



UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI  
(UAC)

\*\*\*\*\*



FACULTE DES LETTRES, ARTS ET SCIENCES HUMAINES

(FLASH)

\*\*\*\*\*

ECOLE DOCTORALE PLURIDISCIPLINAIRE

(EDP)

\*\*\*\*\*

# DIPLOME D'ETUDE APPROFONDIE EN GESTION DE L'ENVIRONNEMENT



## INONDATIONS DANS LA BASSE VALLEE DU MONO : TYPOLOGIE ET MANIFESTATIONS

*Présenté par :*

**GBEYETIN Fernando Joseph G.**

Membre du Jury

Président : Prof. **HOUSSOU Christophe**

Rapporteur : Prof **AFOUDA Fulgence**

Examineur : Prof **OGOUALE Euloge**

Mention : *Bien*

*Sous la direction de :*

**Fulgence AFOUDA**

Maître de Conférences UAC/FLASH

**&**

**Euloge OGOUALE**

Maîtres de Conférences UAC/FLASH

*Soutenu le 13 / 01 / 2014*

Sommaire .....	2
Dédicace.....	3
Remerciements .....	4
Sigles et acronymes .....	5
Résumé.....	6
Introduction .....	7
<b>CHAPITRE I</b>	
CADRE THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE.....	9
<b>1.2 Problématique.....</b>	<b>11</b>
1.4 Démarche méthodologique.....	16
1.4.7.1 Calcul de la taille d'échantillon.....	18
1.4.8 Techniques et outils de collecte des données .....	20
1.5 Traitement des données et analyse des résultats.....	21
<b>CHAPITRE II</b>	
TYPOLOGIE DES INONDATIONS DANS LA BASSE VALLEE DU MONO .....	27
2.1 Présentation du milieu d'étude.....	27
2.2 - Variabilité interannuelle des précipitations dans la basse vallée .....	35
<b>CHAPITRE III</b>	
FACTEURS PHYSIQUES ET HUMAINS RESPONSABLES DES INONDATIONS .....	39
3. 1 Facteurs physiques responsables des inondations .....	39
3. 2 Facteurs Humains responsables des inondations.....	42
3. 2.2 Pratiques sociales et survenance des inondations dans la basse vallée du Mono.....	45
<b>CHAPITRE IV</b>	
MANIFESTATIONS ET DEGATS CAUSES PAR LES INONDATIONS .....	47
4 .1 Pertes en produits agricoles.....	47
4 .2 Pertes en vies humaines et en infrastructures sociocommunautaires .....	49
4 .3 Gestion des inondations dans la basse vallée .....	50
4.4 Discussion .....	53
Perspectives.....	596
Conclusion.....	57
Bibliographie.....	59
Liste des figures, photos et tableau .....	70
ANNEXE .....	72
TABLE DES MATIERES .....	80

## Dédicace

A

✚ monsieur Raïmi A. GADO

✚ mon Feu Père Sylvestre Comlan GBEYETIN

## **Remerciements**

J'ai l'agréable devoir d'exprimer ici ma reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce mémoire.

Je voudrais d'abord témoigner ma profonde gratitude à mes encadreurs, messieurs les Professeurs Fulgence AFOUDA et Euloge OGOUWALE, pour m'avoir accompagné dans ce périple intellectuel, par leurs critiques, remarques et suggestions pertinentes.

Je renouvelle également ces remerciements à l'endroit des Docteurs Toussaint LOUGBEGNON et Lucien COFFY, qui par leurs conseils avisés et leurs encouragements m'ont beaucoup soutenu pour finir ce travail. Au Professeur Christophe HOUSSOU, à qui je dois toute la procédure d'inscription à l'Ecole Doctorale Pluridisciplinaire (EDP).

A Monsieur Patrick YEHOUESSI, j'exprime ma profonde reconnaissance. Car dès notre premier contact, il tient à cœur ma formation supérieure bien que je le servais en tant que Technicien Informatique au sein de l'entreprise PRIMETEC.

A ma femme Charlotte GBAHOUNGBALA, à mon fils Luther Powell C. GBEYETIN, à Monsieur Paulin ALLADAGBIN, je voudrais dire ici, combien j'ai été touché par leur constante sollicitude, leurs encouragements et leur gentillesse. Qu'ils soient assurés de ma profonde gratitude.

Mes remerciements les plus vifs vont également à l'endroit de Jean-Baptiste AKPAMAGBO mon chef bloc et Jeannot CODO mon collègue – frère du Lycée Technique de Ouidah.

Enfin, je dis un mot à l'endroit de tous les chefs villages/quartiers, paysans et commerçants de la basse vallée du Mono.

Je voudrais dire tout simplement et le plus sincèrement, merci à tous mes frères, amis et collègues qui n'ont ménagé aucun effort pour m'accompagner dans la réalisation de ce mémoire.

## Sigles et acronymes

<b>ABE</b>	: Agence Béninoise de l'Environnement
<b>ASECNA</b>	: Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar
<b>CENATEL</b>	: Centre National de Télédétection et de Surveillance du Couvert Végétal
<b>CEPALC</b>	Commission Economique pour l'Amérique Latine et les Caraïbes
<b>CeRPA</b>	: Centres Régionaux pour la Promotion Agricole
<b>CEPRI</b>	: Centre Européen de Prévention de Risque d'Inondation
<b>DALA</b>	: Damage And Loss Assessment
<b>DGAT</b>	: Département de Géographie et Aménagement du Territoire
<b>DGE</b>	: Direction Générale de l'Eau
<b>GFDRR</b>	: Global Facility for Disaster Reduction and Recovery
<b>FLASH</b>	: Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines
<b>FNUAP</b>	: Fonds des Nations Unies pour la Population
<b>GAR</b>	: Global Assissent Report
<b>GI MONO</b>	: Groupement Intercommunal du Mono
<b>IDH</b>	: Indice de développement Humain (IDH)
<b>INSAE</b>	: Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique
<b>IPCC</b>	: Intergovernmental Panel on Climate Change
<b>LACEEDE</b>	: Laboratoire Pierre Pagny : Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement
<b>MAEP</b>	: Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche
<b>MARP</b>	: Méthode Accélérée de Recherche Participative
<b>ONG</b>	: Organisation Non Gouvernementale
<b>ORSTOM</b>	: Office pour la Recherche Scientifique des Territoires d'Outre-Mer (actuel IRD)
<b>PANA</b>	: Programme national d'Adaptation au Changement Climatique
<b>PDNA</b>	: Post Disaster Needs Assessment [Evaluation des dommages, pertes et besoins post désastres]
<b>PNUD</b>	: Programme des Nations Unies pour le Développement
<b>RGPH</b>	: Recensement Général de la Population et de l'Habitation
<b>PAM</b>	: Programme Alimentaire Mondial
<b>PCN</b>	: Plan de Contingence National
<b>PDNA</b>	: Post Disaster Needs Assessment (Evaluation des Besoins Après Désastres)
<b>UCL</b>	: Université Catholique de Louvain Brussels - Belgium
<b>MEDAD</b>	: Ministère de l'Ecologie, du Développement de l'Aménagement Durable

## Résumé

La présente recherche a pour but de contribuer à une meilleure connaissance de la typologie et des manifestations des inondations dans la basse vallée du Mono. La démarche méthodologique s'appuie sur les approches d'analyse systématique et comparative. Il est utilisé la technique de triangulation pour normaliser les données relatives aux dégâts matériels et humains. Ensuite, les outils tels que les questionnaires et la technique d'observation non participative, les interviews et la méthode ethnographique adoptés sur la base d'un échantillonnage aléatoire systématique ont permis d'obtenir les données utilisées dans la présente étude.

Les résultats obtenus montrent que les inondations sont cycliques. Les inondations lentes, par ruissellement, par débordement et par montée spontanée des eaux du fleuve Mono après ouverture du barrage hydroélectrique de Nangbéto sont les quatre types d'inondation qui se produisent dans la basse vallée du Mono. Les inondations par ruissellement et par débordement causent d'importants dégâts matériels et humains. La faible densité de drainage ( $Dd= 0,0972 \text{ Km/Km}^2$ ), la faible densité hydrographique ( $F= 0,0046 \text{ km}^2$ ) et la forte fréquence d'instabilité des drains et cours d'eau ( $c=10,28$ ) sont autant de paramètres environnementaux responsables de la survenance. En termes de dommages sociaux et environnementaux, il y a 900 hectares de champs et greniers de maïs, 200 hectares de cultures de rentes. Plus de 70 % de salles de classes, 14 % de cases en terre battue et 2 % de pertes en vies humaines sont les dommages causés par les inondations de 2012.

