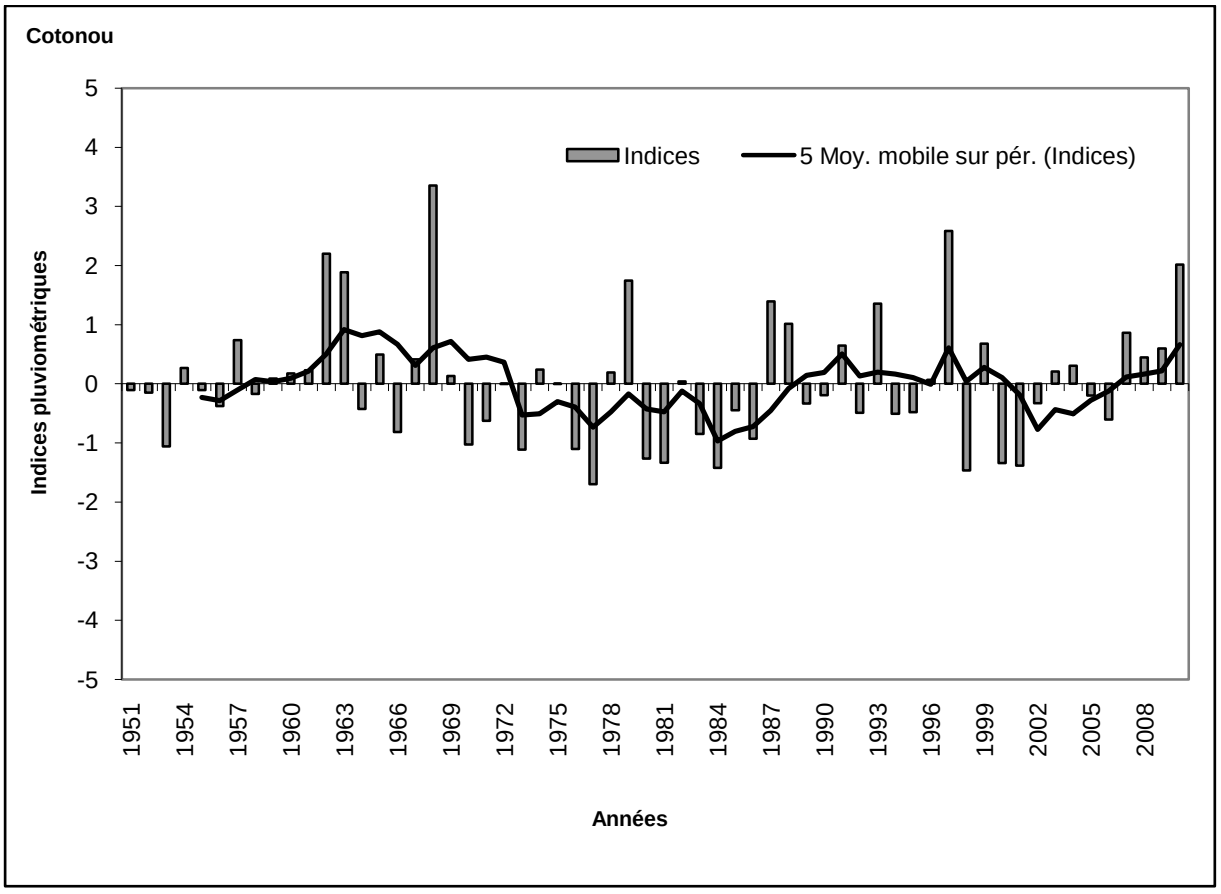
- le niveau de la nappe phréatique, subaffleurante augmente rapidement. Le sol est vite saturé, notamment dans les zones de dépressions. Les précipitations ne

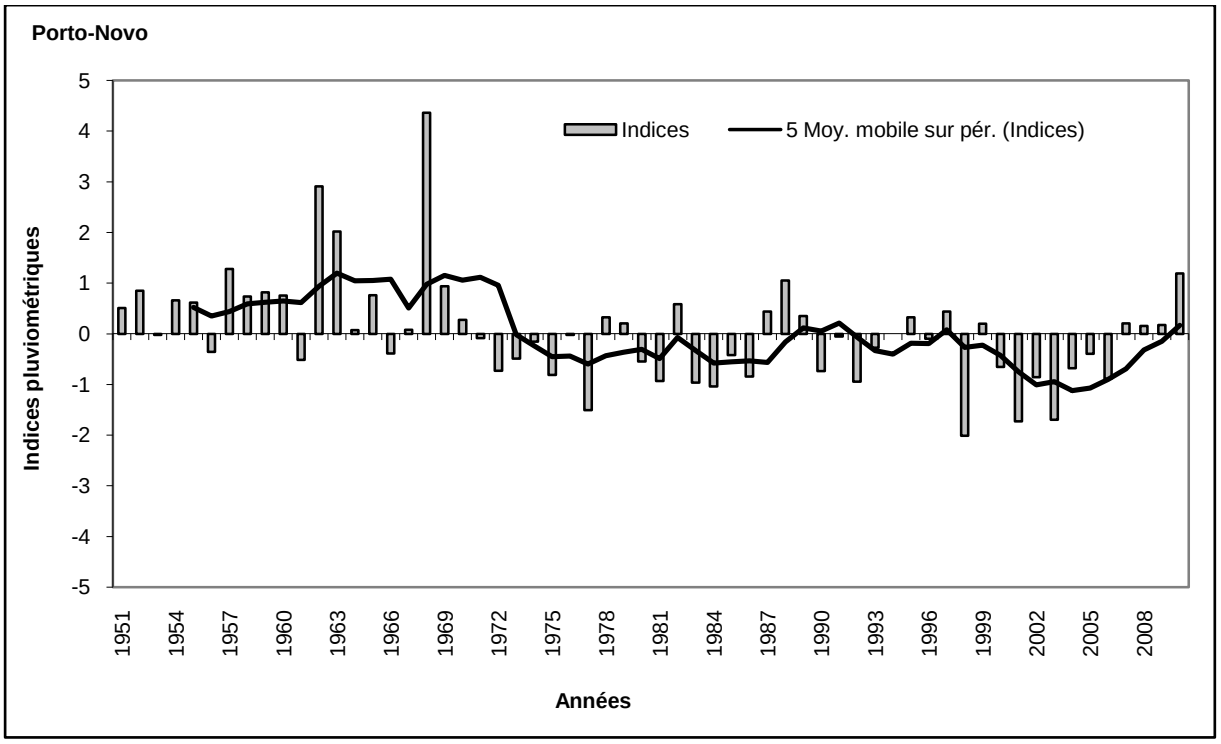
s'infiltrant plus convenablement, une grande partie du secteur d'étude est inondée en saison de pluies ;

- pendant les saisons des pluies, les crues du fleuve Ouémé et de ses affluents provoquent de fortes variations du niveau d'eau dans le lac Nokoué. C'est ainsi que certains quartiers (Vossa, Fifadji, Tonato, Sainte Rita, Yénawa et Agla) restent inondés une bonne partie de l'année (Adégnika, 2004).

3.1.3.2. Variabilité inter-annuelle de la précipitation

La pluie est le facteur primordial de la genèse des inondations. La variabilité inter-annuelle de la précipitation de 1951 à 2010 est étudiée à travers la comparaison des valeurs pluviométriques réduites. La figure 11 illustre bien la variabilité inter-annuelle de la précipitation dans le Grand Cotonou.





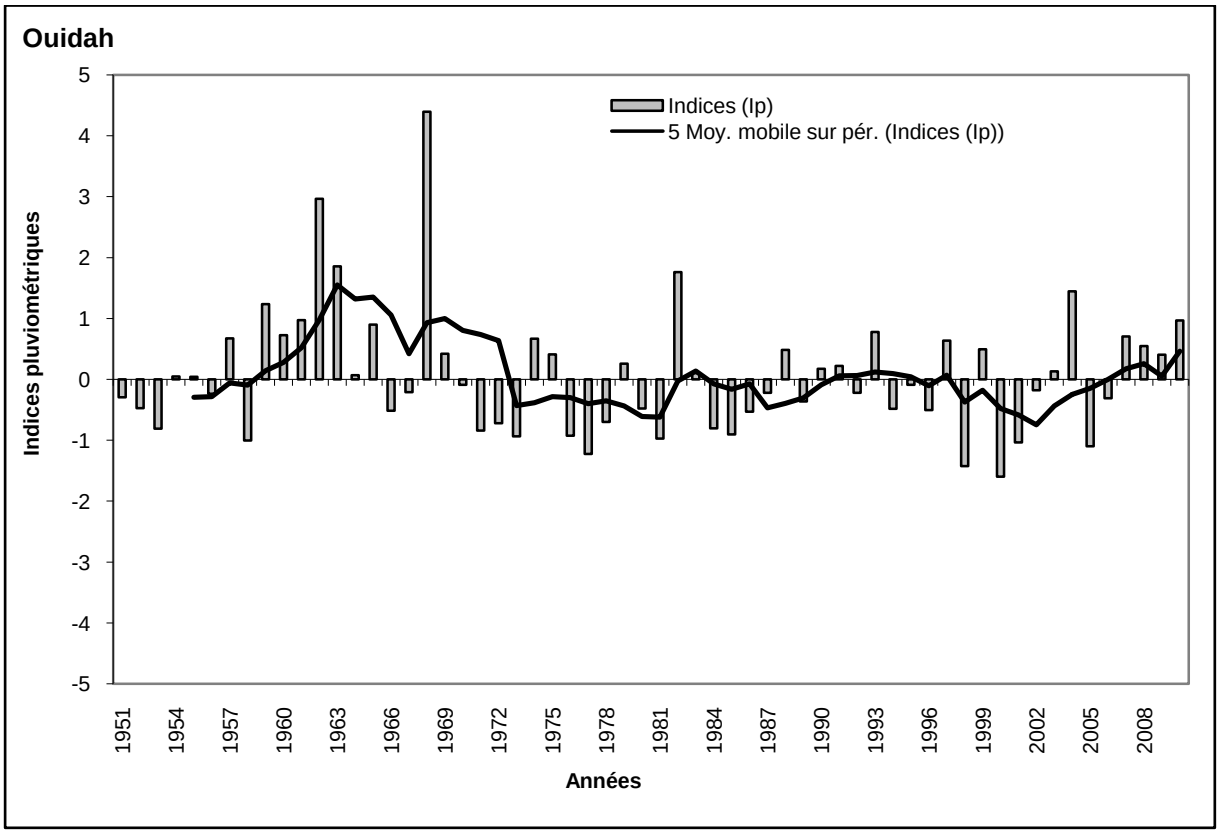


Figure 11: Indices pluviométriques annuels des différentes stations du Grand Cotonou (1951-2010)

Source : *Données ASECNA (2010)*

L'analyse de la figure 11 révèle que les totaux pluviométriques annuels sont marqués par une alternance des années très pluvieuses et des années déficitaires. Le nombre d'années excédentaires varie d'une station à une autre et est en minorité par rapport aux années déficitaires dans toutes les stations. La fréquence des années excédentaires est de 16,66 %, 18,33 %, 23,33 % respectivement à Cotonou, Porto-Novo et Ouidah. Les précisions relatives à ces années excédentaires sont indiquées dans le tableau IV.

Tableau IV : Répartition des années pluviométriques excédentaires par station

ANNEES	Cotonou		Porto-Novo		Ouidah	
	Hauteur (mm)	Excédent (%)	Hauteur (mm)	Excédent (%)	Hauteur (mm)	Excédent (%)
1952			1624	22,81		
1957			1777,9	34,45	1347,4	20,94
1959			1612,8	21,96	1542,4	38,44
1960			1590,2	20,25	1366,7	22,67
1961					1451,2	30,25
1962	2069,5	58,21	2356,2	78,18	2142,5	92,3
1963	1960,7	49,9	2041,1	54,35	1758,4	57,83
1965			1592,3	20,41	1426,7	28,05
1968	2470,2	88,85	2874,7	117,39	2640,4	136,99
1969			1657	25,31		
1974					1346,3	20,84
1979	1913,3	46,27				
1982					1725,9	54,91
1987	1790,6	36,89				
1988	1660	26,91	1697,4	28,36		
1993	1778,3	35,95			1384,6	24,28
1997	2203,3	68,44				
2004					1615,7	45,02
2007	1605,9	22,77			1358,5	21,93
2010	2005,6	53,33	1745,6	32,01	1450,2	30,17

***Source** : Adapté ASECNA (2010)*

L'analyse du tableau IV montre que la pluie a été excédentaire dans les trois communes (Cotonou, Porto-Novo et Ouidah) au cours des années 1962, 1963, 1968 et 2010. Par contre, il y a des années où les excédents sont localisés seulement sur une ou deux communes. Il s'agit des années 1993 et 2007 pour Cotonou et Ouidah, 1988 pour Cotonou et Porto-Novo, puis des années 1957, 1959, 1960 et 1965 pour

Ouidah et Porto-Novo. Les décennies de 1970 et 1980 présentent très peu d'années pluviométriques excédentaires surtout à Porto-Novo. Ces résultats sont conformes à ceux des travaux antérieurs (Boko, 1988 ; Afouda, 1990 ; Houndénou,1999) qui ont montré que les décennies 1970 et 1980 ont été sèches au Bénin en opposition avec les années 1940 et 1950 réputées plus pluvieuses. Cette baisse des excédents pluviométriques s'est poursuivie à Porto-Novo au cours des décennies 1990 et 2000. En revanche, on note à Cotonou et à Ouidah, un retour des années pluviométriques excédentaires. Cette situation est due à l'augmentation générale des fortes précipitations sur les côtes en Afrique de l'ouest, ces dernières années (Hulme, 2001). Cependant les plus forts excédents pluviométriques ont été enregistrés en 1968. L'année 2010 qui est reconnue comme la plus redoutable dans tout le Grand Cotonou en matière d'inondation, n'a pas enregistrée à l'échelle annuelle le plus fort excédent pluviométrique.

3.1.3.3. Ampleur des excédents pluviométriques décennaux

L'importance des excédents pluviométriques par décennie est résumée dans le tableau V.

Tableau V : Ampleur des anomalies pluviométriques positives annuelles par décennie

Périodes / Stations	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010
Cotonou	+2 à +20 %	+4 à +89 %	+4 à +46 %	+1 à +37 %	+2 à +68 %	+5 à +53 %
Porto-Novo	+14 à 34 %	+2 à +117 %	+5 à +9 %	+9 à +28 %	+5 à +12 %	+4 à 32 %
Ouidah	+1 à +38 %	+2 à + 137 %	+ 8 à +21 %	+3 à +56 %	+7 à +24 %	+4 à +45 %

***Source** : Blalogoé et traitement statistique des données ASECNA (juin, 2012)*

Il ressort de l'analyse du tableau V que l'intensité des ampleurs dans le secteur d'étude est comprise entre 1 et 137 %, les plus fortes valeurs sont enregistrées dans toutes les stations au cours de la décennie 1961-1970. Par contre, les décennies 1970 et 1980 présentent des ampleurs relativement faibles par rapport aux

décennies 1990 et 2000. La station de Cotonou est celle qui présente les excédents pluviométriques les plus élevés au cours des deux dernières décennies. Même avec le retour des pluies, les excédents pluviométriques restent faibles par rapport aux décennies 50 et 60. Pour mieux affiner les analyses, la répartition pluvieuse saisonnière a été étudiée.

3.1.3.4. Variabilité pluviométrique saisonnière des précipitations

La grande saison pluvieuse d'avril à juillet, responsable de la première série des inondations est étudiée afin de mieux comprendre l'apparition des années excédentaires. Le tableau VI résume l'ensemble des saisons excédentaires par station sur la période étudiée.

L'analyse du tableau VI montre que dans toutes les stations, il y a des années déficitaires à l'échelle annuelle mais excédentaires à l'échelle saisonnière comme par exemple les années 1959, 1961, 1965, 1967, 1991,1999 et 2008 à Cotonou, les années 1958, 1964, 1967, 1982, 1994 et 2009 à Porto-Novo et les années 1964, 1969, 1983, 1991 et 2009 à Ouidah. Cela explique les inondations localisées observées par endroits. Aussi, certaines années sont excédentaires à l'échelle annuelle dont la grande saison est cependant déficitaire. Il s'agit des années 1947, 1987 à Cotonou, des années 1947, 1952, 1988 à Porto-Novo et des années 1957, 2004 et 2010 à Ouidah. Pour ces années particulières, les excédents sont liés à la deuxième saison pluvieuse. Les décennies 50 et 60 demeurent celles qui présentent plus de saisons pluviométriques excédentaires (en moyenne une année sur deux) avec un retour des pluies au niveau de la station de Cotonou (en moyenne deux années sur cinq) dans les années 90 et 2000.

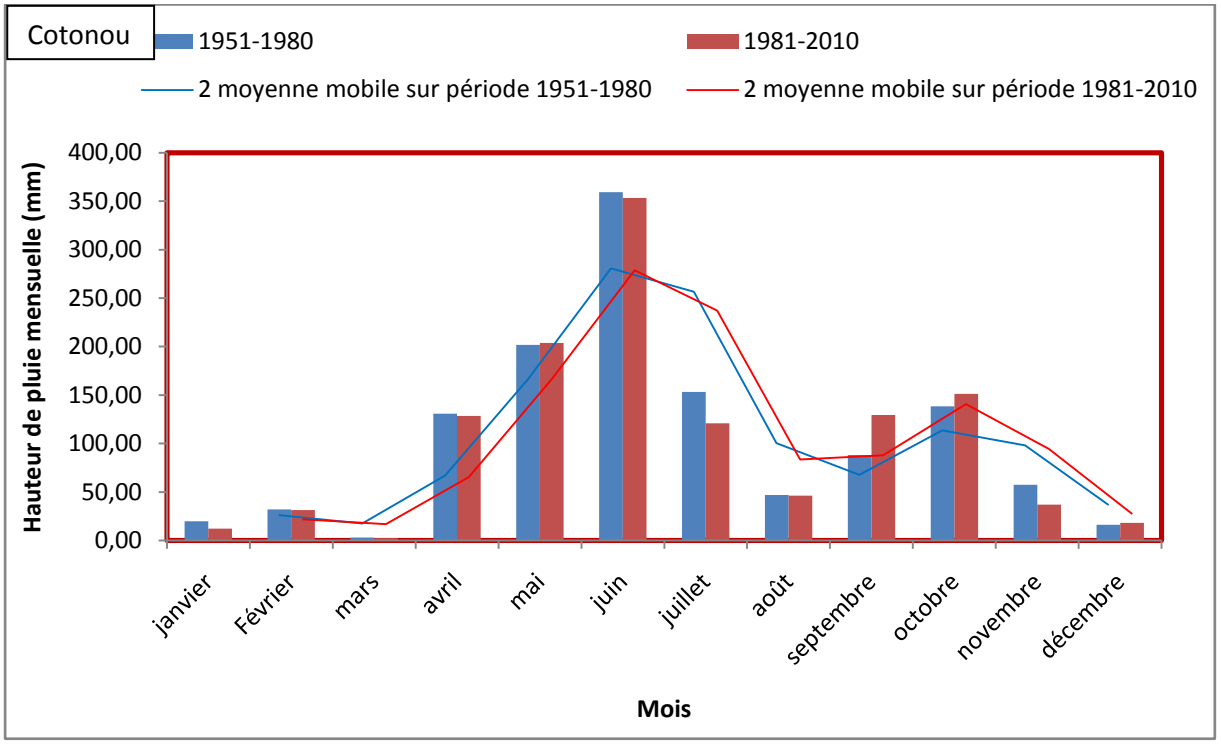
Tableau VI : Répartition des excédents pluviométriques saisonniers par station

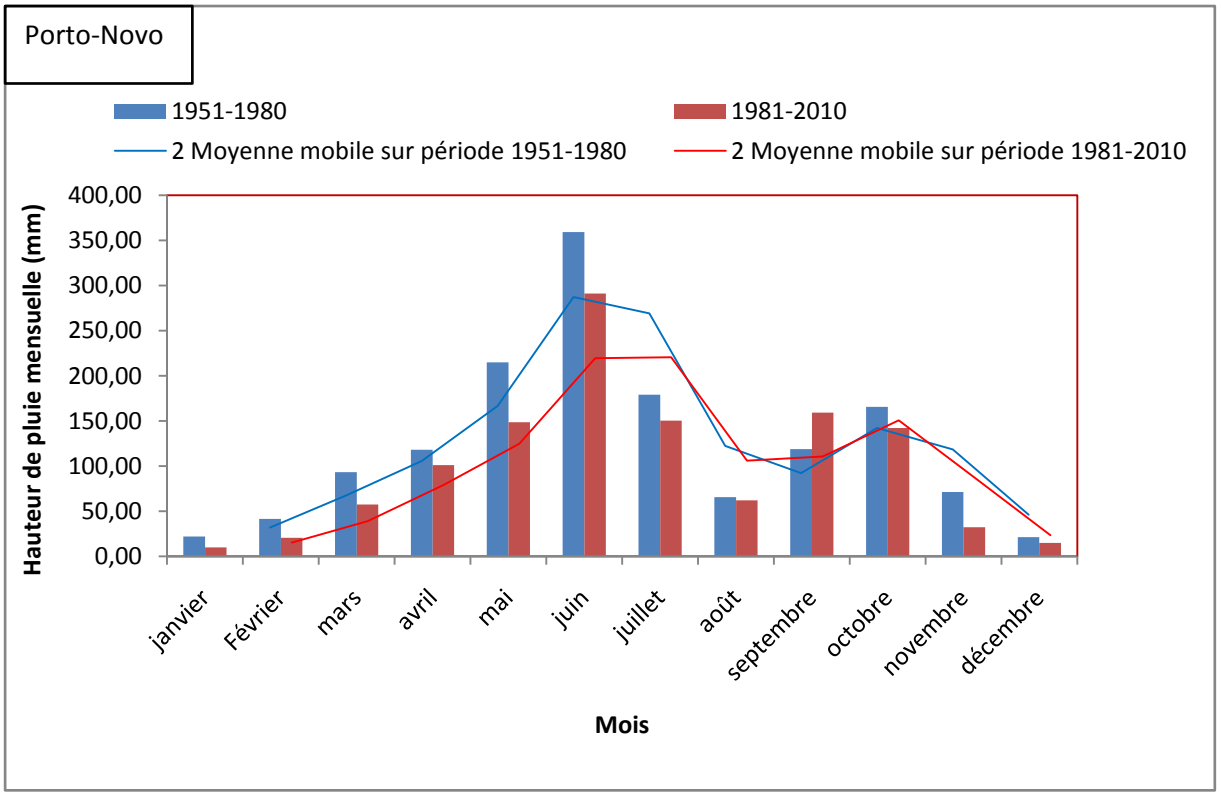
ANNEES	COTONOU		PORTO-NOVO		OUIDAH	
	Hauteur (mm)	Excédent (%)	Hauteur (mm)	Excédent (%)	Hauteur (mm)	Excédent (%)
1952			DS			
1957			1127,6	43,9	DS	
1958			1097,7	40,1		
1959	986,1*	20,2	1001,6	27,9	1085,1	53,8
1960			977,4	24,8	979,3	38,8
1961	1052,8	28,3			1001,7	42
1962	1409,6	71,8	1543,7	97,1	1429,6	102,6
1963	1218	48,5	1370,3	74,9	1224,4	73,5
1964			1006,2*	28,4	921*	30,5
1965	1144,4*	39,5	1005,2	28,3	1121,2	58,9
1967	1031,3*	25,7	1017,5*	29,9		
1968	1533,5	86,9	1406,3	79,5	1364	93,3
1969			1138,8	45,4	873,8*	23,8
1974					938,3	33
1979	1135	38,4			942,4*	33,6
1982			1146,7*	46,4	1366,1	93,6
1983					1014,6*	43,8
1987	DS					
1988	1068,8	30,3	DS			
1991	1079,1*	31,5			847,6*	20,1
1993	1146,4	39,8			933,3	32,3
1994			960*	22,5		
1997	1259,6	53,6				
1999	1001	22				
2004					DS	
2007					897,9	27,3
2008	987,9	20,4				
2009	1255,4	53	1095,2*	39,8	1019,1*	44,4
2010	1207,3	47,2	1082,4	38,2	DS	

Source : Blalogoé et traitement statistique ASECNA (juin, 2012)

***** : année non excédentaire mais la grande saison pluvieuse est excédentaire
DS : Année excédentaire mais la grande saison n'est pas excédentaire

Malgré le retour des pluies au cours des dernières décennies, l'analyse des hauteurs pluviométriques saisonnières ne montre pas une très grande variation dans le temps (figure 12).





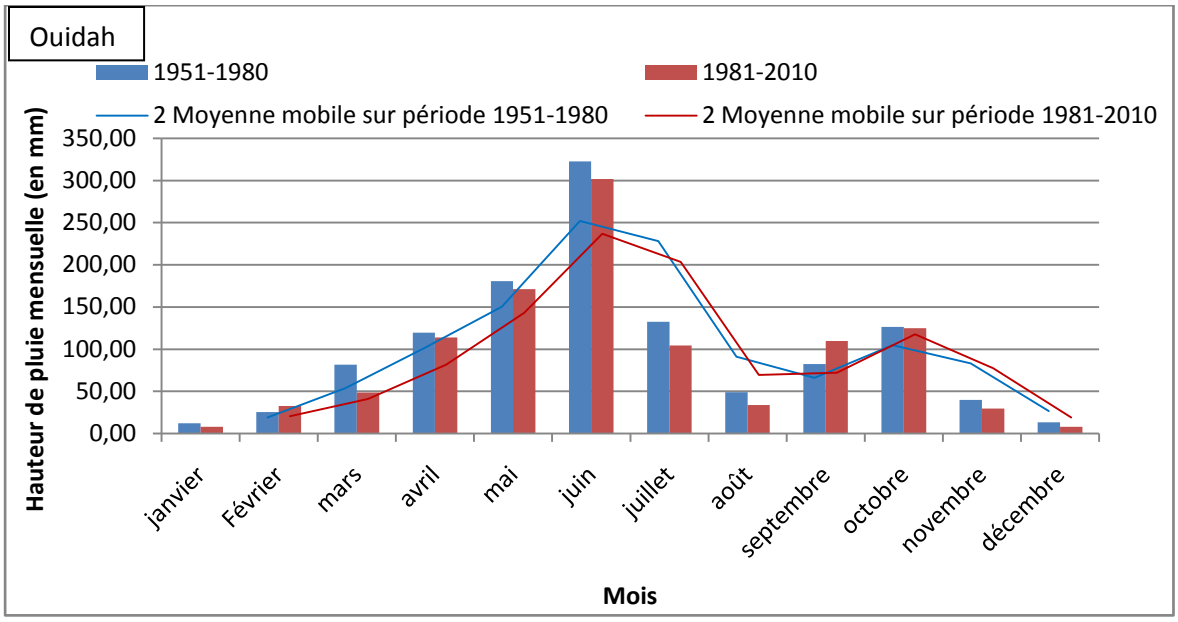


Figure 12 : Evolution de hauteurs pluviométriques mensuelles de 1951-1980 et 1981-2010

***Source** : Blalogoé et traitement statistique des données ASECNA (juin, 2012)*

L'analyse de la figure 12 montre une légère variation des totaux pluviométriques mensuels des deux séries (1951-1980 et 1981- 2010). La grande saison des pluies semble être plus arrosée au cours de la première trentenaire (1951-1980) alors que la petite saison des pluies est plus marquée au cours de la seconde trentenaire (1981-2010).

Soit à tester au seuil de 5 % et pour chaque mois (janvier, février, mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre, décembre), l'hypothèse H0 contre l'hypothèse H1 telle que :

+ H0 : Les hauteurs moyennes mensuelles de pluie sur les périodes 1951-1980 et 1981-2010 sont égales ;

+ H1 : il y a une différence entre les hauteurs moyennes mensuelles de pluie des périodes 1951-1980 et 1981-2010.

Selon les résultats obtenus avec le logiciel Minitab, seule la probabilité associée au mois de septembre soit p=0,027 est inférieure à 0,05.

Alors à un seuil de 5 %:

- H0 est acceptée pour les mois de janvier, février, mars, avril, mai, juin, juillet, août, octobre, novembre, décembre et on conclut qu'il n'existe statistiquement pas de différence significative entre les pluviométries moyennes de ces mois sur les périodes étudiées.

- H0 est rejetée, H1 est acceptée pour le mois de septembre et on conclut qu'il y a une différence significative entre les pluviométries moyennes du mois de septembre sur les deux périodes.

Ainsi, au cours de la période de 1951 à 2010, seul le mois de septembre a connu une légère augmentation pluviométrique dans toutes les stations.

3.1.3.5. Occurrence d'évènements pluviométriques extrêmes au cours des saisons pluvieuses de 1951-2010

L'étude des hauteurs pluviométriques journalières et du nombre de pluies a permis de comprendre la répartition des pluies au cours des saisons pluvieuses. Les résultats des analyses sont présentés à travers les figures 13 à 15.

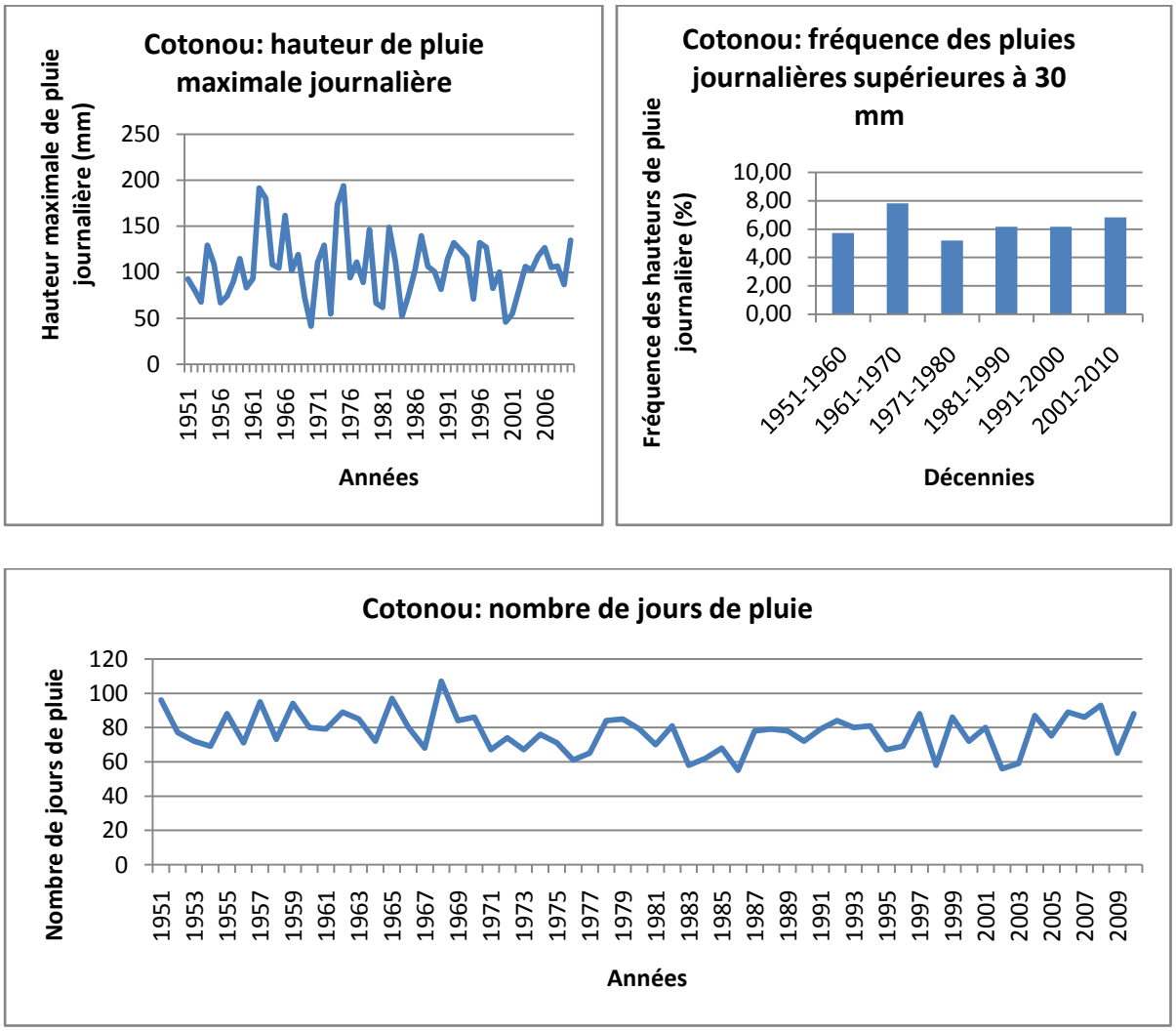


Figure 13: Evolution des paramètres pluviométriques (hauteur maximale de pluie journalière, fréquence d'apparition de pluie supérieure à 30 mm et nombre de jours de pluie) à Cotonou

L'analyse de la figure 13 montre que la hauteur maximale de pluie journalière est obtenue en 1975 (193,8 mm), l'occurrence élevée des pluies journalières maximales est obtenue au cours des années 1960 et le nombre élevé de jours de pluie en 1968 (107 jours).

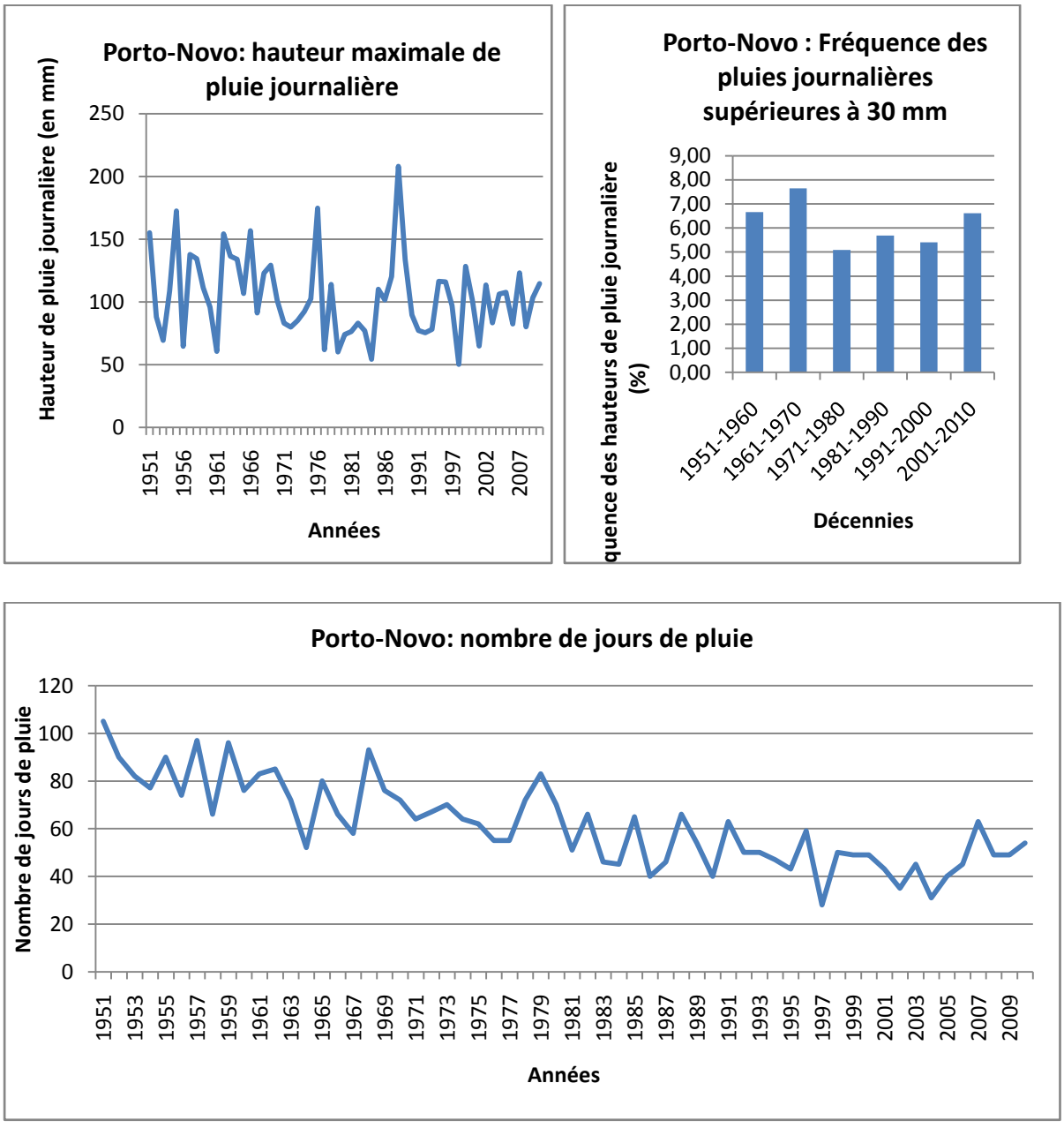


Figure 14 : Evolution des paramètres pluviométriques (hauteur maximale de pluie journalière, fréquence d'apparition de pluie supérieure à 30 mm et nombre de jours de pluie) à Porto-Novo

L'analyse de la figure 14 montre que la hauteur maximale de pluie journalière est obtenue en 1988 (208 mm), l'occurrence élevée des pluies journalières maximales

est obtenue au cours des années 1960 et le nombre élevé de jours de pluie en 1951 (105 jours).

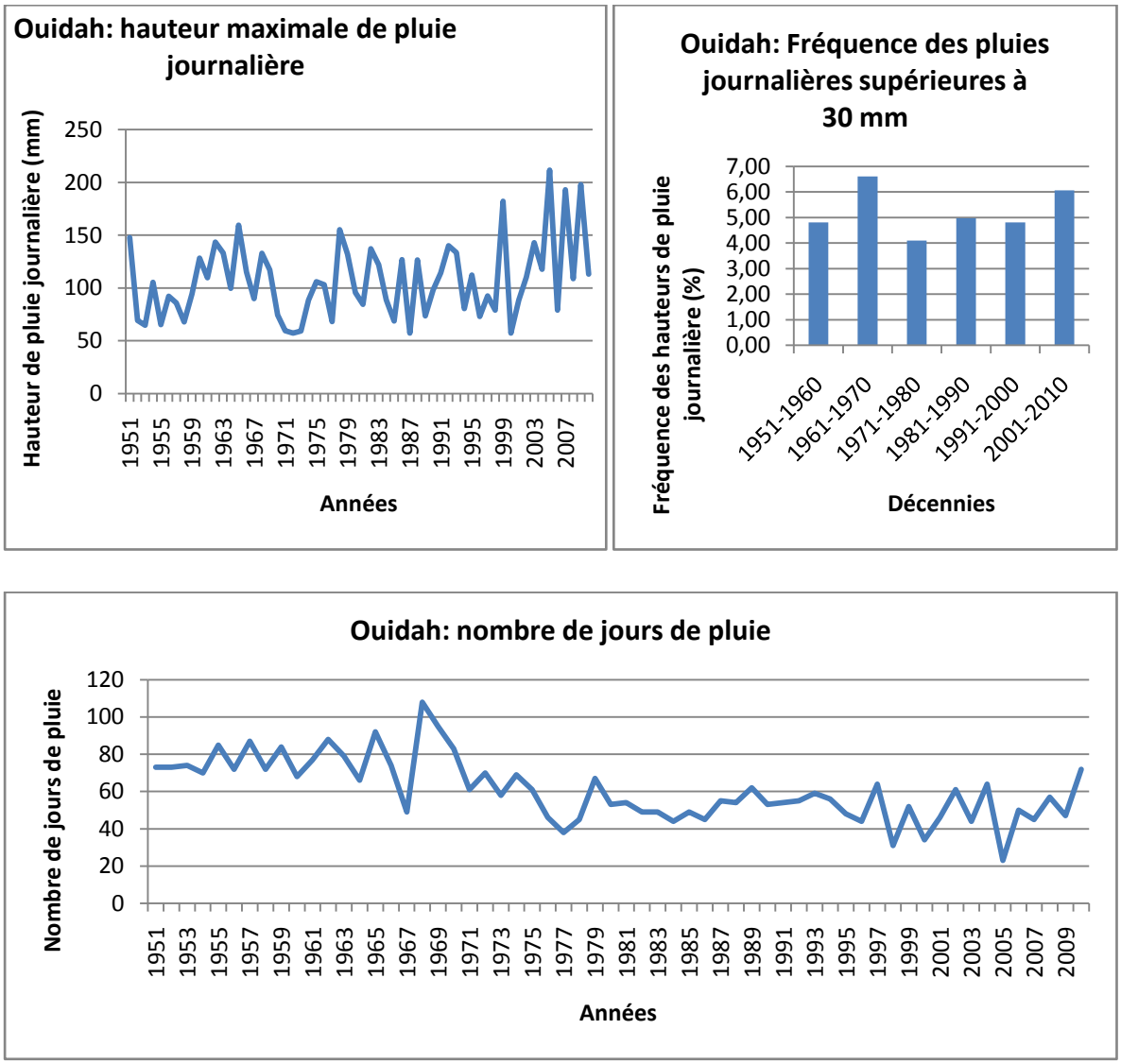


Figure 15 : Evolution des paramètres pluviométriques (hauteur maximale de pluie journalière, fréquence d'apparition de pluie supérieure à 30 mm et nombre de jours de pluie) à Ouidah

L'analyse de la figure 15 montre que la hauteur maximale de pluie journalière est obtenue en 2005 (211,6 mm), l'occurrence élevé des pluies journalières maximales est obtenue au cours des années 1960 et le nombre élevé de jours de pluie en 1968 (108 jours).

Au total, l'analyse de la variabilité pluviométrique montre que les communes du Grand Cotonou ne sont pas uniformément arrosées. Le nombre de jours de pluie tend à la baisse dans la commune de Porto-Novo. Par contre, les hauteurs

maximales de pluie journalière connaissent une augmentation à Ouidah au cours des deux dernières décennies. Malgré ses différences, la décennie de 1960 demeure la plus arrosée dans l'histoire du Grand Cotonou par rapport à l'occurrence des hauteurs de pluie maximale journalière et du nombre de jours de pluie. Même, avec le retour des pluies observées dans les décennies 1990 et 2000, les valeurs maximales et les fréquences de pluie journalière obtenues n'atteignent pas ceux des années 1968 à Cotonou et 1988 à Porto-Novo. Et pourtant l'ampleur des inondations n'a jamais amené l'Etat du Bénin à déclarer « l'état d'urgence sur les inondations », ni « pays sinistré », comme ce fût le cas respectivement en 2009 et 2010. Malgré, la concentration des pluies à Ouidah à travers les hauteurs maximales de pluie journalière au cours des deux dernières décennies, cette commune demeure la moins vulnérable aux inondations qui enregistrent peu de sinistrés. Alors la variabilité de la pluie ne saurait être le seul facteur responsable de la récurrence et de l'ampleur des inondations dans le Grand Cotonou.

3.1.4. Caractéristiques hydrographiques

Le Grand Cotonou est traversé par un ensemble de lacs et lagunes. Ces dernières véhiculent d'importantes quantités d'eaux vers l'Océan Atlantique et occupent environ 2,6 % du bassin sédimentaire côtier (Texier, 1980). Il s'agit du lac Nokoué (150 km²), de la lagune de Porto-Novo (35 km²), de la lagune de Ouidah (40 km²), et du lac Toho (15 km²). Ces plans d'eau servent d'exutoire naturel pour le drainage de la grande partie des eaux du secteur (figure 16).

L'analyse de la figure 16 montre que le bassin du fleuve Ouémé couvre 38 % du territoire du Grand Cotonou (DGeau, 2012). Les communes concernées sont Abomey-calavi(48 %), Cotonou (43,66 %), Sèmè-Podji (57,26 %) et Porto-Novo (100%). Ainsi, le fleuve Ouémé, le plus grand cours d'eau du Bénin, draine vers le Grand Cotonou, les eaux pluviales de la partie septentrionale et centrale du pays. La fluctuation des niveaux d'eau dans le fleuve joue sur les hauteurs d'eau dans le lac Nokoué et la lagune de Porto-Novo par le système de vases communicants au moyen du canal de Totché. Ce phénomène est à l'origine des inondations des mois de septembre et octobre de chaque année dans le secteur selon 75 % des personnes enquêtées.

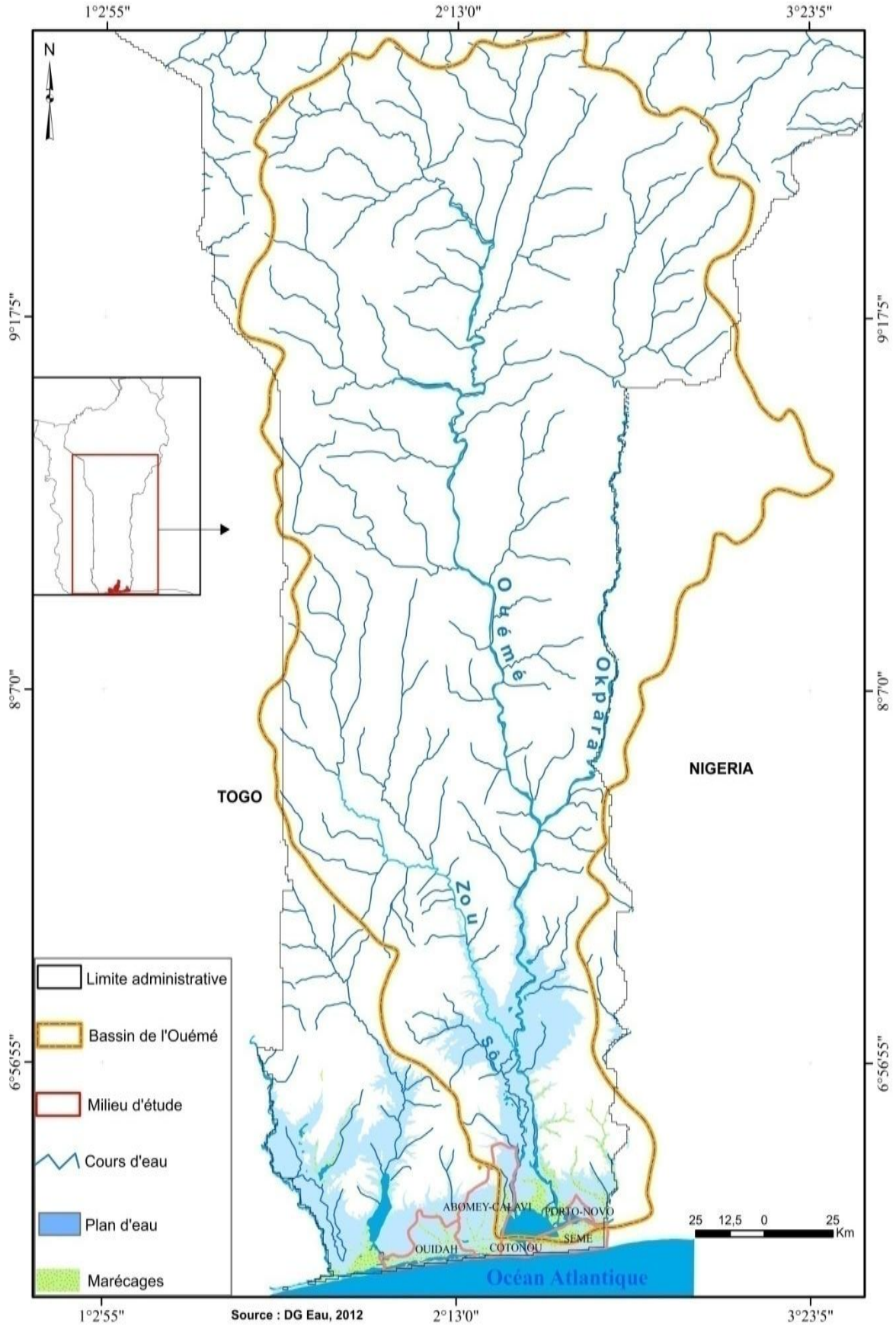


Figure 16 : Bassin versant du fleuve Ouémé

En dehors de ce fleuve, Il existe quelques cours d'eau secondaires : Sô, Bakamé, Dati, Todouba, Djonou, la lagune de Ouidah, etc.

Le débordement des eaux du lac Nokoué causent des inondations respectivement dans les communes de Sèmè-Podji, d'Abomey-calavi (Gbodjo, Houalacomey, Topka-zoungo, etc), Cotonou. De même, la lagune de Ouidah située dans le bassin du fleuve Mono, cause les inondations dans les communes de Ouidah et Abomey-calavi (Cocotomey, Dékoungbé, Hèdomè).

3.1.4.1. Evolution annuelle des paramètres hydro-pluviométriques du lac Nokoué

Les hauteurs d'eau du lac Nokoué varient en fonction de la pluviométrie saisonnière du Grand Cotonou et de la dynamique hydrologique du fleuve Ouémé.
La figure 17 présente les évolutions saisonnières des pluviométries mensuelles à la station de Cotonou - Aéroport et des hauteurs d'eau moyennes mensuelles du lac Nokoué à la station de Cotonou - chenal.

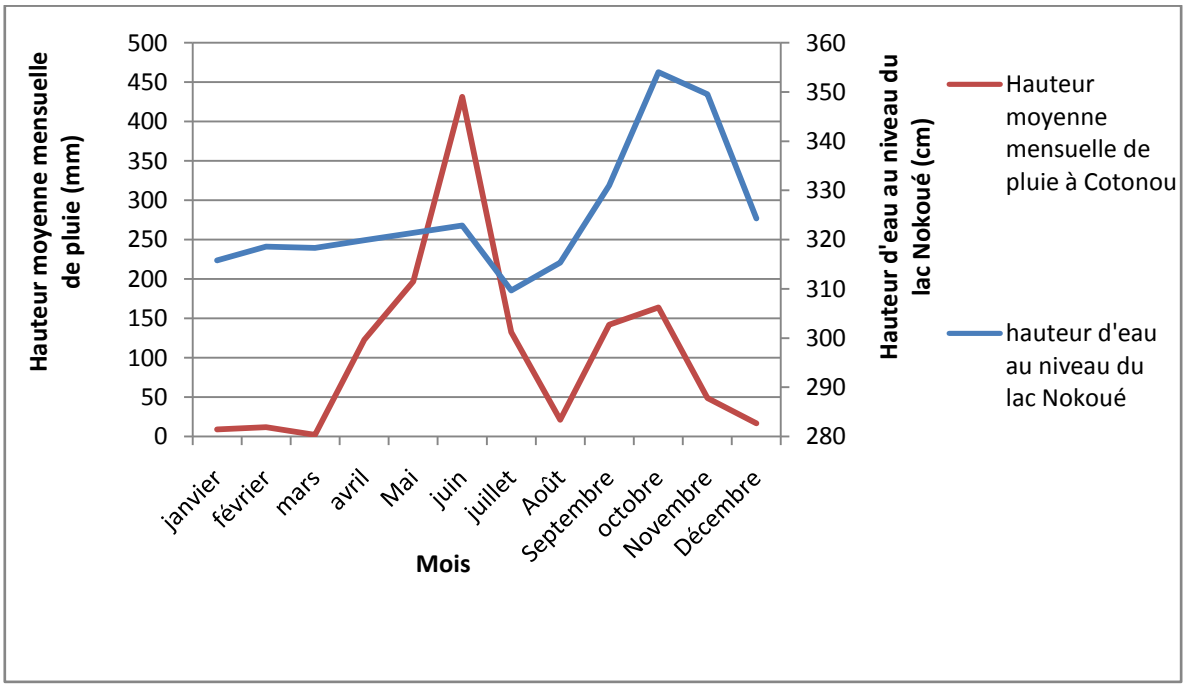


Figure 17 : Evolution du niveau du lac Nokoué en fonction des hauteurs de pluie
Source : *DG-eau (2010)*

L'analyse de la figure 17 montre que la faible crue du lac intervient durant les mois les plus pluvieux du secteur d'étude c'est-à-dire mai et juin. Après cette légère remontée, les eaux du lac atteignent leur niveau minimal en juillet avant de

commencer à s'élever dès mi-juillet alors que la petite saison sèche du Grand Cotonou a déjà débuté. Ce qui montre que cette montée des eaux dans le lac n'est pas liée à la pluviométrie du Grand Cotonou. Ces eaux continuent leur ascension pour atteindre leur maxima en octobre au moment du pic de la petite saison pluvieuse qui commence en septembre.