L'aménagement des bas-fonds, la pratique des trous à poissons, la fixation des berges, l'utilisation des semences améliorées et la mise en place d'une banque de donnée relative à chaque type d'inondation sont les propositions de gestion des inondations.

**Mots clés :** Basse vallée du Mono, typologie, densité de drainage, inondation cyclique, inondation torrentielle

## Summary

This research aims to contribute to a better understanding of the types and manifestations of flooding in the lower valley of Mono. The methodology relies on systematic and benchmarking approaches. It is used the triangulation technique to normalize the data for material and human damage. Then, tools such as questionnaires and non-participant observation, interviews and ethnographic method adopted on the basis of a systematic random sampling were used to obtain the data used in this study.

The results show that floods are cyclic. Slow flooding by runoff, overflow and spontaneous rising waters of the Mono River hydroelectric dam after Nangbéto are four types of flooding occur in the lower valley of Mono. Flood runoff and overflow causing significant human and material damage. Low drainage density ( $Dd = 0.0972 \text{ Km} / \text{Km}^2$ ), low density watershed ( $F = 0.0046 \text{ km}^2$ ) and the high frequency instability drains and watercourses ( $c = 10.28$ ) are many environmental factors responsible for the occurrence. In terms of social and environmental damage, there are 900 acres of fields and granaries of corn, 200 acres of cash crops. Over 70% of classrooms, 14% of cases in clay and 2% of casualties are damage caused by floods in 2012.

The development of lowlands, the practice of fish holes, fixing the banks, the use of improved seeds and the establishment of a database on each type of flooding are management proposals floods.

**Keywords:** Lower Valley Mono, type, drainage density, cyclic flooding, torrential flooding

## **Introduction**

Les inondations se produisent généralement dans les plaines inondables et la basse vallée du Mono en est un exemple au Bénin. Elles ne sont pas des manifestations spontanées et mystérieuses (Aliou, 2000). Elles ne frappent pas sans préavis car elles sont caractéristiques des crises climatiques et de la gestion de l'espace. C'est en cela qu'elles se passent comme un phénomène hétérogène (Gomez, 2004). Elle résulte tout de même, de l'accumulation des problèmes de développement (GAR, 2011).

Lorsqu'aucune activité humaine ne venait modifier les paramètres d'écoulement des bassins versants, des drains et fleuves, la nature dessinerait harmonieusement le paysage et les écoulements seraient paisibles bien que variables (Biefs du Pila, 1999). On en déduit que les inondations sont représentées par une ou plusieurs variables et leur intensité varie selon les modifications structurelles et fonctionnelles de la biosphère, de l'hydrosphère et de l'atmosphère qui régit les espaces dans lesquels elles sont produites. Autrement dit, les espaces dans lesquels sont produites les inondations sont sous l'influence des interactions complexes de l'atmosphère, de la biosphère et de l'hydrosphère.

Les crues ont causé les fortes inondations au Pakistan (GAR, 2011). L'augmentation de la pluviosité, les actions anthropiques notamment l'urbanisation incontrôlée (Pielke et Downton, 2000) sont responsables des fortes inondations au Bénin (UNHCR, 2010). En effet, Cinquante-cinq sur soixante-dix-sept Communes que compte le Bénin sont sous les eaux (PNUD, 2010). Celles de la basse vallée du Mono, quel que soit le rythme pluviométrique, n'ont jamais cessé de subir les inondations.

De façon courante, le barrage hydroélectrique de Nangbéto est responsable des inondations après les lâchées d'eau (Ago, 2005). Or, le volume d'eau dans la

basse vallée dépend des apports induits par l'Océan à partir de la « bouche du Roi » en période de haute marée (PMA, 2004). Par conséquent, la basse vallée est en permanence humide.

D'autres causes comme les variabilités climatiques (Amoussou, 2010), l'augmentation de fréquence des crues (Kodja, 2011), les variations des précipitations et de l'humidité atmosphérique (IPCC, 2002) et particulièrement l'ensablement du fleuve Mono et des drains dans la Commune de Grand Popo (Houédaho, 2012) sont autant d'événements climatiques et hydro géomorphologiques qui accélèrent les inondations dans la basse vallée du Mono.

Face à ces épisodes d'inondation, plusieurs solutions et moyens de lutte contre les inondations sont proposés notamment l'élaboration de plans de contingence. Mais ils sont demeurés impuissants car dans la plupart des cas, le problème ou la question d'inondation étant mal posé et les solutions actuelles ne permettent pas de lutter efficacement contre ce phénomène. Le présent mémoire intitulé « **inondations dans la basse vallée du Mono : typologie et manifestations** » tente d'apporter de plus amples informations pour la compréhension de ce phénomène. En effet, il est structuré en quatre chapitres. Le premier présente le cadre théorique et méthodologique de la recherche, le second aborde la typologie des inondations dans la basse vallée du Mono et le troisième, les facteurs physiques et humains responsables des inondations tandis que le quatrième expose les manifestations et les dégâts matériels et humains des inondations.

## **CHAPITRE I**

### **CADRE THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE**

Ce chapitre présente l'état des connaissances, la problématique, la clarification des concepts et la démarche méthodologique adoptée dans le cadre de cette étude.

#### **1.1 Etat des connaissances**

La dégradation de l'environnement et les dysfonctionnements hydrologiques participent activement à l'augmentation des inondations (Mahé et Olivry, 1995 ; Kodja, 2011). Ainsi, les variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et Centrale sont liées aux flux d'humidité associés à la mousson . Le débit des cours d'eau dépend des facteurs climatiques, du degré de perméabilité du sol, de la taille du bassin versant ainsi qu'aux formations végétales.

Vu les multiples facettes que présente le risque d'inondation, plusieurs ouvrages selon différents thématiques relatifs au même phénomène sont pris en compte dans la présente étude. Lorsqu'on considère les causes anthropiques comme facteurs de survenance des inondations, les auteurs tels que Ago (2005), Houédaho (2012), concluent que les modes d'occupation, la gestion des terres, l'exploitation des terres, l'exploitation des drains, marécages et cours d'eau accroissent le rythme de survenance des inondations dans le secteur d'étude. D'autres auteurs abondent dans le même sens mais ils font des détails sur les facteurs déclencheurs, les facteurs aggravants les inondations (Capo, 2008 ; LACEEDE, 2010 et Assogba, 2011). Il revient de retenir que les actions anthropiques notamment la mauvaise gestion et la mauvaise organisation de l'espace accroissent le rythme de survenance des inondations.

Considérant les causes naturelles telles que les variabilités hydroclimatiques, les auteurs tels que Amoussou (2010) ; Kodja (2011) ont respectivement mis l'accent sur les dérèglements climatiques et l'augmentation des fréquences de crues alors que le rapport d'IPCC (2002), dans la même décennie, indique que le réchauffement climatique est responsable de la montée des eaux des mers. Par ailleurs, d'autres auteurs ont plus approfondi la question relative à la survenance des inondations. L'évaluation économique et sociale du risque d'inondation est abordée par Barthélémy (2002) et Gilbert (2003), qui désignent les manifestations sociales des inondations par la « fabrique sociale ». Ce dernier auteur recommande que les problèmes d'inondation méritent d'être traités par une analyse constructiviste et géopolitique car les inondations sont accompagnées de l'érosion fluviale qui manie les berges des cours d'eau frontaliers. Au nombre des méthodes d'évaluation économique, celle DALA est utilisée pour l'évaluation économique des dégâts matériels et humains causés par les inondations de 2010 au Bénin (PDNA , 2010).

Au nombre des solutions, moyens et stratégies de luttés proposés, Laganier (2009) propose de « restituer le territoire au risque », une solution analogue à celles proposées pour limiter les inondations dans le grand Cotonou et particulièrement dans la Commune de Grand - Popo.

En somme, l'ensemble des rapports et travaux scientifiques permettent de comprendre que les inondations résultent d'un certain nombre de phénomènes naturel, humain dont les propositions de gestion ne peuvent être efficaces que si elles se reposent sur les types, les manifestations sociales et la participation des sinistrés.

## **1.2 Problématique**

En dépit des multiples solutions et moyens de lutte et d'adaptation apportés aux variabilités hydroclimatiques, les catastrophes d'inondations ne cessent de connaître un rythme croissant et ceux sur des espaces de plus en plus importants. Elles causent plus de dégâts matériels et humains et affaiblissent davantage les populations de la basse vallée du Mono.