Ainsi, la forte crue du lac Nokoué correspond aux mois où les précipitations locales sont relativement moins importantes. Cette montée des eaux dans le lac ne s'explique donc pas par les précipitations locales, mais par les apports des cours d'eau qui alimentent le lac. En effet, cette période coïncide avec la grande saison des pluies au Nord-Bénin. Le fleuve Ouémé qui prend sa source dans la partie septentrionale du Bénin draine les eaux pluviales du nord vers le sud du pays dont une partie se déverse dans le lac Nokoué et le reste dans la lagune de Porto-Novo. Pendant cette crue, le niveau d'eau du lac s'élève d'environ 2 mètres pour submerger les zones basses d'altitude généralement inférieure à 1,50 m (cote IGN 1,5m). Les habitants de ces zones sont alors soumis aux affres des eaux de crue pendant un (1) à trois (3) mois (septembre à novembre). C'est le cas des quartiers comme Ladji, Djidjè, Agbato dans la commune de Cotonou, Tchonvi et Agbalilamè dans la commune de Sèmè-Podji. D'autres quartiers outre ceux en bordure du lac et du chenal sont également affectés par la crue. L'eau remonte à ces endroits par effet de siphon à travers le réseau d'assainissement ou sature la nappe dans les zones basses. Les quartiers concernés sont : Agla, Fijrossè, Dèkoungbé, Cocotomey, Cococodji, Pahou. Ainsi, Les crues du lac Nokoué, du chenal de Cotonou, de la lagune de Porto-Novo et de Ouidah, constituent de ce fait une cause importante des inondations dans le Grand Cotonou.

Par ailleurs, pendant cette période, les eaux de la petite saison pluvieuse n'arrivent plus à s'écouler vers le lac dans les communes de Cotonou et Sèmè-Podji. Aussi, la nappe phréatique déjà relevée par les eaux de la grande saison pluvieuse au niveau de la plaine côtière, est rapidement saturée lors de la petite saison pluvieuse. Le surplus en eau stagne en surface aggravant ainsi les inondations à l'intérieur des agglomérations. Comme l'ont aussi remarqué Afouda et Houanye (2004), durant cette période de crue, le lac n'arrive plus à contenir toutes les eaux pluviales de Cotonou qui restent dans les agglomérations.

Pour mieux comprendre les hauteurs maximales d'eau dans le lac Nokoué de juillet à octobre, l'évolution saisonnière des débits moyens mensuels du fleuve Ouémé à la station de Bonou et des hauteurs d'eau moyennes mensuelles du lac Nokoué à la station de Cotonou - chenal de 2001 à 2010 a été analysée (figure 18).

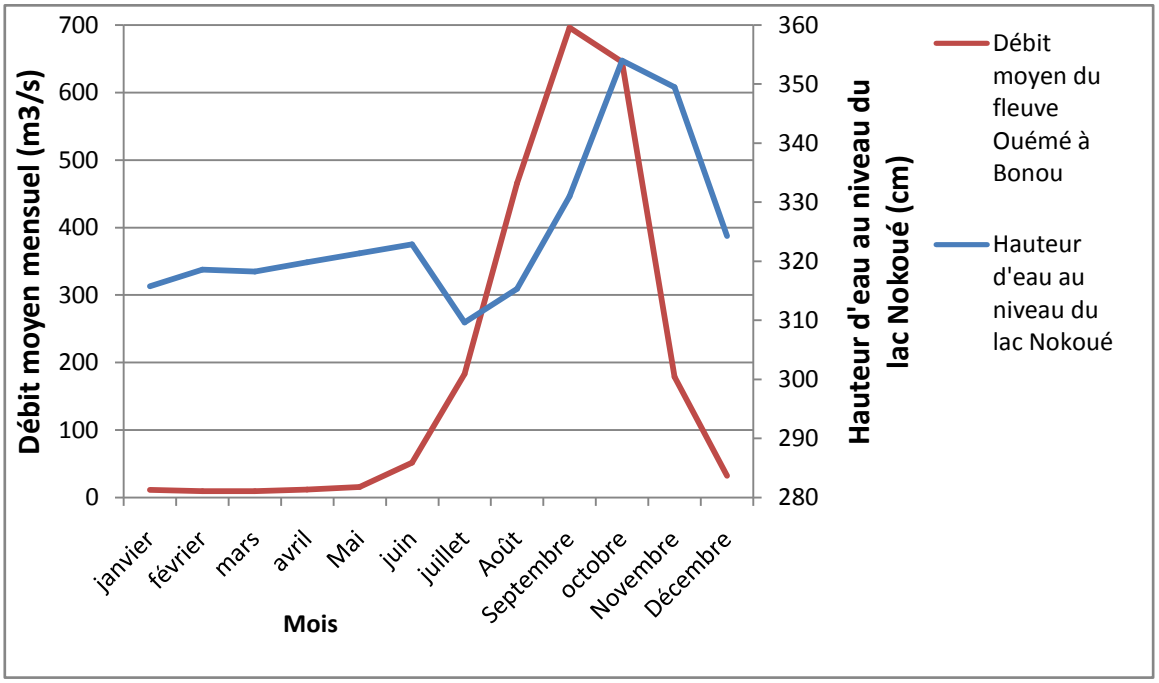


Figure 18 : Variations saisonnières du débit moyen mensuel du fleuve Ouémé et de la hauteur en eau du lac Nokoué de 2001 à 2010

Source : *DGeau (2010)*

L'analyse de la figure 18 montre que les écoulements à Bonou démarrent en mai et atteignent leur pic en septembre. Par contre, le lac Nokoué ne commence à prendre de façon significative de la hauteur qu'après le mois de juillet et son pic est atteint en octobre après que les écoulements à Bonou atteignent leur maxima en septembre. Aussi, il existe une similitude entre le débit du fleuve Ouémé et la hauteur d'eau dans le lac Nokoué. L'écoulement du fleuve Ouémé à Bonou précède les variations du niveau du lac Nokoué. Dans le cours du fleuve Ouémé, Bonou se trouve en amont par rapport au lac Nokoué, c'est ce qui explique que les écoulements au niveau de cette portion du fleuve précèdent les variations du niveau du lac (Tableau VII)

Tableau VII : Apparition des pics de crues dans la vallée de l'ouémé à Bonou et au niveau du lac Nokoué à Cotonou de 2001 à 2010

Bonou		Lac Nokoué		Nombre de jours de différence
Date d'apparition	Hauteur (cm)	Date d'apparition	Hauteur (cm)	
07 10 2001	864	17 10 2001	326,579	10
26 09 2002	867	09 10 2002	358,306	13
09 10 2003	982	17 10 2003	394,000	8
06 09 2004	896	18 09 2004	364,500	12
16 10 2005	783	20 10 2005	348,222	4
05 10 2008	977	16 10 2008	386,000	11
20 09 2010	1020	25 09 2010	417,750	5
05 10 2010	1023	06 10 2010	423,941	1

***Source** : DGeau (2011)*

L'analyse du tableau VII montre qu'une crue constatée à Bonou prend en moyenne 7 jours pour survenir au niveau du lac Nokoué à l'exception de l'année 2010.

Ainsi, le lac Nokoué reçoit une grande quantité d'eau venant hors du Grand Cotonou. Or une diminution de l'ordre de 0,6 m de la profondeur maximale a été observée au cours des dernières décennies (1986 à 2006) soit 0,03 m/an environ (Mama, 2010). Cela joue sur la capacité d'emmagasinage du lac par conséquent, entraîne davantage des inondations dans le Grand Cotonou.

En somme, la combinaison des facteurs topographiques, géomorphologiques et hydro-pluviométriques rend le secteur vulnérable aux inondations qui se manifestent différemment au cours de l'année.

A ces facteurs naturels, s'ajoutent la forte concentration humaine et les modes inappropriés d'occupation du sol.

3.2. Facteurs humains et sociaux amplificateurs des inondations

La dynamique démographique et spatiale du secteur se manifeste par la croissance de la population et les modes d'occupation du sol (N'Bessa, 1997).

3.2.1. Dynamique démographique et étalement urbain

Le développement spatial de villes secondaires comme Sèmè-Podji à l'est, Ouidah et Pahou à l'ouest et Abomey-Calavi au nord, constitue avec l'extension de Cotonou, les noyaux de la grande conurbation littorale. La population est passée de 604 090 habitants en 1979 à 1386 539 habitants en 2002 pour atteindre 1 994 206 habitants en 2013 (figure 19). Cette région abritera 3 141 482 habitants en 2025, soit 25 % de la population béninoise. Cependant, elle présente quelques particularités démographiques internes (figure 20).

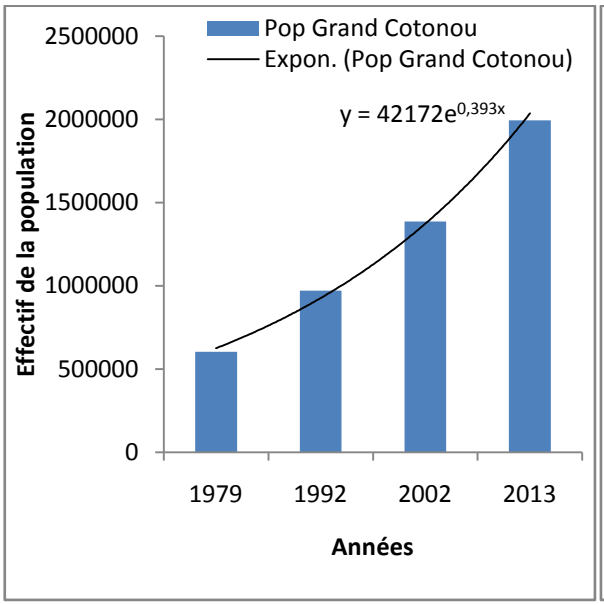


Figure 19 : Evolution de la population du Grand Cotonou de 1979 à 2013

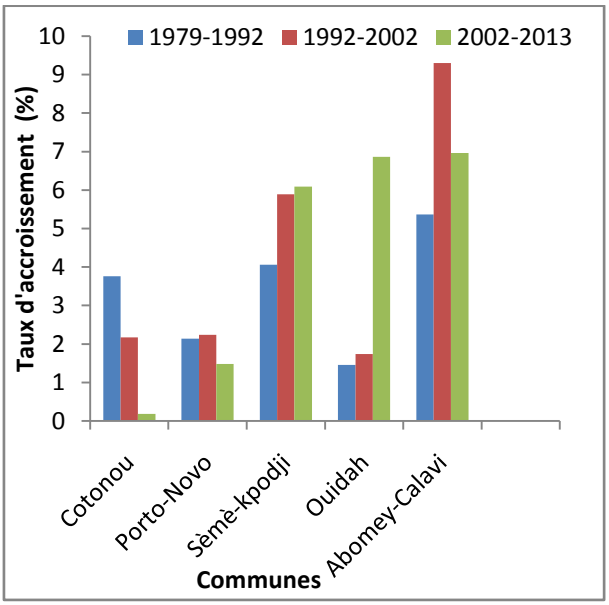


Figure 20 : Evolution du taux de croissance de la population de 1979 à 2013 par commune

Source : *(INSAE, 2013)*

L'analyse des figures 19 et 20 montrent que le Grand Cotonou connaît une croissance démographique exponentielle pendant que les taux de croissance démographique des communes de Cotonou et Porto-Novo baissent au détriment des communes de Sèmè-Podji, d'Abomey-Calavi et Ouidah.

Le taux d'accroissement inter censitaire de Sèmè-Podji a accru de 4,38 % en 1979 à 6,09 % 2013 tandis que, ce taux est passé de 5,8 % en 1979 pour Abomey-Calavi à 9,4 % en 2002 pour descendre à 6,96 % en 2013. Il faut remarquer à ce niveau que la commune de Ouidah semble le relai pour recevoir une partie du trop plein de Cotonou. Car son taux d'accroissement a évolué de 1,58 % en 1979 à 6,86 % en 2013. Par contre le taux de croissance de la population de la ville de Cotonou chute

au fil des années en passant de 4 % en 1979 à 0,18 % en 2013. Le ralentissement du rythme d'accroissement de la population de Cotonou s'explique par l'émigration des habitants de Cotonou vers les communes voisines fuyant les contraintes du site telles que l'inondation, la pollution. Cela confirme le phénomène de la conurbation en cours dans le littoral constaté par N'Bessa (1997) et Domingo (2004).

L'augmentation sans cesse croissante de la population dans les communes voisines de Cotonou entraîne une pression foncière et une occupation des zones inondables. En effet, avec l'augmentation galopante de la population, il se pose des problèmes de logement. De surcroît, les hommes prennent d'assaut les exutoires et bloquent ainsi le passage des eaux. Ce qui accentue les inondations (photo 1).



Photo 1: Habitation installée sur un site marécageux à Cocotomey (Abomey-calavi)
***Prise de vue** : Blalogoé (juin 2010)*

La photo 1 montre une maison entourée d'eau. Les populations utilisent les ordures ménagères pour élever le niveau du sol pour faire partir l'eau.

La croissance démographique entraîne aussi l'extension spatiale du phénomène urbain (Figures 21 à 23).

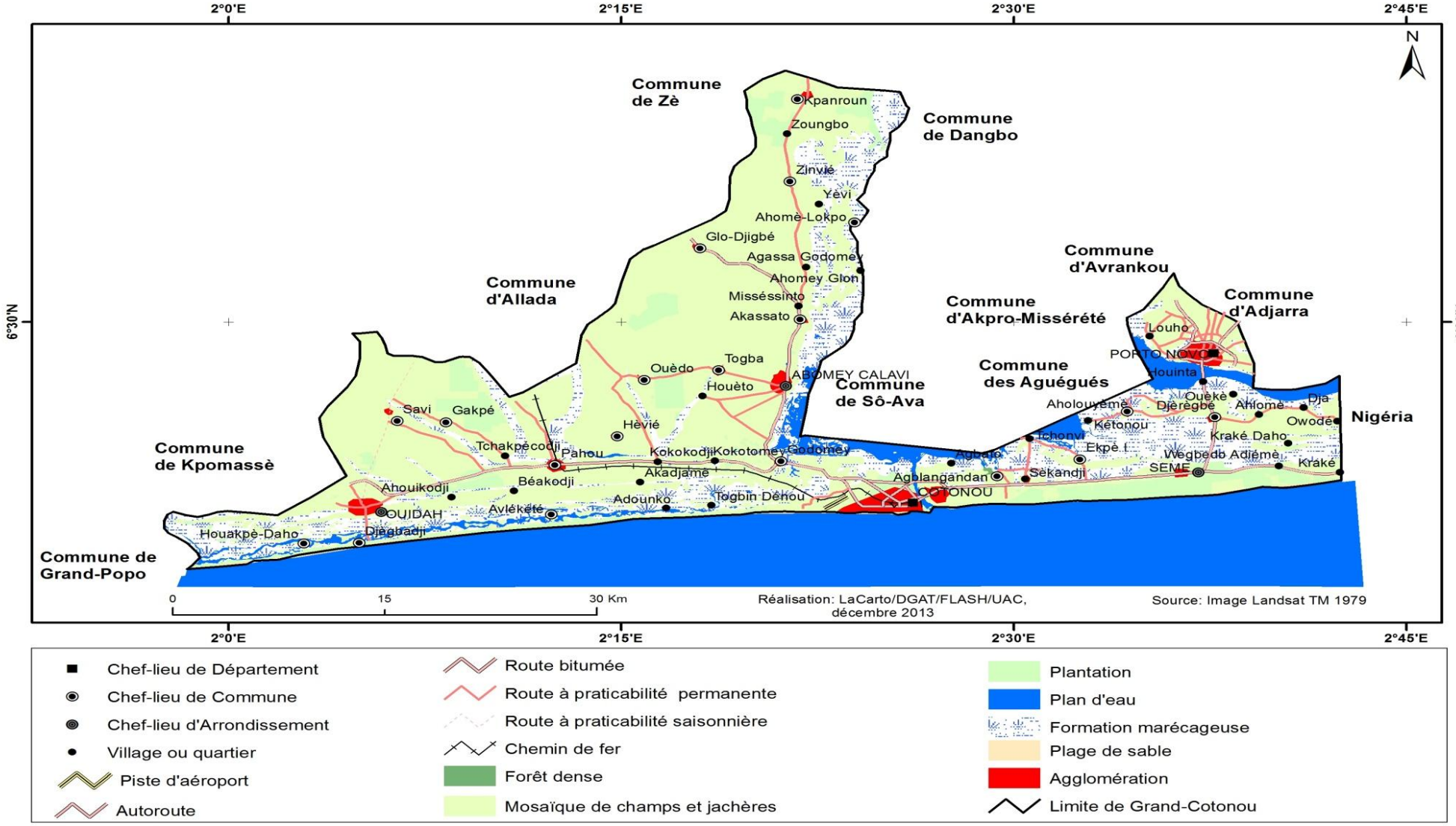


Figure 21: Occupation du sol dans le Grand Cotonou en 1979

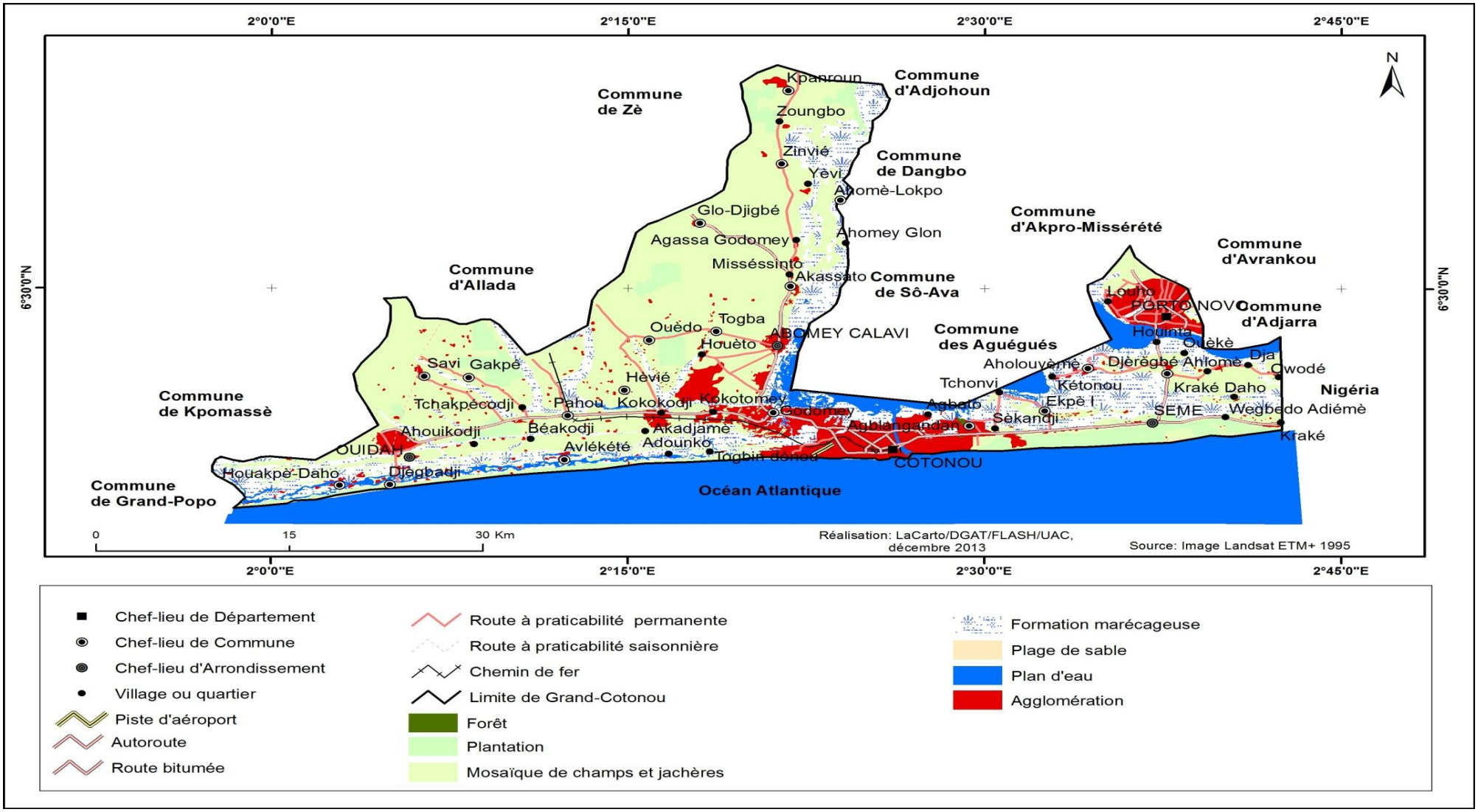


Figure 22: Occupation du sol dans le Grand Cotonou en 1995

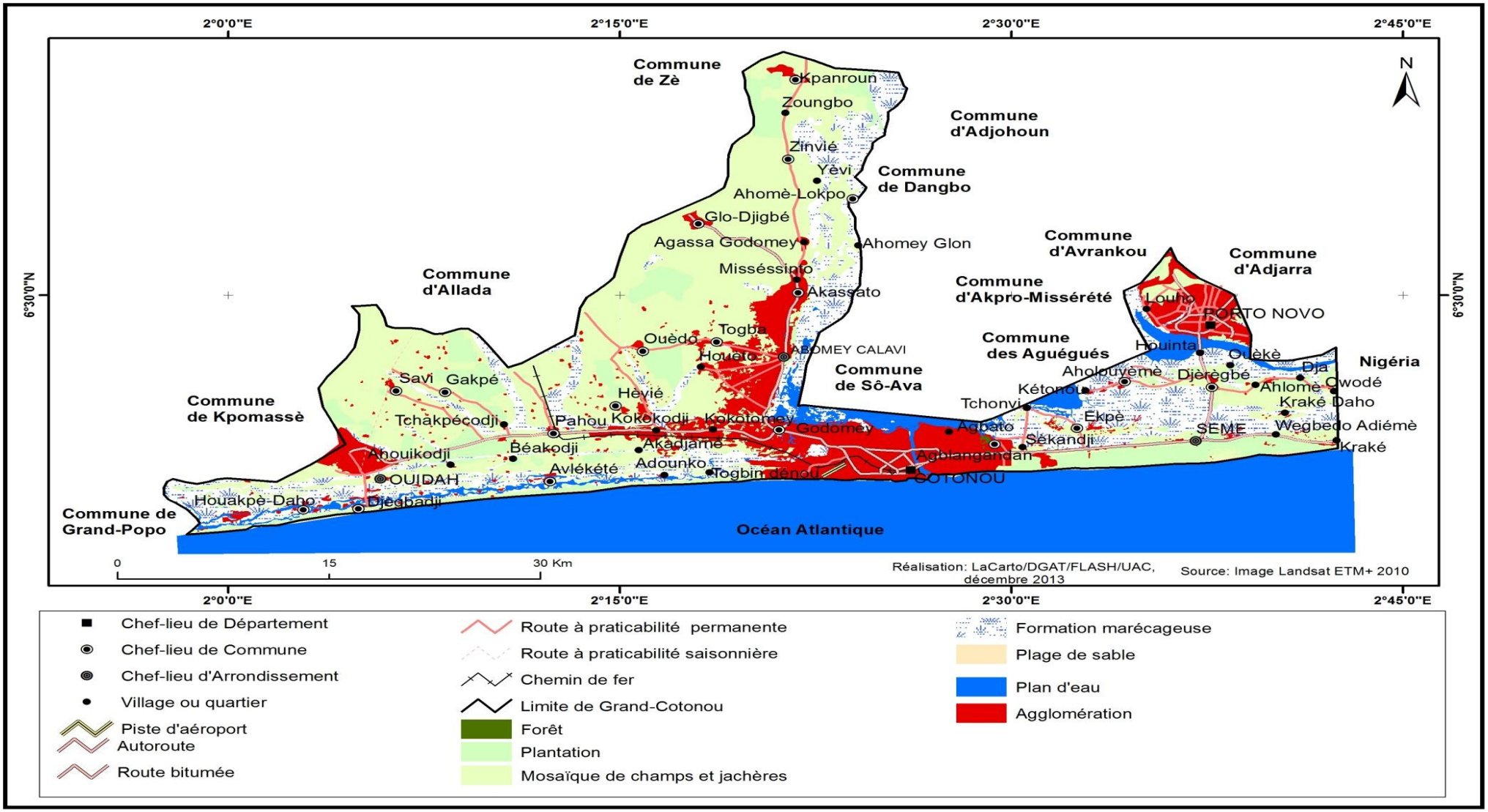


Figure 23 : Occupation du sol dans le Grand Cotonou en 2010

L'analyse des figures 21, 22 et 23 montre qu'entre 1979 et 2010, la superficie de chaque unité d'affectation des terres a subi des modifications (Tableau VIII).

Tableau VIII : Expansion spatiale des unités d'occupation du sol entre 1979 et 2010 dans le Grand Cotonou

Unités d'occupation du sol	**1979**	**2010**	**Ta (%)**
Forêt	976,54	50,74	**- 3,06**
Prairie marécageuses	53501,02	52465,92	**- 0,06**
Plan d'eau	480,60	311,64	**- 1,13**
Plantation	19799,38	24159,82	**+ 0,71**
Mosaïques de champs et de jachères	38514,30	27225,62	**- 0,95**
Plage de sable	414,41	363,20	**- 0,40**
Agglomération	2503,44	11612,75	**+ 11,74**
Total	**116189,69**	**116189,69**	

***Source** : CENATEL (2011)*

Il ressort de l'analyse du tableau VIII qu'entre 1979 et 2010, les forêts, les prairies marécageuses, les plans d'eau, les plages de sable et les mosaïques de champs et de jachères ont régressé. Par contre, les plantations et les agglomérations ont respectivement connu une progression de 0,71 % et 11,74 %. En général, ce sont les agglomérations qui connaissent la plus grande expansion spatiale dans le Grand Cotonou.

Cette situation est due, selon les investigations socio-anthropologiques à l'étalement urbain et à la mauvaise occupation du sol. En effet, avec l'urbanisation non maîtrisée, les populations s'installent dans des espaces périphériques sans aménagement, ni viabilisation préalables. Ce qui accroît davantage les problèmes d'assainissement et particulièrement les risques d'inondations (figure 24). Comme l'ont déjà souligné Desbordes (1989), SNC-Lavalin (1994), Lebel *et al* (2006), l'accroissement des risques en milieu urbain est lié à la croissance démographique et à la mauvaise politique d'aménagement du territoire.

3.2.2. Facteurs urbanistiques et organisationnels

La forte croissance démographique et l'urbanisation élevée jouent en partie sur le ruissellement pluvial dans les espaces urbains et péri-urbains (Eurydice, 1991). Le remplacement des sols perméables à l'état naturel par des surfaces imperméabilisées, comme les toits ou les routes, entraîne une augmentation de la quantité de ruissellement ainsi qu'une dégradation des milieux récepteurs.

Les impacts de l'urbanisation sur le ruissellement de l'eau sont nombreux. L'urbanisation a deux impacts sur le ruissellement urbain. Il s'agit de l'imperméabilisation des sols qui entraîne la diminution de l'infiltration et la réduction des lits des rivières. Cela entraîne l'accroissement des débits instantanés et la réduction du lit des rivières, tous deux concourent à l'augmentation de la fréquence des inondations (Eurydice, 1991 ; Chocat, 2004).

L'imperméabilisation des sols s'exprime par le dallage des cours intérieurs des maisons par bon nombre de citadins et les différents aménagements effectués au sein de la ville comme la pose des pavés, la construction des voies bitumées, des monuments pour l'embellissement de la ville. Ces différents aménagements intra-domiciliaires ou publics limitent les possibilités d'infiltration sur place des eaux pluviales et par ricochet augmentent la quantité d'eau à drainer par les collecteurs ou contribuent simplement à l'inondation des rues et des maisons.

Ainsi la croissance démographique et les mauvaises politiques d'urbanisation induisent des faits perturbateurs du ruissellement urbain et augmentent le risque d'inondation (figure 24).

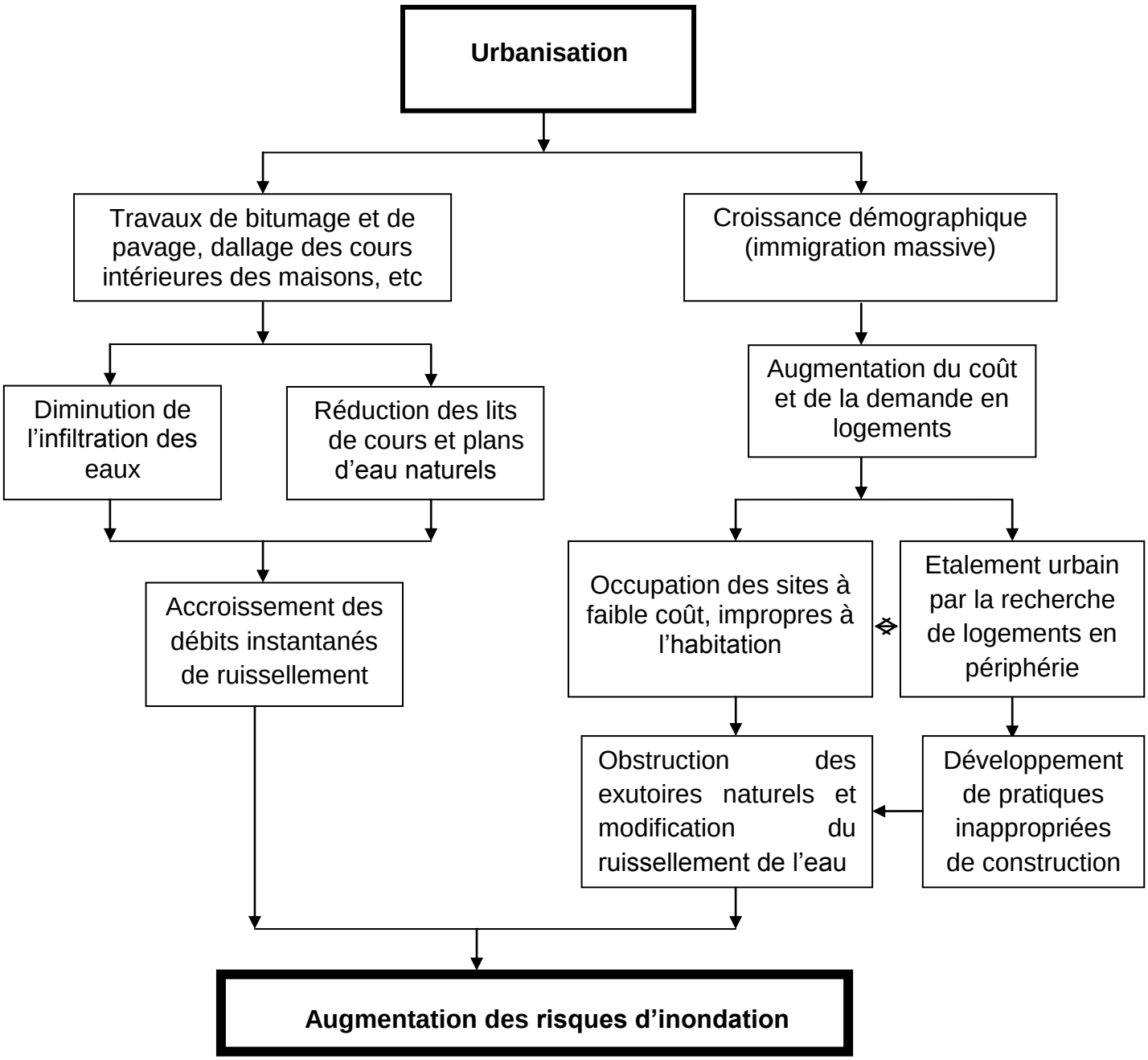


Figure 24 : Impacts de l'urbanisation et de la croissance démographique sur l'occurrence des inondations
Source : *adapté Eurydice, 1991*

L'analyse de la figure 24 montre qu'une urbanisation non maîtrisée induit une croissance démographique et des pratiques d'aménagement qui entraînent l'accroissement des débits instantanées de ruissellement et l'obstruction des exutoires naturels. Cela aggrave davantage les risques d'inondation.

Au total, les facteurs topographiques et pédologiques, la pluie, la pression humaine et l'urbanisation se combinent pour caractériser le risque d'inondation dans le Grand Cotonou (figure 25).

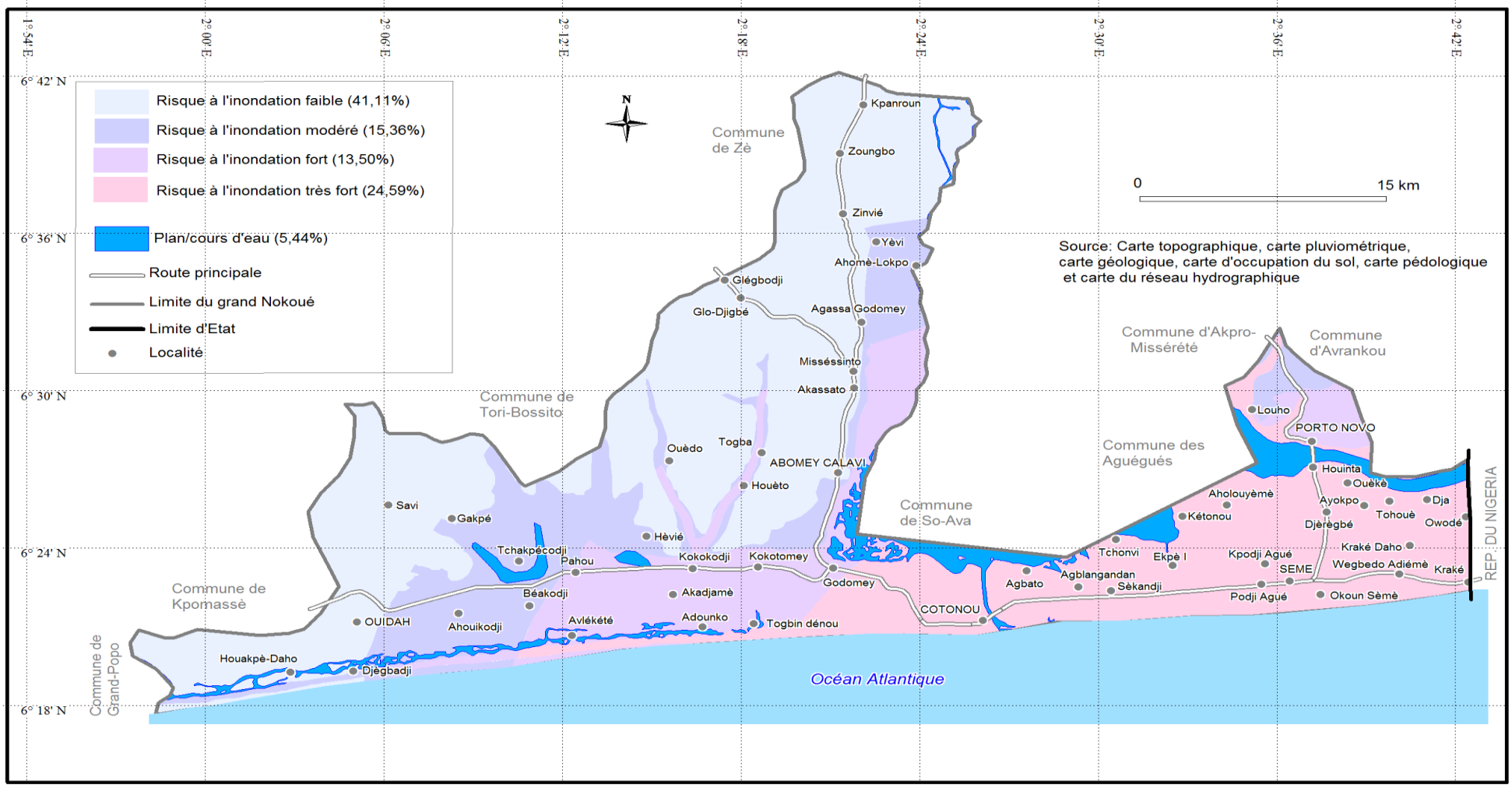


Figure 25 : Risque d'inondation dans le Grand Cotonou

Il ressort de l'analyse de la figure 25 que le risque d'inondation est présent sur 56,52 % du territoire du secteur d'étude. Cependant, il varie suivant la topographie et la densité d'habitation. Le risque d'inondation est élevé dans les communes de Cotonou et de Sèmè-Podji (90 %) situées sur la plaine côtière où les populations utilisent les déchets pour procéder au remblayage des marécages. Par contre, il est faible ou modéré dans les communes de Ouidah, d'Abomey-Calavi et de Porto-Novo situées en grande partie sur le plateau.

Conclusion partielle

Les inondations qui affectent le Grand Cotonou sont la résultante des caractéristiques naturelles du relief, de la pluie et des facteurs anthropiques. Cependant, il faut noter que malgré le retour des pluies observé dans les décennies 1990 et 2000, les totaux pluviométriques journalières, mensuels et annuels restent faibles par rapport aux années 1950 et 1960. Il en est de même du nombre de jours de pluies et de la fréquence des pluies de haute intensité. Par contre, l'utilisation croissante des zones inondables, la diminution de la capacité naturelle d'infiltration des sols par des actions d'aménagement (augmentation du pavage des rues et des cours intérieures des maisons, des surfaces bâties) et les actions anthropiques incontrôlées, non maîtrisées, non réglementées et très informelles telles que les remblaiements, progressent au fil des années. Ce sont donc ces facteurs qui amplifient les inondations dans le Grand Cotonou. Ainsi, la première hypothèse est donc vérifiée.

Ces inondations connaissent une évolution spatiale et temporelle dans le Grand Cotonou.

CHAPITRE IV : DYNAMIQUE DES INONDATIONS DANS LE GRAND COTONOU ET IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES

L'évolution spatiale et temporelle des inondations et ses conséquences ont été abordées dans ce chapitre.

4.1. Manifestation et évolution des inondations

Le phénomène d'inondation a commencé dans la ville de Cotonou avant de s'étendre aux autres communes sous différentes formes. Premier pôle d'attraction, Cotonou était confrontée dès son origine aux problèmes d'inondation. Le lac Nokoué n'étant qu'un bassin de réception de 150 km² avec une profondeur moyenne de 2 m, n'arrivait pas à contenir toutes les eaux de crue du fleuve Ouémé, qui, dans leur transit se replient pour se déverser par débordement sur les berges du lac (Slansky, 1962). Cela a nécessité la réalisation du canal de Kouto en 1885 par les colons (N'Bessa, 1997). Ainsi, Cotonou subissait fortement les effets de la crue du fleuve Ouémé et du lac Nokoué, dont l'action aggrave les inondations dans les quartiers riverains comme Vossa, Awansori, Fifadji, etc. Mais au fil des années, ce phénomène prend de l'ampleur et touche les communes de Sèmè-Podji, d'Abomey-Calavi, de Porto-Novo et de Ouidah (figure 26).

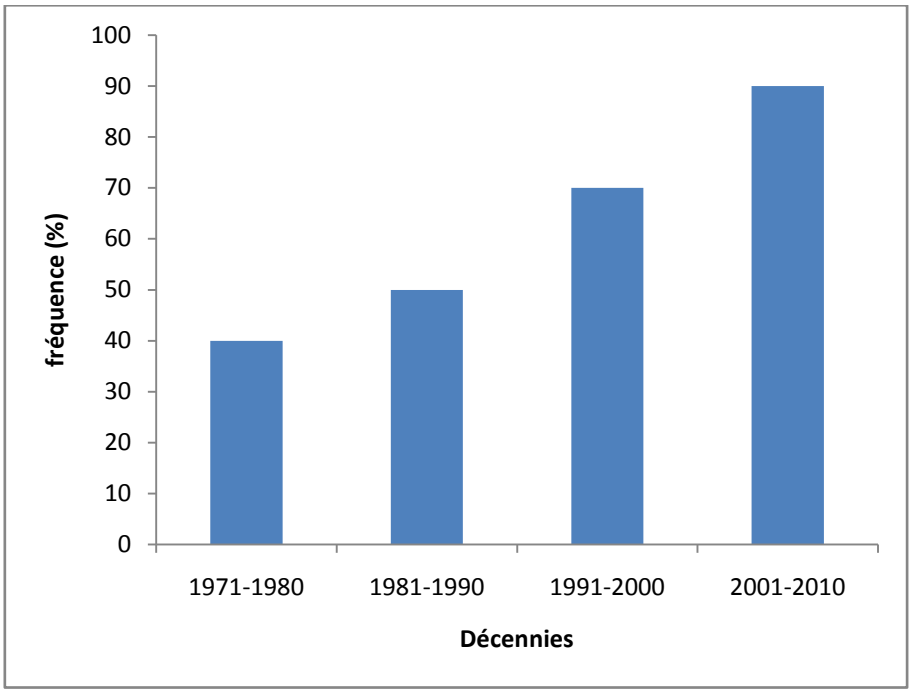


Figure 26: Occurrence des inondations dans le Grand Cotonou par décennie de 1971 à 2010

***Source** : Enquête de terrain (novembre 2011)*

La figure 26 montre que la fréquence des inondations est passée de 40 % à 90 % au bout de quatre décennies. Ainsi, de quatre années sur 10 déclarées comme des années d'inondation par les populations, on est passé à 9 années sur 10 ans au cours de la dernière décennie. Cela se remarque aussi à travers l'emprise spatiale du phénomène dans le temps (figure 27).

L'analyse de la figure 27 révèle que le nombre de quartiers touchés par les inondations a évolué au cours des années. Pendant la décennie 90, les inondations ne se limitaient qu'aux communes de Cotonou et Sèmè-Podji. Parmi les quartiers faisant l'objet d'investigations, les effets des inondations étaient ressentis seulement dans les quartiers comme Hindé, Djidjè, Ayélawadjè, Awansori, Adogléta et Ahogbohouè. Les dégâts étaient limités en raison de la faible densité de populations. D'après les investigations de terrain, moins de 10 % des habitants de ces quartiers étaient touchés par les inondations. A l'intérieur de la ville de Cotonou, seul le quartier Ahogbohouè était touché et seulement 8 % de la population était confronté à ce problème.

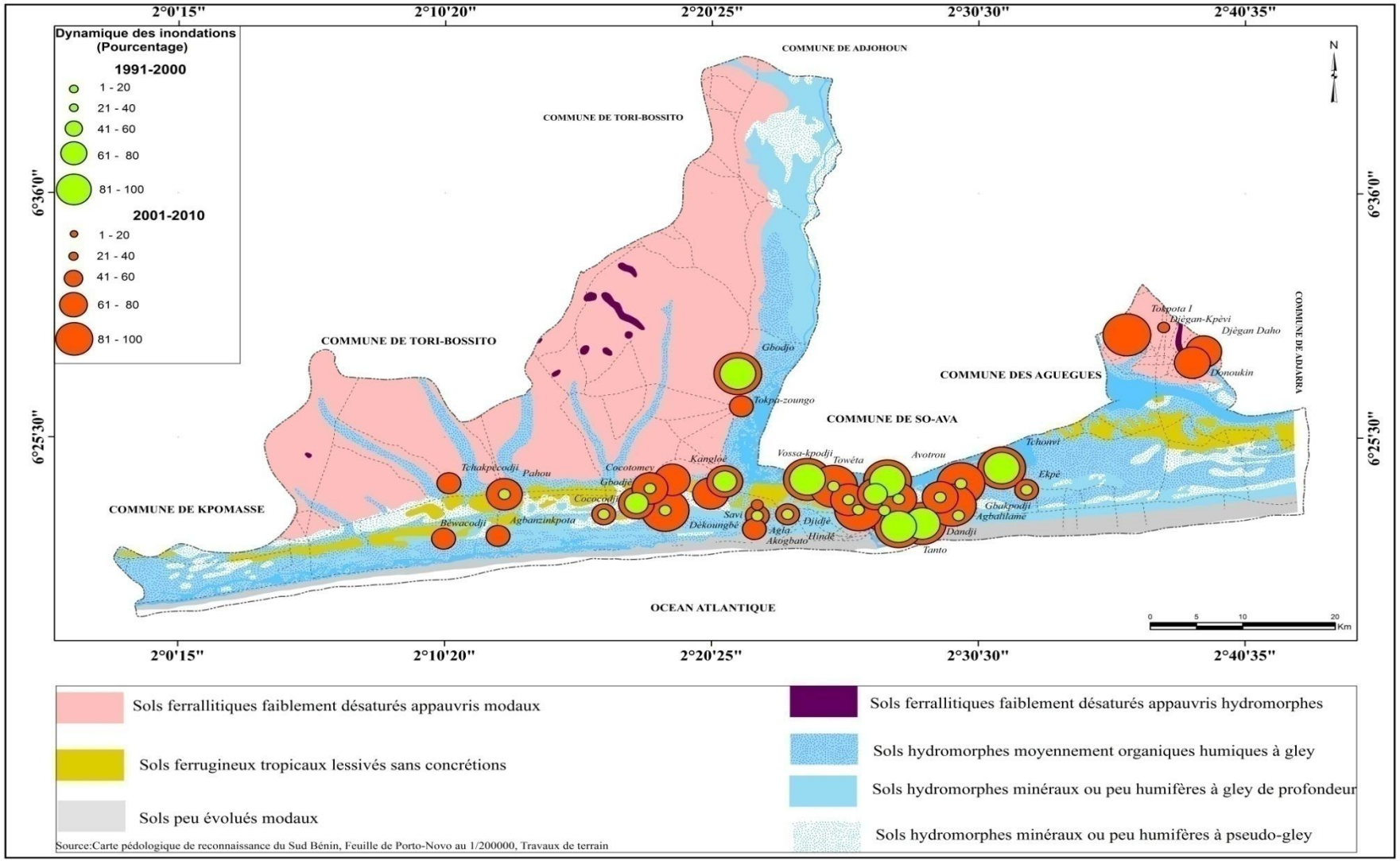


Figure 27: Evolution spatiale et temporelle des inondations

Mais au cours de la dernière décennie, les inondations se sont intensifiées et ont évolué vers les communes de Porto-Novo, Abomey-Calavi et Ouidah. De 8,41 % de personnes touchées avant 1990 dans le Grand Cotonou, on est passé à 22,52 % durant la décennie 1990 et à plus de 71,58 % au cours de la dernière décennie. Les communes sont différemment touchées (tableau IX).

Tableau IX : Proportion de personnes touchées par les inondations au cours de la décennie (1961-2010) par commune (%).

Communes	**1961-1970**	**1971-1980**	**1981-1990**	**1991-2000**	**2001-2010**
Cotonou	0,23	0,92	1,83	12,79	76,94
Sèmè-Podji				1,21	75,15
Porto-Novo					64,54
Abomey-Calavi					70,28
Ouidah					55,81

***Source** : Enquête de terrain (novembre, 2011)*

Le tableau IX montre que la commune de Cotonou demeure la plus touchée par les inondations en raison de sa topographie, sa forte densité de population et de l'installation des habitants dans les marécages. Elle est suivie des communes de Sèmè-Podji et d'Abomey-Calavi qui constituent des cités dortoirs pour les travailleurs de Cotonou. Elles reçoivent par conséquent le trop plein de Cotonou et présentent également des similitudes topographiques avec la ville de Cotonou par endroits. La Commune de Ouidah demeure la moins inondée durant la dernière décennie. Cela s'explique par le fait que cette commune est située en grande partie sur le plateau de terre de barre et sa densité de population demeure faible.

Quant à la durée de séjour de l'inondation dans les maisons, elle a évolué également dans le temps (figure 28).

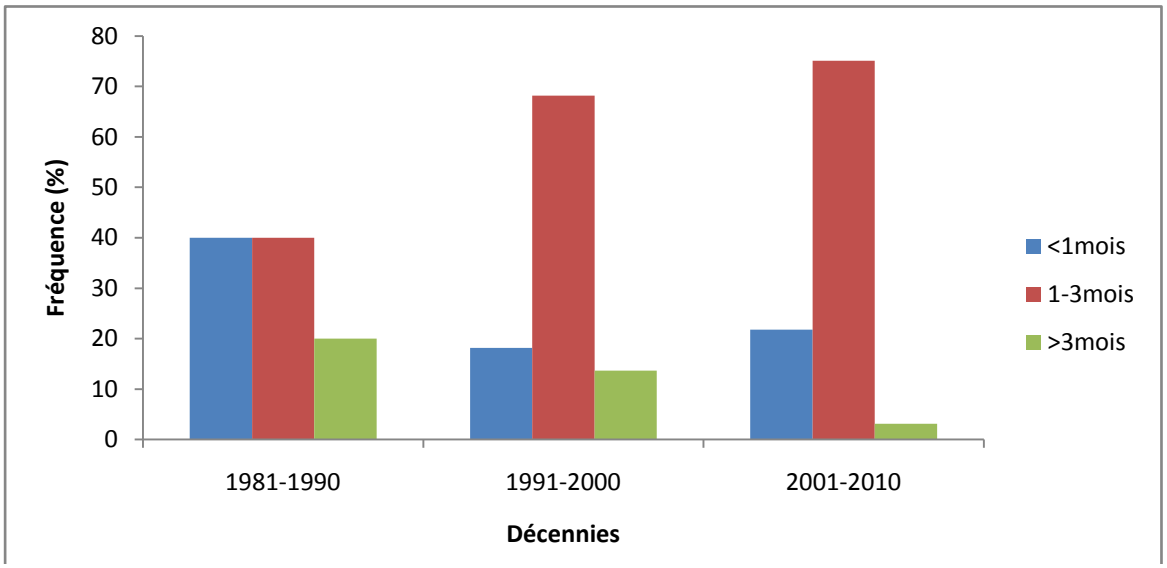


Figure 28 : Evolution de la durée des inondations au cours des trois dernières décennies dans le Grand Cotonou

***Source** : Enquête de terrain, 2011*

L'analyse de la figure 28 révèle que les ménages sont affectés en grande majorité par les inondations pendant plus de trois mois. De 40 % de ménages affectés au cours de la décennie 1980, la proportion de ménages affectés à plus de trois mois est passée à 75 % au cours de la décennie 2000. Par contre, la proportion de ménages inondés plus de six mois diminuent également au fil des années. Cela est dû aux aménagements sommaires effectués par les populations sinistrées dans leurs concessions ou à l'abandon de ces lieux par les propriétaires espérant l'assainissement du milieu par les autorités pour y revenir.