### **1.2.1 Justification du sujet**

Les catastrophes naturelles causent de graves problèmes humains, écologiques et économiques. Les inondations et les tempêtes restent les catastrophes les plus fréquentes ces dernières années. Les inondations occupent 34 % des catastrophes naturelles dans le monde (UCL, 2007). Elles sont complexes et plusieurs faits naturels, physiques, humains sont responsables de sa production (Gomez et *al.*, 2004).

Les inondations ont eu un impact sans précédent sur les populations rurales et urbaines du Bénin. Environ 8 % de la population a été directement affectée, dont 30 % vivant d'activités agricoles. Les populations locales touchées restent encore fortement vulnérables : leurs habitations sont détruites, elles ont perdu une bonne partie de leur récolte et de leur stock de vivre et de semence, leur activité économique est temporairement interrompue (PDNA, 2011).

L'urbanisation des plaines inondables est un phénomène ancien mais qui s'est fortement accru à la fin du XX<sup>ème</sup> siècle, quel que soit le niveau de développement du pays (Bonnet, 2004). L'implantation massive des villes entraîne l'augmentation du nombre et de la gravité potentielle des enjeux (Valy, 2010). Mis à part le cas de la ville de Cotonou, les connaissances sur les trajectoires d'implantations urbaines dans des zones potentiellement inondables sont faibles et peu alimentées par des quantifications précises que ce soit au

niveau français ou international (Barroca, 2006 ; Reghezza, 2006 ; Rode, 2009). A l'instar des plaines inondables, qui, malgré les réglementations mises en place ne dérogent pas à cette règle (Ledoux, 1995 ; Pigeon, 2005), la basse vallée connaît une croissance urbaine (Ago, 2005). Cette croissance renforce d'une manière ou d'une autre la survenance des inondations dans cet espace fortement influencé par le ruissellement, le débordement du fleuve Mono et les hautes marées.

Face à cette crise annuelle, plusieurs stratégies et mesures de gestion sont adoptées. Il y a entre autres, la stratégie de relèvement et de reconstruction, le plan d'action sectoriel de relèvement et de reconstruction, l'évaluation de la planification et de la gestion urbaine (afin de doter les différentes villes d'un document de planification urbaine), le plan national d'organisation des secours en cas de catastrophe (ORSEC), les 3CI « Cotonou en Campagne contre les Inondations », le plan national de contingence. Il existe bien d'autres stratégies de réduction des inondations au plan national comme à l'échelle communale

La non vulgarisation des plans de secours, des stratégies et mesures prises pour susciter l'adhésion des volontaires, les diagnostics posés malgré qu'ils aient un contenu appréciable n'intègrent pas le point de départ des problèmes relatifs à la survenance des inondations. Malgré les multiples communications et rencontres scientifiques sur les effets des changements climatiques, les variabilités hydroclimatiques et leurs conséquences sur les populations avec les stratégies et moyens de lutte adoptés au Bénin, les catastrophes d'inondations demeurent une sérieuse menace au plan national et, en particulier pour la basse vallée du Mono (PDNA, 2011).

A cet effet, pour une maîtrise efficace de la manifestation des catastrophes d'inondation et la recherche des solutions curatives et surtout préventives, il est

nécessaire de mener une étude sur les inondations dans la basse vallée du Mono. Elle repose sur les interrogations ci-après :

- Quelle est la typologie des inondations dans la basse vallée ?
- Quels sont les facteurs physiques et humains favorisant les inondations dans la basse vallée du Mono ?
- Comment se manifestent ces inondations ?
- Quels sont les dégâts causés par ces dernières ?

C'est pour répondre à ces interrogations que le sujet intitulé « **Inondations dans la basse vallée du Mono : typologie et manifestations** » est choisi. Le présent travail se fonde sur plusieurs hypothèses.

### **1.2.2 Hypothèses de travail**

Les hypothèses de travail de la présente étude s'énumèrent comme suit :

- ✓ les inondations qui surviennent dans la basse vallée du Mono sont de divers types ;
- ✓ des facteurs physiques et humains favorisent ces inondations dans la basse vallée du Mono ;
- ✓ les manifestations de ces inondations sont notables dans la basse vallée du Mono ;
- ✓ les inondations engendrent d'importants dégâts dans la basse vallée.

Pour vérifier ces hypothèses, les objectifs suivants sont fixés.

### **1.2.3 Objectifs de recherche**

L'objectif global de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance de la typologie et des manifestations des inondations dans la basse vallée du Mono.

De façon spécifique, il s'agit de :

- identifier les types d'inondation dans la basse vallée du Mono ;

- recenser les facteurs physiques et humains qui favorisent les inondations dans la basse vallée ;
- décrire les manifestations de ces inondations dans la basse vallée du Mono ;
- analyser les dégâts causés par ces inondations dans la basse vallée du Mono.

Pour atteindre les objectifs de la présente étude, un cadre conceptuel a été défini.

### **1.3 Clarification conceptuelle**

Pour une meilleure exploitation du présent mémoire, certains concepts méritent d'être clarifiés.

**Aléa** : C'est la manifestation d'un phénomène naturel d'occurrence et d'intensité donnée ([www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)). Dans la présente étude, il est l'emprise des crues et des quantités exceptionnelles des eaux de pluie sur les communes bordières du fleuve Mono dans la basse vallée.

**Basse vallée du Mono** : selon Antheaume (1978), elle est une région aux dimensions modestes de 2.620 Km<sup>2</sup>. Elle se trouve entre 6°25' et 7°75 latitude nord et 1°03' et 2°25' longitude est. Dans le cadre de cette étude, la basse vallée est formée des communes bordières (Athiémè, Grand Popo) et les arrondissements sous l'influence des crues (Ouèdèmè et Lokossa) de la commune de Lokossa.

**Catastrophe** : Selon Lacoste (2003), elle est un accident violent qui bouleverse les conditions de vie sur une étendue plus ou moins vaste et qui anéantit une grande partie de la faune et du peuplement. Elle désigne les effets dommageables d'un phénomène brutal, durable ou intense, d'origine naturelle ou humaine ([www.linternaute.com](http://www.linternaute.com)). Dans la présente étude, elle est un

bouleversement causé par la survenance des inondations et qui causent des dégâts physiques et humains.

**Enjeu :** C'est une valeur matérielle ou morale qui est risquée lors d'une activité économique ou au cours d'une situation vis-à-vis d'un aléa (Larousse, 2010). Ce sont les personnes et les biens susceptibles d'être affectés par les inondations dans la basse vallée du Mono.

**Manifestations :** Elles représentent les caractéristiques physiques de des inondations (Lacoste, 2003). Dans la basse vallée, elles représentent les différents degrés auxquels chaque type d'inondation affecte les populations, les biens et services.

**Inondation :** C'est un débordement d'un cours d'eau, le plus souvent en crue, qui submerge les terrains voisins. C'est aussi le débordement d'ouvrages artificiels tels retenues, barrages et réseaux d'assainissement ([www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)). Dans la basse vallée, elle est une invasion ou un déferlement des eaux du fleuve Mono suite à une forte quantité d'eau ruisselle dans la vallée depuis l'amont jusqu'à l'exutoire d'une part, ou le débordement du fleuve durant les périodes de hautes marées d'autre part. L'ensemble de ces évènements climatiques se produit sur un sol argileux où les villes, villages et quartiers ordinairement hors d'eau, se trouvent sous les eaux sur une longue durée.

**Typologie :** Selon Lacoste (2003), elle est une méthode fondée sur une démarche comparative qui permet d'élaborer à différents niveaux d'abstraction, des types ou sous- types pour classer et schématiser des cas, des individus et organiser des réalités complexes. Dans la présent étude, la typologie sur les

considérations climatique et hydrologique pour dégager les types d'inondation qui surviennent dans la basse vallée du Mono.

#### **1.4 Démarche méthodologique**

Les données utilisées, les techniques de collecte des données, le traitement et l'analyse des résultats puis la base de l'échantillonnage ainsi que les outils de collecte sont présentés dans cette partie.

Mais bien avant, la méthode d'analyse systématique est utilisée car un type d'inondation est considérée comme un ensemble d'éléments complexe en relation de dépendance réciproque. Elle a permis, après combinaisons des données climatiques, hydrologiques (crues) et ruissellements de concevoir le schéma des types d'inondation. Par la suite, la méthode comparative est utilisée pour décrire les dégâts matériels et humains que causent les inondations dans la basse vallée du Mono.