Les longues durées d'inondations se remarquaient beaucoup plus dans les quartiers de Cotonou comme Abattoir, Agla, Akogbato, Avotrou, Ayélawadjè, Vossa, Ladji, Adogléta, Ahogbohouè, Dandji ; ceux de la commune d'Abomey-calavi comme Cocotomey, Cococodji, Dèkoungbé, Gbodjo, Houalacomey ; puis ceux de la commune de Sèmè-Podji que sont Tchonvi, Lokokoukoumè, Agbalangandan, etc. Les courtes durées (au plus un mois) concernent les quartiers de Porto-Novo, Abomey-Calavi et Ouidah situées sur le plateau.

Cette évolution spatiale et temporelle des inondations a d'énormes conséquences sur la vie des ménages.

4.2. Incidences des inondations

Les inondations affectent les infrastructures de base, le cadre de vie des populations et leurs activités.

4.2.1. Conséquences des inondations sur les équipements socio-collectifs

Les inondations impactent les infrastructures sociales, sanitaires et économiques. Ces impacts vont de la dégradation à la mise hors d'état de fonctionnement des ouvrages et équipements.

4.2.1.1. Dégradation des routes et difficultés de déplacement

Les difficultés liées à la circulation s'expriment par l'inondation de certaines voies du fait de la stagnation des eaux et de l'affaissement des ponts (planche 1). Les routes sont impraticables pendant les inondations. Les localités sinistrées sont généralement coupées les unes des autres. Ainsi, les populations sont isolées et difficilement accessibles par les acteurs d'assistance sociale (Boko, 2003).



Planche 1: Etat de certaines voies en période d'inondation à Fidjrossè (a) et à Ste Rita – Fifadji (b) dans la commune de Cotonou

***Prise de vue** : Blalogoé, juin 2010*

La planche 1 montre deux rues dont l'une en terre et l'autre aménagée dans la ville de Cotonou. Les deux voies sont remplies d'eau dans lesquelles les cyclistes, les piétons et les véhicules sont obligés de passer. Cela entraîne des dégradations de voies et des dégâts matériels au niveau des engins.

La dégradation des voies due aux inondations varie d'une commune à l'autre (tableau X).

Tableau X : Taux de praticabilité des voies dans les différentes communes du Grand Cotonou

Communes	Taux de praticabilité des voies (%)		
	saison sèche	saison pluvieuse	Ecart
Cotonou	90	60	30
Porto-Novo	95	70	25
Sèmè-Podji	80	20	60
Abomey-Calavi	95	70	25
Ouidah	95	70	25

***Source** : DST-Mairies, novembre 2011*

L'analyse du tableau X révèle que les eaux de pluie affectent la praticabilité de près du tiers des voies dans toutes les communes. Cette situation est plus marquée dans la commune de Sèmè-Podji que dans les autres. Cela est dû à l'absence d'un programme d'entretien des voies dans cette commune qui s'explique selon les autorités par la faiblesse des ressources financières de la commune.

Dans tout le secteur d'étude, en moyenne 30 % des voies deviennent impraticables à chaque période d'inondation. Ce qui paraît faible par rapport à la région de Dakar où 12 % des routes revêtues et 78 % des routes non revêtues se trouvent dans un état très dégradé à chaque période d'inondation (Kane, 2007).

L'inondation des voies crée des usures et défections des équipements/pièces des véhicules comme la pneumatique, le démarreur, l'alternateur, le plateau d'embrayage, les problèmes d'embouteillage, etc. Les conducteurs de taxi (15 %) déclarent dépenser deux fois plus de frais de réparation en période d'inondation.

Les pertes se rapportent surtout aux pertes de recettes des opérateurs du transport routier et aux dépenses engagées pour l'acquisition des pièces de rechange et la réparation des véhicules. Le nombre de bus immobilisés suite à des problèmes mécaniques pendant et après la période d'inondation représente près de 43 % du parc véhicules du transport collectif routier.

La Banque Africaine de Développement (BAD) a montré en 1997 l'importance du coût supplémentaire de fonctionnement des voitures engendré par la dégradation de la chaussée (tableau XI)

Tableau XI : Coût de fonctionnement des véhicules par kilomètre parcouru selon l'état de la voirie

Etat de la voirie	**Coût de fonctionnement en franc CFA/km**				
	Voiture	Camion nette	Bus	Poids lourd	Semi-remorque
voirie entretenue	117	178	485	796	1 327
voirie dégradée	260	275	785	1 468	2 267
Coût supplémentaire	143	97	300	672	940

Source: *BAD, (Aboulaye, 2010)*

Il ressort de l'analyse du tableau XI que le coût supplémentaire induit par la dégradation de la voie évolue de façon croissante en fonction du poids du véhicule. L'état de dégradation de la voie induit un coût d'entretien allant de 150 % à 225 %. La dégradation ou le mauvais entretien de la voie contribue davantage à l'appauvrissement des ménages suite à l'augmentation des coûts de transport. Ainsi, même les ménages situés en zone inondable subissent les conséquences des inondations du fait de l'élevation des coûts de transport et à la durée du trajet.

4.2.1.2. Destruction des infrastructures et perturbation du calendrier scolaire

Les inondations affectent directement le système éducatif par le débordement des eaux dans les salles de classe (12 %). Les écoles situées dans les marécages sont les plus touchées (Planche 2). L'effet indirect des inondations est l'occupation des salles de classes par les sinistrés dans les écoles non inondées. Dans le Grand Cotonou, plus de 75 % des écoles sont utilisées pour héberger les sinistrés à cause de l'insuffisance d'infrastructures sociocommunautaires.



Planche 2 : Ecole Primaire Publique de Ladji inondée à Cotonou et celle de Dèkoungbé à Abomey- Calavi
Prise de vue : Blalogoé, Octobre 2010

La planche 2 montre deux écoles inondées à Cotonou et Abomey-Calavi. Cela amène selon 58 % des responsables d'écoles à mettre les élèves en vacances précoces ou à démarrer tardivement les classes.

Les dommages causés s'expriment par :

- la destruction totale ou partielle des infrastructures scolaires. A Cotonou, 24 et 36 écoles ont été touchées par les inondations respectivement en 2009 et de 2010 ;
- la destruction des manuels et des mobiliers/équipements scolaires : près de 10 000 manuels et 1000 table-bancs ont été complètement trempés et sont inutilisables ;
- la détérioration de l'environnement scolaire à travers le reflux des eaux des fosses septiques et des blocs sanitaires des écoles et l'humidité permanente dans les salles de classes, les cours et les environs immédiats des écoles.

C'est le cas dans les écoles de Ladji, Djidjè, Vossa, Avotrou, Tanto dans la commune de Cotonou, de Cocotomey,Dèkoungbé dans la commune d'Abomey-Calavi, les écoles d'Agblangandan et d'Ekpè à Sèmè-Podji. A Ouidah, les EPP des quartiers Brésil, Zoungoudo et Dokomè sont également concernés.

Les inondations jouent également sur les rendements des écoles à travers la présence des enseignants et des élèves (figure 29)

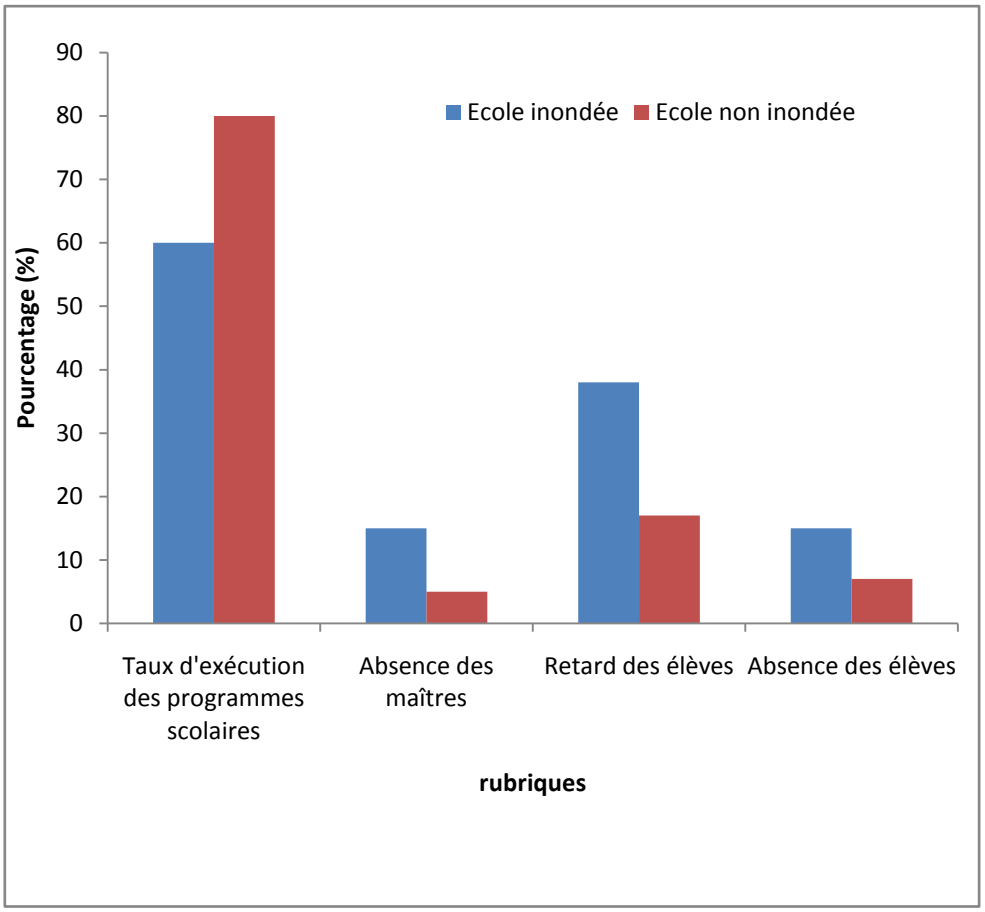


Figure 29: Comparaison des paramètres scolaires entre écoles inondée et non inondée

***Source** : Enquête de terrain, juin, 2011*

L'analyse de la figure 29 montre que le taux d'exécution du programme scolaire est nettement supérieur dans l'école non inondée. Par contre, le retard des élèves et l'absence des enseignants sont élevés dans l'école inondée. Ainsi, les élèves qui fréquentent les écoles non inondées, bénéficient d'une meilleure éducation.

4.2.2. Incidences sur la santé et le système sanitaire

En période d'inondation, près de 72,25 % de la population enquêtée souffrent des pathogènes tels que le paludisme, les pieds d'athlète, la diarrhée, le choléra, la dysenterie (figure 30).

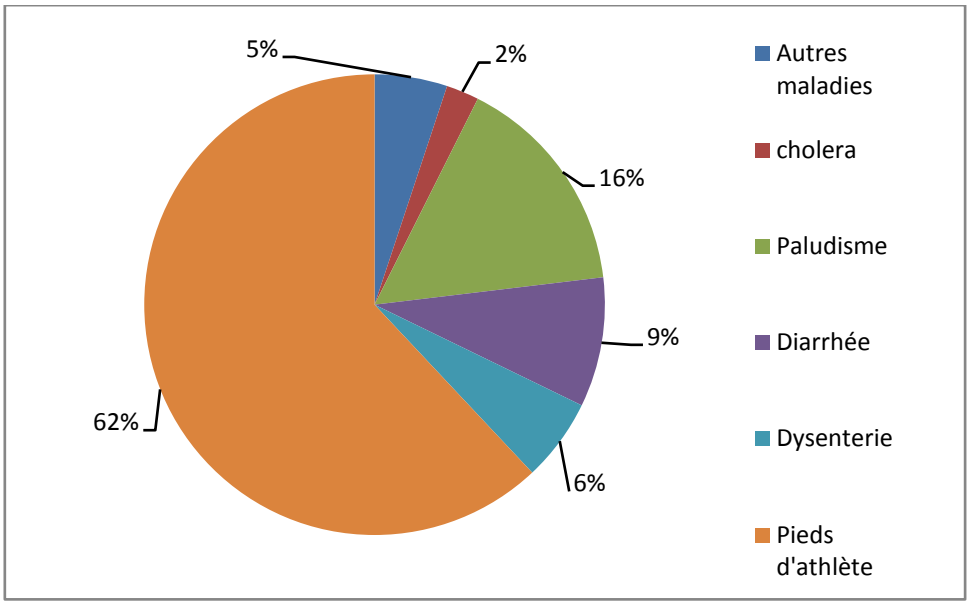


Figure 30 : Principales affections en période d'inondations
Source : *Enquête de terrain (novembre 2011)*

L'analyse de la figure 30 révèle que les pieds d'athlète (62 %), le paludisme (16 %) et les maladies diarrhéiques (9 %) constituent les principales affections dont souffre la population pendant la période d'inondation.

Les statistiques sanitaires montrent que le paludisme et les maladies diarrhéiques sont surtout les affections traitées dans les formations sanitaires du Grand Cotonou (figure 31). Cela est lié au fait que 90 % des populations souffrant des pieds d'athlète ne se présentent pas aux centres de santé pour se faire traiter. La forte prévalence de cette maladie est liée aux passages dans l'eau sans se protéger les pieds avec des chaussures imperméables à l'eau (bottes). Les affections dermatologiques, la toux, la gale sont les autres affections qui se manifestent aussi pendant la période des inondations.

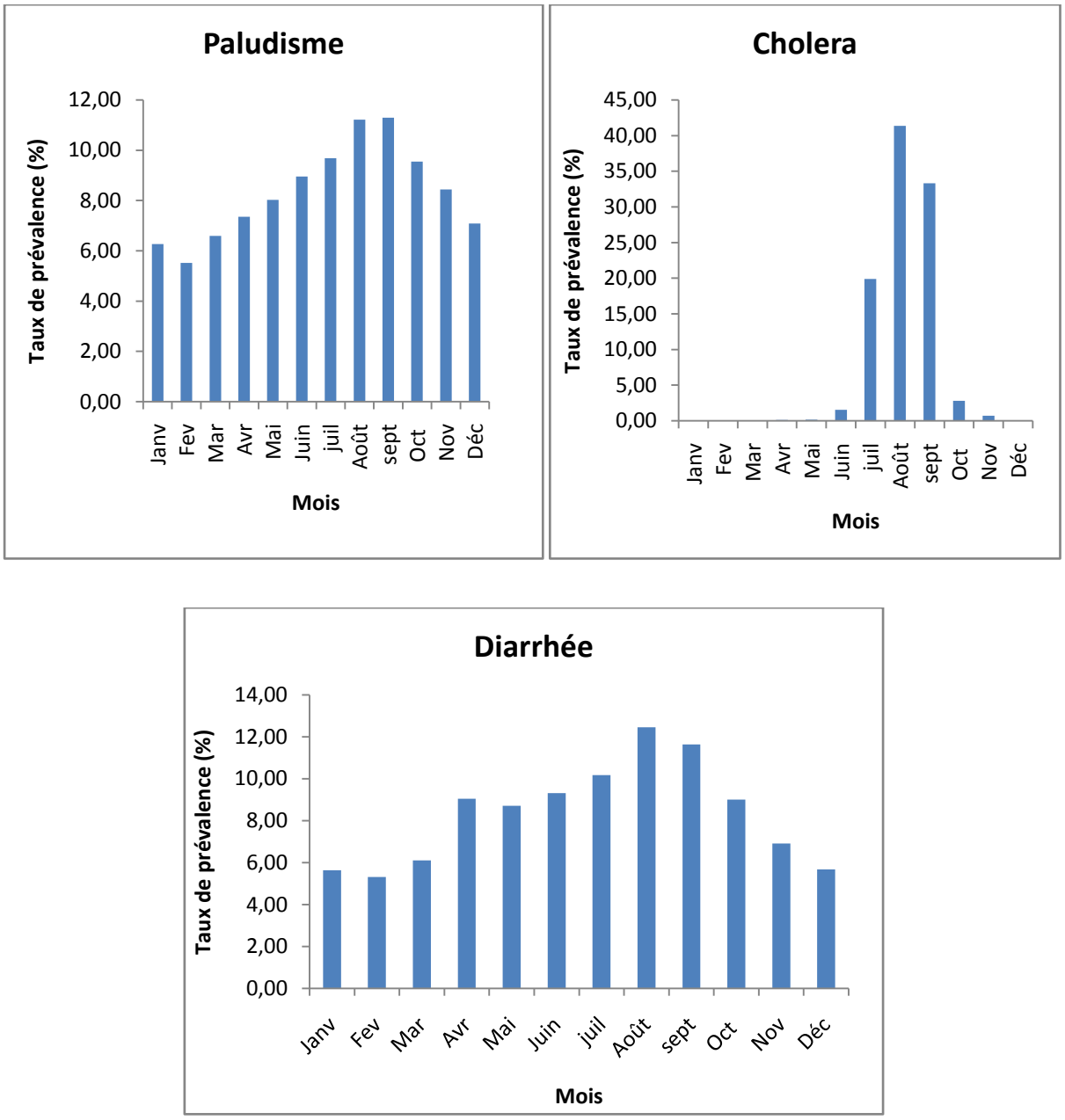


Figure 31 : Taux de prévalence du paludisme, du choléra et des maladies diarrhéiques
***Source** : MS, 2010*

L'analyse de la figure 31 montre que les taux de prévalence du paludisme, du choléra et des maladies diarrhéiques sont élevés pendant les mois de juillet, août et septembre. Le pic de toutes ses maladies est atteint au cours du mois d'août. C'est donc le retrait des eaux à la suite de la grande saison pluvieuse qui favorise le développement des germes pathogènes.

D'après Soton (1995), les personnes vivant en zones inondées souffrent six fois plus

de paludisme que celles ne vivant pas en zones inondées. De même, les personnes vivant dans les quartiers établis en zone marécageuse ou en bordure du lac Nokoué souffrent douze fois plus de diarrhée que ceux qui vivent dans des endroits plus assainis.

Outre ces incidences sur la santé des populations, ce sont aussi les formations sanitaires qui sont inondées. C'est le cas du Centre National Hospitalier Universitaire en 2010 et de 25 % des centres de santé de la ville de Cotonou à chaque période d'inondation (planche 3).



Planche 3 : Inondation du CNHU-HK et d'une clinique à Suru-léré
Prise de vue: Biaou, juin 2010

La planche 3 montre l'Hôpital CHNU et une clinique dont les cours sont inondées. Cela impacte la qualité des soins administrés aux malades dans ces formations sanitaires. L'inondation des locaux des cliniques entraîne une baisse du taux de fréquentation et parfois une suspension temporaire des services.

4.2.3. Incidences sur l'approvisionnement en eau potable

Le niveau de vie de la population et la faible couverture du secteur en eau potable amènent plus de 75 % des ménages enquêtés à utiliser deux sources d'eau : l'eau de puits et l'eau fournie par la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB). Très souvent, l'eau de puits est destinée aux besoins non alimentaires (lessives, vaisselles, lavages,). En période d'inondation, 37 % des ménages enquêtés non abonnés, traitent les eaux de puits à l'aide de l'alun ou le chlore pour la rendre utilisable. Le reste (63 %) des ménages bravent les intempéries pour chercher l'eau

de la SONEB dans les quartiers lointains. Les effets induits par l'inondation sur le réseau de distribution d'eau potable sont entre autres :

- interruption provisoire de la fourniture de l'eau par la SONEB dans les quartiers populaires notamment ceux inondés à cause du risque d'infiltration de l'eau boueuse dans les canalisations. ;
- rupture des canalisations provoquant la mise à l'arrêt de la station d'eau ;
- rupture de plusieurs tronçons de canalisations des réseaux de transport et de distribution.

Quant aux eaux de puits, les inondations impactent leur qualité. Les résultats des analyses d'échantillon faites à Godomey sont présentés dans le tableau XII.

L'analyse du tableau XII montre qu'en moyenne 75,9 mL /100 de coliformes fécaux et 222,6 mL/100 de coliformes totaux sont identifiés en saison de pluie contre respectivement 32,6 mL et 98,1 mL /100 en saison sèche. La saison pluvieuse a donc doublé les coliformes totaux et fécaux dans les puits. En outre, les coliformes totaux sont présents dans tous les puits des quartiers étudiés, tandis que les coliformes fécaux se retrouvent seulement dans les puits de Togoudo et Houalacomey. La proportion de coliformes totaux dans tous les puits est supérieure aux normes admises dans les eaux de consommation domestique au Bénin qui est de 0/100 ml. A Togoudo et à Houalacomey, les nombres de coliformes fécaux en saison pluvieuse sont très élevés par rapport aux normes admises. Ce phénomène se justifie par le fait que ces deux quartiers sont situés en bordure des cours d'eaux : la rivière Djonou pour Togoudo et le lac Nokoué pour Houalacomey et il n'est pas rare de constater dans ces quartiers la présence de dépotoirs sauvages (planche 4).

Les résultats des analyses microbiologiques des échantillons prélevés à Dèkoungbé, à Yolomahouto et à Togbin indiquent la présence des coliformes totaux uniquement. Le maximum des coliformes totaux a été identifié à Togbin. Cette présence est liée à la nature des sols (présence de marécages) et à l'insuffisance de l'hygiène de base.
En période d'inondation, les eaux drainent une partie des déchets ménagers et des matières fécales des populations. Les puits de ces quartiers se trouvent ainsi contaminés soit par infiltration, soit par déversement direct.

Tableau XII: Résultats des analyses de 100 ml échantillons d'eau de puits prélevés

Quartier	Date de prélèvement	Coliformes fécaux en saison de pluie	Coliformes totaux en saison de pluie	Date de prélèvement	Coliformes fécaux en saison sèche	Coliformes totaux en saison sèche
Togoudo	09/07/2010	350	82	13/12/2010	206	21
Togoudo	09/07/2010	200	280	13/12/2010	78	93
Dèkoungbé	09/07/2010	0	72	13/12/2010	0	32
Dèkoungbé	09/07/2010	3	36	13/12/2010	0	9
Houalacomey	09/07/2010	113	96	13/12/2010	25	41
Houalacomey	09/07/2010	93	110	13/12/2010	17	54
Togbin	09/07/2010	0	350	13/12/2010	0	198
Togbin	09/07/2010	0	800	13/12/2010	0	376
Yolomahouto	09/07/2010	0	300	13/12/2010	0	122
Yolomahouto	09/07/2010	0	100	13/12/2010	0	35

Source : *DGeau (2010)*

NB : Selon la DGeau, la norme admise au Bénin pour une eau d'usage domestique est de 100/100ml pour les coliformes fécaux 0/100ml pour les coliformes totaux

Cela confirme les analyses effectuées par Bossou (2004) et Dovonou (2008) qui ont montré que les puits des zones inondables autour du lac Nokoué et dans la ville de Cotonou sont soumis à des pollutions bactériologiques d'origine fécale.

4.2.4. Inondations et gestions des déchets solides ménagers

La gestion des déchets rencontre beaucoup de difficultés pendant la période des inondations. Les voies d'accès à plus de 2/3 des points de regroupement d'ordures ménagères sont inondées et deviennent impraticables. Les conteneurs déposés à certains endroits à même le sol sont remplis d'eau. Du coup, les activités de pré-collecte et de collecte deviennent difficiles. Cela entraîne une suspension des services d'enlèvement des déchets dans 25 % de ménages qui sont obligés de vivre avec leurs déchets ménagers à la maison. Parfois, ils choisissent de les jeter dans les collecteurs de drainage des eaux. A leur tour, 90 % des ménages pour lesquels le service n'est pas rendu refusent de payer les frais d'abonnement pour les ONGs qui se retrouvent dans l'impossibilité de payer les ouvriers. Cet état de choses crée des problèmes d'une part, entre les ouvriers et leurs responsables et d'autre part, entre les ménages et les structures de pré-collecte. Les charretiers et leurs responsables estiment que la suspension du service n'est pas de leur volonté mais que c'est la mairie qui n'a pas pris les dispositions pour éviter l'inondation des points de regroupement. Les inondations tendent ainsi à bouleverser toute la chaîne de gestion des déchets mise en place dans ces villes. Le non enlèvement des déchets dans les ménages entraîne leur rejet sur les terrains vides ou les marécages situés à proximité des habitations (planche 4) ou leur entreposage dans les concessions jusqu'au jour où le service va reprendre.



Planche 4 : Tas d'ordures à proximité des maisons à Houalacomey (a) et à Togoudo (b) dans la commune d'Abomey-calavi

Prise de vue : *Blalogoé, 2011*

La planche 4 montre des tas d'ordures ménagères à proximité des maisons à Houalacomey et Togoudo dans la commune d'Abomey-Calavi. Cela contribue davantage à la dégradation de la santé des populations par le développement des germes de maladies. Aussi, le comblement de ces exutoires naturels par les déchets accentuent davantage la vulnérable des populations aux inondations.

4.2.5. Impacts des inondations sur l'économie locale

Les inondations agissent sur l'économie locale par le ralentissement des activités de production, de commercialisation et de services.

4.2.5.1. Mévente et ralentissement des activités de commercialisation et de services

Les sources de revenus des populations s'amenuisent sérieusement lors des inondations les empêchant ainsi de faire face aux coûts supplémentaires induits par la survenue de l'événement pour l'achat de matériels de reconstruction. L'impact économique des inondations se mesure à travers le débordement des eaux dans les ateliers et garages (planche 5), les marchés (12 %), la mévente (12 %) et la perte de l'activité économique (10 %). Les revenus des différents corps de métier baissent pendant les inondations.



Planche 5 : Atelier de menuiserie inondé à Sèmè-Podji (a) et Studio de photographie inondé à Pahou - Ouidah (b)

Prise de vue : *Blalogoé, 2010*

La planche 5 montre des ateliers de menuiserie et de photographie remplis d'eau, empêchant ainsi, l'exercice de toute activité. Cela induit des pertes au niveau des corps de métier de l'artisanat et du commerce (figure 32).

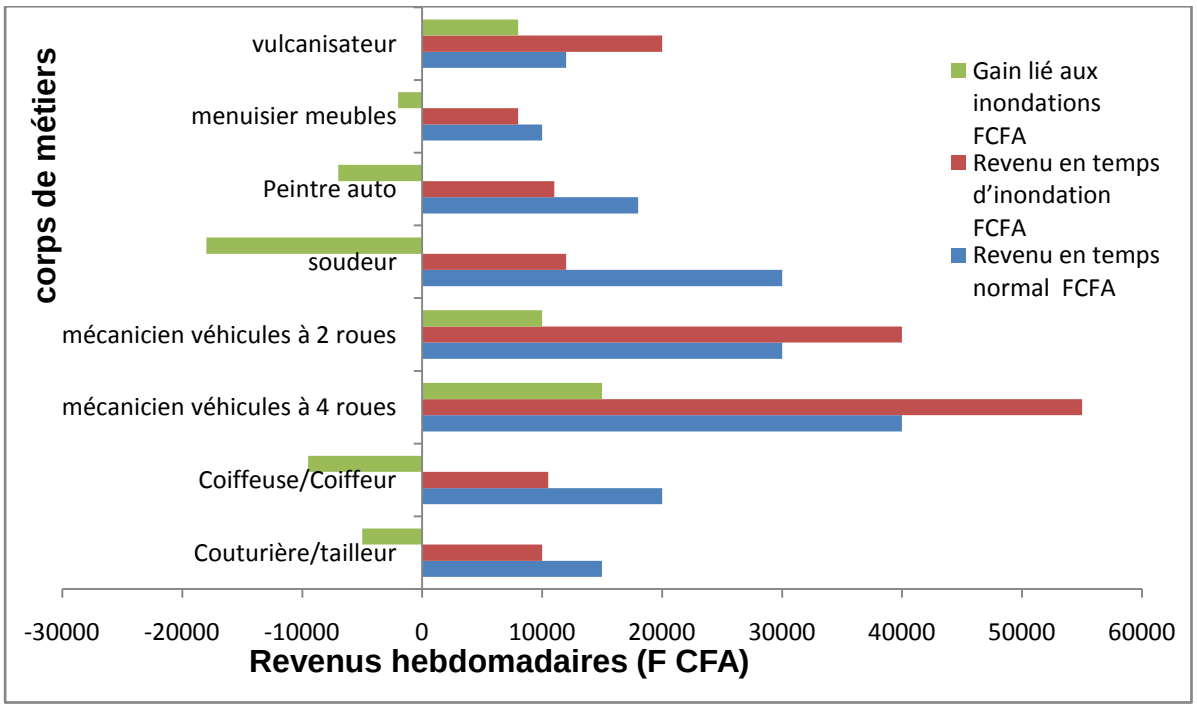


Figure 32: Pertes hebdomadaires dues aux inondations en fonction des corps de métier de l'artisanat

Source : *Enquête de terrain (novembre 2011)*

Il ressort de l'analyse de la figure 32 que les soudeurs, les peintres auto, les coiffeuses/coiffeurs, les couturières/tailleurs et les menuisiers meubles subissent des pertes financières en période d'inondation. Les pertes vont de 20 % chez les menuisiers meubles à 60 % chez les soudeurs. Cela est dû au fait qu'ils ne peuvent pas exercer correctement leurs métiers avec la stagnation de l'eau dans leurs ateliers. En outre, leur déménagement n'est pas facile contrairement aux autres corps de métier. C'est d'ailleurs ce qui explique l'augmentation de revenus chez les vulcanisateurs et les mécaniciens qui connaissent un accroissement de 33 % chez les mécaniciens à quatre roues à 67 % de leur revenu pour les vulcanisateurs. Cela s'explique par les pannes régulières des véhicules lors des passages dans les flaques d'eau sur les chaussées inondées et les embouteillages sur les quelques rues praticables. Le gain élevé chez les vulcarisateurs est dû aux objets tranchants se trouvant dans l'eau stagnante qui entraînent les crevaisons régulières des pneus.

4.2.5.2. Incidences sur l'agriculture

Bien que développée sur de faibles superficies, l'agriculture urbaine est pratiquée à Cotonou, à Pahou Sud, dans les périphéries de Sèmè-Podji et de Porto-Novo.

A Ouidah, les cultures maraîchères se pratiquent dans les plaines inondables de Pahou et sur le cordon littoral. Les produits maraîchers sont vendus sur les marchés de Kpassè, Pahou et même sur le grand marché Dantokpa.

A Cotonou, le maraîchage intensif se pratique sur huit (08) grands sites situés au cœur de la ville (Mairie de Cotonou, 2008).

La plupart des sites sont des bas-fonds inondables de la bande côtière ou des plaines. De par leur topographie, ces sites subissent des inondations périodiques pendant la saison pluvieuse ou lors des crues.

Les eaux de pluie envahissent les champs de maraîchage et entraînent la destruction des cultures voire leur décomposition et leur pourriture. Ce qui crée un manque à gagner pour les producteurs et pour la population à cause de l'augmentation des prix compte tenu de la rareté. En période d'inondations, les cultures les plus vulnérables sont la laitue, le crincrin, la tomate, le piment, la carotte, etc. dont les racines encore sous terre pourrissent avec l'arrivée des eaux.

En 2010, les inondations ont entraîné la destruction de 452 ha de cultures à Cotonou, 589 ha à Abomey-Calavi et 40 ha de cultures à Ouidah (CeRPA Atl-litt, 2010). En effet, les eaux de ruissellement enlèvent toute la couche arable des terres cultivables selon 75 % des personnes enquêtées. La première conséquence, est l'appauvrissement des terres. Ceci oblige les maraîchers à apporter davantage de fertilisants pour l'amendement de leurs planches. Economiquement, cela revient à débourser plus d'argent pour les maraîchers dont les conditions de vie sont déjà précaires. La deuxième conséquence est la raréfaction des produits de maraîchage et leur cherté pour les consommateurs.

Toutefois, les inondations n'ont pas que des impacts négatifs sur l'agriculture urbaine. Selon 25 % des maraîchers interrogés, les débris végétaux et minéraux charriés par les eaux d'inondation fertilisent les sols. Les matières organiques apportées renouvellent la fertilité des sols des plaines alluviales après le départ des eaux.

4.2.5.3. Incidences sur la pêche

La pêche et la pisciculture sont deux activités très importantes pour les populations de Sèmè-Podji majoritairement pêcheurs et pour quelques habitants des villes de Cotonou et d'Abomey-Calavi. Elles constituent une ressource considérable pour le ménage des pêcheurs riverains du lac Nokoué. Les types de pêche pratiqués sont : la pêche à la nasse, au filet, à l'hameçon, la pêche maritime, l'acaja, les trous à poisson, les étangs piscicoles.

La période des inondations entraîne une diminution de la production halieutique du fait de la montée des eaux. Au cours de cette période, les activités piscicoles diminuent parce que la vitesse du courant des vents et des eaux ne favorise pas un bon rendement. Cette baisse est également liée à la dessalure des cours et plans d'eau. Ce qui amène les poissons à migrer vers d'autres milieux leur permettant de se développer. Lors des travaux de terrain, 56 % de la population enquêtée affirment qu'en période d'inondation, les eaux étant profondes, la pêche n'est pas fructueuse. Pour cette activité, les revenus sont en baisse. Un bénéfice de l'ordre de 4000 voire 7000 FCFA par jour en période sèche est réduit à 2000 voire 1500 FCFA par jour ou parfois sans rendement. En effet, pour éviter la misère, l'activité de pêche se déplace

ainsi du cours d'eau vers ces lacs et marais créés temporairement par l'arrivée des eaux.

Les résultats confirment les analyses déjà effectuées par l'I.A.S. (1998) et Assongba (2010) sur les pertes des biens meubles et immeubles, du cheptel, des récoltes (greniers), pendant les périodes d'inondation dans la ville Cotonou. Mais les pertes constatées par ces derniers sont plus importantes. Cela est dû au fait que ces auteurs ont mené des études à la suite des grandes inondations de 1997 et 2010.

4.2.6. Destruction des logements

Les habitations situées en zones inondables sont affectées par le débordement des eaux. Trois types de situations sont souvent observés. Il s'agit de :

- maisons inondées de manière saisonnière pendant les fortes pluies (56,3%)
- maisons inondées pendant la période d'inondation (25,1 %)
- maisons inondées de manière permanente (18,6 %).

Les dommages causés à cet effet sont la dégradation des habitations (2,7 %) et des biens à l'intérieur des maisons (78,2 %)**.** Ainsi, des propriétaires quittent les maisons pendant plusieurs mois jusqu'au retrait des eaux et ceux qui n'ont plus d'autres moyens sont obligés de vivre dans l'eau (Planche 6).



Planche 6: Habitations entièrement inondées à Dèkoungbé (Abomey-Calavi),
***Prise de vue**: Blalogoé, juillet 2010*

La Planche 6 montre deux habitations entièrement inondées. Au niveau de la première (photo 6.a), tous les occupants ont dû quitter pour chercher refuge ailleurs.

Le second bâtiment situé sur la même parcelle a dû être décoiffé puis systématiquement abandonné. La seconde photo (photo 6.b) montre une habitation remplie d'eau dans laquelle les propriétaires vivent en mettant certains objets en hauteur.

En 2010 où une évaluation officielle de la situation a été faite, les inondations ont entraîné la destruction de maisons et des déplacements de ménages dans toutes les communes (Tableau XIII).

Tableau XIII: Impact des inondations sur le logement en 2010

Communes	**Nombre de ménages sinistrés**	**Nombre de ménages déplacés**	**Nombre de ménages sans Abris**
Cotonou	43 000	9 325	3 108
Porto-Novo	4 000	0	0
Ouidah	1 500	123	0
Sèmè-Podji	5 800	4 300	1 433
Abomey-Calavi	11 000	225	0

Source : Mairies, 2010

Le tableau XIII montre que les inondations ont causé plus de dégâts dans la commune de Cotonou. Par contre, dans les communes de Porto-Novo et de Ouidah, les inondations de 2010 ont occasionné moins de dégâts matériels par rapport à la destruction des maisons, parce qu'elles sont situées pour une grande partie sur le plateau, donc bénéficient par conséquent d'une grande capacité d'infiltration et d'un niveau de drainage naturel assez satisfaisant. A Cotonou et à Sèmè-Podji, la plupart des maisons inondées sont situées dans les marécages. Elles sont construites sans aucun aménagement prenant en compte le risque d'inondation.

Ainsi, les inondations affectent surtout les ménages les plus pauvres. Elles les privent non seulement de leurs sources de revenus, mais induisent également des coûts supplémentaires pour l'achat de matériel de reconstruction. Les impacts se sentent dans les secteurs socio-économiques (figure 33).

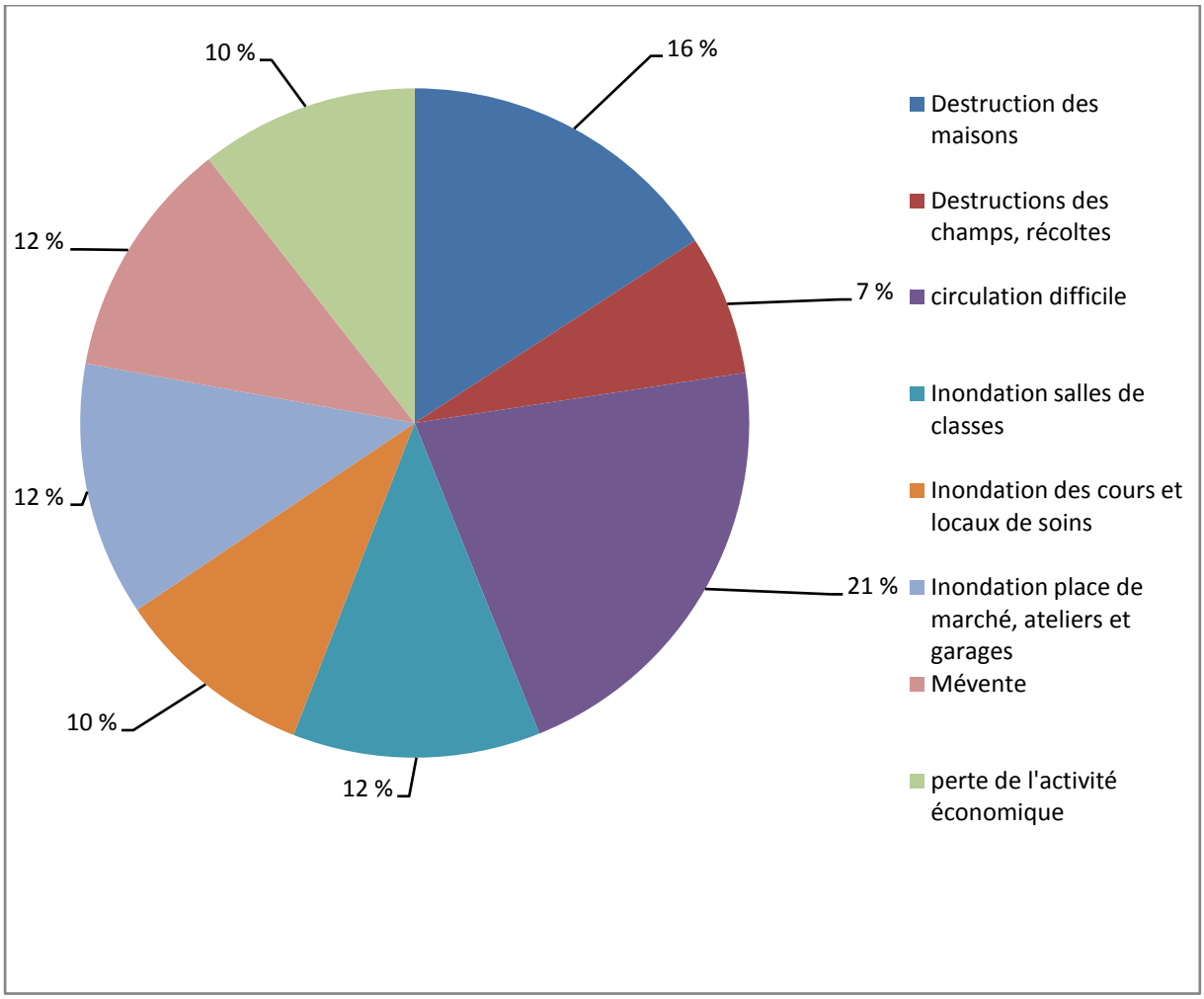


Figure 33: Catégorisation des impacts socio-économiques de l'inondation
***Source** : Enquête de terrain, 2011*

L'analyse de la figure 33 révèle que les impacts des inondations sur la vie socio-économique se résument prioritairement aux difficultés de déplacement (21 %) et à la destruction des maisons (16 %).

Au total, les inondations affectent dangereusement le cadre de vie des populations et participent à l'affaiblissement de la productivité économique dans le Grand Cotonou. Cela accélère le cycle de la pauvreté et accentue davantage la vulnérabilité de la population au phénomène.

Conclusion partielle

Les inondations dans le Grand Cotonou prennent de l'ampleur et deviennent de plus en plus intenses au fil des années. De 8,41 % de personnes touchées avant 1990, on est passé à 22,52 % durant la décennie 1990 et à plus de 71,58 % au cours de la dernière décennie. Les inondations causent d'énormes conséquences sur la vie

économique et sociale des populations. Les dommages causés sur les habitations sont dans l'ordre de 78,2 % tandis qu'au niveau des infrastructures de transport, 30 % des voies sont dégradées et deviennent impraticables. Les principaux problèmes qui apparaissent à la suite de chaque période d'inondation sont : les difficultés de transport, la destruction des logements, la mévente et la perte d'activité économique. Au plan sanitaire, les populations souffrent de maladies telles que le paludisme, les pieds d'athlète, la diarrhée, le choléra, la dysenterie. La deuxième hypothèse émise dans le cadre de cette recherche est ainsi vérifiée.

Face à ce phénomène, les autorités à divers niveaux tentent de mettre en place plusieurs politiques pour contrer le phénomène. Le chapitre suivant se consacrera à l'analyse de ces mesures.

TROISIEME PARTIE :

MECANISME DE GESTION ET MESURES ALTERNATIVES POUR UNE GESTION DURABLE DES INONDATIONS

CHAPITRE V : MESURES DE GESTION DES INONDATIONS

Ce chapitre retrace les actions engagées par les populations, les autorités communales et étatiques pour faire face à l'inondation et leurs insuffisances.

5.1. Actions développées par les populations

Les actions engagées par les populations pour faire face aux inondations vont de la prévention à la réponse.

5.1.1. Protection des bâtiments

Il s'agit des actions qui visent à renforcer la résistance des bâtiments aux dégâts liés aux inondations. Ce sont:

- le renforcement des habitations par le changement des pilotis pour les maisons en bordure des lacs afin de permettre à ces habitations de mieux résister aux intempéries ;
- le remplacement des toits et la reconstruction des murs pour une meilleure résistance aux intempéries pluviométriques, pour les ménages pauvres dont les maisons sont construites avec du rotin et situées dans les zones marécageuses ;
- l'élévation des hauteurs de marche des latrines dans les zones inondables pour éviter leur remplissage rapide par les eaux de pluie en cas d'inondation (Planche 7.a).
- la surélévation de la fondation au moment de la construction du bâtiment. (Planche 7. b).



Planche 7 : Latrines familiales au quartier Vossa à Cotonou (a) et Maison surélevée construite à Agblangandan (Sèmè-Podji) (b)
Source *: Prise de vue: Blalogoé, juin 2010*

La planche 7 montre une latrine et une maison surélevées. Les propriétaires de ces locaux ont pris en compte le caractère inondable des lieux avant la

construction. Cependant ces mesures ne sont adoptées que par 21 % des personnes installées dans les marécages à cause du coût élevé. C'est plutôt les mesures réactives que les populations adoptent plus pour soulager leur peine au cours des inondations.

5.1.2. Mesures réactives

Les actions de réponse concernent :

- la mise en hauteur de certains objets (lits, valises, postes télévisions) dans les chambres (Planche 8.a) ;
- la construction des digues et la pose des sacs de jute remplis de sable ou des pneus pour servir de passage (Planche 8.b) ;
- le déménagement temporaire en cas d'inondation intense.

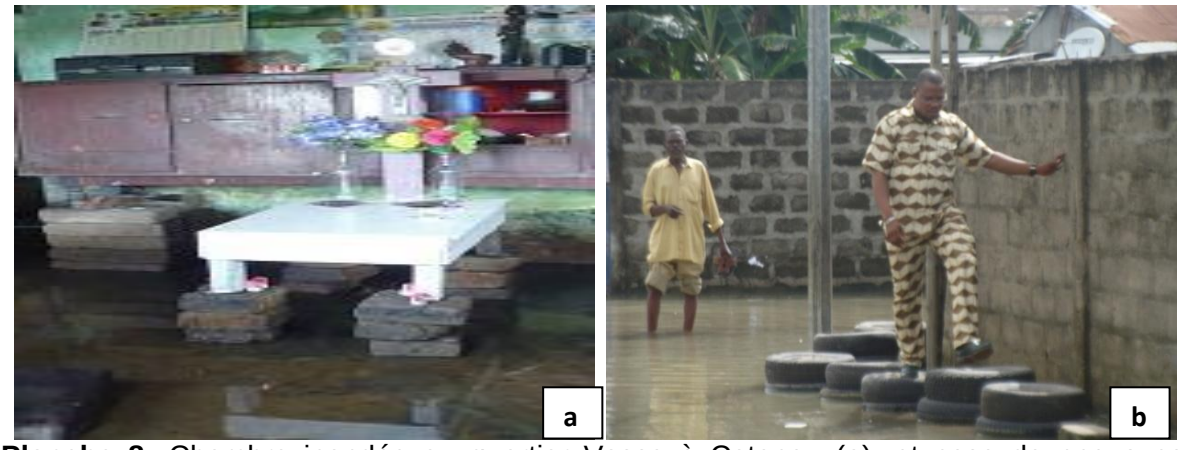


Planche 8: Chambre inondée au quartier Vossa à Cotonou (a), et pose de pneus pour servir de passage à Cocotomey, Abomey-Calavi (b)
***Prise de vue**: Blalogoé, juin 2010*

La planche 8 montre une chambre inondée dans laquelle les objets sont mis en hauteur et des pneus posés pour servir de marche pour les piétons sur une voie inondée.

En outre, les populations construisent des digues et des canaux d'évacuation des eaux. Les trous sont comblés, des pistes et des VONS sont remblayées par les plus riches du quartier. Les ménages pauvres utilisent les ordures ménagères pour effectuer les remblais. Ainsi, diverses stratégies sont adoptées par les populations pour faire face aux inondations.

Toutes ces actions sont développées pour s'adapter à l'inondation et non pour l'éradiquer (figure 34)

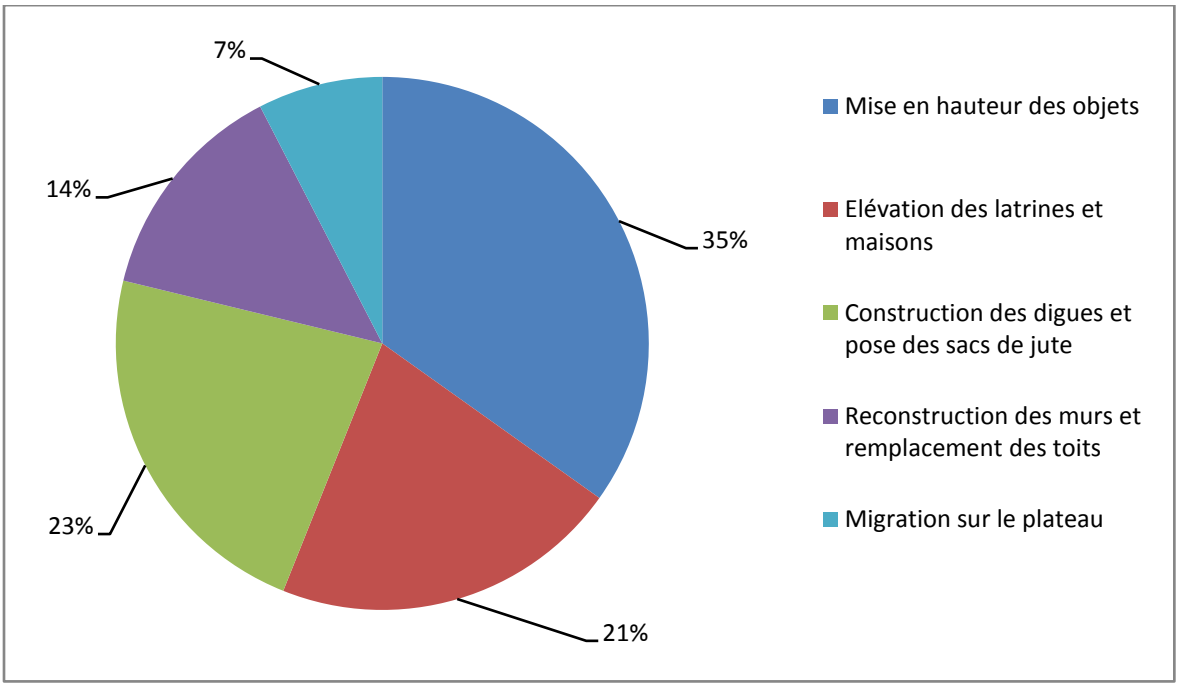


Figure 34: Adoption des différentes stratégies par les populations
Source : *Enquête de terrain, 2011*

Il ressort de l'analyse de la figure 34 que les stratégies les plus adoptées par les populations sont la mise en hauteur des objets (35 %), la construction des digues et la pose de sacs de jute pour faciliter les déplacements (23 %) et l'élévation des hauteurs de latrines (21 %). Les stratégies de reconstruction de murs et de remplacement de toits sont très peu adoptées par les populations (14 %). Il en est de même pour le départ spontané des populations des zones inondées (7 %).

Ces résultats montrent que les stratégies les plus adoptées par les populations sont celles qui nécessitent peu de moyens financiers et qui leur permettent de rester dans leurs milieux de vie habituels pour faire face aux conséquences des inondations.

5.1.3. Faiblesses des actions individuelles

Les aménagements entrepris par les populations sont spontanés et sont le reflet de la faiblesse des revenus des ménages. Les solutions envisagées sont de conception simple et de réalisation facile. Pour réaliser les remblais et surélever les maisons, les gravats, le sable prélevé sur les voies publiques et les déchets ménagers sont utilisés. Car ces matériaux sont financièrement plus abordables pour les familles vivant dans les quartiers inondables du Grand Cotonou comme c'est le cas dans la région darkaroise (Kane, 2007). Or, les ordures contiennent principalement des matières organiques. Après leur décomposition, les fondations ne reposent plus sur

un sol stable. Ce qui expose davantage les populations aux risques (affaissement, maladies, pollution des sols, etc.). Les éboulements de pans de mur sont observés au niveau des maisons surélevées au bout de dix ans au plus. Les actions sont donc réalisées sans considération de leurs impacts par les populations. Aussi, n'existe-t-il pas une coordination entre les différentes techniques de lutte. Les actions sont à plus de 90 % spontanées et tiennent compte des revenus du ménage.

En dehors des sinistrés, les collectivités locales développent aussi des stratégies de prévention et de gestion des inondations conformément à la réglementation en vigueur au Bénin.

5.2. Politique communale de gestion des inondations

Selon les articles 84, 86 et 93 de la loi 97-029 du 15 janvier 1999 portant organisation des communes en République du Bénin, les mairies des communes à risque doivent mettre en place leurs systèmes d'alerte précoce et leurs mécanismes de gestion en sollicitant tous les partenaires techniques et financiers y compris le budget national en conformité avec les orientations nationales. Les actions menées par les communes se résument essentiellement aux travaux de curage. Seule la commune de Cotonou exécute chaque année un programme de lutte contre les inondations dénommé : Cotonou en Campagne Contre les Inondations (3CI).

5.2.1. Curage des ouvrages de drainage des eaux pluviales

Dans le cadre des différents programmes d'aménagement et d'assainissement urbain financés par la Banque Mondiale et l'Union Européenne, l'Etat central a construit dans les grandes villes du Grand Cotonou des ouvrages de drainage des eaux pluviales (tableau XIV). Les communes sont chargées de l'entretien de ces collecteurs. Ainsi, en prélude à la grande saison pluvieuse, les communes procèdent au curage des ouvrages. C'est une opération qui consiste à débarrasser le fond des collecteurs de toute sortes de déchets (sable, débris de feuille, ordures ménagères, etc.) afin de faciliter la circulation des eaux en temps de pluie.

Tableau XIV : Réseaux d'assainissement et de voies revêtues dans le Grand Cotonou

Types d'ouvrages / Communes	Collecteurs (ml)		Bassins de rétention
	Primaires	Secondaires	
Cotonou	33 070	243 909	10
Porto-Novo	30 830	62 470	01
Sèmè-Podji	0	9 000	0
Abomey-Calavi	0	35 000	
Ouidah	0	10 000	0
Total	63 900	360 379	11

Source : *Mairies du Grand Cotonou*

L'analyse du tableau XIV montre que la commune de Cotonou dispose de plus de 52 % des collecteurs primaires et 68 % des collecteurs secondaires du Grand Cotonou à cause de son statut de capitale économique et siège de l'administration publique. La commune de Porto-Novo dispose respectivement de 48 % et 17 % de collecteurs primaires et secondaires du Grand Cotonou. Les autres communes Sèmè-Podji, Ouidah et Abomey-Calavi ne disposent pas de collecteurs primaires. Les quelques collecteurs secondaires retrouvés dans ces communes se situent auprès des voies revêtues à l'intérieur des chefs-lieux de communes. Ces données montrent que la construction des collecteurs ne s'inscrit pas dans une politique de lutte contre les inondations mais plutôt dans le cadre général du développement urbain. Car, c'est la commune de Sèmè-Podji qui est la deuxième commune vulnérable aux inondations après celle de Cotonou. Elle devrait être celle qui doit bénéficier de plus d'ouvrages d'assainissement.

Quant à l'entretien des collecteurs, seules les communes de Cotonou et de Porto-Novo arrivent à exécuter ces travaux de curage annuellement mais avec beaucoup de retard dans la planification des opérations. Elles se déroulent en avril ou mai voire juin quand la saison pluvieuse s'est déjà installée. Ce qui entraîne la mauvaise exécution des opérations. Les produits de curage enlevés des collecteurs ne sont pas ramassés à temps. A la suite d'une pluie, les déchets sont drainés encore dans les caniveaux.

Les communes de Sèmè-Podji, de Ouidah et d'Abomey-Calavi mènent rarement ces opérations à cause des difficultés de trésorerie au niveau du budget.

5.2.2. Programme Cotonou en Campagne Contre les Inondations

Il s'agit d'un programme d'urgence initié par la mairie de Cotonou depuis 2003 pour soulager les peines des populations victimes des inondations. Les objectifs de ce programme sont, entre autres :

- faciliter l'accès des populations inondées aux lieux publics (écoles, services publics, infrastructures sociocommunautaires, etc.) ;
- porter assistance aux populations dans les cas les plus catastrophiques avec la participation des Sapeurs Pompiers aux opérations ainsi que toutes les structures pouvant y concourir ;
- avoir un temps de réponse le plus court possible pour les interventions.

Le programme comporte trois volets.

5.2.2.1. Actions préventives

Elles démarrent avant le début de la grande saison dans la période de janvier à mars. Il s'agit des opérations de curage des caniveaux, de rechargement et reprofilage des voies en terre (photos 3 & 4), de reprofilage des voies, de réfection des voies revêtues et de remblai des infrastructures socio-communautaires susceptibles d'être inondées.



Photo 2 : Tas de sable silteux pour le rechargement à Cotonou



Photo 3 : Voie reprofilée à kpondéhou à Cotonou

***Prise de vue** : Blalogoé (2010)*

La photo 2 montre le premier adjoint au maire de la ville de Cotonou qui donne des instructions aux agents pour la réussite des opérations de rechargement. La photo 3 indique une voie reprofilée laissée à la circulation.

5.2.2.2. Réponse à l'inondation

Les actions curatives démarrent avec la saison des pluies en avril. Il s'agit des actions d'ouverture et d'entretien des tranchées pour assurer un bon écoulement des eaux pluviales, de pompage des eaux à l'aide de motopompes dans les maisons, les infrastructures socio – communautaires et sur les voies publiques dépourvues de caniveaux (Planche 9).



Planche 9 : Pompage des eaux sur une voie à Cadjèhoun et ouverture de tranchées à Akpakpa ;

***Prise de vue** : Blalogoé, juin 2010*

La planche 9 montre une voie inondée où les agents municipaux sont à l'œuvre pour l'évacuation des eaux (planche 9.a) et une voie sur laquelle se mènent les ouvertures de tranchées (planche 9.b).

En plus de ces opérations, il y a l'assèchement des infrastructures sociocommunautaires comme les écoles et les collèges publics, les centres de santé, les marchés secondaires, les aires de jeux, etc. Des opérations de relogement des sinistrés dans les écoles et de fournitures des vivres et de non vivres ont également lieu. Le but de ces actions est de faire partir l'eau et de soulager les peines des populations.

L'intervention au cours de cette phase se base sur un schéma organisationnel précis (figure 35). La ville de Cotonou est divisée en sept (07) zones disposant chacune d'un Poste de Commandement (PC) qui coordonne les interventions. Chaque zone regroupe 2 arrondissements sauf la zone 7 qui couvre seulement le 13ème arrondissement à cause de sa superficie et de la sévérité des inondations.

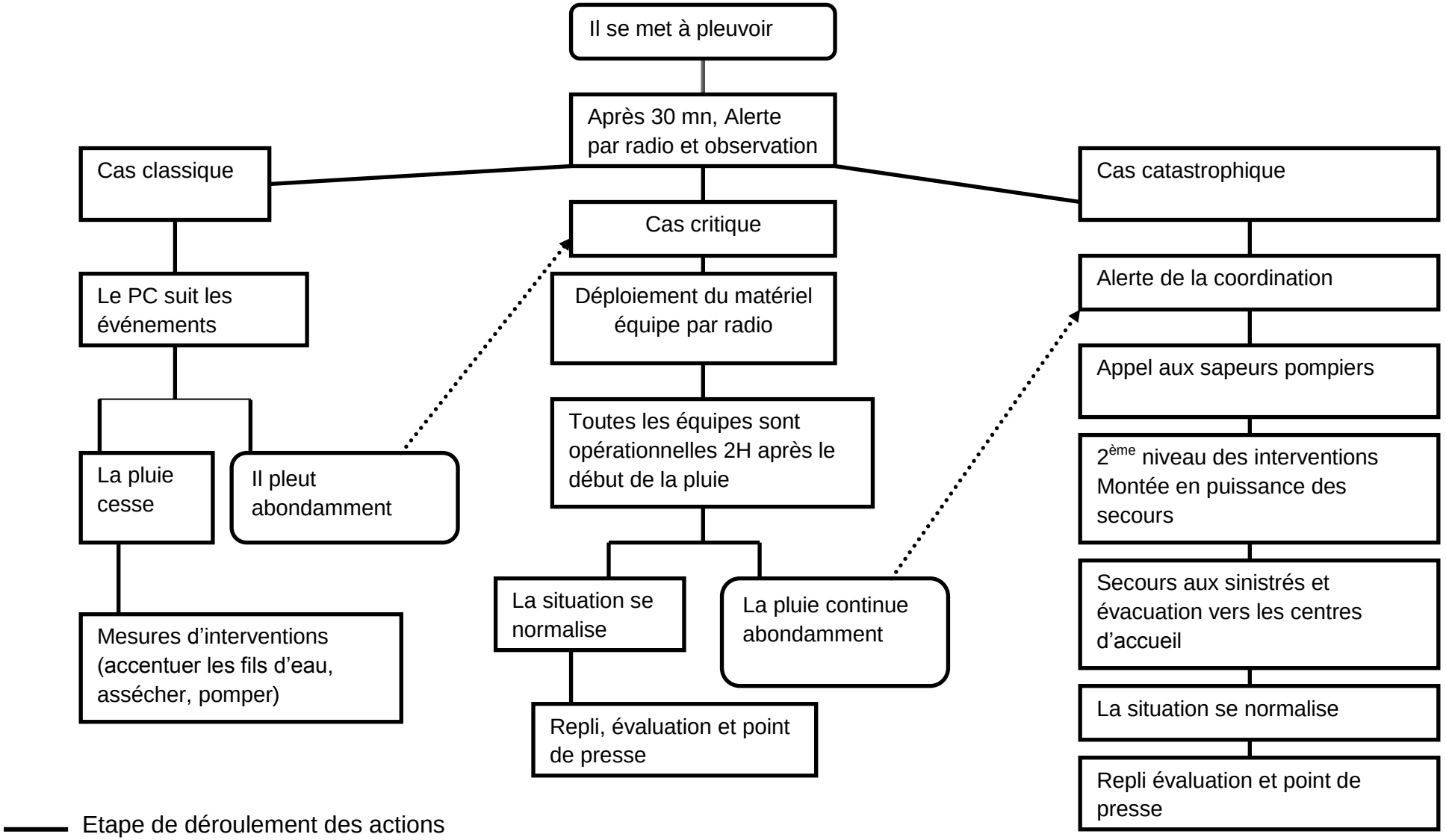


Figure 35 : Diagramme des interventions pour l'organisation des secours en cas d'inondation

Source : *DST Mairie de Cotonou, 2008*

L’examen de la figure 35 révèle que trois cas d’inondation sont prévus dans le programme 3CI suivant l’intensité de la pluie. Les moyens et les acteurs mobilisés dans la lutte évoluent en fonction de ces cas.
Le premier est le cas classique où l’intensité de la pluie n’entraîne pas une inondation majeure. Dans cette situation, aucune intervention n’est menée. Le deuxième concerne le cas où la pluie dure plus de cinq heures de temps, l’équipe municipale déploie son arsenal pour faire face à l’inondation. En cas de dépassement des moyens de secours de la ville, l’on se retrouve dans le cas catastrophique où les autorités municipales font appel aux sapeurs pompiers et à tout le dispositif de gestion des crises au niveau national.

Pendant la période des interventions, la coordination des opérations est assurée par les autorités de la ville. Les chefs d’arrondissements jouent un rôle prépondérant avec l’appui de la Direction des Services Techniques.

5.2.2.3. Mesures de relèvement

Ce sont les actions qui sont souvent menées à la fin des périodes d’inondations. Il s’agit du reprofilage et du rechargement léger des rues dégradées afin de faciliter la circulation.

Les travaux réalisés chaque année dans le cadre du programme 3CI s’inscrivent surtout dans le cadre de la facilitation des déplacements des populations pendant les périodes d’inondation (tableau XV).

Tableau XV : Travaux réalisés dans le programme 3CI au fil des années

DESIGNATION	Unité	QUANTITE DES TRAVAUX EXECUTES						
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
Rechargement et reprofilage des voies en terre	ml	25 000	38 100		37 000			100 100
Pavage et Assainissement des voies	ml	3 237		3 670	630	6 550		14 087
Réfection de voies bitumées	m^2	3 196		1 446	1 533	242		6 417
Curage des collecteurs primaires	ml	26 720	34 420	34 420	34 220	38 920	38 920	207 620
Curage des collecteurs secondaires	ml	131 611	217 000	217 000	271 330	288 000	288 000	1 412 941
Curage des étangs et bassins de rétention	m^2	16 000	16 000	16 000	44 450	44 450	4 450	141 350
Réfection des voies pavées	m^2		2 040	23 111	4 405	1 589		31 145
Remplacement de dallettes	U		369	4 899	2 659	1 741		9 668
Assèchement des infrastructures socio communautaires	U		25	17				42
Construction de dalots	U			5	5	8		18
Réparation de feuillures	ml				209	490		699
Stabilisation avec CON-AID	ml					5 730		5 730

***Source** : DST/Mairie de Cotonou*

Le tableau XV montre que les travaux de curage sont exécutés chaque année dans le cadre de ce programme. Les travaux de rechargement des voies en terre et de réfection des voies pavées et bitumées ne sont pas exécutés annuellement compte tenu des contraintes budgétaires. Chaque année, en moyenne 40 kilomètres de voies sont reprofilées dans tous les arrondissements. Les dalots sont construits seulement en cas de besoin.

La technique de stabilisation des terres avec le produit CON-AID (planche 10) a été expérimentée seulement en 2007. Il s'agit d'un mélange d'un produit liquide appelé CON-AID (fabriqué en Afrique du Sud) avec l'eau pour compacter la voie avec de la latérite et du sable silteux pour une meilleure résistance. Mais, elle a été abandonnée tôt à cause de son inefficacité à protéger réellement la voie contre les dégradations pendant au moins 5 ans comme l'affirme le promoteur.



Planche 10 : Stabilisation de la voie avec le produit CON-AID
Prise de vue *: Aïlo, juin et juillet 2007*

La planche 10 montre l'utilisation du produit CON-AID à titre expérimental sur une voie à Fidjrossè (planche 10.a) et l'état de la voie à la suite des pluies au bout d'un mois (planche 10.b). L'apparition des crevasses sur la voie traitée montre les limites de la technique. Cela ne garantit nullement le bon état de la voie sur une durée de cinq ans.

Malgré toutes ces actions pour s'adapter aux inondations, le programme 3CI présente des faiblesses dont la correction peut aider la ville à mieux gérer le phénomène d'inondation.

5.2.2.4. Dysfonctionnement du Programme ‘‘3CI’’ de la ville de Cotonou

Le programme 3CI a un impact financier fort sur le budget de la Commune de Cotonou (figure 36).

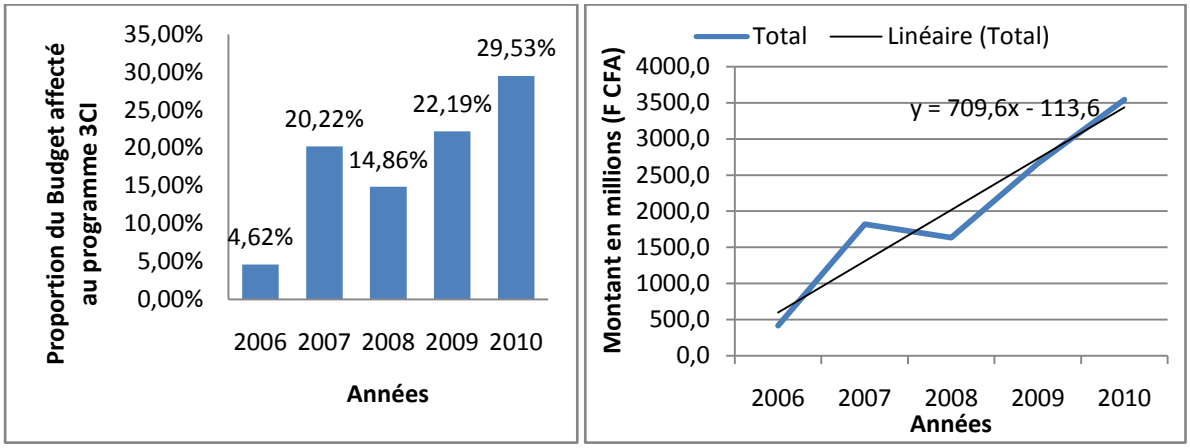


Figure 36: Coût financier du programme 3CI dans le budget municipal de la ville de Cotonou de 2006 à 2010

Source : *Mairie de Cotonou, décembre 2011*

L’analyse de la figure 36 montre que les montants alloués aux activités de lutte contre les inondations évoluent de façon linéaire au fil des années. Il est passé de 4 % en 2006 à 30 % en 2010 du Budget de la ville. Mais il importe de signaler que les volets du programme ne connaissent pas tous une amélioration financière (figures 37 et 38).

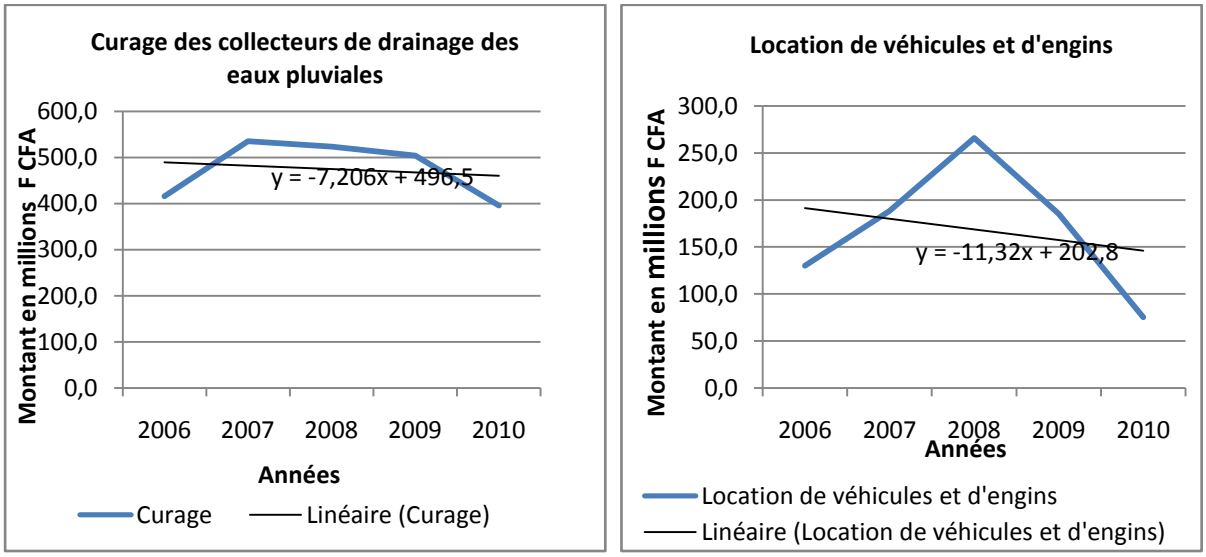


Figure 37 : Evolution des crédits alloués au curage des collecteurs et à la location d’engins au fil des années dans la ville de Cotonou

Source : *Mairie de Cotonou, décembre 2011*

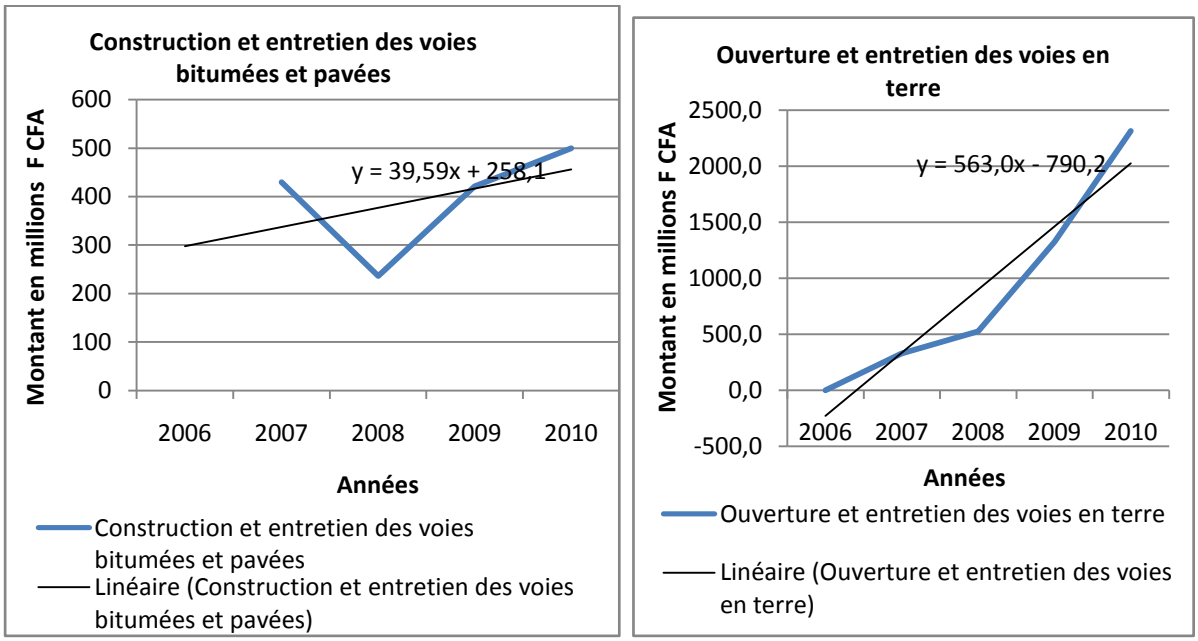


Figure 38 : Evolution des crédits alloués à l'entretien des voies bitumées, pavées, et en terre au fil des années dans la ville de Cotonou

Source : *Mairie de Cotonou, décembre 2011*

L'analyse des figures 37 et 38 montrent que les montants consacrés à l'entretien des ouvrages de drainage et à la location des engins et motopompes baissent au fil des années après une hausse en 2008 alors que ceux des opérations de rechargement augmentent. Or, les montants alloués ne suffisent pas encore pour exécuter correctement les travaux de curage du réseau d'évacuation des eaux pluviales de la ville (figure 39).

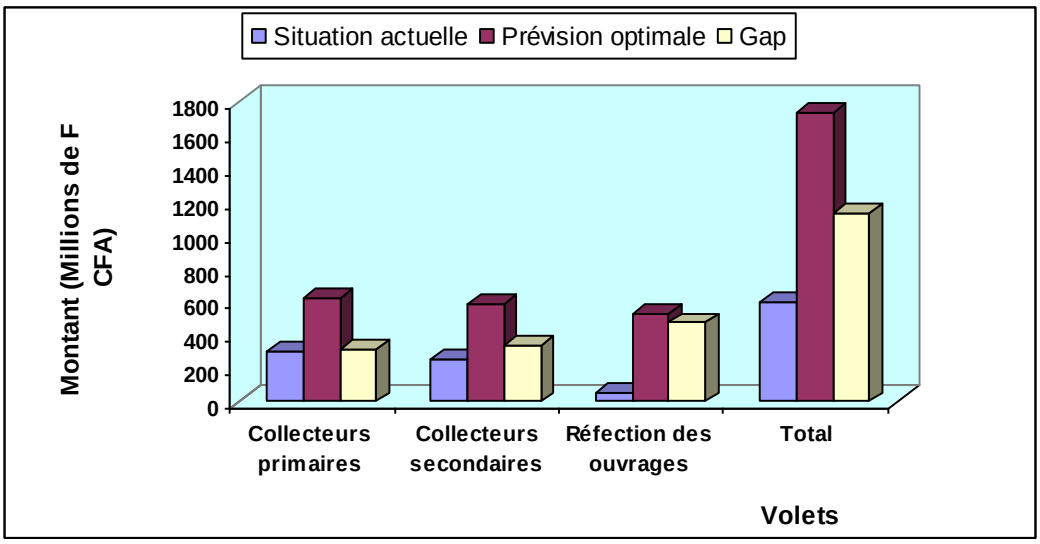


Figure 39: Ressources actuelles et prévisions nécessaires pour un entretien optimal des ouvrages dans la ville de Cotonou

Source : *DST- Mairie de Cotonou, novembre 2011*

L’analyse de la figure 39 montre un gap total de plus d’un milliard de FCFA entre les ressources nécessaires pour un entretien correct des ouvrages et les ressources actuelles qui y sont consacrées au niveau de la commune de Cotonou. Cela montre que les ressources disponibles sont faibles pour assurer un entretien correct des ouvrages d’assainissement (Planche 11).



Planche 11: Collecteur P rempli de déchets et d’herbes à Vedoko (Cotonou)
***Prise de vue** : Blalogoé, avril 2014*

La planche 11 montre un collecteur de drainage des eaux pluviales non curé malgré l’approche de la saison pluvieuse. Il ne pourra donc évacuer convenablement les eaux de pluies vers le lac Nokoué.

Par contre, l’apport de sable silteux « la terre jaune » pour les remblais est privilégiée à l’évacuation des eaux pluviales. Cela justifie l’idée toujours avancée par les autorités municipales selon laquelle « le programme 3CI est un programme de soulagement des populations par temps d’inondation et non un véritable programme destiné à éradiquer les inondations dans la ville ». Cependant, le ratio coût-efficacité est faible.

D’après les investigations de terrain, la perception des volets du programme varie fortement (figure 40).

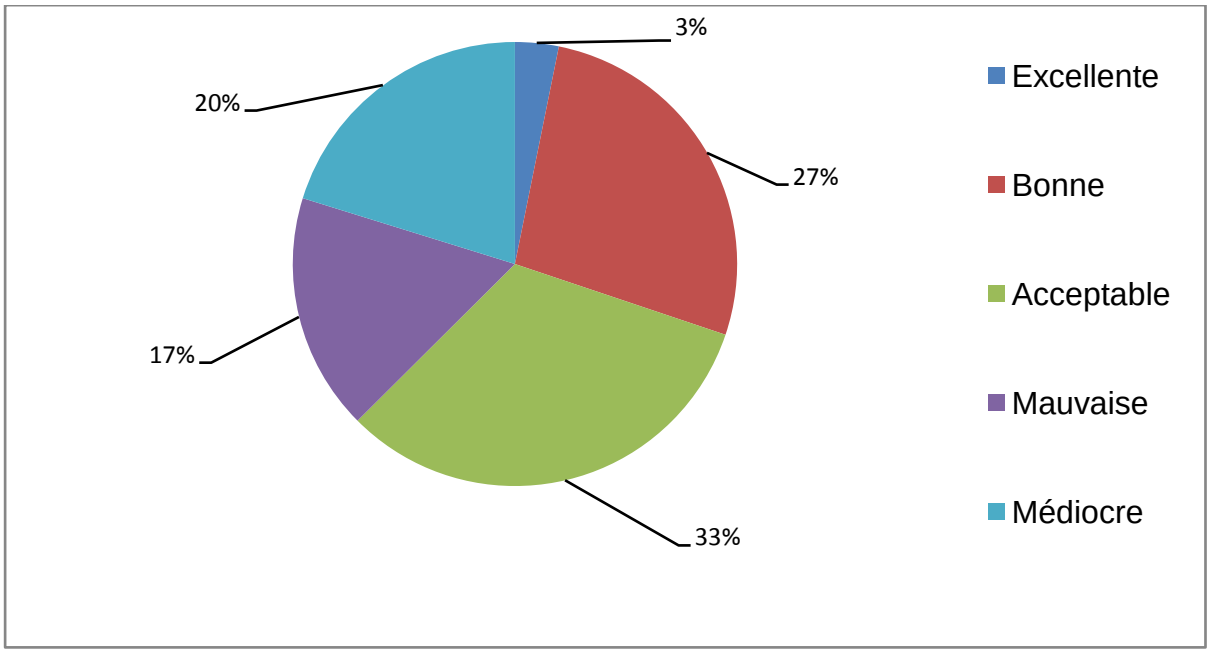


Figure 40 : Appréciation du programme par les populations
***Source** : Enquête de terrain (Novembre, 2011)*

L'analyse de la figure 40 révèle que plus du quart des personnes interrogées jugent bonne l'action de la mairie en matière de lutte contre les inondations, seulement 3 % l'estiment excellente, contre 33 % acceptable. C'est dire que cette action bien que favorablement accueillie, ne connaît pas un franc succès. Les actions appréciées par les populations sont les travaux de rechargement des voies (44,36 %) et de curage des collecteurs (97,36 %). Ce sont donc ces deux volets qui permettent de soulager réellement les peines des populations, qu'il importe de renforcer pour une efficacité du programme 3CI.

L'évaluation du programme 3CI montre qu'il se heurte à quelques difficultés majeures telles que :

- le manque de moyens ou la vétusté du matériel adéquat : la stratégie d'une moto-pompe au moins par arrondissement de Cotonou n'est pas respectée à cause de l'insuffisance de matériels ;
- l'incivisme des populations qui se traduit par la fermeture des tranchées, le rejet des ordures et autres détritus dans les ouvrages d'assainissement causant ainsi d'énormes charges d'entretien à la ville ;
- le coût élevé du programme : en moyenne 2,5 milliards de francs CFA sont dépensés chaque année pour les opérations. Mais les effets de ces actions restent très peu visibles et les impacts difficilement mesurables. Lors des

investigations de terrain, 90 % des populations enquêtées estiment que les actions sont souvent mal exécutées ;

- les actions périodiques de rechargement et de reprofilage des voies (en terre) contribuent-elles énormément au processus de remplissage de collecteurs de sable et au comblement des exutoires comme le lac Nokoué vers lesquels les eaux devraient être drainées.

Après 10 ans, le programme 3CI a incontestablement montré ses limites et mérite d'être revu.

En somme, l'analyse des cadres institutionnels, budgétaires et organisationnels montrent que les attributions des communes dans le domaine de la prévention et de la gestion des inondations ne sont pas prioritaires pour les autorités locales à l'exception de Cotonou. Selon 75 % des autorités rencontrées, les communes ne disposent pas de moyens pour faire face à ces charges. Ainsi, les autorités étatiques sont obligées de mener aussi des actions de lutte contre les inondations.

5.3. Mesures étatiques de gestion des inondations

Les actions engagées par l'Etat central pour lutter contre les inondations sont la préservation des zones à risque d'inondation, la construction des collecteurs de drainage des eaux pluviales, la mise en place de cadres institutionnels et d'outils de réponse.

5.3.1. Préservation des zones à risque d'inondation et aménagement urbain

Elle passe par des actions préventives qui se traduisent par la prise de textes de loi visant à interdire l'occupation humaine des zones à risque d'inondation et la construction des collecteurs de drainage des eaux pluviales.

5.3.1.1. Lois et règlements interdisant l'occupation des zones à risque d'inondation

Les différents textes fixent les modalités d'occupation du sol ou précisent les règles d'hygiène publique et de construction. Ce sont :

- le décret N°49 du 29 septembre 1928 portant réglementation du domaine public et des servitudes d'utilité publique en Afrique occidentale française qui dispose que le rivage des cours d'eau navigables ou flottables, les lacs, étangs, lagunes, ainsi qu'une zone de passage de 25 mètres de large à compter des limites des plus

hautes eaux relèvent du domaine public. Seul l'Etat est habileté à intervenir sur le domaine public en y faisant des aménagements appropriés ;

- la loi 87-016 du 21 septembre 1987 portant Code de l'eau en République Populaire du Bénin remplacée par la loi n° 2010-44 du 21 octobre 2010, portant gestion de l'eau en République du Bénin qui dispose en son article 66 « L'Etat exerce une mission générale de coordination et de contrôle à des fins de prévention, d'alerte et de lutte contre les inondations » ;
- l'arrêté N°002/MEHU/DC/DUA du 7 février 1992 qui définit les zones impropres à l'habitation et les exclu de tout aménagement spatial notamment urbain. Il précise qu'aucun lotissement ne peut être entrepris dans ces zones. Les personnes installées dans ces zones sont déclarées occupants illégaux sur lesquelles plane la menace d'un déplacement sans dédommagement. En même temps, le texte indique que les autorités nationales, préfectorales ou locales sont chargées de prendre les mesures nécessaires à la protection des zones en question. D'après cet arrêté, les zones impropres à l'habitation sont les terres inondables, les rivages des cours d'eau, les carrières de sable, etc. Cet arrêté a été pris pour résoudre le drame de l'installation anarchique des citoyens dans les zones marécageuses notamment à Cotonou selon 64 % des autorités du Ministère en charge de l'urbanisme interrogées.

Ces différents textes de loi montrent que l'Etat a pensé tôt à l'hygiène publique, à la préservation des zones à risque d'inondations afin d'asseoir un développement urbain durable.

Cependant, la mise en œuvre des différents textes de loi et règlements pose d'énormes problèmes. La matrice de transition (tableau XVI) réalisée dans le cadre de cette étude, à partir des cartes d'occupation du sol de 1995 et 2010 montre que les différents textes juridiques pris depuis la période coloniale n'ont pas pu empêcher l'installation des populations dans les zones marécageuses.

La conversion des différentes unités d'occupation des sols a montré que les prairies marécageuses et les plans d'eau ont perdu une grande partie de leurs superficies au profit des agglomérations.

Tableau XVI : Matrice de transition des unités d'occupation du sol de 1995 à 2010

Unités d'occupation du sol	Forêt	Prairie marécageuse	Plan d'eau	Plant	Mcj	Plage	Agglo	**Sup_95 ha**
Forêt	50,738	0,000	0,000	273,828	261,422	0,000	390,552	976,540
Prairie marécageuse	0,000	52465,920	0,000	36,594	0,000	0,000	**68,500**	52571,014
Plan d'eau	0,000	0,000	311,642	0,000	0,000	0,000	**23,460**	335,102
Plant	0,000	0,000	0,000	22404,394	853,483	0,000	1320,491	24578,368
Mcj	0,000	0,000	0,000	1445,004	26110,719	0,000	7278,566	34834,289
Plage	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	350,880	40,390	391,270
Agglo	0,000	**0,000**	**0,000**	0,000	0,000	12,320	2490,788	2503,108
Superficie (ha) 2010	50,738	52465,920	311,642	24159,820	27225,624	363,200	11612,747	116189,691

***Source** : Blalogoe (2010)*

Plant : Plantation

Mcj : Mosaïque de champs et de jachères

Agglo : Agglomération

L'analyse du tableau XVI révèle que 91,96 ha de prairies marécageuses et de plans d'eau ont contribué à la formation de 9 109,639 ha d'agglomération de 1995 à 2010, soit environ 1 % l'an. A l'opposé, aucune portion d'agglomération ne s'est transformée en plan d'eau ou en prairie marécageuse. Ce qui montre malgré les différentes mesures réglementaires et législatives, que les populations continuent de s'installer dans les zones marécageuses à risque d'inondation. Aussi, les opérations de déguerpissement des populations dans les zones marécageuses prônées dans les textes de loi n'ont-elles jamais eu lieu. Ce qui montre que les textes de loi ne sont pas appliqués. D'après Assongba (2010), 85 % des inondations de la ville de Cotonou résulteraient de l'installation des populations dans les zones de marécages. En raison des caractéristiques géomorphologiques, 30 % des zones habitées à Cotonou seraient impropres à l'habitat et selon la DGEau (2012), 15 % de la surface de la communauté urbaine de la basse vallée de l'Ouémé est en cours d'urbanisation dans les zones inondables. Cela confirme les résultats de Dziwonou (2000) selon laquelle, la rapidité de l'urbanisation en Afrique, la pression immobilière et les facteurs socio-économiques ont accéléré l'occupation des espaces vacants et sont à l'origine de la croissance des risques de toutes sortes.

Cette prise d'assaut des zones marécageuses est liée à l'ignorance ou à la faible application des textes juridiques. Les investigations de terrain réalisées montrent que 87,7 % des populations ignorent l'existence des dispositions juridiques interdisant l'occupation des marécages. Pire, cette ignorance de la loi n'est pas liée à l'analphabétisme, car 71,1 % des personnes interrogées ont franchi au moins le niveau du cours primaire. Il se pose alors le problème de vulgarisation des textes. Cependant, selon 74 % des autorités interrogées, la non application des textes est due à l'insuffisance de personnels pour assurer le contrôle.

D'un autre côté, le prix du terrain ou des logements constituent le premier facteur (50,75%) d'installation des populations dans le Grand Cotonou. Or, ce prix décroît des terres fermes aux sols hydromorphes même-si les deux parcelles se situent dans le centre ville. Lors des investigations, une parcelle de terrain de superficie 500 m^2 à Vossa dans le sixième arrondissement de Cotonou coûte 2 500 000 CFA alors que dans le même quartier où la parcelle se situe sur une terre ferme, elle est vendue à 10 000 000 CFA au moins. Ainsi, le faible coût des terrains inondables explique l'occupation des zones marécageuses.

En dehors des lois et règlements, quelques outils de planification ont été élaborés pour guider l'orientation urbaine et servir de base pour les travaux d'aménagement et de construction d'infrastructures afin de mieux maîtriser le développement urbain.

5.3.1.2. Construction des collecteurs de drainage des eaux pluviales et aménagement des bassins de rétention

Les travaux de construction et d'aménagement des bas-fonds sont basés sur les outils réglementaires de planification urbaine qui concernent principalement les villes de Porto-Novo et Cotonou. Il s'agit du :

- plan directeur d'urbanisme de 1951 pour Cotonou et Porto-Novo ;
- plan directeur d'urbanisme de 1961 pour Cotonou ;
- schéma de structure de 1985 pour Cotonou ;
- plan directeur d'évacuation des eaux pluviales de 1963 pour Cotonou ;
- plan directeur d'évacuation des eaux pluviales de 1984 pour Cotonou
- plan d'assainissement des eaux pluviales en 1994 pour Cotonou et Porto-Novo ;
- plan directeur d'aménagement du plateau d'Abomey-Calavi.

L'ensemble de ces documents de planification urbaine ont édicté des règles relatives à l'occupation du sol pour empêcher l'installation des populations dans les zones inondables. Ils ont également prôné des mesures d'aménagement dans le but d'assurer un meilleur drainage des eaux pluviales dans les villes. Par exemple, le plan directeur d'urbanisme de 1951 prévoyait des îlots de 40 m bordés par des rues de 20 m et le drainage des parties marécageuses de la ville de Cotonou à partir du maintien d'une ouverture permanente sur la mer. La voirie représente 56 % de la surface habitable de ce plan pour favoriser l'infiltration sur place d'une grande partie des eaux pluviales. Le Plan Directeur d'Urbanisme de 1961 propose l'aménagement des abords du lac Nokoué pour la pêche, le tourisme et le sport pour empêcher l'occupation humaine. Le Schéma de structure de 1985 proposait de mettre en valeur les bas-fonds à des fins de production agricole en vue de protéger ces espaces contre une urbanisation spontanée. Ce schéma a préconisé la côte de 1,5 m IGN comme la limite d'urbanisation pour toute la ville pour prévenir les inondations; le dégagement des bas-fonds lotis pour la construction des caniveaux et ceux non lotis pour récupérer les couloirs d'écoulement naturel.

Dans le domaine de la gestion des eaux pluviales, les mesures nécessaires préconisées par le plan directeur d'évacuation des eaux pluviales de 1984 pour empêcher les inondations dans l'agglomération future de Cotonou « Grand Cotonou » sont nombreuses. Ces mesures varient suivant le niveau du terrain par rapport à la côte 1,50 m (IGN).

Pour les zones situées en dessous de 1,50 m (IGN) qui ne peuvent être mises à l'abri des crues malgré l'ouverture de la lagune et la création d'écoulement dans les zones basses, quatre solutions techniques sont proposées :

- remblai du terrain afin d'atteindre un niveau à l'abri des inondations ;
- démolition et déplacement de la population dans des zones protégées ;
- endiguement et évacuation des eaux pluviales avec des pompes ;
- déplacement de la population uniquement du talweg afin de pouvoir garantir l'écoulement libre des eaux pluviales venant du bassin versant.

En 1984, ces mesures englobaient environ 30 ha des zones loties dans les bas-fonds et 195 ha non lotis. Le coût de mise en œuvre de ces mesures pour les bas-fonds s'élevaient environ à 499 000 000 F CFA, soit 1 200 000 F CFA/concession pour les zones loties et 360 000 000 F CFA, soit 132 000 F CFA / concession pour les zones non loties.

Quant aux terrains situés au-dessus de 1,50 m (IGN), les mesures proposées diffèrent de la bande sablonneuse au plateau. Pour la première catégorie, le système de canalisation consiste en des canaux ouverts ou recouverts de dalles. Pour les terrains situés sur le plateau, le système de canalisations fermées est préconisé pour les zones fortement urbanisées et les fossés ouverts sont recommandés dans les zones à habitat clairsemé avec de grands projets de voirie.

Les propositions du précédent plan furent renforcées en 1994 par le Plan directeur de gestion des eaux pluviales de Cotonou et de Porto-Novo réalisé par le bureau SNC-Lavalin.

A Cotonou, cette étude a permis également de partitionner la ville en 34 bassins versants dont l'aménagement devrait permettre de venir à bout des inondations (figure 41). Les aménagements proposés doivent coûter 285 milliards de F CFA.

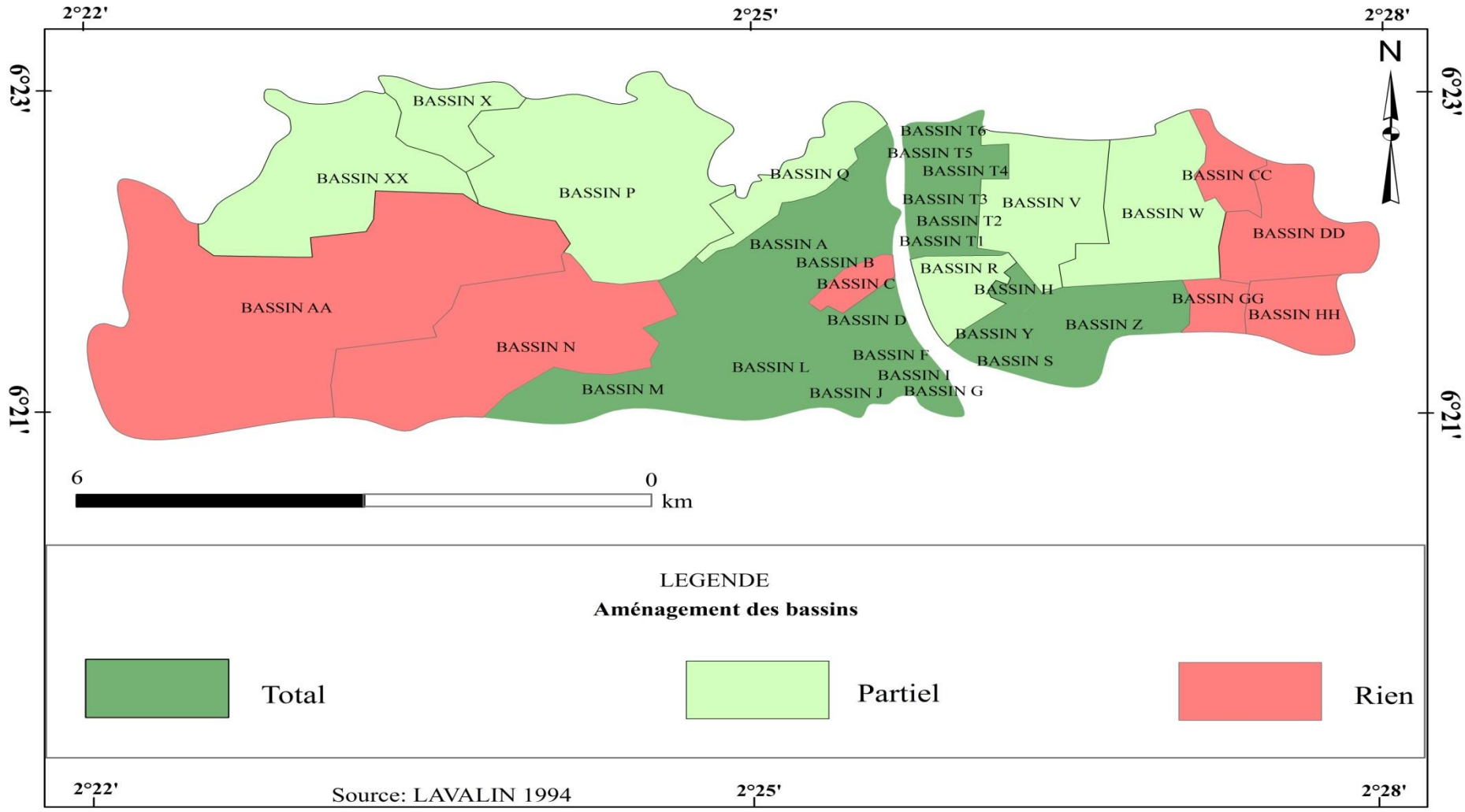


Figure 41: Bassins aménagés pour le drainage des eaux pluviales dans la ville de Cotonou

L'analyse de la figure 41 révèle que l'ensemble de la superficie du territoire de Cotonou est divisé en 31 bassins versants de superficies variables dont 77,42 % sont aménagées partiellement ou totalement. Il s'agit des A, B, Q, T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, R, S, V, C, D, DD, F, G, H, I, J, L, M, N, P, XX, Y qui couvrent 2ème, 3ème, 4ème, 5ème, 6ème, 7ème , 8ème , 9ème, 10ème, 11ème et 13ème arrondissements de Cotonou.

Le bassin AA est le plus grand avec une superficie de 1430,972 ha. Il couvre les territoires des 12ème et 13ème arrondissements de Cotonou. Ce bassin n'a encore pas connu un début d'aménagement pour faute de financement. Il en est de même pour les bassins CC, DD, GG et HH qui couvrent le 1er arrondissement de la ville de Cotonou. Les quelques collecteurs secondaires retrouvés dans ces arrondissements longent uniquement les grandes voies bitumées ou pavées qui les traversent.

Malgré la forte proportion (77,42 %) de bassins aménagés dans la ville de Cotonou, l'intensité et l'ampleur des inondations augmentent au fil des années. Même les 5ème et 7ème arrondissements qui sont totalement aménagés connaissent encore les inondations. Car, les aménagements souffrent de quelques insuffisances.

La plupart des collecteurs ont le lac Nokoué, le chenal de Cotonou et l'Océan Atlantique comme exutoire. Or, le comblement du lac Nokoué (Mama, 2010) et les altitudes élevées au niveau de la bande côtière montré précédemment entraîne l'ensablement régulier des collecteurs. Ce qui limite leur capacité d'évacuation des eaux pluviales sans un entretien périodique. De plus, les collecteurs construits sont parfois plus élevés que les cours intérieures des maisons. Par conséquent, les eaux des maisons n'arrivent pas à s'écouler vers ces ouvrages de drainage. Il s'ensuit l'inondation même dans les maisons proches des collecteurs.

Par ailleurs, l'insuffisance fondamentale de ces travaux d'aménagement est la non prise en compte totale de toutes les dépendances des bassins. A cause de la limitation des ressources financières, seul le bras principal du bassin est aménagé en béton. A ce niveau, on note également le dérèglement du système de drainage naturel du bassin par les opérations de modification de la pente et du rétrécissement de la largeur du talweg initial. Ces insuffisances expliquent les inondations monstres de courte durée observée dans la ville de Cotonou à l'issue des pluies intenses de quelques heures (Planche 12).



Planche 12: Etat d'un collecteur primaire avant (a) et pendant les inondations (b) à Gbèdjromédé/Cotonou
***Source** : Blalogoé, 2010*

La planche 12 montre un collecteur rempli d'eau issue du ruissèlement urbain et du trop plein du lac Nokoué. Ainsi, les collecteurs jouent parfois un rôle contraire à celui qui leur est dévolu. Tous ces facteurs montrent les limites des collecteurs à régler définitivement les problèmes des inondations dans la ville de Cotonou.