##### **1.4.1 Données utilisées**

Les données utilisées sont à la fois qualitatives et quantitatives. Elles sont constituées essentiellement des variables qui décrivent les paramètres environnementaux et humains responsables des inondations dans la basse vallée du Mono. Il s'agit des :

- données climatologiques : elles prennent en compte les hauteurs de pluies journalières et mensuelles, le nombre de jours de pluie et les températures obtenues à l'ASECNA sur la période 1981-2012 à la station synoptique de Cotonou et les relevés communales ;
- données démographiques, issues des résultats des recensements de 1979, 1992 et 2002 disponibles à l'INSAE et les projections de l'effectif des populations sur 2025 obtenues au FNUAP ;
- données socio ethno –climatiques issues des enquêtes de terrain;

- données relatives aux dégâts matériels et humains (2007 -2010) obtenus respectivement auprès des sinistrés, de la Cerpa et au Ministère de l'Intérieur, de la Sécurité Publique et des Cultes.

#### **1.4.2 Collete des données**

Elle s'est faite en deux phases : la recherche documentaire et les enquêtes de terrain.

#### **1.4.3 Recherche documentaire**

La recherche documentaire a consisté à faire des investigations dans les centres de documentation afin de consulter les ouvrages ayant rapport avec le sujet de recherche. Le tableau I présente les centres de documentation visités, les types d'ouvrages consultés et leurs contributions au sujet.

**Tableau I** : Synthèse de la recherche documentaire

<b>Centres de documentation</b>	<b>Types d'ouvrages</b>	<b>Contributions</b>
Bibliothèque ABE	Mémoires de maîtrise	Présentation de la basse vallée
Bibliothèque EPAC	Mémoire de fin de stage	Urbanisation et inondations
Bibliothèque FSA	Thèses de doctorat et communications	Gestion des eaux
Google scholar	Thèses de doctorat	Risques, inondations, dégâts matériels

*Source : Gbêyetin, 2013*

#### **1.4.4 Enquêtes de terrain**

Les enquêtes de terrain se sont déroulées en deux étapes : la prise des statistiques portant sur les dégâts matériels et humains auprès de l'administration et la collecte des données auprès des sinistrés de la basse vallée.

#### **1.4.5 Enquêtes auprès de l'administration**

Une lettre de demande a été adressée au responsable des statistiques au Ministère de l'Intérieur, de la Sécurité Publique et des Cultes. Ce dernier sur invitation a fourni les statistiques relatives aux dégâts matériels et humains sur tout le pays en particulier sur le département du Mono/Couffo.

#### 1.4.6 Enquêtes auprès des sinistrés

Deux méthodes d'enquêtes dont celle ethnographique et celle par questionnaire sont utilisées pour la collecte des données auprès des sinistrés. Les principaux acteurs sur qui les enquêtes se sont portées sont les chefs de ménages, les agriculteurs et les groupements de femmes.

#### 1.4.7 Echantillonnage

La détermination de la taille d'échantillon se repose sur les principes d'un échantillonnage aléatoire systématique. La formule donnant la taille de l'échantillon est la suivante :

$$n = \frac{t^2 N}{t^2 + (2e)^2(N - 1)}$$

Avec  $n$  : la taille de l'échantillon ;  $N$  : la taille de la population ;  $e$  : la marge d'erreur ( $e = 5\%$ ),  $t$  : le coefficient de marge déduit du taux de confiance,  $p$  : la proportion des éléments de la population-mère (Giezendanner, 2012).

##### 1.4.7.1 Calcul de la taille d'échantillon

Lorsque le taux d'échantillon est supérieur à 1/7 de la population mère «  $N$  » (population totale), la taille «  $n$  » de l'échantillon déterminé précédemment doit être corrigé. La nouvelle taille «  $n_2$  » corrigée de l'échantillon est égale à (Giezendanner, 2012):

$$n_2 = n \frac{N - n}{N - 1}$$

Donc,

$$n_2 = \frac{t^2 p(1 - p)}{e^2} * \frac{N - n}{N - 1}$$

Et «  $e$  » vaut :

$$e = t \sqrt{\frac{p(1 - p)}{n}} * \sqrt{\frac{N - n}{N - 1}}$$

- la Marge d'erreur « e » ; le Niveau (Taux) de confiance « s » ; Coefficient de marge « t » ; la Proportion « p » à estimer est de 50% et « N » la taille de la population.

Si N= 59293; P= 50 % ; le niveau de confiance est 95 % et la marge d'erreur souhaitée est 5%, alors la taille de l'échantillon est 382. Cette taille de l'échantillon est proportionnellement répartie à partir des critères et choix des enquêtés (Tableau II).

**Par conséquent, 382 sinistrés sont retenus pour les enquêtes de terrain dans la basse vallée du Mono. En dehors des ménages enquêtés, les catégories représentent les autorités, des associations, des groupements de femmes et des médias.**

**Tableau II : Répartition de l'échantillon par Commune**

Communes	Nombre total de ménages	Ménages enquêtés	Autres catégories	Total	Proportion Ménages enquêtés
Aplahoué	14406	90	02	<b>92</b>	<b>0,63</b>
Lokossa	8570	50	05	<b>55</b>	<b>0,64</b>
Houéyogbé	11573	70	05	<b>75</b>	<b>0,64</b>
Athiémè	7268	40	07	<b>47</b>	<b>0,64</b>
Bopa	8217	50	03	<b>53</b>	<b>0,64</b>
Comè	5272	30	04	<b>34</b>	<b>0,64</b>
Grand Popo	3855	20	06	<b>26</b>	<b>0,67</b>
<b>Total</b>	<b>59293</b>	<b>250</b>	<b>32</b>	<b>382</b>	<b>0,64</b>

**Source :** enquête de terrain Gbêyetin, Février 2013 ;

Sur l'ensemble des couches socioprofessionnelles que représente la population de la basse vallée, seuls les ménages agricoles sont priorités car ils représentent la couche la plus vulnérable face aux inondations. Les investigations auprès des Les autres catégories ont permis d'avoir les points de vues global de tous les acteurs socioprofessionnelles relatives à la problématique des inondations dans

la basse vallée du Mono. La collecte des données est faite grâce aux techniques et outils appropriés.

#### **1.4.8 Techniques et outils de collecte des données**

Les matériels de terrain et les techniques de collecte des données sont abordés dans cette rubrique.

##### **1.4.8.1 Outils de collecte de données**

Plusieurs matériels sont utilisés pour la collecte des données. Chacun d'eux ont joué un rôle précis au cours des travaux de terrain. Ils se présentent comme suit :

- la carte topographique du secteur d'étude pour la situation des localités choisies pour la collecte ;
- le guide d'entretien, la grille d'observation et les questionnaires ont permis de recueillir des informations auprès de la population cible ;
- un appareil photo numérique a permis de prendre des au cours des travaux de terrain.

##### **1.4.8.2 Techniques de collecte des données**

Elles se reposent essentiellement sur l'observation et les interviews organisés dans les différentes communes de la basse vallée du Mono.

- **L'observation**

La technique d'observation directe non participative est utilisée lors de la collecte des données relatives aux dégâts matériels et humains.

- **Interviews**

La méthode ethnographique est plus utilisée. Elle a rendu favorable les rencontres avec les associations et les groupements de femmes des différentes communes de la basse vallée. Ce contact permanent avec la population a permis

de collecter les données relatives aux vécus des inondations et les pertes en vies humaines.

La méthode de triangulation a permis de confronter les données relatives aux dégâts matériels humains obtenues auprès du Ministère de l'Intérieur et de la sécurité Publique et des Cultes et celles obtenues auprès des associations et groupement puis des ménages agricoles.

### 1.5 Traitement des données et analyse des résultats

La liste des logiciels et les types de données traitées sont présentés dans cette rubrique.