Pour la ville de Porto-Novo, le Plan directeur de gestion des eaux pluviales de SNC-Lavalin a recommandé la construction de 61 km de collecteurs primaires et secondaires pour assainir complètement la ville pour un coût estimatif de 45.7 milliards en 1994. La phase prioritaire a recommandé 30 km de collecteurs avec un accent particulier sur le collecteur G qui est celui du plus grand bassin de la ville. Au niveau de la vision technique d'aménagement des réseaux d'assainissement, il a été préconisé trois exutoires qui sont : la Dépression de Zounvi, de Zounkpa et la lagune de Porto-Novo (figure 42)

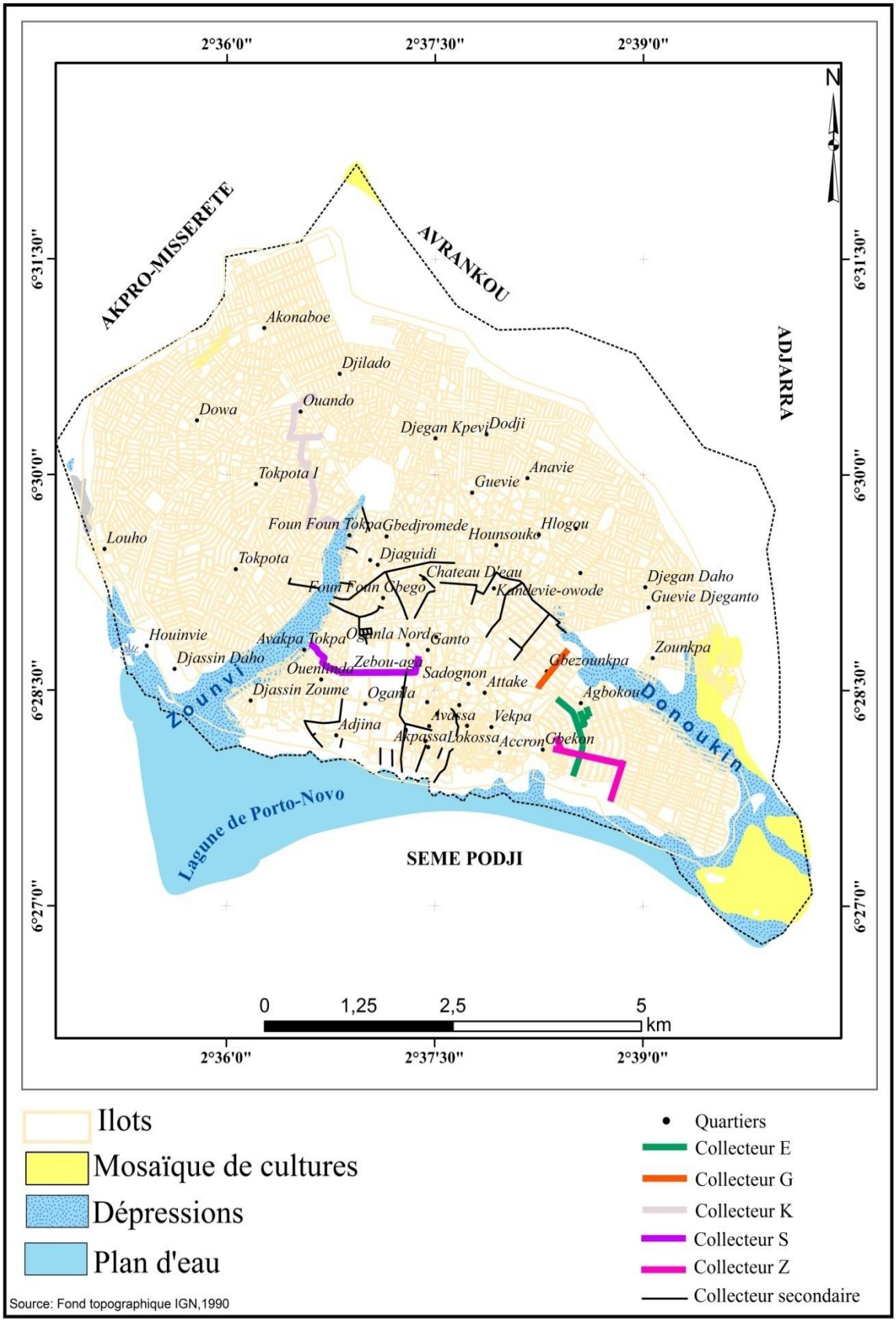


Figure 42 : Collecteurs de drainage de la ville de Porto-Novo

L'analyse de la figure 42 révèle que seul le noyau urbain de la ville de Porto-Novo est le plus pourvu en réseaux d'évacuation d'eaux pluviales. La ville de Porto-Novo dispose de 30 830 ml de collecteurs primaires dont 86 % enterrés. Les collecteurs secondaires ont une longueur de 62 470 ml. Le Bassin de rétention de Houinmè est aménagé avec une capacité de rétention de 1000 m^3. Ces aménagements dépassent les recommandations du Plan Lavalin pour régler définitivement les problèmes d'inondation de la ville. Pourtant, les inondations s'amplifient au fil des années. Cette situation est due aux insuffisances et à la faible mise en œuvre des recommandations du Plan Lavalin. Les dépressions de Zounvi et de Donoukin qui doivent servir d'exutoires sont prises d'assaut par les populations. Les collecteurs S, E et G ne sont pas drainés jusqu'à la lagune, ni vers les dépressions de Zounvi et Donoukin à cause du non respect des normes d'urbanisation. Aussi, le Plan Lavalin n'a-t-il pas pris en compte les nouveaux pôles d'extension de la ville. Les nouveaux quartiers tels que Acron, Avassa, Ahouantinkomè, Louho, Tokpota, Akonaboe, etc. sont dépourvus d'ouvrages d'assainissement et sont confrontés à de nombreux problèmes d'inondation.

A l'instar de Cotonou, les recommandations du plan Lavalin de 1994 n'ont pas réglé durablement les problèmes d'inondation dans la ville de Porto-Novo. Pour les communes se situant sur le plateau (Porto-Novo, Abomey-Calavi et Ouidah), le système de canalisation fermée et les fossés ouverts recommandés dans le plan Lavalin n'ont jamais vu le jour.

Au total, les divers plans d'urbanisme et d'assainissement comportent des insuffisances techniques et les coûts des aménagements proposés sont énormes. En effet, les documents de planification sont élaborés sous la responsabilité des structures étatiques sans une véritable implication des acteurs chargés de sa mise en œuvre. Selon 68 % des cadres des services techniques des mairies et de l'Etat central interrogés, le non suivi des directives contenues dans les documents de planification urbaine s'explique principalement par :

- l'absence de la démarche participative dans la conception des outils. Les structures de mise en œuvre sont seulement invitées à la séance de validation ;
- la méconnaissance des gestionnaires locaux (circonscriptions urbaines, communes) de ces études réalisées en quasi-exclusivité par des experts étrangers et détenues par les premiers responsables des structures bénéficiaires.

Lors des investigations, 85 % des cadres municipaux des communes du Grand Cotonou affirment ne pas connaître le contenu des documents mais savent que de tels documents existent.

Sur le plan technique, les différents plans comportent des faiblesses qui ne favorisent pas une extension urbaine adéquate. Par exemple, le Plan directeur d'urbanisme de 1961 comporte les insuffisances suivantes :

- la réduction des espaces prévus pour la voirie ;
- la sous-estimation des développements démographique et spatial de l'agglomération ;
- la localisation des zones d'extension de l'habitat au Nord dans les zones de marécage et couloir d'écoulement des eaux sans préciser le type d'aménagement à adopter pour ces zones;
- l'absence de mesures de préservation des zones humides.

Dans le Plan Directeur d'Aménagement (PDA) d'Abomey-Calavi, les sensibilités et les dynamiques naturelles de fonctionnement du milieu n'ont pas été prises en compte (Dossou-Guèdègbe, 2005). Le PDA n'a donné aucune directive pour assurer la prise en compte des sensibilités géomorphologiques, caractéristiques du plateau d'Abomey-Calavi à savoir : les dépressions fermées, les zones de protection des lits majeurs des plans d'eau.

De ce diagnostic, il ressort que beaucoup de textes et d'outils réglementaires ont été adoptés pour contrer l'extension anarchique des villes mais la mise en œuvre de directives prônées dans les différents documents est faible.

Les faiblesses des mesures législatives et des options d'aménagement font que le problème des inondations s'intensifie au fil des années. Cela a amené les autorités étatiques à développer des stratégies de réponse aux inondations.

5.3.2. Cadre institutionnel de réponse aux inondations par l'Etat

Le cadre organisationnel pour la gestion des inondations s'inscrit dans le cadre général de la réponse aux différents risques de catastrophe.

5.3.2.1. Comité National de Protection Civile

Il est le premier cadre organisationnel pour la gestion des catastrophes dont les inondations. Créé par décret n°85-112 du 5 avril 1985, il est placé sous l'autorité du

Ministère de l'Intérieur et de la Sécurité Publique (MISP). Les attributions principales du comité sont :

- mettre au point un plan d'action susceptible de faire face à tous les cas de sinistre notamment les inondations en vue d'assurer la sauvegarde des personnes et des biens ;
- désigner les autorités appelées à y participer en fixant la mission de chacune d'elles ;
- donner les directives permettant de dresser, pour l'ensemble du territoire national et au niveau des circonscriptions administratives un plan d'actions.

Ce comité doit se réunir une fois par semestre pour faire l'état des lieux sur les situations de crise et catastrophe dans le pays. Il est structuré du niveau national jusqu'au niveau village. Son Secrétariat Permanent est assuré par la Direction de la Prévention et de la Protection Civile (DPPC).

La figure 43 montre son articulation organisationnelle.

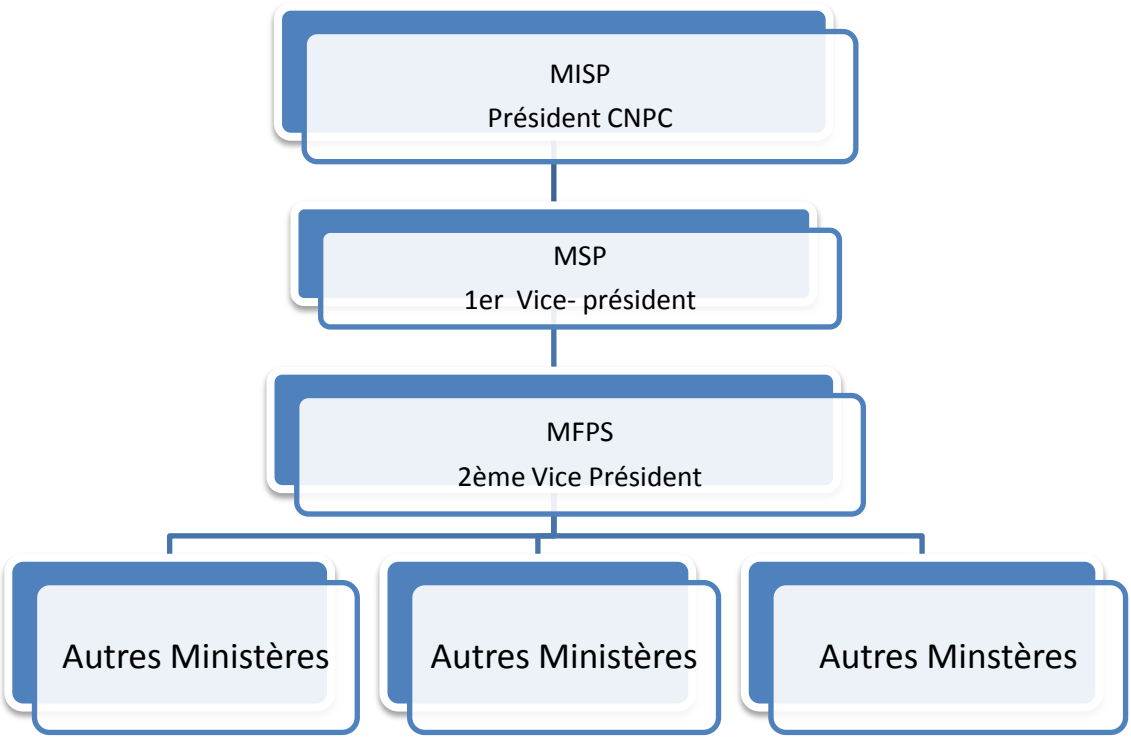


Figure 43 : Organigramme du CNPC
***Source** : DPPC (2009)*

L'analyse de la figure 43 montre que plusieurs ministères sont membres du Comité National de Protection Civile. La présidence est assurée par le Ministère de l'Intérieur et de la Sécurité Publique de concert avec les Ministères en charge de la santé et de

la famille. Il regroupe les services de secours relevant de la sécurité et de la défense nationale, de la santé et de la circulation routière.
Cependant, le fonctionnement du CNPC rencontre des difficultés qui ne favorisent pas une réaction rapide en temps d'inondation. L'articulation du Comité National de Protection Civile pour la gestion des inondations est caractérisée par l'existence de nombreux acteurs sectoriels disposant de responsabilités bien définies. Mais, ils n'arrivent pas à coordonner leurs efforts pour une réaction rapide en temps de crise.

La Direction de la Prévention et de la Protection Civile (DPPC) qui assure le secrétariat du Comité n'est pas membre du Comité National d'Aménagement du territoire, ni de la Commission Nationale d'Urbanisme. Elle n'intervient donc pas dans l'aménagement du territoire qui est le premier niveau de prise en compte des risques d'inondation. Elle ne dispose non plus d'aucune mesure contraignante à l'égard des structures en charge des lotissements et des questions d'urbanisme.

La faiblesse de capacité du CNPC justifie en partie l'activation du Comité National de Crise (CNC) qui incorpore autant les structures nationales compétentes que les partenaires bilatéraux et multilatéraux et la société civile pour les inondations de 2010.

5.3.2.2. Dispositif organisationnel de gestion des inondations de 2010

A la suite de l'appel lancé par le gouvernement du Bénin pour faire face aux inondations de septembre 2010, le dispositif National pour la Protection Civile a été renforcé pour une efficacité opérationnelle à travers la création d'un Comité National de Crise (figure 44).
La mission de ce comité national est de :

- proposer au gouvernement les orientations pour le pilotage stratégique des réponses à apporter à la crise des inondations ;
- formuler au conseil des ministres des recommandations pour une décision finale ;
- mettre en œuvre les décisions du Conseil des Ministres ;
- faire le suivi-évaluation des diverses interventions effectuées dans le cadre de la crise des inondations ;
- rendre compte de la mise en œuvre des décisions du conseil des ministres.

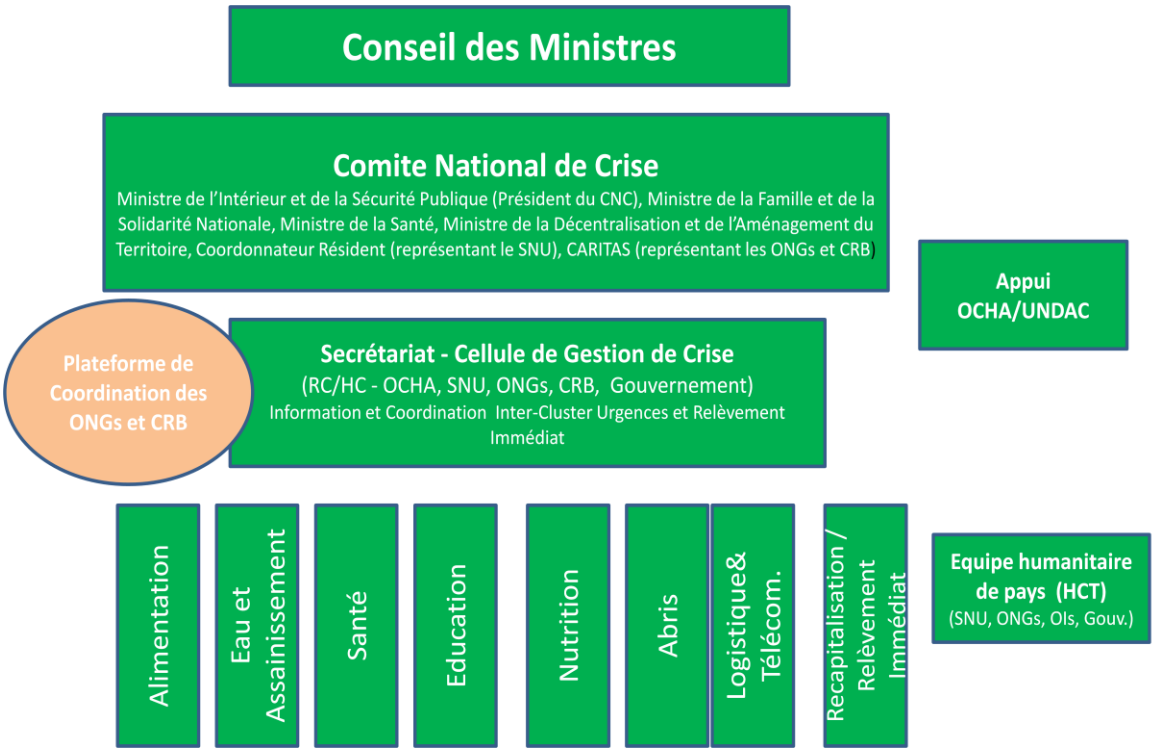


Figure 44 : Organigramme de gestion de la crise d'inondation
***Source** : PNUD, 2010*

L'analyse de la figure 44 montre que les organisations des systèmes des Nations Unies et de la société civile sont associées à la gestion des inondations. En plus de cela, différents clusters sont formés pour s'occuper de l'organisation opérationnelle des secours. Ce nouveau cadre organisationnel a permis une réponse rapide aux inondations de 2010.

A partir des expériences du CNC, quelques réformes ont été opérées pour mieux gérer les crises et catastrophes. Ainsi, il a été institué la Plate-forme Nationale de Réduction de Risques de Catastrophe et d'Adaptation au Changement Climatique (PNRRC-ACC) par le décret N° 2011- 834 du 30 décembre 2011 et la DPPC a été transformée en une Agence Nationale de Protection Civile. Au sein de la plate forme, il a été introduit 8 comités techniques et des clusters.

Malgré les réformes, les difficultés n'ont pas été résolues. L'agence reste toujours dépendante du Ministère de l'Intérieur et n'a toujours pas un budget autonome. Les activités de l'Agence sont toujours plus centrées sur la gestion des crises que la prévention.

Les différents comités utilisent plusieurs outils pour faire face aux inondations.

5.3.3. Instruments de gestion des inondations

Le CNPC a prôné le plan ORSEC, le CNC et la PNRRC-ACC utilisent le plan de contingence et le système d'alerte précoce comme outils de prévision et de réponse aux inondations.

5.3.3.1. Plan National d'Organisation des Secours en cas de Catastrophe

Le plan National d'organisation des secours (ORSEC) institué par décret N° 87- 408 du 07 décembre 1987, est le premier outil National de gestion des crises et catastrophes au Bénin, incluant les inondations. C'est un plan d'opération qui n'est déclenché que pour secourir les personnes sinistrées et répondre efficacement aux conséquences encourues lors d'une catastrophe. Il renseigne sur :

- l'organisation à mettre en place pour faire face à une situation de crise comme une inondation;
- les rôles et responsabilités des autorités concourant à l'organisation des secours et des différentes structures impliquées dans sa mise en œuvre ;
- les précautions, les mesures à prendre et le dispositif à mettre en place pour gérer avec efficacité une crise ;
- les actes à poser en fin de crise, sans oublier le retour d'expérience et le renforcement des capacités locales de résistance face aux aléas futurs.

Le cadre d'action du plan ORSEC est le Département. Il est dirigé par un Etat - Major de Commandement placé sous l'autorité du Préfet. Le Commandant du Groupement National des Sapeurs-Pompiers est responsable de la gestion opérationnelle des interventions de secours. Le Plan ORSEC doit être actualisé tous les cinq ans.

Des investigations de terrain réalisées avec les différentes autorités impliquées dans la mise en œuvre du plan ORSEC, il ressort que ce plan n'a jamais été déclenché pour faire face à une crise quelconque, malgré les différentes crises d'inondation qui ont secoué le Bénin en général et particulièrement le Grand Cotonou. Ce Plan est beaucoup plus un document de politique qu'un instrument opérationnel d'actions. Aussi, ce plan élaboré depuis 1987 n'a-t-il jamais été actualisé à cause des difficultés financières. De l'analyse de la conception générale du plan ORSEC et son activation, il ressort quelques insuffisances. Il s'agit de :

- la faible vulgarisation du Plan ORSEC. Le plan est inconnu de toutes les autorités municipales du Grand Cotonou rencontrées et des 98 % des personnes interrogées, entraînant ainsi leur faible implication ;
- la multiplicité des instances de décision (chaque autorité doit rendre compte à sa hiérarchie et attend les instructions avant d'exécuter des actions spécifiques sur le terrain). Cela peut engendrer la lenteur dans la prise de décision et la fragilisation des opérations ;
- les services financiers sont absents des postes de commandement au niveau départemental en cas de catastrophes. Aucune procédure de décaissement spécifique n'y est mentionnée pour répondre à la situation de crise ;
- l'absence d'exercices de simulation pourtant prévus dans le plan ORSEC ;
- la non adaptation du plan ORSEC aux réalités socio-économiques spécifiques à chaque département, ce que le Plan avait pourtant prévu.

Par ailleurs, les autorités qui doivent déclencher le plan ORSEC n'ont pas une vision claire des rôles et responsabilités qui sont les leurs dans la gestion des crises d'inondation. Ainsi, malgré les grandes inondations de 2009 et de 2010, c'est le plan de contingence qui a été déclenché pour secourir les sinistrés.

5.3.3.2. Plan de contingence National

Le premier plan de contingence du Bénin a été élaboré en juin 2009 avec l'aide du PNUD, puis adopté par le gouvernement le 2 juillet 2010. A la différence du plan ORSEC, le Plan de Contingence est un plan de prévision qui prend en compte les trois phases du risque (avant, pendant et après). C'est un guide d'actions opérationnelles à court terme dans lequel différents types d'aléas sont identifiés à partir de l'état des connaissances sur le contexte socio-politique et les phénomènes naturels qui affectent le Bénin. Les risques sont identifiés dans ce plan suivant leur fréquence d'occurrence. L'inondation constitue le premier risque dans ce plan. Le plan prévoit les différents scénarii possibles susceptibles d'être connus ; les actions et les opérations à mener pour le secours et le sauvetage des populations et des biens. Le plan de contingence doit régulièrement faire l'objet de simulation et de révision annuelle. Il conduit à une déclinaison à l'échelle communale. C'est donc un instrument aux mains du Ministre de l'Intérieur et des Maires.

Dans le Grand Cotonou, aucune des communes ne dispose d'un plan de contingence. Les travaux préparatoires pour son élaboration ont eu lieu dans les communes de Sèmè-Podji et de Porto-Novo, mais l'outil n'a jamais vu le jour.
Au plan national, le plan de contingence n'est pas actualisé tous les ans, faute de ressources financières. En dehors de cela, les principales difficultés qui se posent à l'élaboration et la mise en œuvre du plan de contingence selon les autorités rencontrées sont de plusieurs ordres. Il s'agit de la faible appropriation de l'outil par les élus locaux et les difficultés financières. Selon 80 % des autorités municipales rencontrées dans le cadre de cette étude, ils n'ont pas les moyens nécessaires de mise en œuvre des directives qui découleraient de l'élaboration des plans de contingence.

Au total, l'analyse des cadres institutionnels et techniques montre que la mission fondamentale de tous les organes et des outils de gestion de réponse est la prise en charge des sinistrés. Elle consiste à mettre à la disposition des personnes victimes des vivres et non vivres, ou à les reloger en cas de besoin (figure 45).

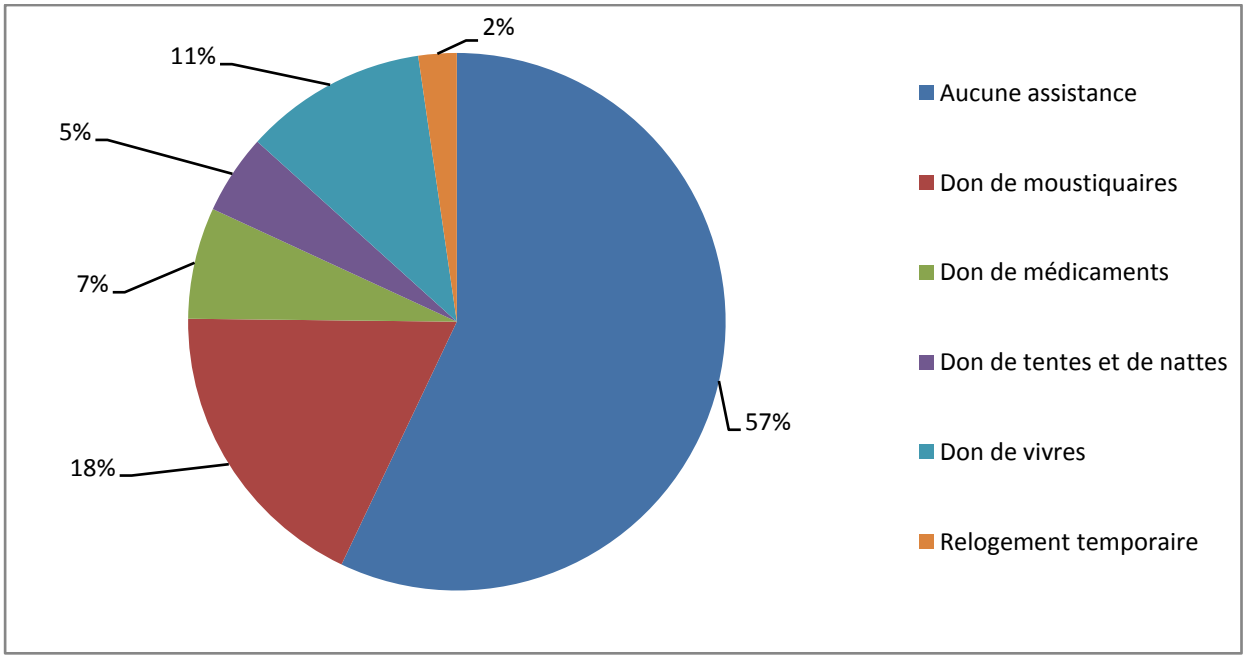


Figure 45: Assistance aux sinistrés dans le Grand Cotonou
Source : *Enquête de terrain (2011)*

L'analyse de la figure 45 montre que 57 % des sinistrés ne reçoivent aucune assistance, les dons de moustiquaires (18 %) et de vivres (11 %), sont principalement les aides reçues par les populations sinistrées. Seules 2 % des personnes interrogées ont bénéficié du relogement. Ces personnes sont relogées

dans les écoles et infrastructures socio-communautaires non inondées. Les aides proviennent à 42 % du gouvernement, 28 % des mairies, 11 % des partenaires au développement et 9 % des ONG. Les actions d'assistance menées sont éphémères et ne permettent pas de régler durablement la question des inondations.

5.3.3.3. Système d'alerte précoce

L'amélioration de l'information sur le climat (IC) et le développement d'un Système d'Alerte Précoce (SAP) sont un moyen efficace pour renforcer la prise de conscience des populations par rapport aux risques météorologiques/climatiques (Garcia, 2012). Avec l'appui de la Banque Mondiale et du PNUD au gouvernement du Bénin à mieux gérer les crises et catastrophes, un système d'observations hydrologiques est en cours de mise en place à la Direction Générale de l'Eau (figure 46).

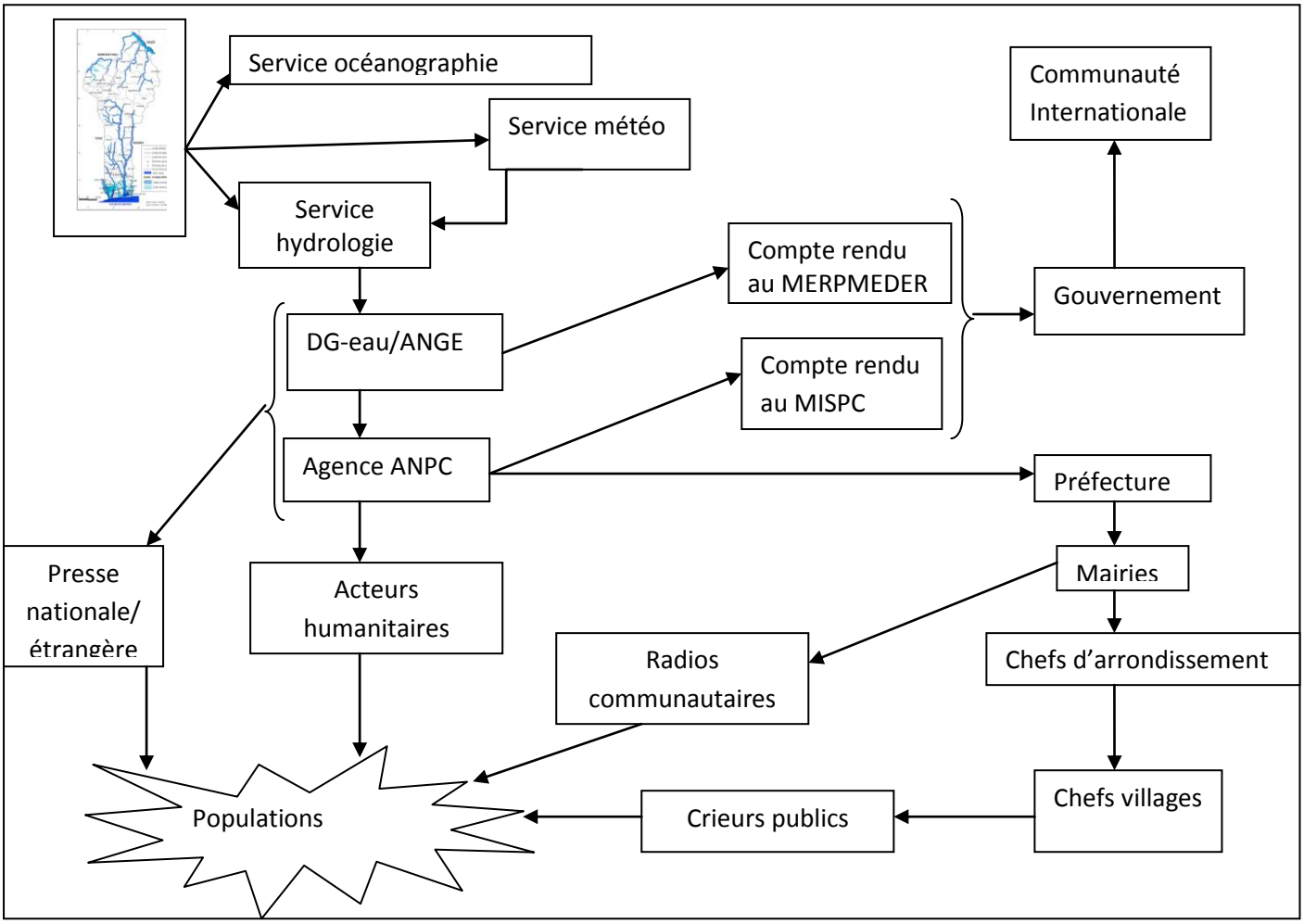


Figure 46 : Circuit de transmission de l'information aux populations
Source : DGeau, 2012

L'analyse de la figure 46 montre que les dispositions sont prises pour informer les différents acteurs et les populations de la survenance d'une inondation

Cependant, avant que les résultats attendus de ce système ne soient réels, il faut que les populations interprètent bien les messages reçus et mènent les actions en conséquence. C'est l'insuffisance fondamentale de ce mécanisme d'alerte. Aussi l'ancrage institutionnel de la Direction Générale de l'Eau chargée de diffuser l'alerte, en tant que direction technique placée sous l'autorité d'un ministère autre que celui de la protection civile entraînera un retard dans la diffusion de l'information. Les alertes sont souvent transmises avec retard ou ne sont pas facilement perceptibles ou compréhensibles du fait de leur caractère trop technique et du langage inadapté à celui des utilisateurs. Ainsi, le système d'alerte précoce n'est pas encore suffisamment développé au Bénin pour anticiper les évènements météorologiques et hydrologiques extrêmes avec précision.

L'analyse des stratégies de lutte contre les inondations confirment les résultats de Genesio *et al.,* (2010), Davis (2011), Totin (2013), qui ont montré que l'absence de mécanismes adéquats de communication et d'information, le manque d'un véritable ancrage institutionnel, la ''sectorisation'' institutionnelle et géographique en Afrique des outils de gestion des risques liés aux phénomènes météorologiques et climatiques fragilisent les réponses développées face aux catastrophes.

5.3.3.5. Faiblesses des mesures de réponse

Malgré les différentes mesures adoptées pour protéger les populations contre les inondations, les résultats obtenues sont faibles (figure 47).

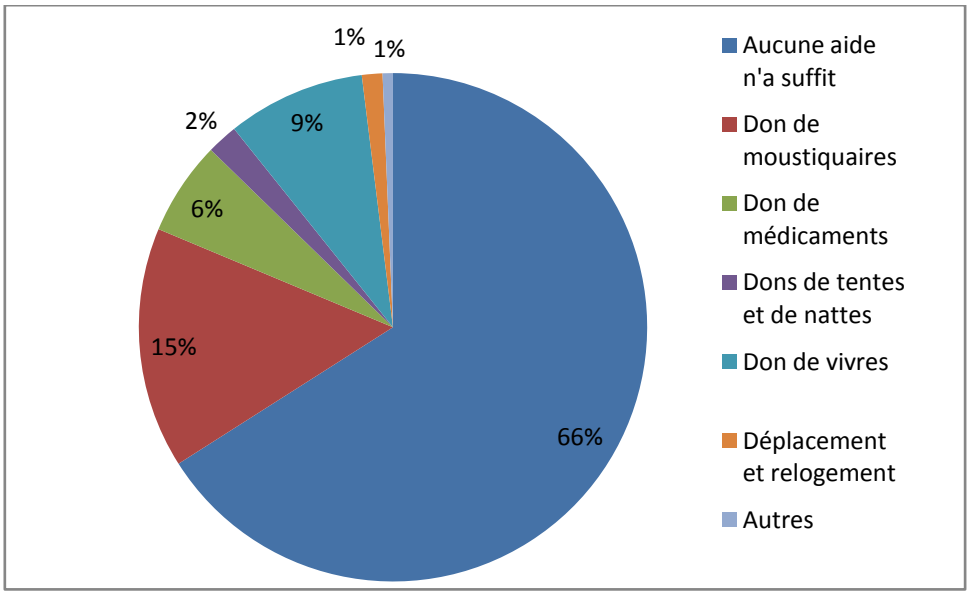


Figure 47: Catégorisation des aides insuffisantes
***Source** : Enquête de terrain (2011)*

L’analyse de la figure 47 montre que les aides apportées ne suffisent pas à 66 % des personnes interrogées. Même les dons les plus distribués comme les moustiquaires imprégnées (15 %) et les vivres (9 %) ne suffisent pas aux sinistrés. Aussi, la durée du relogement est toujours inférieure au temps de retrait des eaux. Ainsi, les sinistrés ne sont pas réellement pris en charge lors des inondations.

En somme, l’analyse du cadre organisationnel de prévention et de gestion des inondations montre la multiplicité des acteurs intervenant sur le terrain sans une réelle coordination. Ce qui ne permet pas une efficacité dans les actions engagées pour faire face au phénomène d’inondations.

Conclusion partielle

Il ressort de l’analyse des textes et des actes de planification urbaine que l’ensemble des stratégies adoptées pour prévenir les inondations ont privilégié l’option de préservation des zones marécageuses de l’occupation humaine. Cependant, les mesures proposées n’ont pas été capables d’empêcher ou de réduire l’occupation des marécages, des berges des plans et cours d’eau par les populations.

Les stratégies de réponse adoptées ont connu également des évolutions successives. Le cadre organisationnel de gestion est passé du Comité National de Protection Civile à la Plate Forme Nationale de Réduction de Risques de catastrophes. Aussi, le plan ORSEC a été complété par le Plan de Contingence pour une prise en compte des actions à mener avant et après la crise. Ces différentes mesures n’ont permis de reloger que 2 % des populations en temps d’inondations. Les insuffisances des mesures se résument au manque d’unicité d’actions dans le domaine de l’aménagement du territoire et d’une vision prospective, à la faiblesse d’un système d’alerte précoce. Aussi, les mesures adoptées sont-elles éphémères et accentuent davantage la vulnérabilité des personnes aux inondations. Ainsi, la troisième hypothèse émise dans le cadre de cette étude est vérifiée.

Face à tout ce qui précède, il importe de proposer des mesures de gestion des inondations qui prennent en compte toutes ces faiblesses.

CHAPITRE VI : MESURES ALTERNATIVES POUR UNE GESTION DURABLE DES INONDATIONS DANS LE GRAND COTONOU

Ce chapitre retrace les grandes lignes des actions à mener pour une meilleure gestion des inondations dans la région. Ces mesures ont trait à la création d'une agence, à la promotion des techniques alternatives de construction d'infrastructures de collecte et d'évacuation des eaux pluviales, à la mise en place d'un système d'alerte précoce et à la culture du risque. Les mesures préconisées s'inscrivent dans le cadre d'un système de Gestion Intégrée et Durable des Inondations (GIDI).

6.1. Création d'une agence intercommunale de gestion des inondations

Etant donné que les inondations sont communes à toute la région, les autorités locales doivent mutualiser leurs efforts. Ainsi, elles doivent procéder à la création d'une Agence Intercommunale de Gestion des Inondations et d'aménagement de l'espace (AIGI). L'agence doit être dotée de la personnalité morale et de l'autonomie financière. L'objectif est d'uniformiser toutes les actions d'aménagement, de planification urbaine, de prévention et de gestion des crises d'inondations. Les communes doivent transférer leurs attributions légales dans les domaines précités à l'agence. Ainsi ces attributions sont :

- la vulgarisation et le suivi rigoureux de toutes les lois et normes d'occupation de l'espace. A cet effet, toutes les forces publiques de répression doivent être disponibles pour coopérer avec cette agence ;
- la prévention de tout risque de catastrophe dans le Grand Cotonou ;
- l'élaboration des plans pour gérer les crises de catastrophes notamment les inondations ;
- la préparation et l'organisation des exercices de simulation des différents plans ;
- etc.

Cette agence doit disposer de personnels techniques qualifiés et le choix de son directeur se fera également par appel à candidature avec des mandats précis au poste.

Tous les volets de la prévention et de la gestion des inondations seront gérés au sein de cette agence (figure 48).

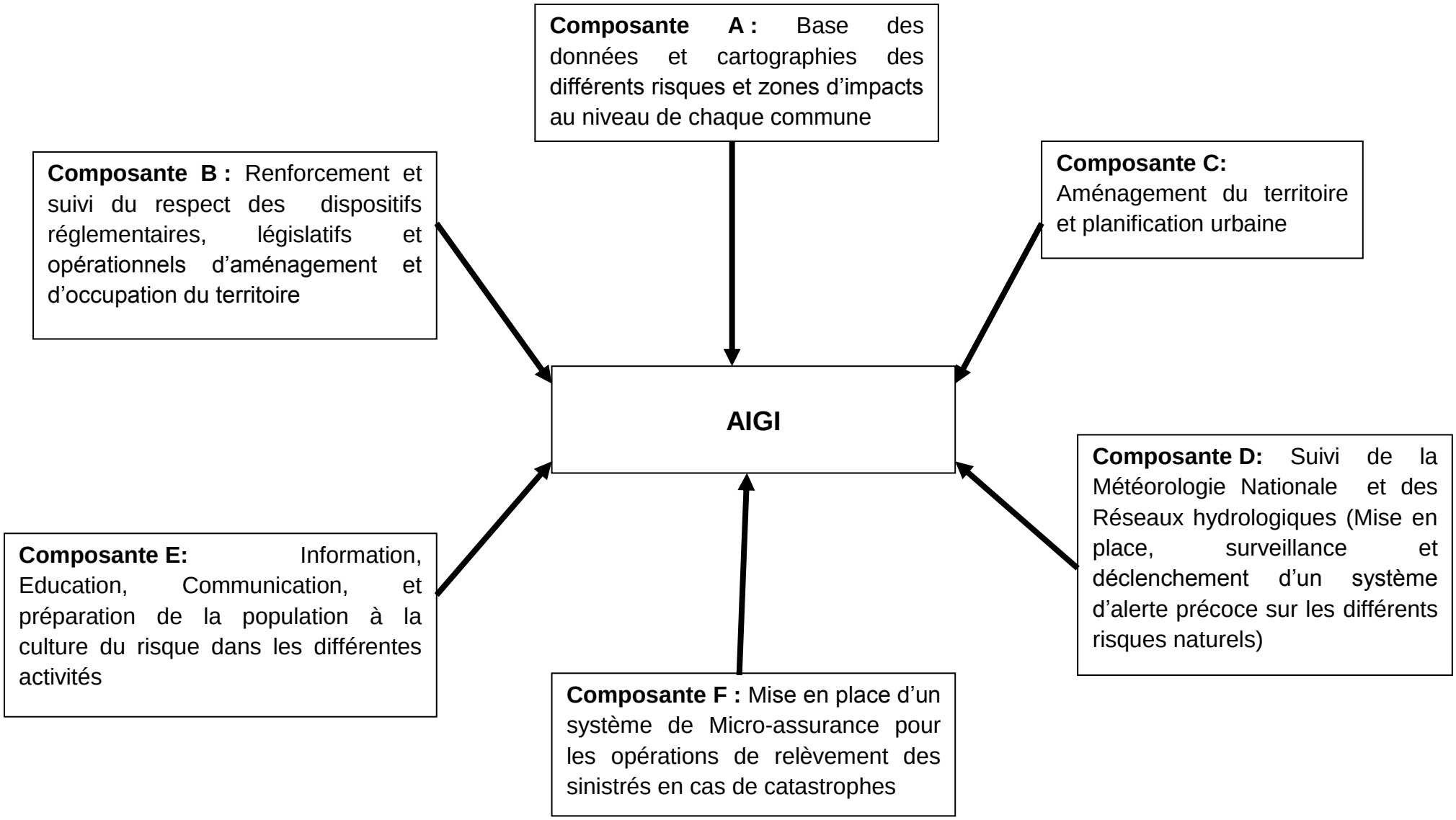


Figure 48 : Attributions de l'Agence Intercommunale de gestion des inondations
***Source** : Blalogoé (2012)*

L’analyse de la figure 48 montre que l’agence dispose des attributions dans le domaine de la prévention et de la gestion des inondations. L’Agence ainsi créée va s’appesantir sur le modèle GIDI pour mieux gérer les inondations.

6.2. Composantes du modèle de Gestion Intégrée et Durable des Inondations (GIDI)

Selon OMM (2006), la gestion intégrée des risques liés aux évènements hydrométéorologiques est une notion qui porte sur la prévention, la sécurité des personnes et des biens et sur le développement.

La Gestion Intégrée et Durable des Inondations (GIDI) vise à réduire les risques d’inondation grâce à un assemblage judicieux de mesures adaptées à l’ampleur des aléas pluviométrique et hydrologique ainsi qu’à l’exposition de la communauté à ces risques. Elle implique une bonne connaissance des risques actuels et futurs et la mise en place de mesures préventives et réactives destinées à en atténuer les effets. La figure 49 présente les différentes composantes du modèle GIDI préconisée pour la réduction de la vulnérabilité du Grand Cotonou aux inondations.

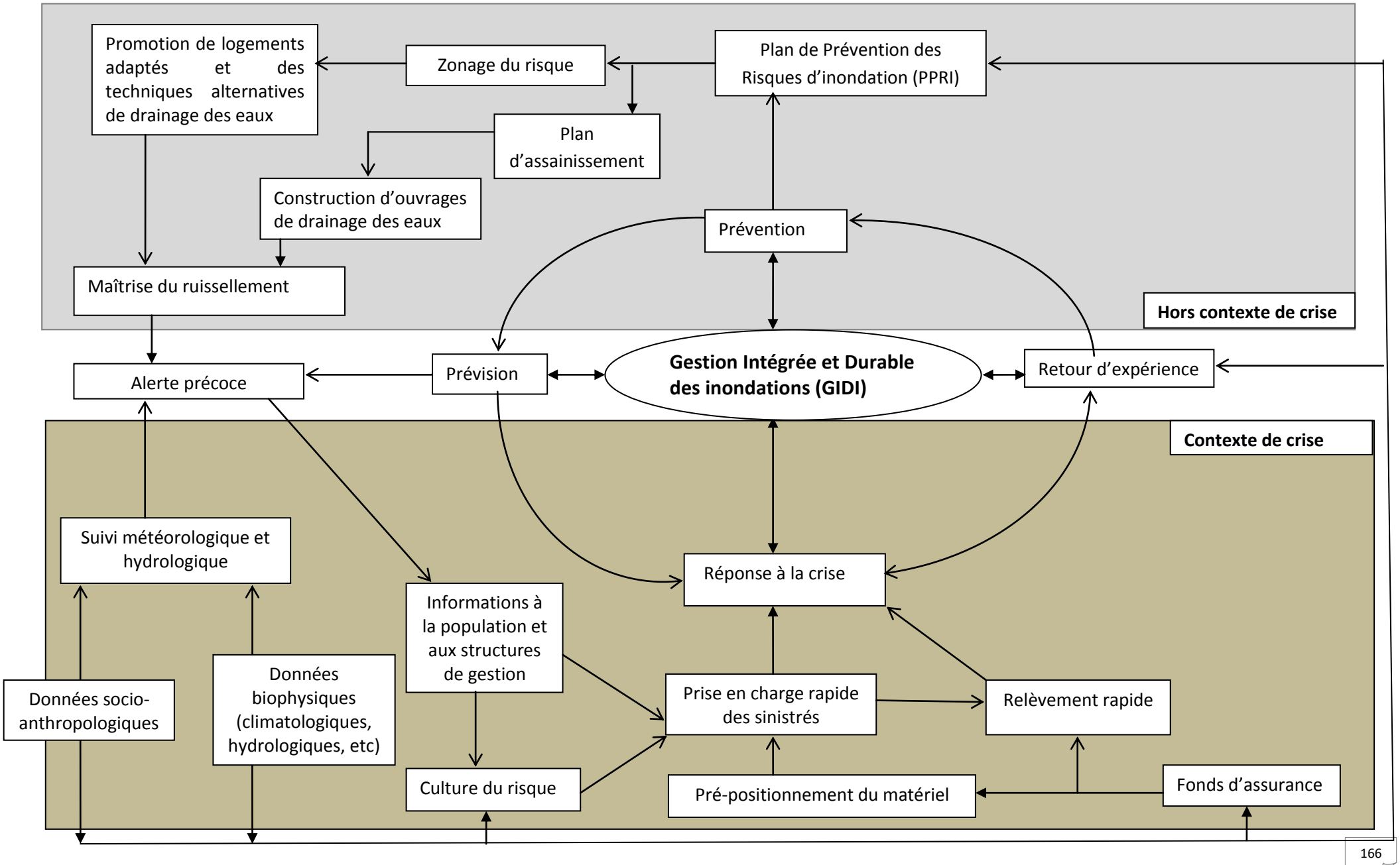


Figure 49 : Modèle de Gestion Intégrée et Durable des Inondations (GIDI)

L’analyse de la figure 49 montre que dans le modèle GIDI, la prévention, hors contexte de crise, est basée sur l’analyse des évènements hydrométéorologiques potentiels ou passés afin de concevoir les bases de l’aménagement du territoire par l’élaboration et le suivi d’un plan de prévention des risques d’inondation. Elle vise à caractériser l’aléa et la vulnérabilité le plus finement possible pour protéger l’existant, informer les populations et limiter l’implantation des biens et des personnes dans les zones fortement exposées. Tandis que la prévision et la réponse à la crise correspondent à des actions en état d’urgence, elles nécessitent des outils opérationnels pour des décisions rapides. La prévision vise à anticiper la survenue d’une inondation et ses conséquences. La réponse de crise rassemble l’ensemble des moyens mis en œuvre pour protéger, informer et secourir les populations.

6.2.1. Plan de Prévention des Risques d’Inondations (PPRI)

Le PPRI est un document qui réglemente l’utilisation des sols à l'échelle d’une commune, d’une région ou d’un bassin versant, en fonction des risques auxquels ils sont soumis. Cette réglementation va de l’interdiction de construire à la possibilité de construire sous certaines conditions.

L’élaboration d’un PPRI repose sur trois critères généraux. Il s’agit de :

- interdire les implantations humaines dans les zones à fort risque où, quels que soient les aménagements, la sécurité des personnes ne peut être garantie intégralement ;
- limiter la présence humaine dans les autres zones inondables ;
- préserver les capacités d'écoulement des eaux pour ne pas augmenter les risques pour les zones situées en amont et en aval des aménagements.

Ainsi, le PPRI intègre tous les documents d’urbanisme et d’aménagement du territoire. Il permet notamment de préserver les lits majeurs et zones d’écoulement et de réserver des emplacements pour le stockage des eaux pluviales. Pour ce faire, les zones exposées aux risques sont cartographiées et délimitées en tant que ‘’zones de danger’’ et ‘’zones de précaution’’. La délimitation des zones sera basée sur les crues de référence et les remontées de nappe. Ce plan est souvent remis en question pour son actualisation après une durée moyenne de dix (10) ans compte tenu du développement de son territoire d’application.

L'un des intérêts du PPRI est de pouvoir intervenir également sur des zones non directement exposées au risque d'inondation, mais pouvant contribuer à son aggravation à l'aval. Le PPRI doit contenir des mesures de prévention en général et des mesures spécifiques à chaque zone définie.

6.2.2. Application du PPRI dans le Grand Cotonou

Le zonage réglementaire du PPRI est composé de quatre zones issues d'un croisement entre les aléas et les enjeux (figure 50).

L'analyse de la figure 50 montre quatre zones d'aménagement. Les zones verte et bleue couvrent majoritairement les territoires de Porto-Novo, d'Abomey-Calavi et de Ouidah tandis que la zone rouge se retrouve essentiellement à Cotonou. La zone orange se retrouve dans la commune de Sèmè-Podji.

❖ **Zone d'aménagement 1 (Zone verte)**

La zone verte est un espace faiblement exposé où le risque pour les zones habitées et les zones d'activités y est plus faible. Elle comprend les zones urbanisées soumises à un aléa faible où l'évolution du bâti existant peut se poursuivre. Il s'agit des parties nord des communes de Ouidah et d'Abomey-Calavi. Cette zone d'urbanisation ne joue pas de rôle significatif dans l'expansion des crues et la densification de l'urbanisation peut se poursuivre suivant les prescriptions du PPRI.

Dans la zone verte, le plan de prévention des risques a pour objectifs de :

- limiter la vulnérabilité de ces zones en mettant en œuvre des mesures d'adaptation des biens et des activités, par la prescription d'un ensemble de mesures, notamment constructives ;
- permettre les constructions sous réserve qu'elles ne présentent pas de plancher sous la cote de référence, que 40% au moins de la surface totale des terrains sur lesquels se situeront les futures constructions soit consacrée à des espaces libres (ce qui correspond à un COS de 0,6), et que la sécurité des occupants soit assurée et la vulnérabilité des biens limitée.