#### 1.5.1 Listes de logiciels et données traitées

Plusieurs logiciels sont utilisés dans le cadre de cette étude (Tableau III). Les cinq types de données (climatiques, démographiques, socio ethno-climatiques, dégâts matériels) sont respectivement traitées par les logiciels Excel, Xlstat et Mini tab

**Tableau III** : Logiciels utilisés

Logiciels	Interventions	Travaux
Microsoft Word 2010	Préparation fiche d'enquête, guide d'entretien.	Rédaction Mémoire
Microsoft Excel 2003	Macro VBA Hydrolab	Statistiques et Analyse des données hydrologiques
Microsoft Excel 2010	Gestion XLSTAT	Statistiques et Analyse des données
Arview Gis 3.2	Carte d'étude	Réalisation des différentes cartes
Xlstat Pro 7	Statistique	Analyse des données
Freemind & Xmind mapping software	Création carte heuristique	Grandes étapes du Mémoire

*Source* : enquête de terrain Gbêyetin, Mai-Juin 2013

Deux bases de données sont conçues au début de l'analyse des données. La première contient des données hydrologiques sous Microsoft Excel 2003, une version compatible au VBA Hydrolab version gratuite téléchargée sur internet. La seconde, sous Microsoft Excel 2010 contient les données climatiques et les

données relatives aux dégâts matériels et humains. Que ce soit Microsoft Excel 2003 ou 2010, le logiciel d'analyse Xlstat pro 7 reste compatible. Ce dernier a permis de lancer les analyses selon les différents objectifs de l'étude.

Les logiciels Arcview Gis 3.2 et Freemind ont respectivement aidé à la réalisation des cartes et l'élaboration des cartes heuristiques. Ces cartes tracent les grandes étapes de déroulement de la recherche depuis le début passant par les travaux de terrain jusqu'à la rédaction de ce mémoire.

### **1.5.2 Méthodes et modèles statistiques d'analyse des données**

Fournir les explications relatives à l'augmentation des fréquences d'augmentation des inondations dans la basse vallée du Mono, amène à adopter les approches d'analyse systématique dans l'identification de la typologie et comparative dans l'analyse des dégâts matériels et humains. C'est ce qui a permis de rallier les modèles d'analyse statistiques, les tests statistiques, les modèles hydrologiques et les considérations géographiques. A cet effet, l'un ou l'autre des modèles statistiques, hydrologiques ou géographiques, par objectif est utilisé. C'est leur complémentarité qui a permis de tirer les conclusions de la présente étude.

#### **Objectif 1 : Identifier les types d'inondation dans la basse vallée du Mono**

Avant l'élaboration de la typologie des inondations, une analyse de la variabilité des précipitations entre 1981 et 2012 est faite par la méthode de Nicholson afin de faire ressortir les années excédentaires. En effet, l'analyse pluviométrique va permettre de cerner les fluctuations majeures ayant caractérisée la basse vallée du Mono depuis les années 1982 jusqu'à 2012. Ce qui sans doute représente le premier facteur exposant le paysage de la basse vallée aux inondations fréquentes. Pour mieux évaluer les variations de pluie annuelle, il est utilisé dans la présente étude l'indice pluviométrique moyen (IPM) défini par (Nicholson et

*al.*, 1988). Elle représente une variable centrée réduite, calculée sur les hauteurs pluies annuelles (Paturel et *al.*, 1995).

$$\mathbf{IPM} = \frac{(X_i - X)}{S}$$

$X_i$  : hauteur annuelle enregistrée l'année  $i$  au poste pluviométrique considéré;

$X$  : hauteur moyenne annuelle sur la période 1982-2012 ;

$S$  : écart type pour la période déjà citée, au poste considéré. L'emploi des moyennes mobiles lissées sur cinq ans, met en évidence la tendance générale.

Ensuite, l'élaboration de la typologie se repose sur le bilan hydrologique qui rend compte des entrées et des sorties d'eau à l'échelle du bassin versant en fonction des précipitations ( $P$ ), de l'écoulement/ruissellement ( $R$ ) (débit à l'exutoire), de l'évaporation ( $E$ ) et de l'infiltration ( $I$ ) .

L'équation du bilan hydrologique (Le Barbé et *al.*, 1993) au cours d'une période peut s'écrire de la façon suivante :

$$\mathbf{P = E + L + I + (S1 - S0)} \quad \text{avec;}$$

$P$  = pluie, en mm ;  $E$  = évaporation, en mm ;  $L$  = écoulement, en mm ;  $I$  = recharge (infiltration), en mm  $S1 - S0$  variation du stock d'eau présent dans le bassin, en millimètre.

Des cinq termes de cette équation, deux ( $I$  et  $S1 - S0$ ) ne sont pas quantifiables par des mesures directes. Ainsi, l'infiltration ( $I$ ) et la variation de stock d'eau ( $S1-S0$ ) sont négligeables.

Il est recherché la lame d'eau précipitée sur la basse vallée du Mono à partir de la moyenne des précipitations des 04 stations représentatives. L'évaluation pluviométrique est la plus longue et la plus délicate des quatre opérations du bilan. Son exactitude dépend généralement de la fidélité du bilan (Pédelaborde, 1968).

L'évaporation est calculée à partir de l'évapotranspiration.

$$E = \alpha \cdot ETP \begin{cases} - \text{si } P_i > ETP_i ; \alpha = 1 & \text{et } P_i = \text{pluie mensuelle en millimètre} \\ - \text{si } P_i < ETP_i ; \alpha = P_i/ETP_i \end{cases}$$

Le coefficient «  $\alpha$  » traduisant la disponibilité en eau dans les premiers horizons du sol est toujours inférieur ou égal à 1 (Vissin, 2007).

L'écoulement représente les eaux de pluie qui gagnent rapidement les exutoires qualifiés de « rapides ». Les lames d'eau écoulées sont obtenues à partir des débits du fleuve Mono (Pédélaborde, 1968) :

$$L = Q/S \quad \text{avec}$$

$L$  = débit spécifique en l/sec/km<sup>2</sup> ;  $Q$  = débit absolu en l/sec et  $S$  = surface du bassin en km<sup>2</sup>. L'écoulement mensuel ou le ruissellement est obtenu par application des coefficients suivants :

- 2,7 pour les mois de 31 jours ;
- 2,6 pour les mois de 30 jours ;
- 2,4 pour le mois de février.

La typologie des inondations est élaborée à partir de **P** (précipitations), **E** (évaporation) et **Ec** (écoulement ou ruissellement mensuel). La surface considérée dans le cadre de cette étude est **2.602 km<sup>2</sup>**. Les interviews auprès des paysans ont considérablement participé à l'élaboration de la typologie des inondations.

## **Objectif 2 : Recenser les facteurs physiques et humains responsables des inondations**

### **• Facteurs physiques**

Un réseau hydrographique est l'ensemble des cours d'eau, affluents et sous-affluents d'une rivière ou d'un même fleuve. A l'état naturel, tous les réseaux sont hiérarchisés, de nombreux auteurs ont proposé des classifications de ces réseaux. Comprendre le rôle des facteurs hydrographiques a conduit à l'adoption

de la densité de drainage. Elle a été définie par Horton (1932), afin de décrire le degré de développement d'un réseau hydrographique.

- **Densité de drainage**

La densité de drainage, introduite par Horton, est la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant :

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} \quad \text{Avec :}$$

$D_d$  : densité de drainage [ $\text{km}/\text{km}^2$ ] ;  $L_i$  : longueur de cours d'eau [ $\text{km}$ ] ;  $A$  : surface du bassin versant [ $\text{km}^2$ ].

La densité de drainage dépend de la géologie (structure et lithologie), des caractéristiques topographiques du bassin versant et, dans une certaine mesure, des conditions climatologiques et anthropiques.

En pratique, les valeurs des densités de drainage varient de 3 à 4 pour des régions où l'écoulement n'a atteint qu'un développement très limité et se trouve centralisé ; elles dépassent 1000 pour certaines zones où l'écoulement est très ramifié avec peu d'infiltration.

Selon Schumm (1956), la valeur inverse de la densité de drainage,  $C=1/D_d$ , d'où  $C$  est la « constante de stabilité du cours d'eau » et le  $D_d$  représente la densité de drainage. Physiquement, elle représente la surface du bassin nécessaire pour maintenir des conditions hydrologiques stables dans un vecteur hydrographique unitaire.

- **Densité hydrographique**

La densité hydrographique représente le nombre de canaux d'écoulement par unité de surface.

$$F = \frac{\sum N_i}{A} \quad \text{Où :}$$

F : densité hydrographique [ $\text{km}^{-2}$ ] ;  $N_i$  : nombre de cours d'eau ; A : superficie du bassin [ $\text{km}^2$ ].

- **Facteurs humains**

La méthode de triangulation est utilisée sur les données ethno- climatiques obtenus grâce à la méthode ethnographique qui a permis de rester et vivre avec les sinistrés durant la phase d'enquête.

### **Objectifs 3 et 4: Décrire les manifestations et analyser les dégâts causés par ces inondations**

La technique de triangulation a précédé la mise en application de la méthode d'analyse comparative des dégâts matériels et humains causés par les inondations dans la basse vallée du Mono. A cet effet, il est mis en exergue les pratiques de la population cible qui renforcent la survenance des inondations.

En somme, le chapitre portant sur le cadre théorique a permis d'identifier les types de données, de déterminer la taille de l'échantillon suivant les principes d'échantillonnage aléatoire systématique. L'enquête de terrain est effectuée non seulement auprès de l'administration (Ministère et Cerpa) mais aussi auprès des sinistrés. L'observation et la méthode ethnographique sont les techniques de collecte des données utilisées lors des investigations en milieu réel. La densité de drainage et hydrographiques sont utilisées pour mettre au clair les facteurs humains et physiques responsables de la survenance des inondations. Les approches systématique et comparative sont utilisées pour l'analyse des données relatives à la typologie et les manifestations des inondations dans la basse vallée du Mono.

## CHAPITRE II

### TYPOLOGIE DES INONDATIONS DANS LA BASSE VALLEE DU MONO

Ce chapitre fait la présentation du milieu d'étude, de la variabilité interannuelle des précipitations dans la basse vallée, la typologie et la caractérisation des inondations dans la basse vallée du Mono.

#### 2.1 Présentation du milieu d'étude

Située entre les parallèles  $6^{\circ} 25'$  et  $7^{\circ} 75'$  de latitude nord et les méridiens  $1^{\circ}03'$  et  $2^{\circ}25'$  de longitude est, la basse vallée du Mono est située au Sud –Ouest du Bénin, à l'interface de deux systèmes hydrologiques marin et fluvial (Figure 1).

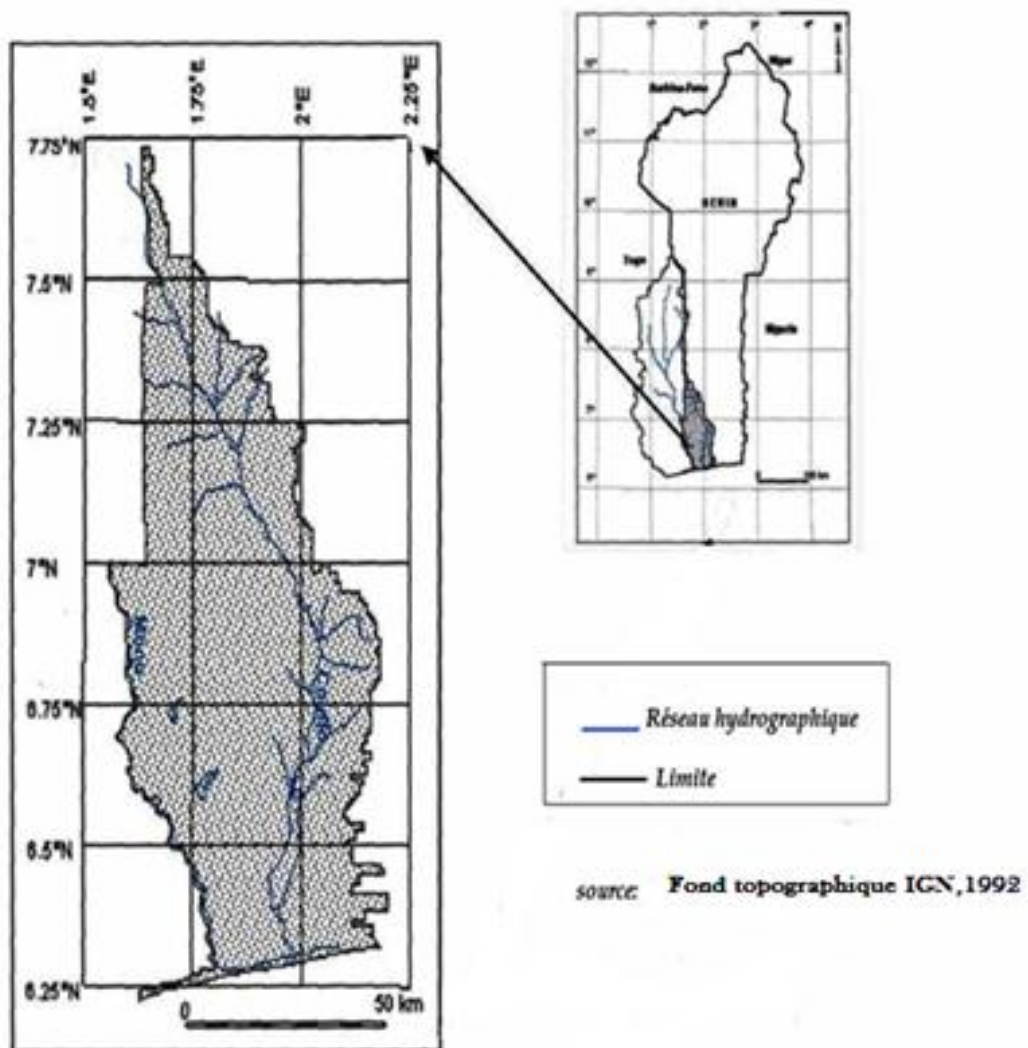


Figure 1 : Situation géographique de la basse vallée du Mono

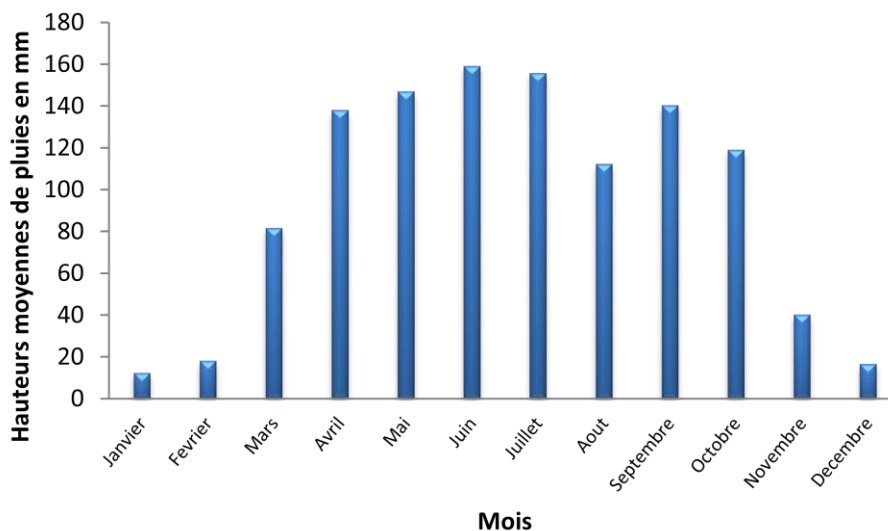
La basse vallée du Mono reçoit en aval les apports liquides de la mer et en amont ceux du fleuve Mono (Amoussou, 2010). La dégradation des berges du fleuve Mono modifie considérablement les limites de la basse vallée.

### 2.1.1 Caractéristiques physiques

La basse vallée du Mono est sous l'influence de plusieurs facteurs physiques qui renforcent la survenance des inondations. Les paramètres ci-dessous décrivent au mieux cette situation.

#### 2.1.1.1 Caractéristiques climatiques

Les précipitations, les températures, l'insolation et l'humidité relative de l'atmosphère sont les éléments météorologiques qui agissent en concert pour déterminer les types de temps de la basse vallée du Mono (figures 2, 3,4 et 5).