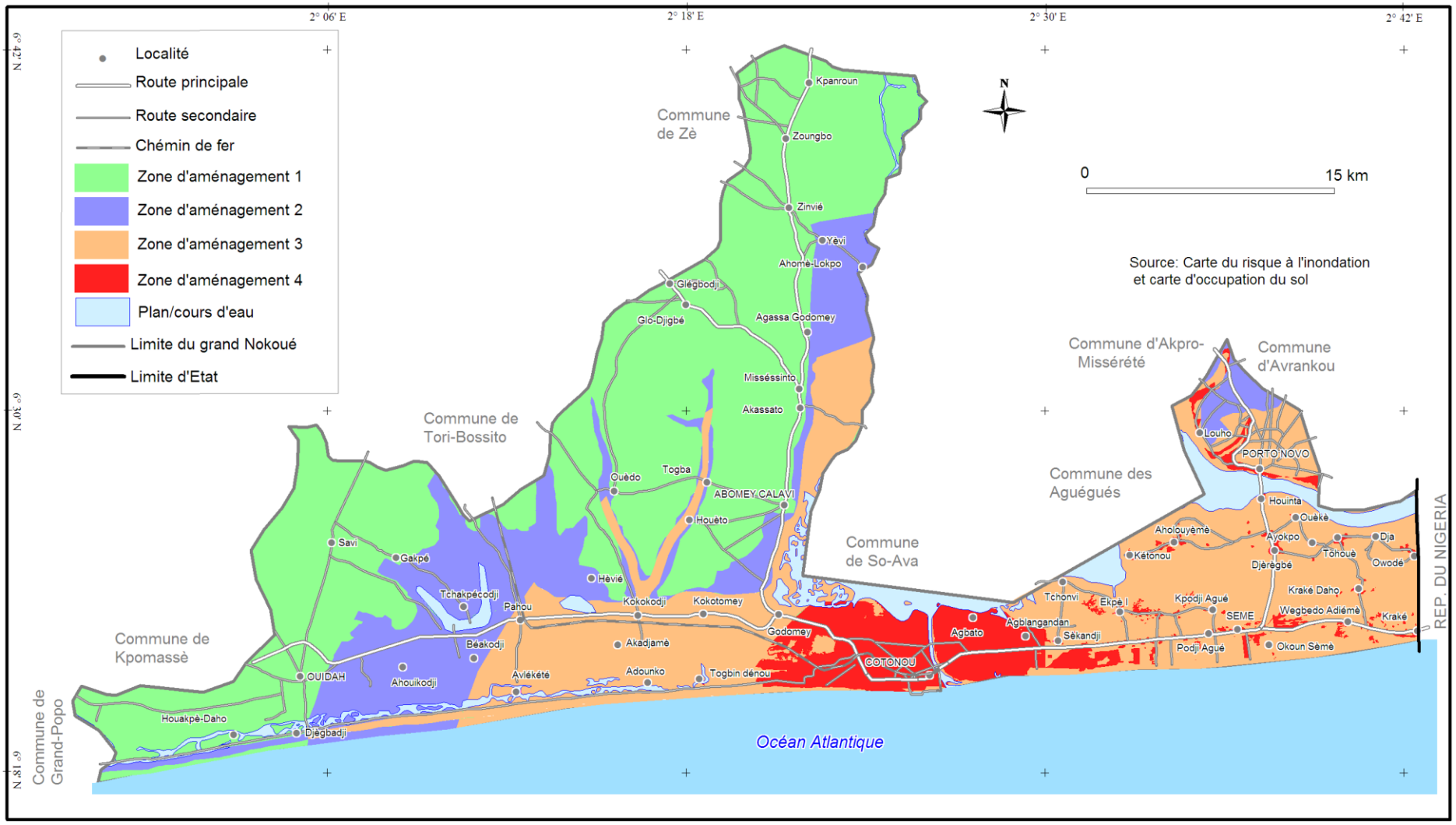


Figure 50 : Différentes zones d'aménagement du PPRI

❖ **Zone d'aménagement 2 (Zone bleue)**

La zone violette est l'espace moyennement exposé au risque d'inondation. Il s'agit des zones urbanisées soumises à un aléa moyen et qui participent à l'expansion des crues et où l'évolution du bâti existant peut se poursuivre sans exposer davantage les populations. Elle couvre une partie des communes de Ouidah, d'Abomey-Calavi et de Porto-Novo.

Dans cette zone Bleue, le plan de prévention des risques a pour objectif :

- de limiter la vulnérabilité en mettant en œuvre des mesures d'adaptation des biens et des activités, par la prescription d'un ensemble de mesures, notamment constructives ;
- d'éviter l'augmentation des populations exposées.

❖ **Zone d'aménagement 3 (Zone Orange)**

La zone Orange correspond aux terrains urbanisés exposés aux risques de ruissellements torrentiels concentrés en raison de la configuration topographique du secteur et/ou de la connaissance de phénomènes de ce type. Il convient de soustraire la zone Orange à l'urbanisation nouvelle en raison de :

- la violence des phénomènes qui peuvent s'y produire : importance des volumes d'eau ruisselés, vitesses des écoulements, soudaineté et variabilité des phénomènes…,
- la nature et de l'importance des risques associés à la problématique du ruissellement.

Dans ce zone Orange, il convient d'interdire tout projet de construction ou d'aménagement de nature à augmenter l'exposition des populations. Il couvre les parties méridionales des communes de Ouidah, d'Abomey-calavi, de Porto-Novo et presque la totalité de la commune de Sèmè-Podji.

❖ **Zone d'aménagement 4 (Zone Rouge)**

Cette zone comprend :

1. les espaces urbanisés (zone d'habitat, équipements publics, zones industrielles/d'activités) potentiellement et fortement exposés au risque d'inondation.

2. les zones urbanisées soumises à la remontée de nappe. Il s'agit de zones urbanisées, généralement en marge des zones vertes, hors des zones directement soumises à l'inondation par débordement de l'eau lors de la crue de référence ;
3. les espaces jouant un rôle dans l'expansion des eaux et permettant un laminage des crues des cours d'eau. Les espaces concernés coïncident avec toute zone soumise à un aléa fort, vis-à-vis du risque d'inondation par débordement de rivière, par remontée de nappe ou par ruissellement. La zone 4 couvre la commune de Cotonou et une infime partie des communes de Sèmè-Podji et de Porto-Novo.

Dans la zone Rouge, le plan de prévention des risques a pour objectif :

- de limiter la vulnérabilité ;
- de stopper tout développement urbain ou aménagement vulnérable ou susceptible d'accroître le niveau d'aléa sur les zones voisines.

En général, les règles du PPRI s'imposent soit aux constructions futures, soit aux constructions existantes, mais aussi selon les cas aux différents usages possibles du sol (activités touristiques, de loisirs, exploitations agricoles ou autres). Ces règles peuvent traiter de l'urbanisme, de la construction ou de la gestion des espaces. Les directives prônées dans le PPRI sont respectées à travers l'extension du permis de construire à toute sorte d'aménagement. Ce permis n'est délivré qu'en cas de conformité des caractéristiques de l'infrastructure avec les normes prescrites dans le PPRI.
Certaines règles d'interdiction sont à observer dans toutes les zones.

6.2.2.1. Restrictions communes aux zones d'aménagement 3 et 4

Dans ces deux zones, certaines infrastructures doivent être réglementées. Il s'agit de :

- toute nouvelle construction de quelque nature que ce soit, à l'exception :
- des constructions contribuant à l'activité économique qui requièrent la proximité du milieu aquatique et qui ne pourraient être implantées en d'autres lieux (pisciculture, bases de loisirs aquatiques...), ainsi que les équipements publics légers liés aux activités sportives ;
- d'un équipement d'intérêt général qu'il n'est pas possible d'implanter ailleurs au regard de considérations techniques. Même dans ce cas des dispositions doivent être prises pour faciliter le libre écoulement de l'eau ;

- de l’extension des habitations existantes dans la limite maximale d'une augmentation de 20 % de l'emprise au sol pour les habitations de plus de 150 m² et de 30 % pour les habitations de moins de 150 m². Cette extension ne peut avoir pour effet d'augmenter le nombre de logements. Elle n'est réalisable qu'une seule fois ;
- de l'extension des bâtiments publics autorisés à la date d'approbation du PPRI dans la limite maximale d'une augmentation de 30 % de l'emprise au sol, et que ces travaux soient destinés à améliorer le confort et la sécurité des occupants sans entraîner une augmentation de la capacité d'accueil de l'équipement. Une seule autorisation d'extension pourra être admise ;
- de la reconstruction d’un bâtiment ou d’un ensemble de bâtiments sous réserve d’assurer la sécurité des personnes, de réduire la vulnérabilité des biens et de limiter la surface bâtie à celle existante avant destruction ;
- des annexes non-habitables telles que les garages ou les abris de jardin, et qu’elles ne nécessitent pas de remblaiement. Une seule autorisation d'extension pourra être admise ;
- de l'aménagement de combles, sans création d'un nouvel étage ayant pour effet d'augmenter le nombre de logements ;

- les changements de destination de constructions existantes ayant pour effet d'exposer plus de personnes au risque, ainsi que les équipements ou travaux susceptibles d'augmenter les conséquences du risque ;
- les sous-sols et l'extension de sous-sols, les parkings souterrains, ainsi que la réalisation et l'aménagement de planchers habitables ou non sous le niveau du terrain naturel ;
- les remblais, les digues, les dépôts de toute nature, à l'exception :

- des ouvrages et aménagements hydrauliques dont la finalité est la réduction des risques liés aux inondations sur le bâti existant à la date d'approbation du PPRI (à condition qu'ils n'aggravent pas les risques par ailleurs, et sous réserve d'étude justificative réalisée par le maître d'ouvrage) ;
- des accès permettant l'évacuation des personnes de façon autonome ou avec l'aide de secours pour les bâtiments existants recevant du public, sous réserve que toutes les mesures soient prises pour assurer le libre écoulement des eaux tel que le rétablissement des écoulements naturels sous les ouvrages en remblais ;

- des remblais éventuellement nécessaires aux constructions autorisées, en limitant les remblais à ce qui est nécessaire à l'assise des bâtiments et leur desserte ;
- les parkings, à l'exception des places de stationnement nécessaires au bon fonctionnement d'une activité, réalisées au niveau du terrain naturel ;
- la reconstruction des biens rendus inhabitables par un sinistre.

Malgré les autorisations spéciales à faire, certaines prescriptions particulières doivent être observées dans la réalisation des projets autorisés.

6.2.2.2. Prescriptions particulières aux projets autorisés

Les projets autorisés doivent respecter certaines prescriptions.

❖ **Prescriptions applicables à tous les projets**

Le projet ne doit pas aggraver les risques liés aux inondations en amont ou en aval. Cette prescription doit être particulièrement respectée s'il existe à proximité une zone d'habitat. Le projet ne doit pas faire obstacle à l'écoulement des eaux superficielles et souterraines, et doit préserver les capacités de stockage de crue. Pour les projets qui ne sont pas liés à l'habitat ou de l'activité agricole, une étude hydrologique doit être réalisée pour définir les incidences du projet et, le cas échéant, proposer des mesures compensatoires destinées à annuler ou au moins à minimiser l'incidence du projet sur l'écoulement des eaux superficielles et souterraines.

❖ **Prescriptions applicables aux constructions**

Ces mesures visent à éviter l'augmentation du risque dans ces zones malgré l'autorisation des constructions. Ce sont :

- la prévision des accès extérieurs et le raccordement au réseau existant dès la conception du projet. Ces accès doivent être praticables en période de crue ;
- les constructions qui ne pourront en aucun cas servir d'habitat temporaire ou permanent, à l'exception des extensions mesurées d'habitations existantes autorisées ;
- dans le lit majeur, les nouveaux bâtiments seront implantés de façon à ce que leur plus grande longueur soit parallèle aux écoulements, et avec un retrait minimal de 25 m par rapport aux berges des rivières ou de l'axe des écoulements pérennes en fond de vallée ;

- les nouvelles constructions seront dotées d'un dispositif de coupure du réseau électrique, placé à la cote de référence (3,50 m au-dessus du niveau du terrain naturel), dont il sera fait usage en cas de crue et qui isolera la partie de construction située en dessous de cette cote ;
- les nouvelles infrastructures ne doivent pas empêcher la libre circulation des eaux ;
- pour toute extension ou construction nouvelle, la cote du plancher habitable le plus bas devra être située à la cote de référence, soit à 3,50 m par rapport au niveau moyen du terrain naturel. Les constructions et extensions autorisées ne pourront comporter aucun niveau habitable ou non sous la cote de référence.

En dehors du plan de PPRI, l'Agence doit amener les ménages à réaliser des ouvrages de collecte des eaux pluviales à domicile pour réduire la quantité d'eau drainée dans la rue à cause de l'imperméabilisation des sols. Ces ouvrages d'évacuation individuelle seront promus surtout sur les plateaux dans les communes d'Abomey-Calavi, de Porto-Novo et de Ouidah.

6.3. Promotion des techniques alternatives de construction d'infrastructures de collecte et d'évacuation des eaux pluviales

Le but des techniques alternatives est de minimiser les surfaces imperméabilisées, récolter l'eau de pluies pour l'utiliser ou la restituer au milieu naturel par infiltration ou évaporation, ou encore la retenir et l'évacuer lentement vers le réseau d'égouts ou les eaux de surface.

❖ **Objectifs**

Les principales fonctions de ces techniques alternatives sont :

- assurer la maîtrise des eaux pluviales et de ruissellement ;
- compenser l'imperméabilisation des sols inhérente aux constructions et à l'aménagement urbain ;
- atténuer le ruissellement et alléger la charge des infrastructures collectives d'assainissement existantes (égouts, collecteurs, etc) ;
- contribuer à prévenir les inondations et la pollution des eaux de surface ainsi qu'à alimenter la nappe phréatique.

Les techniques alternatives sont en général basées sur le principe de l'infiltration et du stockage. Elles regroupent toutes les méthodes de gestion des eaux pluviales ne

faisant pas appel aux collecteurs et aux tuyaux utilisés en assainissement "classique".

6.3.1. Puits d'infiltration

Le puits d'infiltration est un ouvrage de profondeur variable (quelques mètres à une dizaine de mètres) permettant un stockage et une évacuation directe de l'eau vers le sol (figure 51 et photo 4).

Ce dispositif assure le transit des eaux de ruissellement vers les couches perméables du sol. Il est utilisé essentiellement pour recevoir les eaux de toitures. Ce type d'ouvrage peut être implanté dans les zones peu perméables en surface.

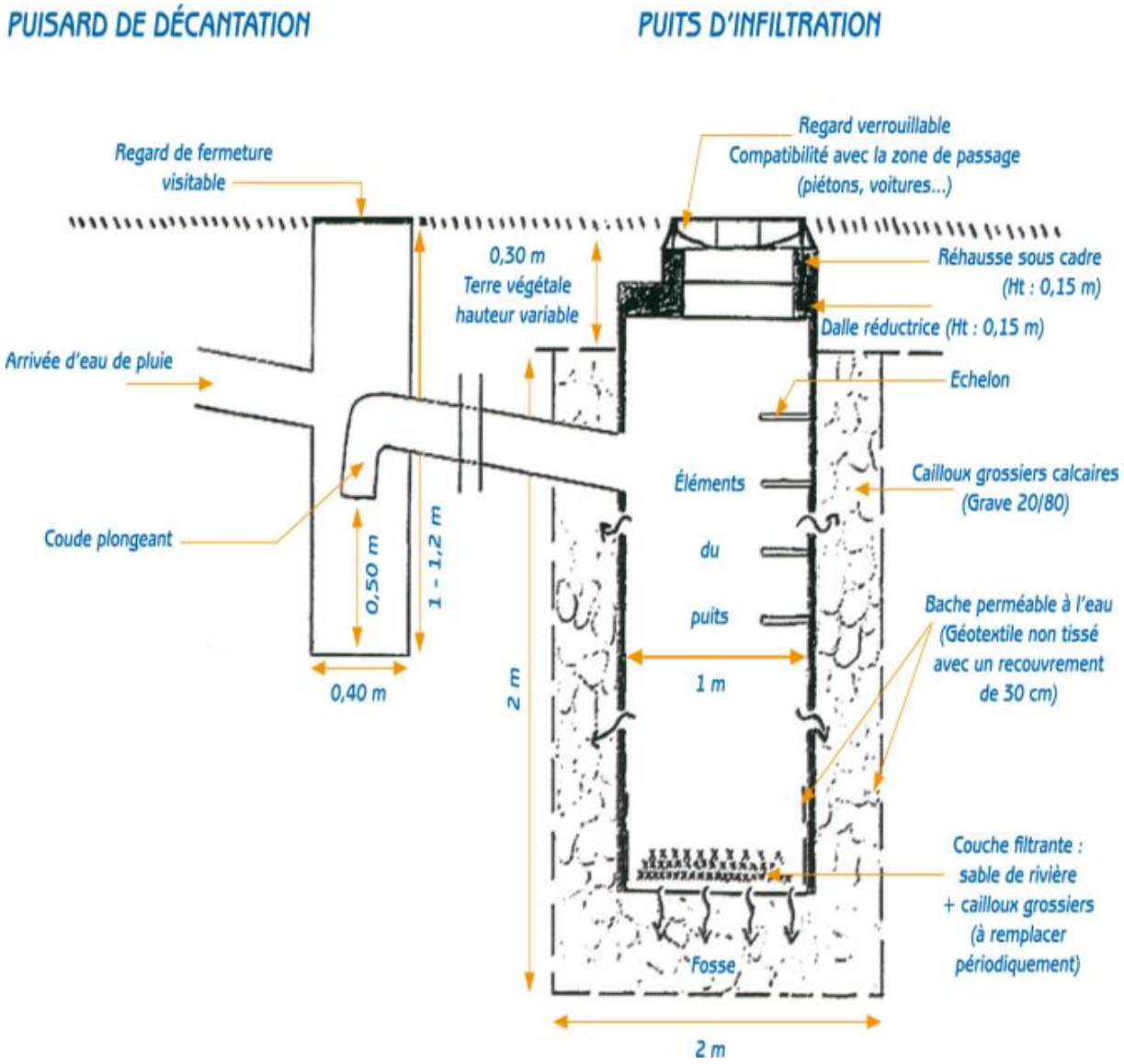


Figure 51: Puits d'infiltration
Source : *www.adopta.free.fr*

La figure 51 montre un puits précédé d'un regard de décantation pour piéger les éléments indésirables. L'infiltration se fait par le fond du puits ou éventuellement par le côté en perforant les parois.

Le puits a une conception simple et une large utilisation et peut être mis en œuvre dans les communes situées sur le plateau (Abomey-Calavi, Ouidah et Porto-Novo)**.**

6.3.2. Noues

Une noue est un fossé large et peu profond avec des parois en pente douce. L'eau est collectée soit par l'intermédiaire des canalisations, soit directement après ruissellement sur les surfaces adjacentes. Elle est ensuite évacuée vers un exutoire ou par infiltration dans le sol. Les noues assurent plusieurs fonctions (rétention, régulation, écrêtement des débits et drainage des sols). Elles permettent de créer un paysage végétal et un habitat aéré mais sont sujettes à des nuisances dues à la stagnation de l'eau (figure 52).

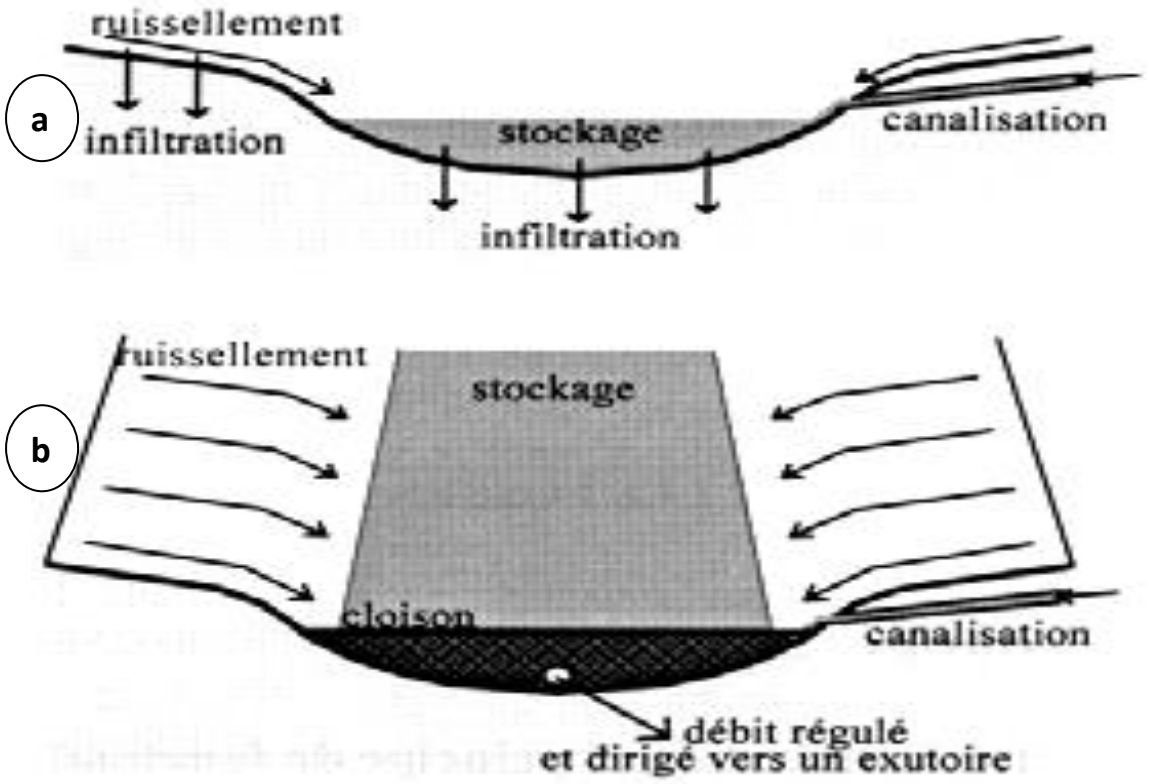


Figure 52: Noue

Source : *www.adopta.free.fr*

La figure 52 montre une noue d'infiltration (a) et une noue de rétention (b). Ses capacités de rétention peuvent être optimisées par la mise en place de cloisonnements. L'intégration paysagère est bonne. Le coût de l'aménagement est faible : au moins 10 fois inférieur à la réalisation d'un réseau pluvial. Cependant, un entretien régulier doit être réalisé afin de conserver les potentialités originelles de l'ouvrage. Elle peut être utilisée sur la plaine côtière notamment dans les communes de Cotonou et de Sèmè-Podji.

6.3.3. Tranchées drainantes

Une tranchée drainante est une tranchée dans laquelle sont disposés des matériaux granulaires (galets, graviers, matériaux alvéolaires) permettant un stockage des eaux en augmentant la capacité naturelle d'infiltration du sol. Dans le cas de sol à faible perméabilité, le drain est mis en place en partie basse du massif drainant facilitant l'évacuation de l'eau, à un débit régulé, vers un réseau pluvial ou un cours d'eau. La tranchée est généralement placée de manière perpendiculaire à l'axe d'écoulement des eaux de ruissellement.

Cette technique est bien adaptée à la collecte et l'évacuation des eaux pluviales de toiture de dalles. Son coût est faible, puisqu'au moins égal à un dispositif de collecte classique. Ce dispositif permet une épuration partielle des eaux ruisselées. Son installation est simple et aisée, même dans un jardin privatif. La promotion des tranchées drainantes peut être réalisée dans toutes les communes du Grand Cotonou.

6.3.4. Bassins secs et en eau

C'est un dispositif qui permet de collecter de l'eau par un ouvrage d'arrivée, puis de la stocker dans un bassin avant son évacuation vers un exutoire de surface (bassin de retenue) ou son infiltration dans le sol. Les bassins font partie de l'aménagement paysager. On distingue les bassins en eau (qui conservent une lame d'eau en permanence) et les bassins secs.

Les bassins en eau constituent quant à eux un lieu de promenade ou d'activités aquatiques. Ils présentent un risque lié à la sécurité pour les riverains et d'éventuelles nuisances de stagnation d'eau, la consommation d'espace et la pollution de la nappe pour les bassins d'infiltration.

Ces techniques seront mises en œuvre en fonction de la densité et du degré d'infiltration du site faisant l'objet de l'aménagement (tableau XVII).

Tableau XVII: Adaptabilité des techniques alternatives aux caractéristiques du milieu

	PERMEABILITE DU SOL		
Densité d'occupation du sol	**Sols peu perméables voire imperméables Perméabilité ≤ 10 - 7 m/s**	**Sols peu perméables 10 - 7m/s ≤ Perméabilité ≤ 10 - 5 m/s**	**Sols perméables Perméabilité > 10 - 5 m/s**
Zone d'habitat peu dense	- noue et fossé - citerne - bassin à sec - tranchée drainante	- noue et fossé - citerne - bassin à sec - tranchée drainante	- puits d'infiltration, - noue et fossé - citerne - bassin à sec - tranchée drainante
Zone d'habitat dense	**Réhabilitation** : - citerne - noue et fossé dans le cadre d'un nouvel aménagement - tranchée drainante	**Réhabilitation** : - citerne - noue et fossé dans le cadre d'un nouvel aménagement - tranchée drainante	**Réhabilitation** : - citerne - tranchée drainante, noue et fossé dans le cadre d'un nouvel aménagement - tranchée drainante

Source : www.adopta.free.fr

6.4. Aménagement d'ouvrages de protection

Des ouvrages de protection doivent être réalisés là où cela s'avère nécessaire à la réduction des risques d'inondation. Ces ouvrages doivent respecter désormais les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde définies suivant le zonage du plan de prévention des risques d'inondation. Différents ouvrages peuvent être construits sur les plans d'eau de la région.

6.4.1. Ouvrages de prévention contre les inondations

Les ouvrages de prévention permettent de réduire les apports en crue en stockant temporairement les eaux et en les restituant progressivement après la pointe de crue.

- **Les bassins de rétention et les barrages** fonctionnent selon le même principe qui consiste à barrer le lit majeur d'un cours d'eau. Le stockage du volume de crue excédentaire se fera derrière cette barrière qui prendra la forme pour un bassin de rétention d'une digue en terre le plus souvent et d'ouvrages en béton armé pour les barrages. C'est le cas des barrages de Dogobis, de Vossa qui sont en construction sur le fleuve Ouémé. La construction de ces barrages va réduire considérablement les inondations de septembre et de octobre dans le Grand Cotonou ;
- **Les ouvrages de compensation** fonctionnent selon le même principe de stockage temporaire. Leurs vocations sont toutefois différentes**.** Ils viennent en effet compenser les débits supplémentaires, résultat de l'augmentation de capacité hydraulique réalisée sur les chenaux amont ou de l'augmentation de l'imperméabilisation.

6.4.2. Ouvrages de protection contre les inondations

Ce sont des ouvrages qui permettent de réduire les débordements à proximité des enjeux (humains, économiques, etc.).

On peut distinguer deux types d'ouvrages :

- **les digues** : ouvrages linéaires implantés dans le lit majeur des cours d'eau parallèlement aux berges et qui vont permettre de contenir les débordements ;
- **le recalibrage** : opération dans le lit mineur du cours d'eau qui va permettre d'augmenter la capacité d'évacuation soit en augmentant la section de passage soit en réduisant la rugosité du lit et du fond.

6.4.3. Ouvrages de ressuyage des terres inondées

Les ouvrages de ressuyage interviennent après la crue afin d'accélérer le retour à la normale dans les zones qui ont été inondées. Les dispositifs sont en général constitués de réseau de fossés et de stations de pompage.

Ces différents ouvrages seront construits sur la base des caractéristiques techniques de chaque milieu et suivant les recommandations du Plan de Prévention des Risques d'Inondation de la région. Aussi, la clarification des responsabilités pour les ouvrages de drainage et des ressources financières pour leur maintenance est aussi nécessaire pour leur durabilité.

Concernant ce dernier point, il convient de noter que pour garantir la pérennité et le bon fonctionnement des ouvrages de drainage et de protection contre les inondations, un mécanisme d'entretien de ces ouvrages y incluant les populations bénéficiaires doit être mis en place avant de les réaliser.

6.5. Mesures de prévision des inondations

Ces mesures permettent d'évoluer d'une approche défensive contre les calamités vers une approche de gestion des risques. L'objectif principal est de préparer l'ensemble des acteurs à l'anticipation des actions de résilience.

6.5.1. Renforcement de la prévision et de l'alerte précoce

La mise en place d'un Système d'Alerte Précoce (SAP) est nécessaire pour anticiper les risques liés aux inondations sur les couches vulnérables. Le développement d'un système de prévision et d'alerte précoce implique un certain nombre de mesures, dont principalement les suivantes :

- renforcer les moyens de mesure et d'acquisition de données (pluviographes, pluviomètres, limnigraphes, etc.) qui font cruellement défaut à la DNM ;
- améliorer les outils de prévision pour les besoins de l'hydraulique urbaine ;
- organiser et codifier l'échange d'informations et la communication entre les principaux acteurs concernés par le traitement et l'exploitation des données : DNM, ANPC, DGeau, communes, médias ;
- organiser le système de diffusion aux acteurs économiques et au grand public ;
- former les chefs de quartier pour servir de relais communautaires pour diffuser les informations et alertes météorologiques.

Le SAP doit reposer sur la prévision, la surveillance et l'alerte au risque. L'information doit parvenir à temps aux populations.

6.5.2. Culture du risque

Une des réponses aux inondations, est d'apprendre aux populations et aux acteurs économiques à vivre avec les crises et de les préparer aux situations où ni la prévention, ni les ouvrages mis en place et convenablement exploités n'ont pu éviter l'inondation.

Développer la résilience est particulièrement pertinente dans le contexte du Grand Cotonou car les solutions infrastructurelles sont très coûteuses et ne seront opérationnelles qu'à moyen et long terme. Il s'agit d'apprendre aux populations à se comporter avant, pendant et après les inondations pour réduire leur impact par des gestes et des mesures simples d'autoprotection de leurs logements et de leurs biens. Les aspects suivants doivent être pris en compte lors de l'installation des populations. Ce sont :

- s'informer pour évaluer son propre risque : La première précaution à prendre est de vous informer sur le niveau de risque potentiel de la zone où vous habitez. Vous pourrez alors juger quelles mesures, parmi celles que nous vous présentons, sont les plus adaptées à votre situation ;
- réaliser des travaux ou aménagements pour préserver votre habitat conformément au PPRI de votre zone ;
- s'organiser pour protéger l'essentiel : Que vous soyez dans une zone fortement inondable ou non, vous pouvez prendre des dispositions simples pour préserver les documents les plus importants, indispensables dans votre vie quotidienne ainsi que vos biens les plus précieux ;
- se préparer à faire face à l'inondation: Pour retarder les effets des inondations, en limiter les dommages ou pour vous mettre à l'abri, organisez-vous en préparant le matériel indispensable ;
- respecter les règles de sécurité à l'arrivée des inondations : Au-delà de la protection de vos biens, prenez connaissance des consignes de sécurité pour ne pas vous mettre en danger, vous et vos proches ;
- souscrire à une police d'assurance : l'assureur sera à vos côtés durant les moments difficiles.

Conclusion partielle

Le développement urbain en cours dans le Grand Cotonou exige un modèle efficace de gestion des eaux pluviales afin de faire face au phénomène des inondations de plus en plus grandissant et destructif des biens et des habitations dans les différentes villes de la région.

Pour atteindre cet objectif, le modèle proposé dans le cadre de cette étude met un accent sur la réalisation d'un système de drainage adéquat, la réglementation de l'occupation du sol et une politique d'informations plus efficace. Au niveau de l'espace bâti, l'adaptation des constructions au régime hydrologique des milieux et le respect de la réglementation régissant l'occupation de l'espace sont nécessaires.

Mais certaines difficultés d'ordre matériel, technique et socioculturel peuvent bloquer la mise en application de ce modèle à cause de certaines pesanteurs sociologiques et des contraintes financières liées surtout à la pauvreté générale de la population, à un manque d'esprit de concertation et l'absence d'une vision prospective dans les prises de décision.

Conclusion

Le développement d'une nouvelle approche de valorisation urbaine des zones inondables apparaît comme une tendance assez nette au cours des deux dernières décennies. Après les illusions qui faisaient admettre la maîtrise totale des risques d'inondation pour justifier une expansion urbaine dans les fonds de vallée, les aménageurs doivent prendre en considération de nos jours les contraintes liées à la présence occasionnelle et à la proximité de l'eau. Ils doivent s'appuyer sur ces caractéristiques pour transformer ou rénover les usages urbains des zones inondables. On passera ainsi d'une opposition entre l'urbanisation et les inondations, à une sorte de réconciliation entre la gestion des territoires et la gestion des risques.

La gestion des risques d'inondation dans le Grand Cotonou est une composante du développement durable. Les stratégies de lutte contre les risques d'inondations passent incontestablement par la compréhension scientifique de la cause du risque, de son impact sur l'ordre social, économique et environnemental, et par les mesures à prendre pour réduire les dégâts.

La présente thèse s'est appesantie sur l'analyse des pratiques de gestion des inondations dans le Grand Cotonou qui est la plus grande agglomération urbaine du Bénin.

Les analyses ont montré que la faiblesse des pentes d'écoulement des eaux pluviales et la topographie basse dans les communes de Cotonou, Sèmè-Podji, dans les arrondissements de Godomey (commune d'Abomey-Calavi) et de Pahou (commune de Ouidah) ; l'augmentation des débits d'écoulement du fleuve Ouémé, la diminution de la capacité d'emmagasinage du lac Nokoué auxquels s'ajoutent l'installation des populations dans les zones inondables et les insuffisances des différentes politiques d'aménagement sont les facteurs responsables et amplificateurs des inondations dans le Grand Cotonou. Ainsi, on peut affirmer que la première hypothèse est vérifiée.

La combinaison des facteurs naturels et humains détermine le risque d'inondation sur 56,52 % du territoire du Grand Cotonou. L'occurrence des inondations est passée de 40 % à 90 % au bout de quatre décennies. Les impacts liés aux inondations se résument par ordre d'importance aux difficultés de transport (21 %), à la destruction des maisons (16 %), des champs et récoltes (12 %), à la mévente et

au ralentissement des activités économiques (12 %), à la dégradation des infrastructures scolaires (12%) et la prolifération des maladies comme le paludisme, les pieds d'athèle, le choléra et les affections gastro-intestinales. Les inondations affectent alors le cadre de vie des populations et leurs activités économiques, l'hypothèse 2 est alors vérifiée.

Quant aux stratégies adoptées par les populations et les institutions, beaucoup d'initiatives sont développées pour faire face aux inondations. Ces initiatives vont de la prévention du risque d'inondation à la réponse au phénomène. Les populations utilisent les matériaux disponibles pour procéder au remblayage des cours intérieures des maisons ou à l'élévation des fondations des maisons. Les actions institutionnelles s'expriment à travers des documents de politique d'urbanisme, la création d'organes ayant entre autres attributions la gestion des inondations, la responsabilisation des acteurs à travers la réglementation. Cependant, la gestion des inondations dans le Grand Cotonou subit quelques faiblesses majeures :

- les actions adoptées par les populations sont éphémères, spontanées et non coordonnées et accentuent davantage leur vulnérabilité à l'inondation ;
- le non respect des documents d'urbanisme élaborés pour l'orientation générale des villes ;
- les insuffisances techniques des documents de planification qui ne prennent pas en compte expressément la question des risques d'inondation dans l'expansion urbaine et l'absence de propositions de modèles d'aménagement pour les milieux sensibles dans lesdits documents;
- une multiplicité d'acteurs intervenant dans la réponse aux inondations sans une réelle coordination des interventions.

Ces faiblesses ont généré un espace urbain où l'occupation spontanée est la règle d'or. Les politiques d'aménagement du territoire et de gestion des eaux pluviales pratiquées dans le secteur d'étude n'ont pas été capables d'empêcher ou de réduire l'occupation des berges, des marécages et réguler les concentrations de populations. On note également le manque d'esprit d'anticipation sur les difficultés de la grande conurbation. Aucune politique uniformisée n'est adoptée pour la gestion des risques d'inondation dans le secteur.

En outre, les quelques mesures prises pour contrer les affres des inondations ne reçoivent pas toujours l'adhésion populaire souhaitée pour manque d'informations ou l'ignorance des populations des dangers encourus. Pour la majorité de la population du Grand Cotonou, la solution aux inondations passe par la construction des ouvrages d'assainissement. Or, il n'est plus possible de répondre à la problématique des inondations uniquement par la réalisation de bassins de rétention, le pompage des eaux ou l'octroi de vivres et non vivres aux populations sinistrées. Sur la base de ces constats, la troisième hypothèse est alors vérifiée.

Le modèle GIDI de gestion durable des inondations proposé dans le cadre de cette étude se base sur quelques principes :

- le zonage du risque à travers un PPRI ;
- la promotion des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales afin de favoriser l'infiltration dans les maisons ;
- la prévision fondée sur la connaissance et la surveillance des phénomènes météorologiques et hydrologiques pouvant entraîner des risques d'inondation ;
- l'information des populations aux fins de les préparer à un comportement responsable face aux risques d'inondations ;
- l'éveil de la conscience de chaque citoyen par des campagnes d'informations en vue de les amener à reconnaître les menaces auxquelles elles sont exposées ;

Le modèle prend ainsi en compte l'organisation de l'espace, tous les acteurs, les aléas climatiques et l'aspect institutionnel dans la définition des stratégies d'actions. Il intègre aussi les autres paramètres (technique, scientifique, culturel).

Enfin, l'étude suggère à l'Etat, avec la collaboration de tous ses services et partenaires, de revoir les règles fiscales pour éviter les concentrations des populations dans les zones non aedifiandi (impropres à l'habitation).

Sur le plan scientifique, les investigations méritent d'être poursuivies pour une meilleure connaissance des stratégies d'adaptation aux inondations dans le Grand Cotonou. Ainsi, les réflexions porteront sur la conception de standards de construction caractéristiques de chaque zone pour l'opérationnalisation du PPRI et l'étude du coût d'efficacité des stratégies d'adaptation proposées.

Bibliographie

1. **ABE (2010) :** Guide général de réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement. MEHU, Cotonou, Bénin, 77 p.

2. **Accrombessy I. (1988) :** Les inondations et leurs conséquences sur l'aménagement de l'espace péri urbain de Vossa à Cotonou Sud- Bénin. Mémoire de maîtrise, DGAT/FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 78 p.

3. **Adam S. et Boko M. (1993) :** Le Bénin. Paris, Edicef, 2ème édition, 93 p.

4. **Adam S. (1996) :** L'évolution géomorphologique de la plaine côtière dans le golfe du Bénin. Rapport d'étude, MEHU, 98 p.

5. **Adam S. (1998) :** Vers une gestion intégrée de la zone côtière du Golfe de Guinée. Document cadre, ONUDI, 173 p.

6. **Adégnika F. M. (2004) :** La gestion des déchets solides ménagers en milieu urbain d'Afrique sous la double contrainte de service public et d'efficacité économique : Cas de Cotonou. Mémoire de DEA, EDP/FLASH/UAC, Abomey-Calavi, Bénin, 50 p.

7. **Adepoju G. O. (2001) :** La gestion des déchets urbains : Des solutions pour l'Afrique. CRDI – Karthala ; Paris, 99 p.

8. **Afouda A. et Houanyè A. (2004) :** L'assainissement pluvial au Bénin : cas de la ville de Cotonou, Partenariat National de l'Eau du Bénin/Université d'Abomey-Calavi, 15 p.

9. **Afouda F. (1990) :** L'eau et les cultures dans le Bénin central et septentrional : étude de la variabilité des bilans de l'eau dans leurs relations avec le milieu rural de la savane africaine. Thèse de Doctorat nouveau régime, Univ. Paris IV (Sorbonne), Institut de Géographie, 428 p.

10. **Agassounon C. L. (2002) :** Evolution pédo-sédimentaire du géosystème marginolittoral de l'Ouémé Sô au cours de l'holocène (Bénin-Afrique de l'ouest), Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, Dijon, 423 p.

11. **Agbo B. F. (1985) :** Le phénomène de périurbanisation à Cotonou. Cas des quartiers Vossa, Awansori-Agué, Towéta I et Ladji. Mémoire de maîtrise en Géographie, UNB, 143 p.

12. **Agossou N. (2007) :** Les villes du Bénin méridional : entre nature et culture? La nature dans les villes du Sud - FOURNET-GUERIN C. Revue Géographie et cultures (CNRS), L'Harmattan, Paris, France, pp. 97-111.

13. **Aghrab A. (2003)** : Caractérisation de sécheresse et élaboration des indicateurs climatiques pour son alerte précoce dans la région du Sais. Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, Maroc, 109 p.

14. **Aïlo A. (2010) :** Contribution à l'analyse des stratégies locales de lutte contre les inondations à Cotonou. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master II. Université Africaine du Développement Coopératif. 76 p.

15. **Allagbe H. (2005) :** Impacts des inondations sur la santé des populations de l'arrondissement de Godomey (Commune d'Abomey-Calavi). Mémoire de maîtrise de DEA. FLASH, UAC, 70 p.

16. **Alvergne C. et Tautelle F. (2002) :** Du local à l'Europe : Les nouvelles politiques d'aménagement du territoire. PUF, Paris, France, 303 p.

17. **Amankwah-A. et Caputo J. (2011) :** A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century. Chapitre 2, pages 150-152, Banque mondiale : Washington, 2012.

18. **Ancey C. (2005) :** Une introduction à la Dynamique des Avalanches et des Ecoulements Torrentiels, *Cours*, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, http://www.toraval.fr/articlePDF/intro-risk.pdf.

19. **André J. C. (2007) :** Les cyclones tropicaux et le changement climatique**.** Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique (CERFACS). 10 p.

20. **André P. (1999) :** L'évaluation des impacts sur l'environnement : processus, acteurs et pratiques. Presses Internationales Polytechniques, Québec, Canada, 415 p.

21. **André P. (2002) :** L'évaluation des impacts sur l'environnement, Québec, Presses internationales polytechnique, 416 p.

22. **Ardoin-Bardin S. (2004) :** Variabilité hydro-climatologique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne (Logone-Chari, Sénégal, Gambie). Thèse Science de l'eau dans l'environnement continental, Université de Montpellier 2, 286 p.

23. **Arouna O. (2012) :** Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la Commune de Djidja au Bénin : implications pour l'aménagement du territoire. Thèse de Doctorat Unique. /EDP/FLASH/UAC, 246 p.

24. **Ascher F. (2001) :** Les Nouveaux Principes de l'Urbanisme, L'aube Intervention, Paris, 42 p.

25. **Aschwanden K. et Schiidler. J. (1988) :** "Impact du changement climatique dans les régimes hydrologiques et aménagement des ressources fluviales dans le basin du Rhill', Commission Internationale de l'hydrologie (CHR), CHR - Rapport, N° 1-16.

26. **Assongba L. P. (2010) :** Etude de l'influence du lac Nokoué et du chenal sur les inondations dans la ville de Cotonou. Cahiers de géographie du Québec, vol.12, no 18, pp. 224-235.

27. **Azonhito F. (1988) :** Inondations et santé des populations dans le district IV de Cotonou. Mémoire de Maîtrise de géographie, UNB, Abomey-Calavi, 56 p.

28. **Banque Mondiale (2000) :** Gestion des crises économiques et catastrophes naturelles. Rapport sur le développement dans le monde 2000/2001, Washington, 302 p.

29. **Baron S. (1994) :** « Autonomie – intégration des espaces urbains africains », Thèse de doctorat es Sciences économiques, Université de Bordeaux, 289 p.

30. **Barroca B. et Hubert G. (2008) :** « Urbaniser les zones inondables, est-ce concevable ? », Développement durable et territoires [En ligne], Dossier 11 : Catastrophes et Territoires, mis en ligne le 06 novembre 2008, consulté le 31 août 2012. URL : http://developpementdurable.revues.org/7413

31. **Barroca B. Hubert G. Diab Y. Bonin O. et Pottier N. (2004) :** « le diagnostic territorial, un outil de gestion négociée du risque d'inondation », Actes des 22èmes rencontres universitaires de Génie Civil, Marne la Vallée, 3-4 juin. consulté le 31 août 2012.URL : http://developpementdurable.revues.org/7413

32. **Barroca B., Pottier N. et Lefort E. (2005) :** « Analyse et évaluation de la vulnérabilité aux inondations du bassin de l'Orge Aval », Septièmes Rencontres de Théo Quant, janvier 2005.

33. **BCEOM (1980) :** Lutte contre les inondations : méthode sommaire d'évaluation des critères économiques valant instruction pour la justification des projets, Paris, Ministère de l'Environnement et du cadre de vie, DPPR, service central de l'hydrologie et de l'environnement, 28 p + annexes.

34. **BCEOM (2004) :** Etude d'impact sur l'environnement du projet d'aménagement et de reconstruction de la sortie Ouest de Cotonou (Godomey-Calavi). FED, 120 p.

35. **Beauchemin C. et Bocquier P. (2004):** « Migration and urbanization in Francophone West Africa: An Overview of the Recent Empirical Evidence », Urban Studies, vol. 41, no 11, pp. 2245-2272.

36. **Beck U. (2003) :** La Société du risque, sur l'autre voie de la modernité, Université de Munich, Flammarion, Paris, 203 p.

37. **Beguin M. Pumain D. (2007) :** La représentation des données géographiques: statistiques et cartographie, Ed. Colin, Paris, 192 p.

38. **Berlioz J. et Quenet G. (2000) :** Catastrophes : définition et documentation, in Favier, R. et A.M. GRANET-ABISSET, Histoire et mémoire des risques naturels, Saint-Martin d'Hères, MSH-Alpes, HESOP, pp 19 – 37

39. **Berz G. (2000):** Flood disasters: lessons from the past - worries for the future, Actes de colloque, Water and Maritime Engineering, Proceedings of the institution of Civil Engineers, Vol. 142.

40. **Beucher S. (2007) :** le risque d'inondation dans le val-de-Marne : une territorialisation impossible ?, Annales de géographie, n°657, pp 470-492.

41. **Beucher S. et Reghezza-Zitt M. (2008) :** Gérer le risque dans une métropole : le système français face l'inondation dans l'agglomération parisienne. In revue Environnement Urbain N°2 Numéro thématique : inondations en milieux urbains et péri-urbains pp 1-10.

42. **Blalogoé P. (2004) :** Nouvelle orientation de la gestion des déchets solides ménagers à Cotonou : Problèmes et perspectives. Mémoire de DESS en Populations et Dynamiques Urbaines, CEFORP, Cotonou, 71 pages.

43. **Blanchard T. (2008) :** Les inondations de 1733 et 1740 à Grenoble : l'évolution de la résilience dans l'après catastrophe. In revue Environnement Urbain N°2 Numéro thématique : inondations en milieux urbains et péri-urbains pp 73-89.

44. **Blandin P. (2001) :** Bio indicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. Bull. Ecol., tome 17, fasc 4, pp. 215-306

45. **Blivi A. B. (2013) :** Retour d'informations sur les données et observatoires hydro-climatiques, parties de l'étude sur les inondations en Afrique de l'ouest et de la communication nationale sur les changements climatiques au Togo. XXVIème colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Cotonou-Bénin, pp 17-22.

46. **Blong R. (2003):** "A review of damage intensity scale", Natural hazards, 29, pp. 57-76.

47. **Bocquier P. (2003) :** « L'urbanisation a-t-elle atteint son niveau de saturation en Afrique de l'Ouest ? », in Eggerickx T, pp 102-115.

48. **Boko M. (1975) :** La plaine côtière du Dahomey à l'Ouest de Cotonou. Thèse de Doctorat de 3ème cycle de Géographie Tropicale, Université de Dijon, 231 p.

49. **Boko M. (1987) :** Etude sur la variabilité pluviométrique au Bénin. In climat et climatologie. Volume d'hommage offert au professeur Pierre PAGNEY, centre de Recherches de Climatologie, URA 909 du CNRS, Dijon, pp 41-50.

50. **Boko M. (1988) :** Climats et communautés rurales du Bénin : Rythmes climatiques et rythmes de développement. Thèse d'Etat es-lettres, Dijon, 608 p.

51. **Boko M. (1994) :** Recherche de tendance dans les séries pluviométriques du Bénin : implications agro climatiques. Publications de l'AIC, (7): 294-304.

52. **Boko M. (1997) :** Les changements climatiques et le développement économique, social et environnemental du Bénin : Planification et développement des zones côtières Béninoises. MEHU, Cotonou, 28 p.

53. Boko M. (2000) : Méthodes et techniques des sciences environnementales. CIFRED, Coopération Pays-Bas-Bénin, CBDD, Cotonou, 288 p.

54. Boko M. (2003) : Gestion des risques hydro-climatique et développement économique durable dans le bassin du Zou. UAC/DGAT/ Laboratoire de climatologie, 52 p.

55. Boko M. et Afouda F. (2013) : Climat Agriculture et Ressources en eau d'hier à demain. XXVI ème Colloque international Association Internationale de Climatologie, ISSN : 1840-5452 ISBN-10 : 99919-58-64-9, Cotonou, 557p.

56. Boko M., Ogouwalé E. et Totin H.S.V. (2004) : Tendances pluviométriques et mise en valeur des bas-fonds dans le centre-Bénin. In Publication de l'AIC, pp 205-208.

57. Bossou B.D. (2004) : Analyse et esquisse cartographique de la contamination bactériologique de la nappe phréatique alimentant les puits traditionnels de la ville de Cotonou et sa banlieue, mémoire de DESS, UAC, 82 p + annexes.

58. Boton L. M. (1994) : Aspect de la dynamique de l'environnement dans la Sous-préfecture d'Abomey-Calavi. Mémoire de maîtrise. DGAT/FLASH. Abomey-Calavi. 70 p.

59. Boukari M. (1984) : Rapport de synthèse sur les connaissances géologiques et hydrogéologiques du bassin sédimentaire côtier de la République du Bénin. FAST-UNB, Abomey-Calavi, Bénin, 21 p.

60. Bourdin A. (2000) : La Question Locale, PUF, Paris, 20p.

61. Bourg D., Joly P.B., **Kaufmann A., Lemarchand F.**, **Mormont M. et Pécaud D. (2012) :** « Comprendre et maitriser les risques techniques et environnementaux : aller au-delà du risque ? », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 12 Numéro 1, mis en ligne le 25 juin 2012, consulté le 20 décembre 2013. URL : http://vertigo.revues.org/12152 ; DOI : 10.4000/vertigo.12152

62. Bourrelier P. H. (1998) : L'évolution des politiques publiques des risques naturels, la Documentation Française, Paris, 96 p.

63. Bourrelier P.H. (1997) : La prévention des risques naturels ; Rapport d'évaluation, Paris, La Documentation Française, 702 p.

64. Bouvier C. (1990) : Analyse et Modélisation des écoulements du milieu urbain Africain, Edition de ORSTOM, Collection Etudes et Thèses, Paris, 343 p.

65. Bravard J.P. (2007) : « Dynamiques naturelles et adaptations sociétales : histoire et gestion « durable » du risque d'inondation dans la vallée du Rhône », *Actes des savoirs, 8*, Paris, Presses Universitaires de France, Actes de savoirs, 2/2007, p. 29-43

66. **Brundtland G. H. (1987) :** *Notre avenir à tous* (*Our Common Future*), Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement de l'Organisation des Nations Unies, 306 p.

67. **Capo A. (2008) :** Urbanisation et risques naturels: Cas de la ville de Cotonou en République du Bénin. Contribution à la prévention et à la gestion des risques naturels en milieu urbanisé. Mémoire d'ingénieur, Ecole Supérieure des Géomètres et Topographes, Le Mans, 57 p.