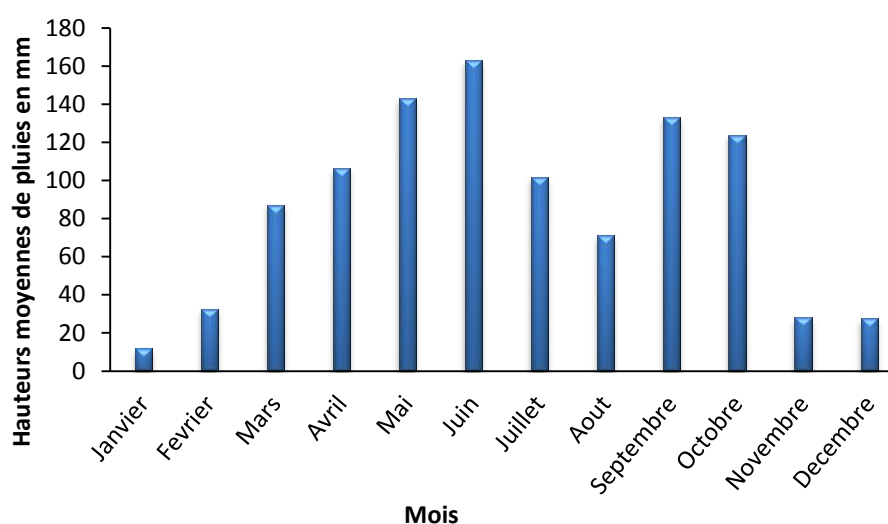


**Figure 2** : Evolution des hauteurs moyennes de pluies à la station pluviométrique Aplahoué (1981-2012)

*Source* : ASECNA, 2012

Deux saisons pluvieuses s'observent à la lecture du graphe de la figure 2. Les hauteurs moyennes minimales de pluies varient entre 20 et 40 millimètres tandis que celles moyennes maximales se trouvent entre 120 et 160 millimètres pour les deux saisons. La première reste dominante et s'étend sur 5 mois de pluie (mars à juin) tandis que la seconde dure 3 mois (septembre à novembre) environs. Le mois d'Août reste le mois de transition entre les deux saisons. Le

total cumul des hauteurs de pluies est de 1001, 82 millimètres .La station d'Aplahoué reste bien arrosée avec huit mois environ de pluie car le total cumul des hauteurs de pluies dans les mois les plus pluvieux est 935,66 millimètres. Etant la station en amont de la basse vallée du Mono, ses caractéristiques pluviométriques accroissent le risque d'inondation, notamment l'abondance pluviométrique des mois de juin et de juillet dont le cumul dépasse les 300 millimètres.

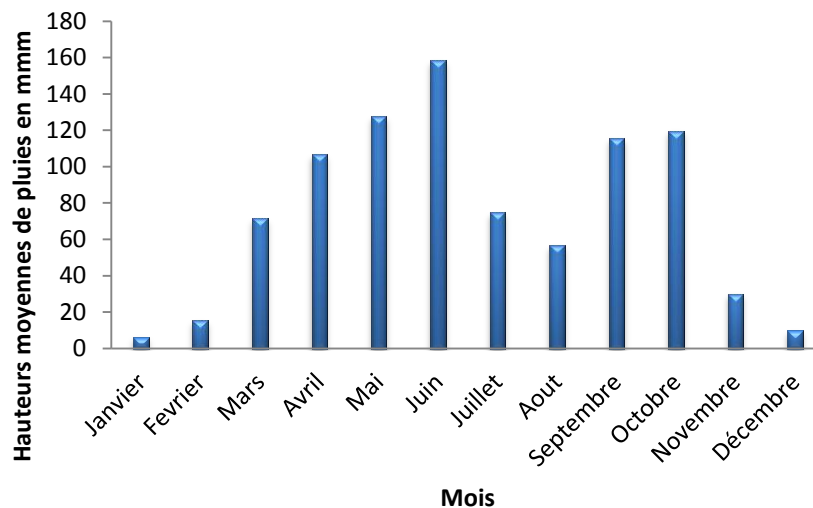


**Figure 3** : Evolution des hauteurs moyennes de pluies à la station pluviométrique de Lokossa (1981-2012)

*Source* : ASECNA, 2012

Par analogie, deux saisons s'observent à la lecture du graphe de la figure 3. Les hauteurs moyennes minimales de pluie varient entre 20 et 30 millimètres tandis que les hauteurs moyennes maximales de pluie varient entre 80 et 160 millimètres. On en déduit qu'il y a une légère différence entre les hauteurs moyennes minimales et maximales entre les stations pluviométriques d'Aplahoué et de Lokossa. Par contre, il y a sept mois pluvieux à la station de Lokossa (mars à juin et septembre à octobre). Ce qui n'est pas le cas à la station pluviométrique d'Aplahoué. Néanmoins, la période humide reste aussi

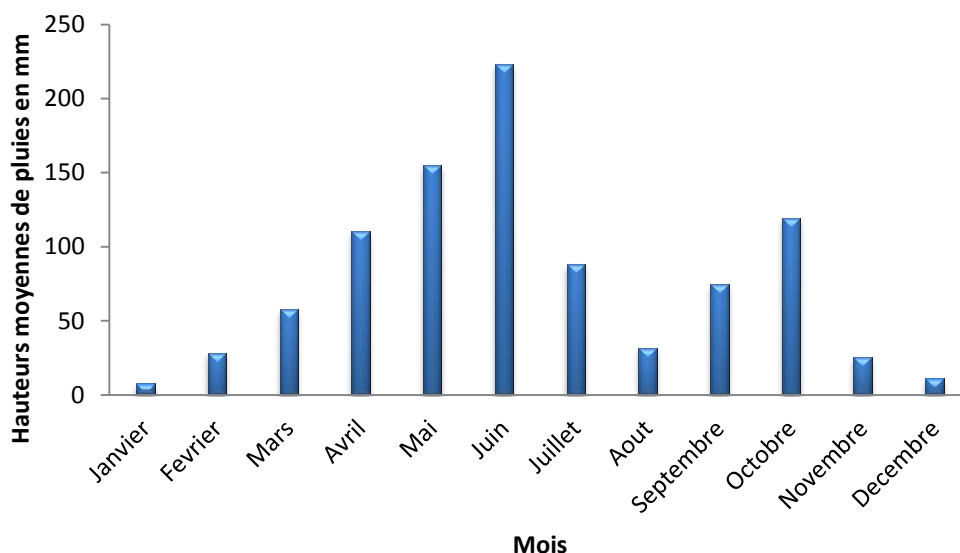
importante d'une station à l'autre. La hauteur annuelle de pluies est de 1029 millimètres Il ressort donc que le risque d'inondation lié à la pluie et les écoulements restent fortement maintenu.



**Figure 4:** Evolution des hauteurs moyennes de pluies à la station pluviométrique de Bopa (1981-2012)

*Source : ASECNA, 2012*

Par analogie, deux saisons s'observent à la lecture du graphe de la figure 4. Mais les hauteurs moyennes minimales varient entre 10 et 20 millimètres tandis que les hauteurs moyennes maximales varient entre 80 et 160 millimètres de pluie. On en déduit une différence entre les hauteurs moyennes minimales des stations pluviométriques de Lokossa et de Bopa. Mais les hauteurs moyennes maximales semblent afficher une constance car la différence entre ces dernières sont négligeables. Par contre, il y a sept mois humide constatés à partir des données climatiques des stations précédentes. La des hauteur annuelle de pluies est de 893, 16 millimètres



**Figure 5** : Evolution des hauteurs moyennes de pluies à la station pluviométrique de Grand Popo (1982-2012)

*Source* : ASECNA, 2012

Deux saisons s’observent à la lecture du graphe de la figure 5. Les hauteurs moyennes minimales varient entre 11 et 26 millimètres de pluie tandis que les hauteurs moyennes maximales de pluie varient entre 58 et 118 millimètres de pluie. Le total annuel des hauteurs de pluies 928,45 millimètres. Le constat reste le même au niveau des hauteurs moyennes minimales tandis que les hauteurs moyennes maximales semblent avoir les mêmes valeurs d’une station à l’autre dans la basse vallée. En temps normal, Grand Popo, se trouve dans la diagonale de sécheresse « Dahomey Gap » (Bokonon Ganta, 1987). Mais, la proximité de la mer, du fleuve Mono fait que Grand Popo, bénéficie parfois des pluies exceptionnelles et reste humide près que toute l’année en raison de sa proximité de la lagune, du fleuve Mono et de la mer. Ce qui renforce le risque de survenance des inondations.

En somme la basse vallée du Mono bénéficie en moyenne d’environ 160 millimètres de pluie. La hauteur maximale de pluie qu’elle bénéficie est d’environ 1000 millimètre de pluie par an. Cette dernière reste normale mais elle augmente le risque de survenance des inondations en ce sens que les communes

bordières connaissent non seulement le phénomène d'extension horizontale urbaine mais aussi la nature du sol, la position du barrage.

### **2.1.2 Reliefs, familles de sols et formations végétales**

La basse vallée du Mono est une zone où se succèdent bourrelets de berges, terrasses et buttes entrecoupés par endroit de nombreuses dépressions marécageuses sans exutoires et de marigots intermittents.

#### **2.1.2.1 Relief et geomorphologie de la basse vallee du Mono**

La basse vallée du Mono est une surface relativement plane. Elle se présente comme une large plaine d'inondation où émergent quelques élévations de surface dont les plus hautes se situe à 10 mètres au- dessus du niveau de la mer (Antheaume, 1978).