68. **Carrey et Veyret (1996**) : La prévention du risque d'inondation : l'exemple français est –il transposable aux pays en développement ? Paris ; 12 p.

69. **Casenave L. (2005) :** Évaluation des impacts du changement climatique sur les ressources en eau d'Afrique de l'Ouest et Centrale. AISH Pub. 296, pp 194- 202.

70. **Caude G. (1987) :** « Vulnérabilité et Plan d'exposition aux risques », in THEYS J., FABIANI J.-L., La Société vulnérable – évaluer et maîtriser les risques, Presses de l'ENS, pp. 361-371.

71. **Cazalis P. (1965) :** L'hydrologie printanière de la rivière Saint-François. Cahiers de géographie du Québec, vol. 8, no 18, pp. 197-221.

72. **Cazenave A. (2006):** Atmosphere: Enhanced: How Fast Are the Ice. Sheets Melting? Science 314, 125, DOI: 10.1126/science.15 p.

73. **Cazenave A. (2006) :** L'ampleur des changements climatiques, de leurs causes et de leur impact possible sur la géographie de la France à l'horizon 2005, 2050 et 2100 (Tome 1 : Rapport). 120 p.

74. **CBDD (1999) :** Projet d'Ecologie Urbaine de Cotonou (commune de Houénoussou) cas de l'inondation du quartier Agla. Causes, conséquences et approches de solutions durables. Coopération Bénino-Néerlandaise-Accord sur le développement durable, 75 p.

75. **CEDA (1998) :** Profil de la zone côtière du Bénin, Cotonou, ABE/MEHU, Projet Grands Ecosystème Marin du Golfe de Guinée, Cotonou, Bénin, 93 p.

76. **CERPA Atl- Litt (2010) :** Rapport des inondations sur l'agriculture dans les Départements de l'Atlantique et du Littoral, 52 p.

77. **Chocat B. (2004) :** Le rôle possible de l'urbanisation dans l'aggravation du risque d'inondation : l'exemple de l'Yzeron à Lyon. Revue de géographie de Lyon. Vol. 72 n°4, pp. 273-280.

78. **Chocat B. et Eurydice Y. (1997) :** Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement pluvial, éd. Tec. et Doc. - Lavoisier, Paris, 1224 p.

79. **CHocat B. (1990) :** La crue de l'Yzeron du 29 avril 1989, premiers éléments d'analyse, rapport interne, INSA Lyon - France, 3 p.

80. **Clark C. (1983) :** Les inondations. Collection La planète Terre, Ed. Time-Life books, Amsterdam, 176 p.

81. **Cœur D. et Lang M. (2003) :** Information historique et mémoire des inondations : des outils pour la prévention des risques naturels et l'aménagement du territoire. Acthys-Diffusion, Grenoble et Unité de recherche Hydrologie-Hydraulique, Cemagref, Lyon. 32 p.

82. **Colfer C.J.P. (2005):** The Complex Forest: Communities, Uncertainty and Adaptive Collaborative Management. Washington, D.C.: Resources for the Future, 32 p.

83. **Colin C. (1995) :** Risques Urbains, Ed. Continent Europe, Paris, 98 p

84. **Colin L. S. (2004) :** Changement climatique, phénomènes météorologiques extrêmes et effets sur la santé en Alberta. Université d'Alberta. Science 314, 125, DOI: 10.1127/science.11 p.

85. **Coulbois P. et Jung J. (1994) :** Aménagement du territoire : une méthode. Paris, La Documentation Française, 172 p.

86. **Crausaz P. A., (2000) :** Du rôle intégrateur des systèmes d'information à référence spatiale dans la gestion institutionnelle des eaux : analyse, méthode, limites et perspectives. Thèse de doctorat, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse), 286 p.

87. **Mama D. (2010) :** Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac Nokoué (Benin). Thèse de doctorat, Université de Limoges ; 157 p.

88. **Dasylva, S. (2009) :** Inondations à Dakar et au Sahel, Gestion durable des eaux de pluie. Etudes et Recherches, n° 267-268-269, Enda Editions, Dakar, 259 p.

89. **DAT, (2012) :** Schéma National d'Aménagement du territoire. Rapport provisoire. République du Bénin, 307 p.

90. **Dauphiné A. (2001) :** Risques et catastrophes : Observer, Spatialiser, Comprendre, Gérer, Paris, Armand Colin, 288 p.

91. **Davis C.L. (2011):** Climate Risk and Vulnerability: A Handbook for Southern Africa. Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria, South Africa, 92 p.

92. **Dégardin F. (1996) :** "Réflexions sur l'usage des vallées et le fonctionnement des cours d'eau" in « L'eau, l'homme et la nature », 24° Journées de l'Hydraulique, Congrès de la Société Hydrotechnique de France, Paris, 18-19-20 septembre, pp. 285-292

93. **Dégardin F. (1997) :** Urbanisation et inondations : de l'opposition à la réconciliation. in Actes du colloque "Eaux dans la ville", Certu, Lyon, 11 p.

94. Dégardin F. (2002) : Urbanisation et inondations : de l'opposition à la réconciliation, BAGF, pp 91-103

95. Dégardin F. et Gaide P. A. (1999) : "Valoriser les zones inondables dans l'aménagement urbain. Repères pour une nouvelle démarche", Certu, Lyon, 231 p.

96. Deprez G. (1994) : Mission d'évaluation des problèmes d'assainissement de la ville de Cotonou. 50 p

97. Derruau M. (1988) : Précis de géomorphologie. 7è Ed. Masson, Paris, 141 p.

98. Desbordes M. (1989) : Principales causes d'aggravation des dommages dus aux inondations par ruissellement superficiel en milieu urbanisé, Bulletin hydrologie urbaine - SHF, Paris, n°4, pp.2-10.

99. Descroix L., Genthon P., Amogu, O., Rajot J-L., Sighomnou D. et Vauclin M. (2012): Change in Sahelian Rivers hydrograph: The case of recent red floods of the Niger River in the Niamey region. Global Planetary Change, N° 98-99, pp 18-30.

100. Dessau International (1997) : Evaluation environnementale du Projet de gestion des déchets solides à Cotonou et à Porto-Novo : Etude de planification intégrée (Rapport final), Québec, 114 p.

101. DGeau (2012) : Rapport Diagnostic du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du Moyen et de la Basse de l'Ouémé, 329 p.

102. Diarra, D. : (2010) : Impacts des changements climatiques en Afrique de l'Ouest. Direction Nationale de la Météorologie, Bamako, Mali. 35 p. En ligne] http://www.wamis.org/agm/meetings/iwacc09/S3-Diarra.pdf (Page consultée le 15 mai 2010)

103. Djèvi F. (2010) : Inondations dans la ville de Cotonou : Effets sur les groupes vulnérables et problématique de la pauvreté. Mémoire de maîtrise, DGAT/FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 78 p.

104. Dodman D., Jorgelina H. et Satterthwaite D. (2009) : "Urban Development and Intensive and Extensive Risk", article de fond dans ISDR Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction, Institut international pour l'environnement et le développement (IIED), Londres, 127 p.

105. Domingo E. (2007) : La région urbaine du littoral au Bénin : dynamiques urbanisantes et environnement, une géographie de l'aménagement du territoire. Thèse de doctorat d'Etat de Géographie, Université de Lomé, Togo, 588 p.

106. Domingo E. et Dorier-Apprill E. (2004) : « Les nouvelles échelles de l'urbain en Afrique » Métropolisation et nouvelles dynamiques territoriales sur le littoral béninois, Vingtième Siècle. Revue d'histoire, no 81, p. 41-54. DOI : 10.3917/ving.081.0041.

107. Donou B. (2009) : Evènements pluvio-hydrologiques extrêmes et production agricole dans le delta du fleuve Ouéme. Mémoire de DEA, EDP, FLASH, UAC, 85 p.

108. Dorier-Aprill E. (2006) : Ville et environnement. Paris SEDES, 512 p.

109. Dossou-Guedegbe O. V. (2005) : Contribution de l'évaluation environnementale stratégique (EES) à l'aménagement du territoire : cas du plan directeur d'aménagement du plateau d'Abomey-Calavi (République du Bénin). Thèse de Doctorat Unique. Abomey- Calavi, Bénin, 348 p.

110. Dossou-Yovo A. O. (2001) : Contribution à la gestion participative et à l'aménagement des zones inondables à Cotonou, mémoire de DEA, Ecole Doctorale Pluridisciplinaire, université d'Abomey-Calavi, 52 p.

111. Douglas D.J.A., Bryant C. et Joyal A. (1993) : Le développement économique local et la planification stratégique : cours général, projet de formation en développement des collectivités Université de Guelph, Canada, 435 p.

112. Douglas E.M., Vogel R.M. et Kroll C.N. (2000): Trends in floods and low in the United States: impact of spatial correlation. Journal of Hydrology, vol 240, pp 90-105.

113. Douguedroit A. (2005): La « Révolution scientifique » de la climatologie pendant la seconde moitié du XXème siècle : le paradigme de l'état du « système climatique » Annales de l'Association Internationale de Climatologie, soumis.

114. Douguedroit A. (2008) : « Précipitations extrêmes et crues urbaines à Marseille (France), de 1861 à 2007 », Bulletin de la Société géographique de Liège, 51, pp. 105-114.

115. Dovonon E. F. (2008) : Pollution des plans d'eau au Bénin : cas du lac Nokoué. Mémoire de Master II, CIFRED, UAC, 67 p.

116. DPDM/MCOT (2005) : Rapport sur les indicateurs urbains ; Observatoire Urbain Local de Cotonou, 72 p.

117. DPDM/MCOT (2008) : Plan de Développement Communal de Cotonou. Mairie de Cotonou, Bénin, 224 p.

118. DPPC (2009) : Plan de contingence national, Cotonou,Bénin, 96 p.

119. DPPC (2010) : Résumé des communications au cours du colloque de la CEDEAO sur les catastrophes naturelles en Afrique de l'Ouest. Cotonou, Bénin, 63 p.

120. Dubois J., Mitterand H. et Dauzat A. (2001) : Dictionnaire étymologique, Larousse, Paris, France.

121. **Dubois M. et Chaline C. (2002) :** Les risques urbains, Armand Colin, Paris, 99 p.

122. **Dubresson A. et Jaglin S. (2002) :** « La gouvernance urbaine en Afrique subsaharienne », p. 161-170, dans Historiens et Géographes, no°379.

123. **Dziwonou Y. (2000) :** Croissance urbaine et mécanismes fonciers. Contribution à l'établissement d'une géomatique cadastrale : le cas de la ville de Lomé. Thèse de Doctorat d'Etat, Université du Bénin – Lomé, Togo, 580 p.

124. **Elissalde B. (2002) :** « Une géographie des territoires », L'Information géographique, no°3.

125. **Eurydice R. (1991) :** Réconcilier l'eau et la ville par la maîtrise des eaux pluviales, Ed. de STU, Ministère de l'équipement - Paris, 64 p.

126. **Evans J. et Schreider S. (2002):** Hydrological impacts of climate change on inflows to Perth Australia. Climatic change, vol 55, pp 361-393.

127. **Favoreu C. (2000) :** La démarche stratégique dans le management des collectivités territoriales : état des pratiques, pertinence et objectifs. Thèse, Université Paul Cézanne, Aix- Marseille III, IAE, 276 p.

128. **FICR (2010) :** "Les catastrophes dans le monde". Base de données internationales sur les catastrophes OFDA/Centre pour l'étude sur l'épidémiologie des désastres et des situations d'urgence (CRED) de l'Université de Louvain en Belgique; www.credAA.be/emdat. Université catholique de Louvain (Belgique).

129. **Folke C. (2002) :** Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations, Environmental Advisory Council to the Swedish Government, Stockholm, Sweden, 32 p.

130. **Fouchier C. (2010) :** Développement d'une méthodologie pour la connaissance régionale des crues. Thèse pour l'obtention du Docteur de l'Université de Montpellier II, 266 p.

131. **Fourchard, L. (2004) :** L'histoire urbaine en Afrique : une perspective ouest-africaine. In Histoire urbaine, n°9, avril, pp 129-144.

132. **Fraisse Ph. et Tondon Ph. (1986) :** "Construire en zone inondable. Réponses architecturales" Direction Départementale de l'Équipement de Moselle, Metz, 28 p.

133. **Fremont A. (2005) :** Géographie et action. L'aménagement du territoire. Editions Arguments, Paris, France, 230 p.

134. **Fubini A. (2009) :** L'aménagement du territoire par et à travers les projets d'infrastructures. DITER, Polytechnique de Turin, Italie, 20 p.

135. **Gaillard J. C. (2007):** Resilience of traditional societies in facing natural hazards. Disaster Prevention and Management, vol 16, n°4, pp. 522 -544.

136. García C. (2012) : « Concevoir et mettre en place un Système d'Alerte Précoce Intégré plus efficace dans les zones de montagnes : une étude de cas en Italie du Nord », Revue de Géographie Alpine | Journal of Alpine Research [En ligne], 100-1 | 2012, mis en ligne le 16 avril 2012, consulté le 18 mai 2014. URL http://rga.revues.org / 1672 ; DOI : 10.4000/rga.1672.

137. Gaye, A. (2009) : Consultation sous-régionale pour la préparation aux inondations en Afrique de l'Ouest. [En ligne] http://www.sununews.com/ index.php?view=article&catid=45%3Aactualite&id =119%3 A consultation-regionale-pour-la-preparation-aux-inondations-en-afriquede-louest-pour-lannee-2009&format=pdf&option=com_content&Itemid=50 (Page consultée le 12 mars 2010)

138. Gbaguidi B. (1998) : Les inondations à Cotonou : conséquences et approches de solutions. Actes du séminaire Afrique citées à Marraeck (Maroc), 22 p.

139. Gendreau N. (1999) : La méthode Inondabilité ou comment prévenir du risque d'inondation, CEMAGREF-UR hydrologie hydraulique, groupement de Lyon (Pyrénées Orientales). Cahiers du CGGREF, N° 55,2000, pp. 69-81.

140. Gendreau N. et Oberlin G. (1998): "Modélisation de synthèse des crues: modèles hydrologiques en débit-durée fréquence et modèles hydrauliques synthetic modelling of floods" - EAT, N° Spécial risques naturels pp.79-85, Cemagref, Antony.

141. Genesio L., Bacci M., Baron C., Diarra B., Di Vecchia A., Traoré S., Hassane I., Ndiaye M., Philippon N. et Tarchiani V. (2010) : Overview of main challenges for early warning systems for food security in West Africa. Geophysical Research Abstracts 12 (EGU2010-11845-1).

142. GEOPLAN International, SAVALL et Consultants (1998) : Rapport sur le programme d'appui au développement de la capacité en évaluation environnementale au Bénin. Ambassade des Pays Bas, Cotonou, Bénin, 42 p.

143. Georges P. (1970) : Dictionnaire de la géographie. PUF, Paris, France, 448 p.

144. Gidéon R. (2010): Functional organization and population dynamics in the mouse primary auditory cortex", Nature Neuroscience (2010) (Accompanied by a "News and Views" article and cover illustration).

145. GIEC (1996) : Rapport de synthèse, résumé à l'intention des décideurs, 57p

146. GIEC (1998) : Rapport de la Réunion des Experts sur les méthodes de gestion du risque. Toronto, Canada du 30 avril au 1er mai 1998, 68 p.

147. GIEC (2001) : Rapport de synthèse, résumé à l'intention des décideurs, 37p.

148. GIEC (2007a): Observed changes in climat and the their effects. Fourth assement report. Synthesis report, 21 p.

149. GIEC, (2007b): IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, Cambridge, Cambridge University Press, 209 p.

150. GIEC, (2012) : Gestion des extrêmes climatiques et des catastrophes en Afrique : les enseignements du rapport SREX, 170p.

151. GIGG (1983) : Etude du développement urbain de la ville de Cotonou. Rapport de synthèse d'analyse, Cotonou, Bénin, 178 p.

152. GIGG (1984) : Etude du développement urbain de la ville de Cotonou. Schéma de structure, Cotonou, Bénin, 62 p.

153. Gilard O. (1998) : Intégrer le risque dans la démarche urbanistique. L'urbanisme face au risque d'inondation: comment valoriser et gérer les zones urbaines exposées au risque d'inondation? Journée d'information, COURLY, Lyon, 15 Octobre 1997, pp.19- 27

154. Gilard O. (1998) : Les bases techniques de la méthode Inondabilité, édition du Cemagref, 207 p.

155. Gilard O. et Gendreau N. (1998) : Inondabilité : une méthode de prévention raisonnable du risque d'inondation pour une gestion intégrée des bassins versants. Revue des Sciences de l'eau N°3, volume 11, pp 429-444.

156. Gnele E. J. (2010) : Dynamiques de planification urbaine et perspectives de développement durable à Cotonou (République du Bénin). Thèse de Doctorat Unique. Université d'Abomey- Calavi, Bénin, 294 p.

157. Gnimagnon N. (2007) : L'inondation en milieu urbain en Afrique tropicale humide : l'exemple de Cotonou dans le golfe de Guinée. Cahiers de géographie du Québec, vol. 2, no 4, pp. 201-228.

158. Gollier C. (2002) : L'interaction entre le risque et le temps, in Les perspectives de la théorie du risque, Revue Risques n°49, pp 125-145.

159. Gralepois M. (2010) : La gestion territoriale des risques urbains, Chapitre 7, pp 604-608, Banque mondiale : Washington,USA.

160. Grasland C. (2011) : Les mots de la géographie: Limites, discontinuités, gradients : autour du concept de région homogène. Université Paris VII / UFR GHSS - Géographie / Licence 1e année / 1er Semestre

161. Graz E. (1999) : « Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse », Revue de géographie alpine, Grenoble, tome 82, n°4, pp. 87-96.

162. Griffen M. (2006) : Evaluations économiques de la réduction du risque d'inondation. La houille blanche, n°3, pp. 96-101.

163. Guilcher A. (1959) : La région côtière du bas-Dahomey occidental. Bull. IFAN, XXI (3/4), pp. 357-424.

164. Guitchan W. F. T. (2006) : Lutte contre les inondations dans la ville de Cotonou à partir de l'aménagement des zones basses, du lac Nokoué et du chenal de Cotonou. Mémoire de DIT ; 144 p.

165. Hirtz E. (1992) : Le ruissellement urbain à Porto-Novo : causes et impacts. Mémoire de maîtrise de Géographie, DGAT, FLASH, UNB, 90 p

166. Hostache R. (2006) : Analyse d'images satellitaires d'inondations pour la caractérisation tridimensionnelle de l'alea et l'aide à la modélisation hydraulique. Thèse de doctorat, *École Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts, CEMAGREF,* ENGREF, Montpellier-France, 256 p.

167. Houéto W. (2009) : Gestion du péril hydro-fécal à Cotonou. Projet eau, hygiène et assainissement de Cotonou - UNICEF, Cotonou, Bénin, 14 p.

168. Houndagba C. J. (1990) : Analyse d'un paysage de vallée, le cours inférieur de l'Ouémé (Bénin). In : La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest. Edité par Richard, J.F., Dakar, pp 239-251.

169. Houndagba C. J., Akoegninou A., Dannon G., et Zannou G., (2007) : Etude de la dynamique des petits bassins lacustres du Sud-Bénin : Cas des lacs Hlan et Sélé. Revue N°3 du LaRBE : Science de l'environnement, Presse de l'UL, pp 199-213.

170. Houndagba C. J., Tchibozo F. C., Bonou C., Hessou C., Dossouhoui F. (2003) : Les espaces sensibles à protéger et les zones d'aménagement concerté face aux enjeux environnementaux. Rapport final d'étude, LABEE/DGAT/FLASH/UAC, 69 p.

171. Houndakinou R. (2005) : Fréquence des événements pluvieux extrêmes et leurs impacts environnementaux dans la ville de Cotonou. Mémoire de DEA, UAC. 60 p.

172. Houndenou C. (1999) : Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide, diagnostic et modélisation : L'exemple du Bénin. Thèse de Doctorat Unique. Université de Bourgogne. Dijon, 341 p.

173. Houndénou C. (2011) : Changements climatiques et inondations au Bénin. Communications au cours du séminaire sur l'institutionnalisation de la Plate-Forme Nationale de réduction de risques de Catastrophes, Cotonou, 10 p.

174. Houssou C. S. (1998) : Les bioclimats humains de l'Atacora et leurs implications socio-économiques dans le Nord-Ouest du Bénin. Thèse de Doctorat de géographie. UMR 5080, CNRS «climatologie de l'Espace Tropical », Université de Bourgogne, Centre de Recherche de Climatologie, Dijon, 336 p.

175. Hubert G. et Ledoux B. (2004) : Le coût du risque… L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations, Paris, Presses de l'ENPC, pp. 123-127.

176. **Hubert G. et Ledoux B. (1999) :** Le coût du risque… L'évaluation des impacts socioéconomiques des inondations, Paris, Presses de l'ENPC, pp 122-155.

177. **Hubert G. et Pottier N. (2006) :** L'évaluation de la politique réglementaire, in Laganier R. (Ed), Territoires, inondations et figures du risque : la prévention au prisme de l'évaluation, l'Hartmattan, pp 41-66.

178. **Hulme M. (2001):** Climatic perspectives on Sahelian desiccation: 1973-1998. Global Environmental Change, vol. 11, pp. 19-29.

179. **Igue J. (2005) :** Economie béninoise et stratégies d'aménagement du territoire, DAT/LARES, Cotonou, Bénin, 76 p.

180. **Initiative pour une Afrique Solidaire (I.A.S.), (1998) :** Les inondations au Bénin : conséquences socio-économiques et sanitaires. Rapport de journée de réflexion, 53 p.

181. **INSAE, (1992) :** Recensement Général de la Population et de l'Habitation au Bénin, 98p.

182. **INSAE, (1996) :** Enquête démographique et de santé. MPREPE - Bureau central du recensement, 317 p.

183. **INSAE, (1999) :** Tableau de bord social : Profil social et indicateurs du développement humain. Projet BEN/96/001/PRCIG, Cotonou, Bénin, 163 p.

184. **INSAE, (2002) :** Analyse des résultats du RGPH 3 (Tome 1) : Répartition spatiale, structure par sexe et âge et migration de la population au Bénin, Cotonou, Bénin, 113 p.

185. **INSAE, (2004) :** Cahier des villages et quartiers de ville : Département de l'Atlantique. Recensement Général de la Population et de l'Habitat Rapport, 38p

186. **INSAE (2013) :** Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH4). Résultats provisoires, Direction des Etudes Démographiques, 108 p.

187. **IPCC, (2001) :** Incidences de l'évolution du climat dans les régions : Rapport spécial sur l'Evaluation de la vulnérabilité en Afrique, Island Press, Washington. 53 p.

188. **IPCC, (2007):** Climate change: impacts, adaptation and vulnerability, summary for policy makers and technical summary for working group report. Genève, 189 p

189. **Iris J. (2009) :** « Contribution de la méthodologie et de la technologie géodécisionnelle pour l'aide à l'évaluation des risques naturels dans le secteur de l'assurance en France », Thèse de Doctorat de l'Ecole des Mines de Paris.

190. **Jaglin S. (1995) :** "La gestion urbaine en archipels en Afrique australe", Les annales de la recherche urbaine, nos°80-81, pp. 27-34.

191. Jonhson D. (2009) : Approche de lutte contre les inondations dans la ville : efficacité et limites. Communication au cours du II ème colloque de l'UAC, 12 p.

192. Kamal A. et Iman H. (1990) : La lutte contre les inondations. Rapport d'étude, 73p.http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/8237/ MURS_1990_19-20_61.pdf consulté le 25 décembre 2012.

193. Kane K. N. (2007) : Analyse de la gestion des inondations dans la région de Dakar. Mémoire de DEA en sciences économiques, Université Cheik Anta Diop, Sénégal, 105 p.

194. Kelome N. C. (2006) : Identification et évaluation de pollutions dans les zones urbaines et péri-urbaines de l'Afrique de l'ouest : exemple de l'agglomération de Cotonou, domaine margino-littoral du sud-Bénin. Thèse de Doctorat unique, Université de Bourgogne, 310 p.

195. Klassou S. D. (1996) : Evolution climato-hydrologique récente et conséquences sur l'environnement : l'exemple du basin versant du fleuve Mono (Togo-Bénin). Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux III, 472 p.

196. Koutchika B. (2010) : Impact de l'occupation des marécages sur l'état de santé, les écosystèmes et des populations dans l'arrondissement de Godomey : Cas des villages de Cocotomey, de Dèkoungbé et de Togbin. Mémoire de Maîtrise en Géographie FLASH UAC 85 p.

197. Kouton A. (2010) : Inondation dans la ville de Cotonou : Changements climatiques et inondations dans la ville de Cotonou : diagnostic et analyse prospective. Mémoire de maîtrise, DGAT/FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 70 p.

198. Kpwang Abessolo, F. (1994) : La gestion des catastrophes et crises environnementales dans les villes africaines. Mémoire de Master 2, Gestion de l'Environnement. Université Senghor d'Alexandrie, 90 p.

199. LACEEDE, (2010) : Changements climatiques et inondations dans le Grand Cotonou : situation de base et analyse prospective. Rapport final, Projet de Protection de la Communauté Urbaine de Grand Cotonou face aux Changements Climatiques (PCUG3C), CREDEL ONG, programme ACCA du CRDI, juin. 104 p.

200. Lagadec P. (2008) : La fin du risque zéro. Revue : ZENON, n°2 pp 51-58 Ed Milan.Fr

201. Laganier R. et Scarwell H.J. (2003) : « Risques hydrologiques et territoires », Questions de Géographie : les Risques, ouvrage collectif coordonné par MORINIAUX V., Editions du Temps, Questions de Géographie, pp. 106-137.

202. Laganier, R. et Scrawell, H.J. (2004) : Risque d'inondation et aménagement durable des territoires. Presses Universitaires du Septentrion, 226 p.

203. **Lalo A. et Chocat B. (1987) :** Vers une stratégie globale d'aménagement du bassin versant de l'Yzeron : rapport hydrologique préliminaire, rapport GRAIE, Lyon, 78 p.

204. **Lamarre D. (2008) :** *Climat et risques, changements d'approches*, Paris, Lavoisier, 170 p. », *Cybergeo : European Journal of Geography*[En ligne], Revue de livres, mis en ligne le 02 avril 2009, consulté le 17 mai 2014. URL : http://cybergeo.revues.org/22149

205. **Lang J., Paradis G., et Oyede M. L. (1988) :** Le quaternaire margino- littoral du Bénin (Golfe de Guinée, Afrique de l'ouest) ; âge holocène et origine marine des « Sables jaunes. Journal of African Earth Sciences, pp. 829-855.

206. **Larrue C. et Eybalin M. (1999) :** Evaluation environnementale préalable des contrats du plan Etat-Région et documents uniques de programmation (2000-2006). MATE, Paris, 70 p.

207. **Lassissi S. A. (2006) :** Comprendre le foncier béninois. CNPMS, Porto-Novo, Bénin, 450 p.

208. **Lawin A. E. Afouda A. et Lebel T. (2011) :** Analyse de la Variabilité du Régime Pluviométrique dans la Région Agricole d'Ina au Bénin. European Journal of Scientific Research, ISSN 1450-216X Vol.50 No.3 (2011), pp.425- http://www.eurojournals.com/ejsr.htm

209. **Lay M. and S. Galle, (2005):** "Variabilité interannuelle et intra-saisonnière des pluies aux échelles hydrologiques. La mousson ouest-africaine en climat soudanien". Journal des Sciences Hydrologiques 50, pp. 509-524.

210. **Lazarus R.S. et Folkman S. (1986) :** Appraisal, coping, heath status and psychological symptoms, journal of Personality and Social Psychology, 3, pp 571-579

211. **Lebel L. (2006):** Governance and the Capacity to Manage Resilience in Regional Social-Ecological Systems. Ecology and Society 11(1): 1-19 p.

212. **Ledoux B. (2006) :** « La gestion du risque inondation », Edition TEC et DOC, 54 p

213. **Ledoux B. (1995)** : Les catastrophes naturelles en France, Document Payot, 25 p.

214. **LEDUR, (2010) :** Inondations dans le Grand Cotonou : facteurs humains, vulnérabilité des populations, et stratégies de lutte et de gestion. Rapport final, Projet de Protection de la Communauté Urbaine de Grand Cotonou face aux Changements Climatiques (PCUG3C), CREDEL ONG, programme ACCA du CRDI, 18 juin, 60 p.

215. **Lefort E. (2004) :** Évaluation des vulnérabilités aux inondations dans le cadre de la gestion opérationnelle des risques et du développement local (application au bassin versant de l'Orge aval). Mémoire de DEA Sciences et Techniques de l'Environnement, ENPC-ENGREF-UPVM, 43 p. plus annexes.

216. Leone F., Aste J.P. et Leroi E. (1996) : « L'évaluation de la vulnérabilité aux mouvements de terrain », Revue de géographie alpine, Grenoble, tome 84, n°1, pp. 35-46.

217. Lhomme S., SERRE D., Diab Y. et Laganier R. (2010) : Les réseaux techniques face aux inondations ou comment définir des indicateurs de performance de ces réseaux pour évaluer la résilience urbaine, Journal des Sciences Hydrologiques 50, pp. 529-554.

218. Loat, E. et Petrascheck. C. (1997) : Prise en compte des dangers dus aux crues dans le cadre des activités, de l'aménagement du territoire. Recommandations, Bienne: Office fédéral de l'économie des eaux (OFEE), Office fédéral de l'aménagement du territoire (OFA1), Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), 243 p.

219. Maarleveld M. et Dangbegnon C. (1999): Managing natural resources: a social learning perspective. Agriculture and Human Values 16: 267–280.

220. MAEP, (2000) : Schéma directeur du développement agricole et rural. Volume 2, Stratégies sous sectorielles, Cotonou, Bénin 171 p.

221. Magaia P. (2011): Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century, *Journal des Sciences Hydrologiques* 52, pp. 501-510.

222. Mahe G., Leduc C., Amani A., Paturel J. E., Girard S., Servat E. et Dezetter A. (2003) : Augmentation récente du ruissellement de surface en région soudano-sahélienne et impact sur les ressources en eau. Revue Hydrology of the Mediterranean and Semiarid Regions (ed. by E. Servat. W. Najem, C. Leduc, & S. Ahmed) (Proc. Montpellier conf. 1-4 April 2003), p215-p222. IAHS Publ. N°278.

223. Mairie de Cotonou, (2008) : Rapport du séminaire sur les inondations dans la ville de Cotonou. 46 p.

224. Makpenon M. (2008) : Intercommunalité : Un outil de développement des collectivités locales, 6 p. Communications lors du lancement du projet PAACO.

225. Malaval P. (2005) : Protection de la nature ou colonisation de l'espace rural : la jaune et la rouge de 1995. Environnement et aménagement, 4 p.

226. Malikir (1993) : Etude hydrogéologique du littoral béninois dans la région de Cotonou (A.O.) Thèse de Doctoral de 3eme cycle. Version provisoire UCAD, Dakar, Sénégal I62 p + Annexes.

227. Mazet P. (2000) : Aménagement du territoire, A. Colin, 181p.

228. Mbow P. (2010) : Planification urbaine et écologie. Paris, 70 p.

229. Mckee T., Doesken J. et Kleist J. (1993): The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference

of Applied Climatology, 17-22 January 1993, Anaheim, CA. American Meterological Society, 179-184.

230. MEHU, (2000) : Inventaire et diagnostic pour la préparation du schéma directeur d'aménagement du littoral : Livre blanc. Cotonou, Bénin, 171 p.

231. MEHU/ABE, (1999) : Loi-cadre sur l'Environnement en République du Bénin. Cotonou, Bénin, 30 p.

232. MEHU/ABE, (2004) : Guide d'évaluation environnementale stratégique des plans de développement communaux. Comment construire un cadre d'analyse des effets environnementaux des projets de territoire dans une perspective de développement durable, Collection ABE, 67 p.

233. MEHU/DUA, (2006) : Revue du secteur urbain au Bénin. Etudes préparatoires, Volets Socio-économie - Infrastructures et équipements et Rapports de synthèses. Cotonou, Bénin, 269 p.

234. Merlin P. (1962) : L'aménagement de la région parisienne et les villes nouvelles. La documentation française, Paris, 212 p.

235. Merlin P. (1993) : L'urbanisme. PUF, Que Sais-Je. Paris, 128 p.

236. Merlin P. (2002) : L'aménagement du territoire. PUF, Paris, France, 448 p.

237. Merlin P. et Choay F. (1988) : Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement. PUF, Paris, 744 p.

238. MET, (1987) : Plans directeurs d'urbanisme ; Notes de présentation : Porto-Novo, Abomey, Bohicon, Lokossa, Parakou, Natitingou, Djougou, Cotonou, Bénin, 61 p.

239. Metzger P. (1994) : Contribution à une problématique de l'environnement urbain. Cah. Sci. Hum. 30 (4) pp. 595-619.

240. Metzger R. (2003) : Modélisation des inondations par approche déterministe et stochastique avec prise en compte des incertitudes topographiques pour la gestion des risques liées aux crues. Thèse de doctorat de l'Université Polytechnique de Lausanne (Suisse), 177 p.

241. Milbert I. (1992) : Réglementer la croissance ou définir le développement des villes indiennes In, Annales de la Recherche Urbaine, n° 51, 63 p.

242. Ministère de L'Ecologie et du Développement Durable (MEDD), (2002) : Plans de prévention des risques naturels (PPR). Risques d'inondation, Guide méthodologique, Paris, La Documentation Française, 124 p.

243. MISD, (2001) : Atlas monographique des communes du Bénin. DED/CIDCL, Cotonou, Bénin, pp. 1-16.

244. Mitlin D. et Satterthwaite D. (1994) : Les villes et le développement durable, Documentation de base. Global Forum 94, Manchester, 24-28 juin.

245. **Moderne F. et Charles H. (1992) :** Code de l'urbanisme. 7ème Edition Dolloz-Sirey, Paris, 1139 p.

246. **Monirul M., Mirza Q., Warrick R. A. et Ericksen N. J. (2003):** The implications of climate change on floods on the Ganges, Brahmaputra and Meghna Rivers in Bangladesh. Journal of climatic change, vol 57, pp 287-318.

247. **Montfraix B. (2011) :** Etude de vulnérabilité aux changements climatiques, évaluation qualitative, Comores. Rapport d'étude, Commission de l'Océan Indien, 83 p.

248. **Morel A. (1996) :** L'assainissement des eaux pluviales en milieu urbain tropical subsaharien, Dossiers techniques, Abidjan, Côte-d'Ivoire, 167 p.

249. **MTTPU/DUA/Espace 2020 Scp, (2007) :** Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme du Grand Cotonou – Communes de Cotonou, Porto-Novo, Abomey-Calavi, Sèmè Podji et Ouidah. Cotonou, Bénin, 60 p.

250. **Muzik I. (2001) :** Sensitivity of hydrologic systems to climate change. Canadian Water Resource journal, 26, p. 233-252

251. **N'Bessa B. (1979) :** Les fonctions urbaines de Cotonou. Thèse de Doctorat de 3è cycle Université de Bordeaux III, 290 p.

252. **N'Bessa B. (1997) :** Porto-Novo et Cotonou (Bénin) : Origine et évolution d'un doublet urbain. Thèse de Doctorat d'Etat es Lettres, Bordeaux- Talence, 456p.

253. **N'Bessa B. (1999) :** Environnement urbain et santé publique. Document technique, pp 18 - 23.

254. **N'Bessa B. (2008) :** Causes et Manifestations des inondations dans la ville de Cotonou. Communications au cours du séminaire sur le programme "3CI" à Cotonou, 17 p.

255. **Noiville C., (2003) :** Du bon gouvernement des risques, Les voies du Droit, PUF, Paris.

256. **Nyassogbo G. K. (2005) :** Repenser le développement africain : au-delà de l'impasse, les alternatives. Accumulation d'ordures ménagères et dégradation de l'environnement urbain. Quelques pistes pour une viabilité environnementale dans le processus de développement africain, Communication, 11ème Assemblée générale du CODESRIA, 6-10 déc. 2005, 19 p.

257. **OCHA, (2006) :** Les crises et catastrophes naturelles en Afrique. Rapporte d'étude Genèse, 182 p.

258. **OCHA, (2007):** Disaster Risk Trends. Quarter 3, 2007, 18 p.

259. **OCHA, (2009) :** Rapport sur les inondations en Afrique de l'Ouest, Pray, 91p

260. **Ogouwalé E. (2006) :** Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire. Thèse unique de doctorat de l'UAC, 302p.

261. **Ogouwale E. (2005) :** Inondation dans la ville de Togoudo sur le plateau d'Abomey-Calavi : manifestations, incidences et adaptations humaines. In Actes de colloque de l'AIC, pp 125-128.

262. **Ogouwalé E., Yabi I. et Boko M. (2003) :** Mise en évidence d'un changement dans la variabilité pluviométrique au Bénin. In Publications de l'AIC, 15, 205-208.

263. **Okou C. (1989) :** L'urbanisation face aux systèmes naturels : le cas de Cotonou. Cahier d'Outre-Mer. XLII, 168, pp 425-438.

264. **Okou C. (2000) :** La problématique de l'unité communautaire de développement dans les rapports à la gestion et à l'aménagement participatif des terroirs au Bénin, CRESDA-Info, Bénin, 16 p.

265. **Oloukoï J. (2012) :** Utilité de la télédétection et des systèmes d'information géographique à / dans l'étude de la dynamique spatiale de l'occupation des terres au centre du Bénin. Thèse de doctorat unique de géographie, EDP/FLASH/UAC, 307 p + annexe.

266. **OMM, (2006) :** Gestion intégrée des crues: aspects sociaux et participation des parties prenantes. APFM, politiques de gestion des crues. 106 P

267. **OMS, OPS, UNISDR (2011) :** Campagne mondiale pour la prévention des catastrophes « Des hôpitaux à l'abri des catastrophes ». www.safehospitals.info.

268. **Onana V. P. (2003) :** Etude de la dynamique urbaine à l'aide des images de télédétection multitemporelles et multisources : ERS & ENVISAT et SPOT : Application à l'évaluation des risques encourus par les populations en période d'inondation. Xèmes Journées Scientifiques du Réseau Télédétection de l'AUF : Les aménagements fonciers, le développement urbain, 9p

269. **ONU HABITAT, (1986) :** Participation Communautaire à l'assainissement à faible coût. Centre des Nations Unies pour les établissements humains (Habitat), Nairobi, 85 p.

270. **ONU, (1995) :** Villes et environnement, Division de la population, World Urbanization Prospects, ONU, New York, 38 p.

271. **ONU-HABITAT, (2009):** Planning Sustainable Cities: Global Report on Human Settlements 2009, Earthscan, London and Sterling, VA.

272. **Organisation des Nations Unies pour la coordination des affaires humanitaires OCHA (2009)** : Bulletin d'information, ctobre 2009. [En ligne] http://reliefweb.int/rw/RWFiles2009.nsf /FilesByRWDocUnidFilename/ ASAZ- 7XNE67-rapport_complet.pdf/$File / rapport_complet.pdf (Page consultée le 27 janvier 2010)

273. Organisation des Nations Unies, (2012) : Développement durable: résilience aux catastrophes, Rapport de synthèse, p 12.

274. Osman-Elasha, B. (2009) : Impacts des changements climatiques, adaptation et lien avec le développement durable en Afrique. [En ligne] http://www.fao.org/docrep/011/i0670f/i0670f03.htm (Page consultée le 28 avril 2010)

275. Oufella O. et Toabia B. (2005) : « Contribution à la cartographie des zones vulnérables aux inondations : Application de la méthode inondabilité ; Cas de la ville de Sidi Bel Abbes », Revue Semestrielle Scientifique et Technique, Journal de l'Eau et de l'environnement-ENSH Blida.

276. Oyede L. M. (1983) : Un exemple de sédimentation biodétritique quaternaire dans le domaine margino-littoral en climat tropical humide : le lac Ahémé (Bénin-Afrique de l'ouest), Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Université Nationale du Bénin-Université de Bourgogne, Dijon, 171 p.

277. Oyede L. M. (1991) : Dynamique sédimentaire actuelle et messages enregistrés dans les séquences quaternaires et néogènes du domaine margino-littoral du Bénin (Afrique de l'ouest). Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Bourgogne, 302 p.

278. Ozer P. et Cressman K. (2000) : Return period analysis of the daily rainfall in West Africa within the scope of the Météo-France daily rainfall database import into SWARMS. FAO, AGPP, DLIS, Rome, 7 p.

279. Palom A. R. (1994) : La géographie française et le risque d'inondation : de la géographie physique à la géographie humaine. Cahiers de géographie du Québec, vol. 15, no 38, pp. 7-20.

280. PANA, (2006) : Etude relative à l'identification des activités prioritaires d'adaptation et d'élaboration des fiches de projet : 1ère partie. Rapport provisoire, Cotonou, 52 p.

281. Panagoulia D., Dimou G. (1997): Sensitivity of floood events to global climate change. Journal of Hydrology vol 191, pp 208-222.

282. Parker D. (1999): Warning and response systems in the European Union. Water Resource Management, pp. 279-302.

283. Paulais T. (1998) : le marché dans la ville d'Afrique noire, In : Les Annales de la recherche urbaine n°80-81, pp 40

284. PDM, (2001) : Aménagement du territoire, intégration régionale et décentralisation, Compte rendu des débats de l'atelier de Cotonou.

285. PDM, (2004) : Le renouveau des politiques d'aménagement du territoire en Afrique de l'Ouest et du Centre ; Revue UEMOA, Club Sahel, 6 p.

286. Peerbolte B. et Penning-Roswell E. (1994): Concepts, policies and research. In Penning-Rosmell E, Fordam M (eds) Floods across Europe.

Flood Hazard assessement, modeling and management. Middlesex University Press, pp 1-17.

287. Pelling M. (2003): The vulnerabilities of cities: Natural Disasters and Social Resilience, Londres, Earthscan, 256p.

288. Penning-R. E. et Chatterton J. (1977): The benefits of flood alleviation – A manual of assessment techniques, Gower technical press, 297p.

289. Penning-R. E., (1994): Flood vulnerability analysis and climate change: Towards and European methodology Insaul, A.J. Roods and rood management. CRES working paper 1986/6.

290. Pielke R. A. J., Downton W. (2000): Precipitation and damaging floods. Trends in the United States, 1932-97, Journal of climate, vol 13, pp3625-3637.

291. Pinheiro N. (2010) : Inondation dans la ville de Cotonou : stratégies d'adaptation communautaires et institutionnelles. Mémoire de maîtrise, DGAT/FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 78p.

292. PNUD, (2000) : Etudes Nationales de Perspectives à Long Terme (Bénin 2025) : Alafia ; PRCIG/NLTPS/BEN ; Cotonou, Bénin, 235 p.

293. PNUD, (2001) : Rapport mondial sur le développement humain : Mettre les nouvelles technologies au service du développement humain. De Boeck Université - Paris et Bruxelles, 264 p.

294. PNUD, (2006) : Stratégie pour l'atteinte de l'objectif n°7des OMD au Bénin; Version définitive 41p.

295. Pottier N. (2003) : La lutte contre les inondations en France : outils et stratégies d'hier à demain. Les risques, éditions du Temps, collection Géographie, pp.173-204.

296. Pourtier R. (1992) : Regards, échelles, lieux : un point de vue de géographe. Afrique Contemporaine, pp. 13-18.

297. Pourtier R. (2003) : « La régionalisation en Afrique de l'Ouest : approches spatiales », in L'Afrique de l'Ouest dans la compétition mondiale, pp. 13-32, Karthala.

298. Pretty J. and Buck L.E. (2002): Social capital and social learning in the process of natural resource management. In: C.B. Barrett, F. Place and A.A. Aboud (eds.) Natural Resources Management in African Agriculture. Nairobi: ICRAF and CABI Publishing.

299. Ramade F. (1982) : Eléments d'écologie, écologie appliquée, action de l'homme sur la biosphère, édition MC Graw-Hill. Paris 452 p.

300. Reliant C. et Hubert G. (2004) : « Politique de prévention des risques d'inondation et expertises socio-économiques : exemple de l'Angleterre »,

Rapport final d'un Programme de Recherche "Risque Inondation 2", Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable-France, 104 p.

301. Retaille D. (1998) : « Fantasmes et parcours africains », L'Information Géographique, réédité dans L'Information Géographique, Hors série n°1, septembre 2003, pp. 25-43.

302. Reveret J. P. (1990) : La mesure économique des bénéfices et des dommages environnementaux. Groupe de recherche et d'analyse interdisciplinaire en gestion de l'environnement (GRAIGE). UQAM, Ministère de l'Environnement du Québec, 219 p.

303. Reynard N.S., Prudhomme C., et Crooks S.M. (2001): The floods characteristics of large U.K. rivers: Potential effects of changing climate and use. Journal of climatic change, vol 48, pp 343-359.

304. Reysset P. (1997) : "Transformer la contrainte hydrologique en parti d'aménagement et de préservation de la qualité des eaux. Le point de vue de l'aménageur" in Actes du colloque "Eaux dans la ville", AGHTM - GARIH - SHF, Bordeaux, 13 et 14 mars, pp. 147-156.

305. Richardson N. (1989) : Villes viables, cité Maclaren V. W, 1993 « pour un développement urbain durable au Canada » : la mise en œuvre du concept, volume I : Bilan, 52p

306. Rist G. (1996) : Le développement : histoire et croyance occidentale, Presses de Sciences Po, Paris, 96 p.

307. Robert E. R. (1995) : Administration policy paper - Natural disaster insurance and related issues, Federal emergency management agency and department of the Treasury, Washington, D.C.

308. Roggeri H. (1995) : Zones humides tropicales d'eau douce : Guide des connaissances actuelles et de la gestion durable ; Université de Leiden, Kluwer academic publishers, 259 p.

309. Roose E. (1977) : Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. 20 années de mesures en petites parcelles expérimentales, travaux et document l'ORSTOM, Paris, 78 p.

310. Rousseau D. et Vauzeilles G. (1995) : L'aménagement urbain, PUF, QSJ, 2è Ed. Paris, France, 128 p.

311. Rufat S. (2012) : « Existe-t-il une mauvaise résilience ? », In Résiliences Urbaines, Les villes face aux catastrophes, Djament-Tran G., Reghezza-Zitt M. (eds), Éditions du Manuscrit, Fronts pionniers, pp. 195-242.

312. SAH, (2004) : Etalement urbain dans le sud-ouest messin. Rapport d'étude, CETE/RSTE de l'Est, Metz, 85 p.

313. Sall A. (1997) : Inondation à Cotonou : aspects socio-sanitaires du phénomène, IRSP, Cotonou, 53 p.

314. Satterthwaite D. (1993): Health ant environmental problems in the cities of developing countries. In Population distribution and migration, Travaux de la réunion d'experts de l'ONU sur la distribution de la population et la migration, Santa Cruz, 183 p.

315. Satterthwaite D. (2007) : The Transition to a Predominantly Urban World and its Underpinnings, Document d'analyse sur les établissements humains, Institut international pour l'environnement et le développement (IIED), Londres, 202p.

316. Sazonov B. (1992) : Nouveaux concepts pour la gestion urbaine à Moscou, le jeu de l'action territoriale. Annales de la Recherche Urbaine, n° 51. Pp 51-63.

317. Scarwell H.- J. et Laganier R. (2004) : Risque d'inondation et aménagement durable des territoires. Lille, Septentrion, 239 pages

318. Schueler T. (1987) : Controlling urban runoff: a practical manual for planning and designing urban BMPs. Department of Environmental Programs. Metropolitan Washington Council of Governments, Washington, DC.

319. Schwartz D. (1995) : Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. 4è édition, Editions médicales, Flammarion, Paris, 314 pages.

320. Scrarewell H. (2004) : Risque d'inondation et aménagement durable des territoires, coll. Environnement et société, PUS, France 239 p

321. Sene S. et Ozer P. (2002) : Evolution pluviométrique et relation inondations – événements pluvieux au Sénégal. Bulletin de la Société géographique de Liège, 42, pp 27-33

322. SERHAU-SA et ACT Consultants, (1996) : Etude de l'aménagement du plateau d'Abomey-Calavi et la planification des extensions de Cotonou et de Porto-Novo. Fascicules B. Plan Directeur d'Aménagement du Plateau d'Abomey-Calavi et programmation des actions, Cotonou, Bénin, 112 p.

323. SERHAU-SA, (1995) : Revue permanente du secteur urbain au Bénin. 1ère Edition, Planurba, Cotonou, Bénin, 160 p.

324. SERHAU-SA, (1999) : Recueil des textes principaux en matière de droit domanial, de droit de l'Urbanisme et de droit foncier, Cotonou, Bénin, 451 p.

325. SERHAU-SA, (2000) : Revue permanente du secteur urbain au Bénin. 2ème Edition, IIP, Cotonou, Bénin, 235 p.

326. SERHAU-SA, (2004) : Projet de gestion urbaine décentralisée (PGUD). Actes de l'atelier de formation à la gestion urbaine, Cotonou, 221 p.

327. SERHAU-SA/CDS-COT, (2007) : Stratégie de Développement Urbain de l'Agglomération de Cotonou, Abomey Calavi et Sèmè-Kpodji. Rapport d'étude. 144 p.

328. **SIPC/ONU, (2007) :** Documents de stratégie pour la prévention et la gestion des crises et catastrophes dans le monde. Genève, 145 p.

329. **Slansky M. (1959) :** Contribution à l'étude géologique du bassin sédimentaire côte du Dahomey et du Togo. Thèse Université Nancy, série 59, n°165,170 p.

330. **Slansky M. (1962) :** Contribution à l'étude du bassin sédimentaire côtier du Dahomey et du Togo. 11. BRGM, Paris, 270 p.

331. **SNC-Lavalin, (1994) :** Etude d'assainissement des villes de Cotonou et de Porto-Novo : Etude d'impact environnemental. Cotonou, Bénin, 117 p.

332. **SOGREAH/SCET (1997) :** Etude de la stratégie nationale de gestion des ressources en eau du Bénin. Rapport R3 : Diagnostic de la gestion des ressources en eau, Cotonou, 95 p.

333. **Sohou A. (2010) :** Communication à l'occasion de la journée internationale de protection civile, 10 p.

334. **Sossou C. (2004) :** Etude d'évaluation de l'application du plan d'aménagement de référence du plateau d'Abomey-Calavi, Bénin, 25 p.

335. **Sotindjo S. (1995) :** Cotonou, l'explosion d'une capitale économique (1945-1985).Thèse de Doctorat d'Etat d'histoire. Tome 1&2, Université Paris 7,473 p.

336. **Soton A. (1995) :** Analyse des indicateurs de santé environnementale pour une prise de décision. Etude de cas à Cotonou pour l'OMS, 49 p.

337. **Sournia G. (2003) :** « Aménagement du territoire et stratégie du développement en Côte d'Ivoire », L'Information Géographique, p. 124-129.

338. **UNISDR, (2007) :** Cadre d'action de Hyogo pour 2005-2015 : Pour des nations et des collectivités résilientes face aux catastrophes. 6 p. [En ligne] http://www.unisdr.org/eng/hfa/docs/HFA-brochure-French.pdf (Page consultée le 14 mai 2010)

339. **Stren R. et Polese M. (2000):** Understanding the new sociocultural dynamics of cities: comparative urban policy in a global context. In, Polèse, M et Stren, R. (éd.), The social sustainability of cities: diversity and the management of change. Toronto: Presses de l'Université de Toronto.

340. **Système des Nations Unies, (2009) :** Rapport sur les inondations de 2009 au Bénin. Cotonou, 92 p.

341. **Système des Nations Unies, (2011) :** Rapport d'Evaluation des Besoins Post Catastrophes des Inondations de 2010 au Bénin. Préparé par le Gouvernement de la République du Bénin avec l'appui de la Banque Mondiale, 83 p.

342. **Tabutin D. (2004) :** Techniques de projection démographiques. Université Libre de Bruxelles, 109p.

343. Tchotsoua, M., Fotsing, J.M. et Moussa, A. (2007) : Evaluation des risques d'inondation dans la vallée de la Bénoué en aval du barrage de Lagdo (Cameroun). Rapport d'étude, 9 p.

344. Texier R. (1980) : Les ressources en eaux superficielles du Bénin, Cotonou, 345 p.

345. Theys J. (2002) : L'approche territoriale du " développement durable ", condition d'une prise en compte de sa dimension sociale. Publié le 23 / 09 / 2002 ; site de la revue électronique Développement Durable et Territoires, www.revue-ddt.org/dossier001/D001_A05.htm

346. Theys J. et Emelianoff C. (2001) : Les contradictions de la ville durable. In Le Débat, n°113, pp. 122-135.

347. Theys J. et Fabiani J-L. (1987) : La Société Vulnérable, Presse de l'ENS, Paris, 192 p.

348. Thibault S. (1985) : Les réseaux techniques urbains face à l'écologie urbaine, Tours, 12 p.

349. Thouret J-C. et Ercole R. (2009) : Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales. Revue en ligne Alexandre Magnan, « Proposition d'une trame de recherche pour appréhender la capacité d'adaptation au changement climatique », VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 9 Numéro 3. [En ligne]. URL : http://vertigo.revues.org/9189.

350. Tobin G. et Montz B. (1997): Natural hazards: explanation and integration. New York: Guilford.

351. Toko I. (2008) : Etude de la variabilité spatiale de la biomasse herbacée, de la phénologie et de la structure de la végétation le long des toposéquences du bassin supérieur du fleuve Ouémé au Bénin. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 241 p.

352. Torres E. (2000) : Adapter localement la problématique du développement durable : rationalité procédurale et démarche qualité in ZUINDEAU B. (dir.), Développement durable et territoire, Presses universitaires du Septentrion, Paris, 56 p.

353. Torry J. (1979) : Évolution du lit du Guil au cours de la crue de juin 1957, en aval de Ristolas. Compte rendu de Benoît Robitaille. Cahiers de géographie de Québec, vol. 5, no 10, pp. 294-295.

354. Torterotot J-P. (1993) : Le coût des dommages dus aux inondations: estimation et analyse des incertitudes. Vol. 1, Thèse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 283 p.

355. Totin V. S. H. et Kane Ch. (2013) : Systèmes d'alerte et produits de vigilance face aux risques de catastrophes hydrométéorologiques en Afrique

subsaharienne. Actes du XXVIème colloque de l'Association Internationale de Climatologie, pp 26-28.

356. Tractebel D. E. (2002) : Etude sur la qualité de l'air en milieu urbain : Cas de Cotonou. MEHU, Cotonou, Bénin, 112 p.

357. Tyler M. E. (2000): The ecological restructuring of urban form. In, Canadian Cities in Transition. 2è Edition. (Ed.) Bunting, T. et Filion, P. Toronto : Oxford University Press.

358. UEMOA, (2003) : Document Cadre d'orientations générales de la politique d'aménagement du territoire communautaire de l'UEMOA. PAT, Version Ouagadougou, 53 p.

359. UNICEF, (1998) : Comment susciter un meilleur comportement en matière d'hygiène : importance des mécanismes de changement en santé publique. La Haye, 47 p.

360. Union Européenne, (2009) : Directives pour la gestion des inondations dans l'espace européen, Bruxelles, 318 p

361. Veyret V. et Allemand S. (2005) : Les concepts d'environnement et de développement durable. Revue Sciences humaines, Paris, 8 p.

362. Vidal V. (2004) : Territoire, Environnement et aménagement. Horizon local, Paris, 12 p.

363. Volkoff B. et WILLAIME P. (1976) : Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200.000 : Feuille de Porto-Novo, ORSTOM, Paris.

364. Walker C. B. (2004): Housing policy in the new millennium: the uncompassionate landscape. In Urban policy issues - Canadian perspectives. (Ed.) Fowler, E.P. et Siegel, D. 2ème Edition. Toronto: Oxford University Press, 29 p.

365. Wallez L (2010) : Inondations dans les villes d'Afrique de l'ouest : Diagnostic et éléments de renforcement des capacités d'adaptation dans le Grand Cotonou. Mémoire de Master II en géographie, Université de Sherbrooke / Université de Troyes, 90 p.

366. Wang R (2009) : Données GLIDE sur les catastrophes, citées dans Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century. Chapitre 1, pages 77-78, Banque mondiale : Washington, 2012.

367. Wathern P. (Ed.) (1998): Environmental Impact Assessment: Theory and Practice, Routledge, London, 48 p

368. White G. F. (1975) : Flood hazard in the United States: a research reassessment. Boulder, University of Colorado - Institute of Behavioral Sciences, 98 p

369. Willi E. (2001) : Protection contre les crues des cours d'eau. Directives 2001, Bienne: Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG), 94 p.

370. Wisner B. et Blaikie P. (2004) : At Risk: -Second edition - Natural hazards, people's vulnerability and disasters. London, Routledge, 471 pages

371. Witt. J. L. (1995): Presentation at national mitigation conference, December 6, Arlington, Virginia, 16p.

372. World Bank, (2008): Report on the status of Disaster Risk Reduction in the Sub-Saharan Africa Region. CAU/UN-ISDRWorld Bank. 102 p.

373. Zaccaï E. (2002) : Le développement durable : dynamique et constitution, Peter Lang, Berne, Actes de XV^{è} Colloque sur les risques en milieu urbain, Canada 9p.

374. Zahour G. (2010) : stratégies de gestion des risques d'inondations au Maroc, Actes de XII^{è} Colloque sur les risques en milieu urbain, 4p.

375. Sites consultés

www.adopta.free.fr (fiches sur les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales).

www.batiproduits.com

www.brrc.be

www.creabeton-materiaux.ch

www.ebema.com

www.environnement.nat.tn/prévention/htm

www.mementodumaire.net/00presentation/definitions.htm

www.ens-lyon.fr/planet-Terre/infosciences/index.html

www.ipcc.ch

Liste des figures

Figure 1 : Cadre conceptuel de l'étude 29
Figure 2: Situation géographique du secteur d'étude 41
Figure 3 : Localités d'enquête, octobre 2010, juin et novembre 2011 52
Figure 4: Synthèse de la démarche d'élaboration de la carte des risques d'inondations..... 59
Figure 5: Modèle d'analyse des résultats à l'aide de SWOT 63
Figure 6 : Facettes topographiques du Grand Cotonou..... 67
Figure 7: Unités morphologiques du Grand Cotonou 69
Figure 8 : Coupe géologique schématique réalisée à Cotonou 71
Figure 9: Caractéristiques pédologiques du Grand Cotonou..... 72
Figure 10 : Evolution des hauteurs moyennes de la pluie et de l'ETP 74
Figure 11: Indices pluviométriques annuels des différentes stations du Grand Cotonou (1951-2010)..... 76
Figure 12 : Evolution de hauteurs pluviométriques mensuelles de 1951-1980 et 1981-2010 82
Figure 13: Evolution des paramètres pluviométriques (hauteur maximale de pluie journalière, fréquence d'apparition de pluie supérieure à 30 mm et nombre de jours de pluie) à Cotonou..... 83
Figure 14 : Evolution des paramètres pluviométriques (hauteur maximale de pluie journalière, fréquence d'apparition de pluie supérieure à 30 mm et nombre de jours de pluie) à Porto-Novo 84
Figure 15 : Evolution des paramètres pluviométriques (hauteur maximale de pluie journalière, fréquence d'apparition de pluie supérieure à 30 mm et nombre de jours de pluie) à Ouidah..... 85
Figure 16 : Bassin versant du fleuve Ouémé..... 87
Figure 17 : Evolution du niveau du lac Nokoué en fonction des hauteurs de pluie... 88
Figure 18 : Variations saisonnières du débit moyen mensuel du fleuve Ouémé et de la hauteur en eau du lac Nokoué de 2001 à 2010 90
Figure 19 : Evolution de la population du Grand Cotonou de 1979 à 2013 92
Figure 20 : Evolution du taux de croissance de la population de 1979 à 2013 par commune..... 92
Figure 21: Occupation du sol dans le Grand Cotonou en 1979..... 94
Figure 22: Occupation du sol dans le Grand Cotonou en 1995..... 95
Figure 23 : Occupation du sol dans le Grand Cotonou en 2010..... 96
Figure 24 : Impacts de l'urbanisation et de la croissance démographique sur l'occurrence des inondations 99
Figure 25 : Risque d'inondation dans le Grand Cotonou 100
Figure 26: Occurrence des inondations dans le Grand Cotonou par décennie de 1971 à 2010..... 102
Figure 27: Evolution spatiale et temporelle des inondations..... 104
Figure 28 : Evolution de la durée des inondations au cours des trois dernières décennies dans le Grand Cotonou 106
Figure 29: Comparaison des paramètres scolaires entre écoles inondée et non inondée..... 111
Figure 30 : Principales affections en période d'inondations..... 112
Figure 31 : Taux de prévalence du paludisme, du choléra et des maladies diarrhéiques……...113
Figure 32: Pertes hebdomadaires dues aux inondations en fonction des corps de métier de l'artisanat..... 119

Figure 33: Catégorisation des impacts socio-économiques de l'inondation..... 124
Figure 34: Adoption des différentes stratégies par les populations 129
Figure 35 : Diagramme des interventions pour l'organisation des secours en cas d'inondation 134
Figure 36: Coût financier du programme 3CI dans le budget municipal de la ville de .. Cotonou de 2006 à 2010 138
Figure 37 : Evolution des crédits alloués au curage des collecteurs et à la location d'engins au fil des années dans la ville de Cotonou…….. 138
Figure 38 : Evolution des crédits alloués à l'entretien des voies bitumées, pavées, et en terre au fil des années dans la ville de Cotonou 139
Figure 39: Ressources actuelles et prévisions nécessaires pour un entretien optimal des ouvrages dans la ville de Cotonou…….139
Figure 40 : Appréciation du programme par les populations 141
Figure 41: Bassins aménagés pour le drainage des eaux pluviales dans la ville de Cotonou 148
Figure 42 : Collecteurs de drainage de la ville de Porto-Novo..... 151
Figure 43 : Organigramme du CNPC 154
Figure 44 : Organigramme de gestion de la crise d'inondation..... 156
Figure 45: Assistance aux sinistrés dans le Grand Cotonou 159
Figure 46 : Circuit de transmission de l'information aux populations 160
Figure 47: Catégorisation des aides insuffisantes 161
Figure 48 : Attributions de l'Agence Intercommunale de gestion des inondations.. 164
Figure 49 : Modèle de Gestion Intégrée et Durable des Inondations (GIDI)..... 166
Figure 50 : Différentes zones d'aménagement du PPRI..... 169
Figure 51: Puits d'infiltration 175
Figure 52: Noue..... 176

Liste des tableaux

Tableau I : Caractéristiques des stations et postes considérés 44
Tableau II : Valeur de l'échantillon par commune 49
Tableau III : Caractéristiques de l'échantillon utilisé 51
Tableau IV : Répartition des années pluviométriques excédentaires par station..... 77
Tableau V : Ampleur des anomalies pluviométriques positives annuelles par décennie 78
Tableau VI : Répartition des excédents pluviométriques saisonniers par station 80
Tableau VII : Apparition des pics de crues dans la vallée de l'ouémé à Bonou et au niveau du lac Nokoué à Cotonou de 2001 à 2010 91
Tableau VIII : Expansion spatiale des unités d'occupation du sol entre 1979 et 2010 dans le Grand Cotonou 97
Tableau IX : Proportion de personnes touchées par les inondations au cours de la décennie (1961-2010) par commune (%). 105
Tableau X : Taux de praticabilité des voies dans les différentes communes du Grand Cotonou……..108
Tableau XI : Coût de fonctionnement des véhicules par kilomètre parcouru selon l'état de la voirie 109
Tableau XII: Résultats des analyses de 100 ml échantillons d'eau de puits prélevés ……116
Tableau XIII: Impact des inondations sur le logement en 2010 123
Tableau XIV : Réseaux d'assainissement et de voies revêtues dans le Grand Cotonou… 131
Tableau XV : Travaux réalisés dans le programme 3CI au fil des années 136
Tableau XVI : Matrice de transition des unités d'occupation du sol de 1995 à 2010 .... …..144
Tableau XVII: Adaptabilité des techniques alternatives aux caractéristiques du milieu … 178

Liste des photos

Photo 1: Habitation installée sur un site marécageux à Cocotomey (Abomey-calavi) 93
Photo 2 : Tas de sable silteux pour le rechargement à Cotonou 132
Photo 3 : Voie reprofilée à kpondéhou à Cotonou 132

Liste des planches

Planche 1: Etat de certaines voies en période d'inondation à Fidjrossè (a) et à Ste Rita – Fifadji (b) dans la commune de Cotonou 107
Planche 2 : Ecole Primaire Publique de Ladji inondée à Cotonou et celle de Dèkoungbé à Abomey- Calavi 110
Planche 3 : Inondation du CNHU-HK et d'une clinique à Suru-léré 114
Planche 4 : Tas d'ordures à proximité des maisons à Houalacomey (a) et à Togoudo (b) dans la commune d'Abomey-calavi 118
Planche 5 : Atelier de menuiserie inondé à Sèmè-Podji (a) et Studio de photographie inondé à Pahou - Ouidah (b) 119
Planche 6: Habitations entièrement inondées à Dèkoungbé (Abomey-Calavi),..... 122
Planche 7 : Latrines familiales au quartier Vossa à Cotonou (a) et Maison surélevée construite à Agblangandan (Sèmè-Podji) (b) 127
Planche 8: Chambre inondée au quartier Vossa à Cotonou (a), et pose de pneus pour servir de passage à Cocotomey, Abomey-Calavi (b) 128
Planche 9 : Pompage des eaux sur une voie à Cadjèhoun et ouverture de tranchées à Akpakpa ; 133
Planche 10 : Stabilisation de la voie avec le produit CON-AID 137
Planche 11: Collecteur P rempli de déchets et d'herbes à Vedoko (Cotonou) 140
Planche 12: Etat d'un collecteur primaire avant (a) et pendant les inondations (b) à Gbèdjromédé/Cotonou 150

ANNEXES

Annexe 1 : Liste des publications

N°	Titre et thématique	Revues	Numéro et Année
ARTICLES PUBLIES DANS DES REVUES À COMITE DE LECTURE			
1	Stratégies communautaires et institutionnelles d'adaptation aux inondations dans l'agglomération urbaine de Cotonou	Revue Climat & Développement N° 14, pp. 1-12, 2012,	ISSN 1840-5452
2	Variabilité pluviométrique et risques d'inondations dans la région du grand Nokoué	Revue Spécial Journées Scientifiques de la FLASH, Vol 2 Numéro 4, Août, 2012	ISSN : 1840-670X
3	Impacts des inondations sur la qualité de l'eau des puits traditionnels dans l'arrondissement de Godomey (commune d'Abomey-Calavi)	Cahier des Maîtrises Professionnelles, Vol 4, Numéro 6, Juillet 2012	ISSN : 1840-5835

Annexe 1 : Effectif des populations sinistrées en 2010

Communes	Nombre de ménages inondés en 2010
Cotonou	43 000
Porto-Novo	4 000
Sèmè-Podji	5 800
Ouidah	1 500
Abomey-Calavi	11 000

Source : Mairies concernées, 2010

Annexe 2 : Evolution de la population du Grand Cotonou de 1979 à 2010

	1979	**1992**	**2002**	**2010***
Cotonou	320 332	536 827	658 572	789 458
Porto-Novo	133 168	179 138	221 891	266 890
Sèmè-Podji	37 220	65 016	116 772	182 162
Ouidah	52 584	64 433	77 632	87 875
Abomey-Calavi	60 786	126 507	311 672	626 689
Grand_Cotonou	**604 090**	**971 921**	**1 386 539**	**1 953 074**

Source : INSAE (2002) et Estimation Blalogé (2011)

Annexe 3 : (ETP) sur la période (1941-2010)

Mois	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**Totaux**
P (mm)	25	50	35	70	153	192	240	43	38	90	126	0	1062
ETP (mm)	135	137	160	157	140	122	118	120	120	130	142	13	1604
P- ETP (mm)	-110	-87	-125	-87	13	70	122	-77	-82	-40	-16	-123	542

Source : ASECNA (2010)

ANNEXE 4 : Proportion des personnes sinistrées par décennie de 1960-2010

			1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001 - 2010
Communes	**Localités enquêtées par commune**	Echantillon	%	%	%	%	%
Abomey-Calavi	Cococodji	44	0	0	0	34,09	59,09
	Cocotomey	60	0	0	0	13,33	63,33
	DEKOUNGBE	31	0	0	0	12,90	96,77
	GBODJO	23	0	0	0	78,26	82,60
	HOUALACOMEY	25	0	0	0	64	76
	TOPKA-ZONGO	34	0	0	0	0	50
	Total partiel_1	**217**	**0**	**0**	**0**	**28,11**	**68,66**
Cotonou	Agla	40	0	0	7,5	10	50
	AVOTROU	15	0	0	0	100	100
	AYELAWADJE I	21	0	0	0	33,33	100
	CASSE-AUTO (Ahogbohouè)	25	4	8	4	12	52
	DANDJI	31	0	0	0	100	100
	DJIDJE I	24	0	4,16	8,33	8,33	75
	FIDJROSSE-KPOTA	26	0	0	0	0	34,61
	HINDE II	26	0	0	7,69	0	96,15
	STE CECILE (Towéta 2)	25	0	0	0	4	84
	TANTO	28	0	0	0	96,42	96,42
	VOSSA	7	0	0	0	0	100
	YENAWA	41	0	0	0	21,95	70,73
	Total partiel_2	**309**	**0,32**	**0,97**	**2,58**	**32,03**	**76,37**
OUIDAH	AGBANZINKPOTA	11	0	0	0	0	36,36
	BEWA-CODJI (Akadjamè)	24	0	0	0	0	66,66
	Pahou	58	0	0	0	0	94,82
	TCHAKPECODJI	19	0	0	0	0	68,42
	Total partiel_3	**112**	**0**	**0**	**0**	**0**	**78,57**
Porto-Novo	DJEDAN-KPEVI	23	0	0	0	0	34,78
	DJEGAN-DAHO	27	0	0	0	0	66,66
	DONOUKIN (Zounkpa)	33	0	0	0	0	60,60
	TOKPOTA	39	0	0	0	0	69,23
	Total partiel_4	**122**	0	0	0	0	**59,83**
Sèmè Podji	Agbalilamè	17	0	0	0	0	82,35
	AGBLANGANDAN	87	0	0	0	0	13,79
	GBAPODJI	73	0	0	0	21,91	90,41
	LOKOKOUCOUME	76	0	0	0	2,63	26,31
	TCHONVI	6	0	0	0	100	100
	EKPE I	18	0	0	0	0	33,33
	Total partiel_5	**277**	**0**	**0**	**0**	**8,66**	**44,76**
	Total Général	**1037**					

Source : Enquête de terrain (2011)

ANNEXE 5 : Outils de collecte des données

Propos liminaire – Le présent questionnaire a pour but d'appréhender les impacts, les perceptions et les stratégies d'adaptation des populations de Grand Cotonou face aux problèmes posées par les inondations. Il vise également à faire le point de façon détaillée de l'ampleur de ces inondations sur les différentes infrastructures socio-urbaines, et le mode de vie des populations de Grand Cotonou depuis ces deux dernières. La présente recherche s'inscrit également dans le cadre des travaux d'une thèse de Doctorat unique à l'EDP /FLASH-UAC.

QUESTIONNAIRE - MENAGES

SECTION 0 : IDENTIFICATION

Q000	Numéro du questionnaire	/_____/	/____/	
Q001	Département	/_____/		
Q002	Commune			
Q003	Arrondissement			
Q004	Village ou quartier de ville			
Q005	Date de l'enquête	Jour Mois	/___/___/ /___/___/	
Q006a	Heure du début	Heures Minutes	/___/___/ /___/___/	
Q006b	Heure de fin	Heures Minutes	/___/___/ /___/___/	
Q007	Nom de l'Enquêteur			
Q008	Résultat de l'enquête	Partiellement rempli Totalement rempli	/_____/ /_____/	
Q009	Observations			
Q010	Nom Contrôleur/superviseur	/_____/		
Q011	Date de contrôle	/_____/_____/		

SECTION I : CARACTERISTIQUES SOCIO-DEMOGRAPHIQUES DES ENQUETES

N°	Questions	Réponses	Code	saut
Q100a	Quel est votre prénom ? (**Enquêteur, si représentant, demander le prénom du chef de ménage)**	_____ _____		
Q100b	Quel est le sexe du chef de ménage ? (**Enquêteur, si représentant, demander le sexe du chef de ménage)**	Masculin Féminin	1 2	
Q101	Quel est votre âge (du chef de ménage) ? (**Enquêteur, si représentant, demander l'âge du chef de ménage)**	< 20ans 20-29ans 30-44ans 45 -59 ans 60 ans et +	0 1 2 3 4	
Q102	Quel est votre niveau d'instruction ? (**Enquêteur, si représentant, demander le niveau d'instruction du chef de ménage)**	aucun Primaire inachevé Primaire achevé Secondaire niveau 1inachevé Secondaire niveau 1achevé Secondaire niveau 2 inachevé Secondaire niveau 2 achevé Supérieur	0 1 2 3 4 5 6 7	
Q103	Quelle est votre situation matrimoniale ? (**Enquêteur, si représentant, demander la situation matrimoniale du chef de ménage)**	Célibataire Marié(e) Veuf (ve) Divorcé(e) Union libre	1 2 3 4 5	
Q104	Quel est le statut du répondant dans le ménage ? **(Enquêteur quand ce n'est pas le chef de ménage**)	Conjoint(e) du chef de ménage Enfants du chef ménage Autres _____	1 2 9	
Q105	Quel est le nombre de personnes que compte le ménage ?	/_____/		
Q106	Quelle est actuellement votre principale occupation ? (**Enquêteur Encercler le code)** _____	Ménagère Vendeuse Apprenti Etudiant/élève Diplômé sans emploi Artisan Employé secteur primaire Commerçant Employé du secteur privé Employé du secteur public Entrepreneur/affaires personnelles Opérateur économique Cadre supérieur Autre : _____	1 2 3 4 5 6 7 8 10 11 12 13 14 15 9	

Q107	Quel est votre niveau de revenu mensuel ?	< 40000f Entre 40 000f -80000f cfa Entre 80 000f - 120000f cfa Entre 120 000 f- 200000f cfa Supérieur 200 000 f cfa	1 2 3 4 5	
Q110	Quel est votre statut dans la maison ?	Propriétaire Locataire Autres à préciser	1 2 9	
Q111	Depuis combien d'années vivez-vous dans le quartier ?	Moins 1 an 1-2ans 2-3ans 3- 4ans + 5ans	1 2 3 4 5	

SECTION II : IMPACTS SOCIOECONOMIQUES AUX INONDATIONS

Q200 a	Depuis que vous êtes ici, avez-vous été victime d'inondation ?	Oui Non	1 0	Si 0 Aller Q201
Q200 b	Si oui, en quelles années	_____ _____		
Q201	Quels sont les effets des inondations ?	Destruction des maisons Destruction des champs/récoltes Destruction des routes/ponts Circulation difficile Inondation cour et salles de classe Inondation cour et locaux de soins Inondation place du marché Mévente Perte de l'activité économique Autres préciser_____	1 2 3 4 5 6 7 8 9	
Q202	Avez-vous évalué les pertes au plan financier des effets d'inondation ?	Oui Non	1 0	
Q203	Si Oui, a combien l'avez-vous estimé ?	/_____/		
Q204	Si Non, a combien peut-on l'estimer ?	/_____/		
Q205	Avez-vous estimé les pertes au plan matériel des effets d'inondation ?	Oui Non	1 0	
Q206	Si Oui, quels sont ces matériels ?	_____ _____ _____ _____ _____ _____		
Q207	Si Non, a combien peut-on l'estimer ?	/_____/		
Q208	Avez-vous enregistré des pertes en vies humaines à cause des	Oui Non	. 1	

	inondations dans votre quartier/ village ?		0	
Q209	Si Oui, Combien ?	/_____/		

SECTION III : IMPACTS SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTAUX DES INONDATIONS

Q300	Quelles sont les pathologies qui ont surgi lors des dernières inondations ?	Paludisme Diarrhées Choléra Autres préciser _____ _____	1 2 3 9	
Q301	Avez-vous eu les moyens pour vous soigner ?	Oui Non	1 0	
	Les autorités sanitaires ont-elles pris des dispositions pour vous venir en aide ?	Oui Non	1 0	
Q302	Quelles sont ces dispositions?	_____ _____		
Q303	Quels sont les problèmes environnementaux liés aux inondations ?	Chambres inondées Cour de la maison inondée Entrée maison inondée Toute la maison totalement dans l'eau Ruée inondée Autres préciser_____ _____	1 2 3 4 5 9	
Q304	Y –a-t-il des espaces vides dans le quartier qui sont utilisés pour le relogement ?	Oui Non	1 2	
Q305	Si non pourquoi ?	Espace inondé aussi Espace vide n'espace du tout Autres	1 2 9	
Q306	Parmi ces raisons, lesquelles expliquent les inondations dans votre zone ?	Mauvaise occupation du site Occupation des exutoires naturels Occupation des bas fonds Autres	1 2 3 9	
Q307	Connaissez-vous d'autres raisons qui expliquent les inondations dans votre zone.	Oui Non	1 0	
Q308	Si oui lesquelles ? Citer	_____ _____ _____ _____		

SECTION IV : ASSISTANCES RECUES LIEES AUX INONDATIONS

Q400	Avez-vous bénéficié de quelque assistance lors des inondations ?	Oui Non	1 0	
Q401	Si Oui, de quelle nature ?	Don de moustiquaires Don de médicaments Don de tentes Don de nattes Don de vivres Déplacement/ Relocalisation Autres préciser_____	1 2 3 4 5 6 9	
Q402	Quelles sont les structures qui vous ont apporté assistance lors des inondations ?	Mairie Gouvernement ONG Partenaire au développement Associations CARITAS Autres	1 2 3 4 5 6 9	
Q403	Les aides que vous avez reçues, vous ont-elles suffit ?	Oui Non	1 0	
Q404	Si non, quelle aide ne vous a pas suffit ?	Insuffisance de moustiquaires Insuffisance de médicaments Insuffisance de tentes Insuffisance de nattes Insuffisance de vivres Déplacement/ Relocalisation Autres préciser_____	1 2 3 4 5 6 9	
Q405				
Q406				

GUIDE D'ENTRETIEN AUTORITES COMMUNALES/ LOCALES

Commune _____

Titre de l'autorité locale_____

- Nombre de sinistrés du fait des inondations que la commune a connu ces cinq dernières années ; (année par année)
- Nombre d'habitations endommagées par les eaux d'inondation ;
- Evaluation des pertes de biens matériels des populations de la commune ;
- Evaluation du temps d'empêchement (incapacité de travail) des populations de la commune du fait des inondations ;
- Les moyens déployés pour reloger les populations sinistrées et déplacées lors des inondations,
- Les moyens déployés pour venir en aide à la nutrition des sinistrés ;
- La provenance des moyens financiers ayant servi
- La liste des partenaires ayant appuyé la commune pour la prise en charge des sinistrés ;
- Les dispositions prises par la commune pour réduire les impacts négatifs des inondations sur les populations ;
- Les dispositions que prennent les populations elles mêmes pour faire face aux inondations ;

GUIDE D'ENTRETIEN RESPONSABLES MAEP

Commune _____

Nom de la structure _____

Titre du Responsable CeCPA/ CeRPA/ MAEP_____

- Nombre d'hectares de champs détruits par les eaux d'inondation ;
- Evaluation des pertes de récoltes enregistrées lors des inondations ;
- Nombre d'hectares de jardins de produits maraîchers détruits par les eaux d'inondation ;
- Evaluations des pertes de récoltes de produits maraîchers du fait des inondations,
- Nombre de volailles emportées et ou perdues dans les eaux d'inondation ;
- Evaluation des pertes en volailles ;
- Nombre de caprins et de bovins emportés et ou perdus dans les eaux d'inondation ;
- Evaluation des pertes en caprins et bovins ;
- Les aides apportées aux populations sinistrées
- Les connaissances sur les dispositions prises par les populations pour faire face aux inondations ;

GUIDE D'ENTRETIEN RESPONSABLES SANITAIRES

Commune _____

Nom de la formation sanitaire _____

Titre du responsable sanitaire _____

- Les conséquences des inondations sur la santé des populations de la localité ;
- Les mesures d'urgences prises par les autorités sanitaires ;
- Evaluations des coûts des mesures prises au plan sanitaire ;
- Les insuffisances des formations sanitaires à faire face aux problèmes sanitaires lors des inondations ;

GUIDE D'ENTRETIEN PARTENAIRES AU DEVELOPPEMENT & AUTRES

Dénomination du partenaire ou de la structure _____
Localité _____

- Les types d'assistance apportée aux sinistrés des inondations des communes de Cotonou, Sèmè-Podji, Abomey-Calavi, Ouidah ;
- La nature d'assistance apportée aux populations sinistrées ;

Tentes,
Vivres,
Nattes,
Médicaments,
Moustiquaires imprégnées d'insecticides,
Moyens financiers
Etc.

- Les mécanismes par lesquels les aides parviennent aux populations sinistrées ;
- Autres ;

GUIDE D'ENTRETIEN RESPONSABLES GESTION ENVIRONNEMENTALE

Nom de la structure _____

Titre du responsable _____

Localité _____

- Les dispositions prises au plan législatif et réglementaire pour la gestion des catastrophes naturelles dont notamment les inondations ;
- Les outils de gestion de l'environnement et d'aménagement à votre disposition ;
- Les stratégies institutionnelles à votre disposition en cas d'inondation des populations ;
- Les stratégies d'urgence à votre disposition pour secourir des populations victimes d'inondation;
- Les connaissances que vous avez des stratégies au niveau local des populations pour faire face aux inondations ;

GUIDE D'ENTRETIEN RESPONSABLES GESTION DES CATASTROPHES DPPC/ MISP

Nom de la structure _____

Titre du responsable _____

Localité _____

- Les dispositions prises au plan législatif et réglementaire pour la gestion des catastrophes naturelles dont notamment les inondations ;
- Les outils de gestion de l'environnement et d'aménagement à votre disposition ;
- Les stratégies institutionnelles à votre disposition en cas d'inondation des populations ;
- Les stratégies d'urgence à votre disposition pour secourir des populations victimes d'inondation;
- Les connaissances que vous avez des stratégies au niveau local des populations pour faire face aux inondations ;
- Le contenu du plan ORSEC ;
- Les modalités de mise en oeuvre de ce plan;
- Les acteurs de la mise en oeuvre de ce plan;
- Les types d'actions ou d'interventions de ce plan ;
- Les partenaires qui soutiennent ce plan;
- L'évaluation des coûts des dégâts occasionnés par les inondations en 2007, 2008, 2009,2010 ;

Annexe 6

ARRETE N° 002/MEHU/DC/DUA du 07 Février 1992, définissant les zones impropres à l'habitation

Le Ministre de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme

Vu la loi n° 90-32 du 11 Décembre 1990, portant Constitution de la République du Bénin ;

Vu la décision n° 91 –042/HCR/PT du 30 Mars 1991, portant proclamation des résultats définitifs du deuxième tour des élections présidentielles du 24 mars 1991 ;

Vu le décret n° 91-176 du 29 Juillet 1991, portant composition du Gouvernement ;

Vu le décret n° 91-218 du 25 Septembre 1991, fixant la composition des cabinets du Président de la République et des Ministres ;

Vu le décret n° 92-17 du 28 janvier 1992, portant attributions, organisation et fonctionnement du Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme

Vu le décret du 29 Septembre 1928, portant réglementation du domaine public et des servitudes d'utilité publique au Dahomey ;

Vu le décret du 15 Novembre 1935, portant réglementation des terres domaniales au Dahomey ;

Sur proposition du Directeur de l'Urbani. et de l'Assainissement,

Arrête :

Article premier *: Sur le territoire de la République du Bénin, les zones définies à l'article 2 ci-dessous sont déclarées impropres à l'habitation.*

Article 2 *: Sont considérées comme zones impropres à l'habitation, sans limitation :*

- ✓ *Les mines et les carrières ;*
- ✓ *les terrains inondables, marécageux ou mouvants ;*
- ✓ *les lits des cours d'eaux ;*
- ✓ *les berges des cours d'eaux, des lacs permanents ou saisonniers, sauf dispositions administratives contraires, sur une distance de 100 m à partir de la limite des plus hautes eaux ;*
- ✓ *les portions du littoral situées à moins de 100 m de la ligne des marées hautes eaux ;*
- ✓ *les zones inondables ;*
- ✓ *les zones sujettes à des pollutions nocives au bon déroulement de la vie humaine.*

Article 3 *: les zones impropres à l'habitation sont exclues de tout aménagement spatial, urbain ou rural, impliquant l'installation permanente des populations notamment les lotissements.*

REPUBLIQUE DU BENIN
FRATERNITE-JUSTICE-TRAVAIL
****
PRESIDENCE DE LA REPUBLIQUE
****

DECRET N°2012-426 06 NOVEMBRE 2012

portant création, attributions, organisation et fonctionnement de l'Agence Nationale de Protection Civile (ANPC).

LE PRESIDENT DE LA REPUBLIQUE,
CHEF DE L'ETAT,
CHEF DU GOUVERNEMENT,

Vu la loi n° 90-32 du 11 décembre 1990 portant Constitution de la République du Bénin ;

Vu la loi n°94-009 du 28 juillet 1994 portant création, organisation et fonctionnement des Offices à caractères social, culturel et scientifique ;

Vu la proclamation le 29 mars 2011 par la Cour Constitutionnelle des résultats définitifs de l'élection présidentielle du 13 mars 2011 ;

Vu le décret n° 2012-004 du 24 janvier 2012 portant composition du Gouvernement ;

Vu le décret n° 2011-758 du 30novembre 2011 fixant la structure-type des Ministères ;

Vu le décret n° 2007-465 du 16 octobre 2007 portant attributions organisation et fonctionnement du Ministère de l'Intérieur et de la Sécurité Publique ;

Vu le décret n° 85-112 du 05 avril 1988 portant création attributions organisation et fonctionnement du Comité National pour la Protection Civile ;

Vu le décret n° 87-408 du 07 décembre 1987 portant Plan National d'Organisation des Secours en cas de catastrophe ;

Vu le décret n° 2011-834 du 30 décembre 2011 portant création composition, attributions et fonctionnement de la Plate-forme Nationale de Réduction des Risques de Catastrophe et d'Adaptation au Changement Climatique en République du Bénin ;

Sur proposition du Ministre de l'Intérieur, de la Sécurité Publique et des Cultes,

Le Conseil des Ministres entendu en sa séance du 04 avril 2012.

D E C R E T E :

Chapitre Ier : De la création, de l'objet social, du siège social et de la durée

ARTICLE 1er : Il est créé en République du Bénin un établissement public à caractères administratif et social dénommé Agence Nationale de Protection Civile (ANPC) régie par les dispositions de la loi n°94-009 du 28 juillet 1994 portant création, organisation et fonctionnement des Offices à caractères social, culturel et scientifique.

ARTICLE 2 : L'Agence Nationale de Protection Civile est dotée de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Elle est placée sous la tutelle du Ministère de l'Intérieur, de la Sécurité Publique et des Cultes.

ARTICLE 3 : Le siège social de l'Agence est fixé à Cotonou. Il pourra être transféré en tout autre lieu du territoire, par décision du Conseil des Ministres, sur proposition du Ministre chargé de l'Intérieur.

ARTICLE 4 : La durée de vie de l'Agence est illimitée, sauf cas de dissolution décidée par le Conseil des Ministres saisi par le Ministre chargé de l'Intérieur.

Chapitre II. De la mission et des attributions.

ARTICLE 5 : L'Agence Nationale de Protection Civile a pour mission, de contribuer à la mise en œuvre de la politique gouvernementale en matière de réduction des risques de catastrophe. Dans ce cadre, elle est chargée de :

- prévenir tout risque de catastrophe sur l'ensemble du territoire national ;
- assurer la formation des cadres, du personnel permanent de la Protection Civile et des collaborateurs bénévoles ;
- préparer les autorités politico administratives, de même que les populations, à faire face aux risques majeurs ;

- assister les Comités de Protection Civile dans la mise en œuvre des mesures de prévention et pour assurer la maîtrise des événements dommageables ;

- mettre en œuvre le Plan National d'Organisation des Secours en cas de catastrophe (Plan ORSEC) ;

- centraliser et coordonner les secours à apporter aux populations sinistrées ;

- coordonner l'action des équipes d'intervention spécialisées, en cas de crise ;

- veiller à la préservation de l'environnement ;

- préparer et organiser des exercices de simulation ;

- assurer la protection des réfugiés et participer à la réglementation de leur séjour en République du Bénin.

Chapitre III. De l'organisation et du fonctionnement.

ARTICLE 6 : Les organes de l'Agence Nationale de Protection Civile (ANPC) sont :

- le Conseil d'Administration ;
- la Direction ;
- le Comité de Direction.

Section I : Du Conseil d'Administration

ARTICLE 7 : Le Conseil d'Administration est composé de quinze (15) membres, à savoir :

Président : le Ministre chargé de l'Intérieur ou son représentant ;

Membres :

- le Ministre de la Santé ou son représentant ;
- le Ministre chargé de la Famille ou son représentant ;
- le Ministre chargé des Affaires Etrangères ou son représentant ;
- le Ministre chargé du Développement ou son représentant ;
- le Ministre chargé de la Décentralisation ou son représentant ;
- le Ministre chargé de l'Environnement ou son représentant ;
- le Ministre chargé des Travaux Publics ou son représentant ;

- le Ministre chargé de l'Agriculture ou son représentant ;
- le Ministre chargé de la Défense Nationale ou son représentant ;
- le Ministre chargé des Finances ou son représentant ;
- le Ministre chargé de l'Eau et de l'Energie ou son représentant ;
- le Ministre chargé de la Communication ou son représentant ;
- le Haut Commissaire à la Solidarité Nationale ou son représentant ;
- le Représentant du personnel de l'Agence ;

Il peut convoquer, à titre consultatif, toute personne dont la participation est jugée utile.

ARTICLE 8 : L'Agence Nationale de Protection Civile (ANPC) est administrée par un Conseil d'Administration.

Le Conseil d'Administration est l'organe de décision de l'ANPC. Il est investi des pouvoirs les plus étendus pour agir au nom de l'ANPC, ou pour autoriser tous actes ou opérations relatifs à son objet social et délibérer sur toutes les questions relatives à son fonctionnement.

A ce titre, il :

- approuve la politique générale de l'Agence, conformément aux orientations et objectifs fixées par le Gouvernement et à son plan d'actions ;
- vote le budget proposé par la Direction ;
- adopte le règlement intérieur de l'Agence ;
- donne son avis sur tous projets et programmes soumis à l'Agence ;
- approuve les rapports d'activités soumis par le Directeur ;
- approuve les rapports trimestriels et annuels du Commissaire aux comptes ;
- adopte l'étude prévisionnelle sur les perspectives d'activités de l' Agence Nationale de Protection Civile ;
- recueille les dons, legs et subventions ;
- approuve les contrats ou toutes autres conventions, y compris les emprunts soumis par le Directeur et ayant une incidence sur le budget ;
- adopte les comptes sociaux annuels et le budget prévisionnel ;

ARTICLE 55 : Le présent décret qui prend effet pour compter de sa date de signature sera publié au Journal Officiel.

Fait à Cotonou, le 06 novembre 2012

Par le Président de la République,
Chef de l'Etat, Chef du Gouvernement,

Dr. Boni YAYI

Le Premier Ministre Chargé de la Coordination de l'Action Gouvernementale, de l'Evaluation des Politiques Publiques, du Programme de Dénationalisation et du Dialogue Social,

Pascal Irénée KOUPAKI

Le Ministre de l'Economie et des Finances,

Jonas GBIAN

Le Ministre de l'Intérieur, de Sécurité Publique et des Cultes,

Benoît Assouan Comlan DEGLA

AMPLIATIONS : PR 6 AN 4 CS 2 CC 2 CES 2 HAAC 2 HCJ 2 PM/CCAGEPPPDDS 4 MISPC 4 MEF 4 AUTRES MINISTERES 24 MDN 4 –EMG 2– CEMAT 2 CEMFA 02-CEMFN 02- DGGN 02– SGG 4 DGBM-DCF-DGTCP-DGID-DGDDI 5 BN-DAN-DLC 3 GCOMB-DGCST-INSAE 3 BCP-CSM-IGAA 3 UAC- ENAM – FADESP 3- UNIPAR – FDSP 2 JO 1 .

Table des matières

Sommaire 2
Dédicace 3
Liste des sigles et acronymes 4
Remerciements 8
Résumé 10
Summary 11
Introduction 12
PREMIERE PARTIE:CADRE THEORIQUE ET DEMARCHE POUR L'ANALYSE DE LA GESTION DES INONDATIONS 15
CHAPITRE I: ETAT DES CONNAISSANCES, PROBLEMATIQUE ET CLARIFICATION DES CONCEPTS 16
1.1. Etat des connaissances 16
1.1.1. Facteurs explicatifs, manifestations et conséquences des inondations 16
1.1.2. Changements climatiques et inondation 19
1.1.3. Gestion des inondations 20
1.2. Problématique 24
1.2.1. Justification du sujet 24
1.2.2. Objectifs de recherche 27
1.2.3. Hypothèses de travail 27
1.3. Clarification des concepts 30
1.3.1. Développement urbain durable 30
1.3.2. Changements climatiques 31
1.3.3. Adaptation 32
1.3.4. Résilience et vulnérabilité 32
1.3.5. Inondation 33
1.3.6. Impact 34
1.3.7. Gestion des risques 35
1.3.8. Prévention, Protection et Prévision 37
1.3.9. Intercommunalité 38
1.3.10. Grand Cotonou 39
Conclusion partielle 42
CHAPITRE II : APPROCHE METHODOLOGIQUE DE L'ETUDE 43
2.1. Données utilisées 43
2.1.1. Types et nature des données 43
2.1.3. Matériels utilisés 45
2.2. Collecte des données 46
2.2.1. Recherche documentaire 46
2.2.2. Echantillonnage 47
2.2.2.1. Taille de l'échantillon 47
2.2.2.2. Sélection des unités d'observation 50
2.2.3. Techniques et outils de collecte 53
2.2.3.1. Recherche Action Participative (RAP) 53
2.2.3.2. Entretiens directs 53
2.2.3.3. Entretiens semi-directs 54
2.2.3.4. Observations 54
2.3. Traitement des données et analyse des résultats 55
2.3.1. Mise en évidence de la dynamique pluviométrique et hydrologique 55

2.3.1.1. Indices pluviométriques (annuels et saisonniers) 55
2.3.1.2. Détermination des années ou saisons pluviométriques excédentaires..... 56
2.3.1.3. Calcul de la fréquence des années excédentaires..... 56
2.3.1.4. Détermination de l'ampleur des excédents 57
2.3.1.5. Etude de la variabilité des débits du fleuve Ouémé à Bonou et du chenal de Cotonou 57
2.3.2. Etablissement de la carte des risques d'inondation 58
2.3.2.1. Cartographie de l'aléa à l'inondation..... 58
2.3.2.2. Cartographie de la vulnérabilité à l'inondation/enjeux..... 58
2.3.2.3. Cartographie du risque à l'inondation 58
2.3.3. Etude des changements d'état des unités d'occupation du sol..... 60
2.3.3.1. Taux moyen annuel d'expansion spatiale 60
2.3.3.2. Matrice de transition..... 60
2.3.3.3. Taux de conversion..... 60
2.3.4. Etude de la dynamique des inondations 61
2.3.5. Détermination des impacts sociaux des inondations 61
2.3.6. Analyse de la dynamique de la population..... 62
2.3.6.1. Taux d'accroissement de la population (T_a)..... 62
2.3.6.2. Projection de la population..... 62
2.3.7. Evaluation des stratégies institutionnelles, communautaires et individuelles de lutte et d'adaptation aux inondations..... 62
Conclusion partielle 64
DEUXIEME PARTIE:FONDEMENTS ET MANIFESTATIONS DES INONDATIONS65
CHAPITRE III : FONDEMENTS NATURELS ET HUMAINS DES INONDATIONS DANS LE GRAND COTONOU 66
3.1. Facteurs biophysiques des inondations..... 66
3.1.1. Caractéristiques géomorphologiques et topographiques..... 66
3.1.2. Composants géologique et pédologique..... 70
3.1.3. Facteurs climatiques..... 73
3.1.3.1. Précipitations 73
3.1.3.2. Variabilité inter-annuelle de la précipitation 75
3.1.3.3. Ampleur des excédents pluviométriques décennaux..... 78
3.1.3.4. Variabilité pluviométrique saisonnière des précipitations..... 79
3.1.3.5. Occurrence d'évènements pluviométriques extrêmes au cours des saisons pluvieuses de 1951-2010..... 83
3.1.4. Caractéristiques hydrographiques 86
3.1.4.1. Evolution annuelle des paramètres hydro-pluviométriques du lac Nokoué 88
3.2. Facteurs humains et sociaux amplificateurs des inondations 91
3.2.1. Dynamique démographique et étalement urbain 92
3.2.2. Facteurs urbanistiques et organisationnels..... 98
Conclusion partielle 101
CHAPITRE IV : DYNAMIQUE DES INONDATIONS DANS LE GRAND COTONOU ET IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES 102
4.1. Manifestation et évolution des inondations 102
4.2. Incidences des inondations..... 107
4.2.1. Conséquences des inondations sur les équipements socio-collectifs..... 107
4.2.1.1. Dégradation des routes et difficultés de déplacement 107
4.2.1.2. Destruction des infrastructures et perturbation du calendrier scolaire 109
4.2.2. Incidences sur la santé et le système sanitaire..... 111
4.2.3. Incidences sur l'approvisionnement en eau potable 114

4.2.4. Inondations et gestions des déchets solides ménagers 117
4.2.5. Impacts des inondations sur l'économie locale 118
4.2.5.1. Mévente et ralentissement des activités de commercialisation et de services. 118
4.2.5.2. Incidences sur l'agriculture 120
4.2.5.3. Incidences sur la pêche 121
4.2.6. Destruction des logements 122
Conclusion partielle 124
TROISIEME PARTIE :MECANISME DE GESTION ET MESURES ALTERNATIVES POUR UNE GESTION DURABLE DES INONDATIONS 126
CHAPITRE V : MESURES DE GESTION DES INONDATIONS 127
5.1. Actions développées par les populations 127
5.1.1. Protection des bâtiments 127
5.1.2. Mesures réactives 128
5.1.3. Faiblesses des actions individuelles 129
5.2. Politique communale de gestion des inondations 130
5.2.1. Curage des ouvrages de drainage des eaux pluviales 130
5.2.2. Programme Cotonou en Campagne Contre les Inondations 132
5.2.2.1. Actions préventives 132
5.2.2.2. Réponse à l'inondation 133
5.2.2.3. Mesures de relèvement 135
5.2.2.4. Dysfonctionnement du Programme ''3CI'' de la ville de Cotonou 138
5.3. Mesures étatiques de gestion des inondations 142
5.3.1. Préservation des zones à risque d'inondation et aménagement urbain 142
5.3.1.1. Lois et règlements interdisant l'occupation des zones à risque d'inondation 142
5.3.1.2. Construction des collecteurs de drainage des eaux pluviales et aménagement des bassins de rétention 146
5.3.2. Cadre institutionnel de réponse aux inondations par l'Etat 153
5.3.2.1. Comité National de Protection Civile 153
5.3.2.2. Dispositif organisationnel de gestion des inondations de 2010 155
5.3.3. Instruments de gestion des inondations 157
5.3.3.1. Plan National d'Organisation des Secours en cas de Catastrophe 157
5.3.3.2. Plan de contingence National 158
5.3.3.3. Système d'alerte précoce 160
5.3.3.5. Faiblesses des mesures de réponse 161
Conclusion partielle 162
CHAPITRE VI : MESURES ALTERNATIVES POUR UNE GESTION DURABLE DES INONDATIONS DANS LE GRAND COTONOU 163
6.1. Création d'une agence intercommunale de gestion des inondations 163
6.2. Composantes du modèle de Gestion Intégrée et Durable des Inondations (GIDI) 165
6.2.1. Plan de Prévention des Risques d'Inondations (PPRI) 167
6.2.2. Application du PPRI dans le Grand Cotonou 168
6.2.2.1. Restrictions communes aux zones d'aménagement 3 et 4 171
6.2.2.2. Prescriptions particulières aux projets autorisés 173
6.3. Promotion des techniques alternatives de construction d'infrastructures de collecte et d'évacuation des eaux pluviales 174
6.3.1. Puits d'infiltration 175
6.3.2. Noues 176

6.3.3. Tranchées drainantes 177
6.3.4. Bassins secs et en eau 177
6.4. Aménagement d'ouvrages de protection 178
6.4.1. Ouvrages de prévention contre les inondations 179
6.4.2. Ouvrages de protection contre les inondations 179
6.4.3. Ouvrages de ressuyage des terres inondées 179
6.5. Mesures de prévision des inondations 180
6.5.1. Renforcement de la prévision et de l'alerte précoce 180
6.5.2. Culture du risque 181
Conclusion partielle 182
Conclusion 183
Bibliographie 186
Liste des figures 214
Liste des tableaux 216
Liste des photos 217
Liste des planches 217
ANNEXES 218
Table des matières 239