Au Sud, on observe un ensemble de cordons littoraux dont l'âge décroît à mesure que l'on approche l'Océan, et dont la largeur croît régulièrement d'Ouest en Est. Ces cordons isolent derrière eux un système lagunaire dont la profondeur dépasse rarement 3 mètres et parallèle à la côte puis communiquant avec la mer par les embouchures. Ainsi, la basse vallée se présente comme « une vallée large ayant les caractères d'une plaine deltaïque qui se remanie sans cesse » (Mondjannagni, 1977).

Il y a une phase de sédimentation jalonnée alternativement de transgression et de régressions dont les plus citées sont la régression pré flandrienne et la transgression flandrienne. Elles seraient à l'origine de la formation de cette vaste plaine dominée par des dépressions et des marécages (Antheaume, 1978). Ainsi, la dynamique morpho –climatique a abouti tour à tour à l'installation des vallées des cours d'eau actuels et des dépressions, la formation des rias ; la submersion des bas plateaux côtiers et la régularisation de la ligne de côte avec ses cordons et lagunes.

Ce phénomène s'est déroulé entre le Maestrichtien et l'holocène récent. Le modelé actuel est le résultat d'une suite d'accumulation et de remaniement permanent par les agents d'érosion que sont les courants fluviaux, marins et météorologiques ainsi que les actions anthropiques. Ainsi donc, à l'aval de la basse vallée, la morphologie actuelle résulte du remblaiement alluvial de l'ancienne ria par suite de la transgression flandrienne. Alors qu'à partir de la Commune de Grand Popo à l'embouchure, on est dans un milieu fluvial – marin typique où se confondent les actions fluviales et les actions marines (PNUD-LCHF, 1987).

Les caractéristiques géomorphologiques font de la basse vallée du Mono un réceptacle d'eau donc favorable aux inondations (figure 6).

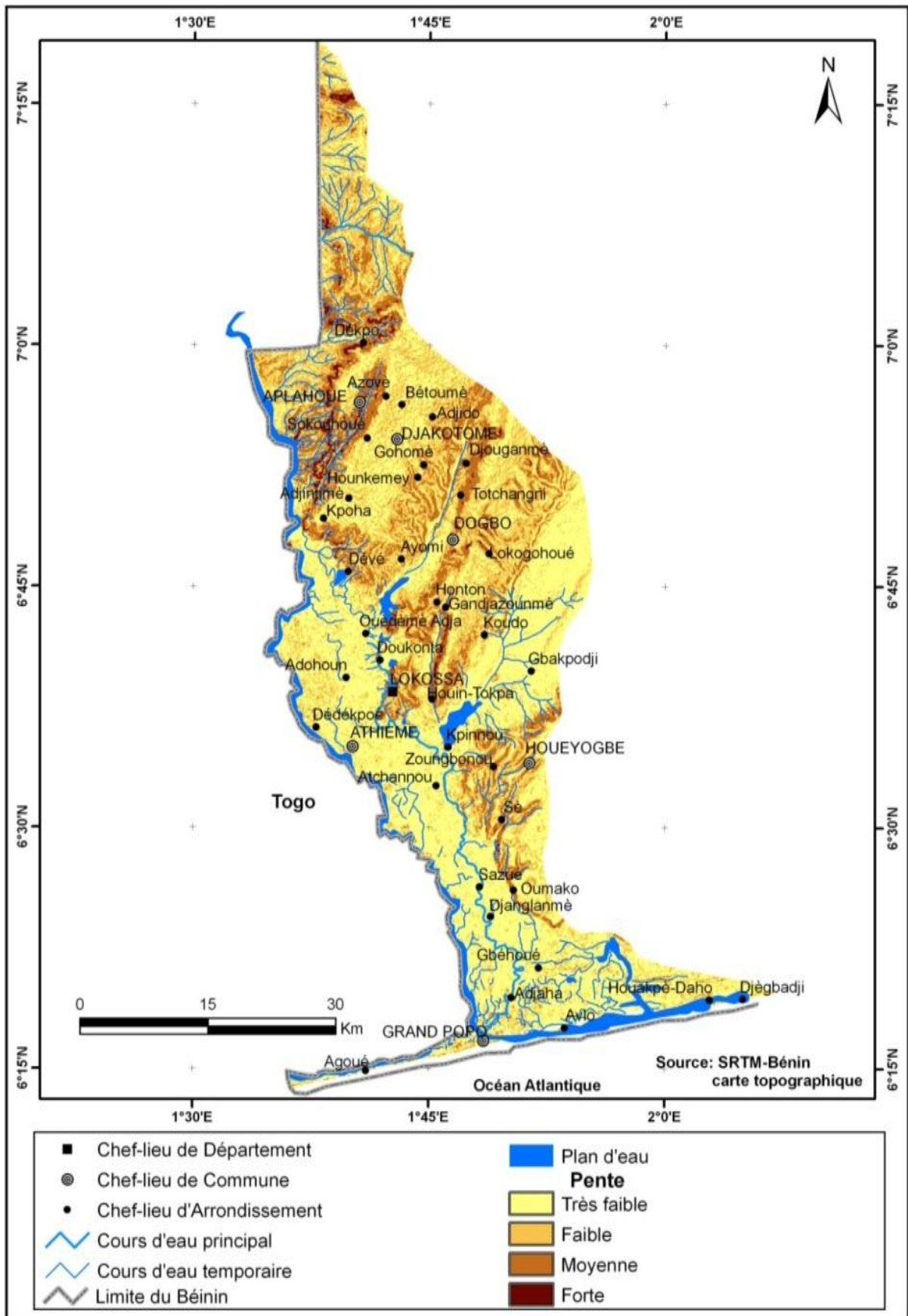
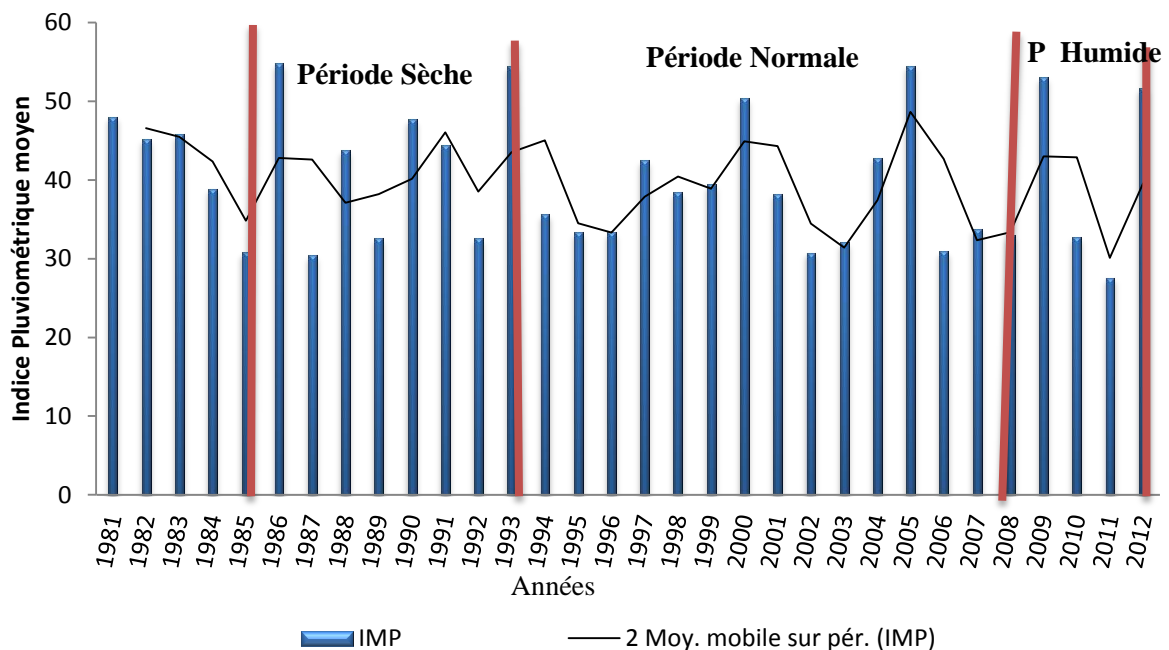


Figure 6: Aspects géomorphologiques de la basse vallée du Mono

## 2.2 - Variabilité interannuelle des précipitations dans la basse vallée

En vue de rechercher d'autres causes responsables de la survenue des inondations en dehors des hauteurs de pluie, il est utilisé l'indice de Nicholson pour établir la variabilité interannuelle de précipitations. La figure 7 présente les différentes fluctuations obtenues par l'application de l'indice de Nicholson dans la basse vallée.



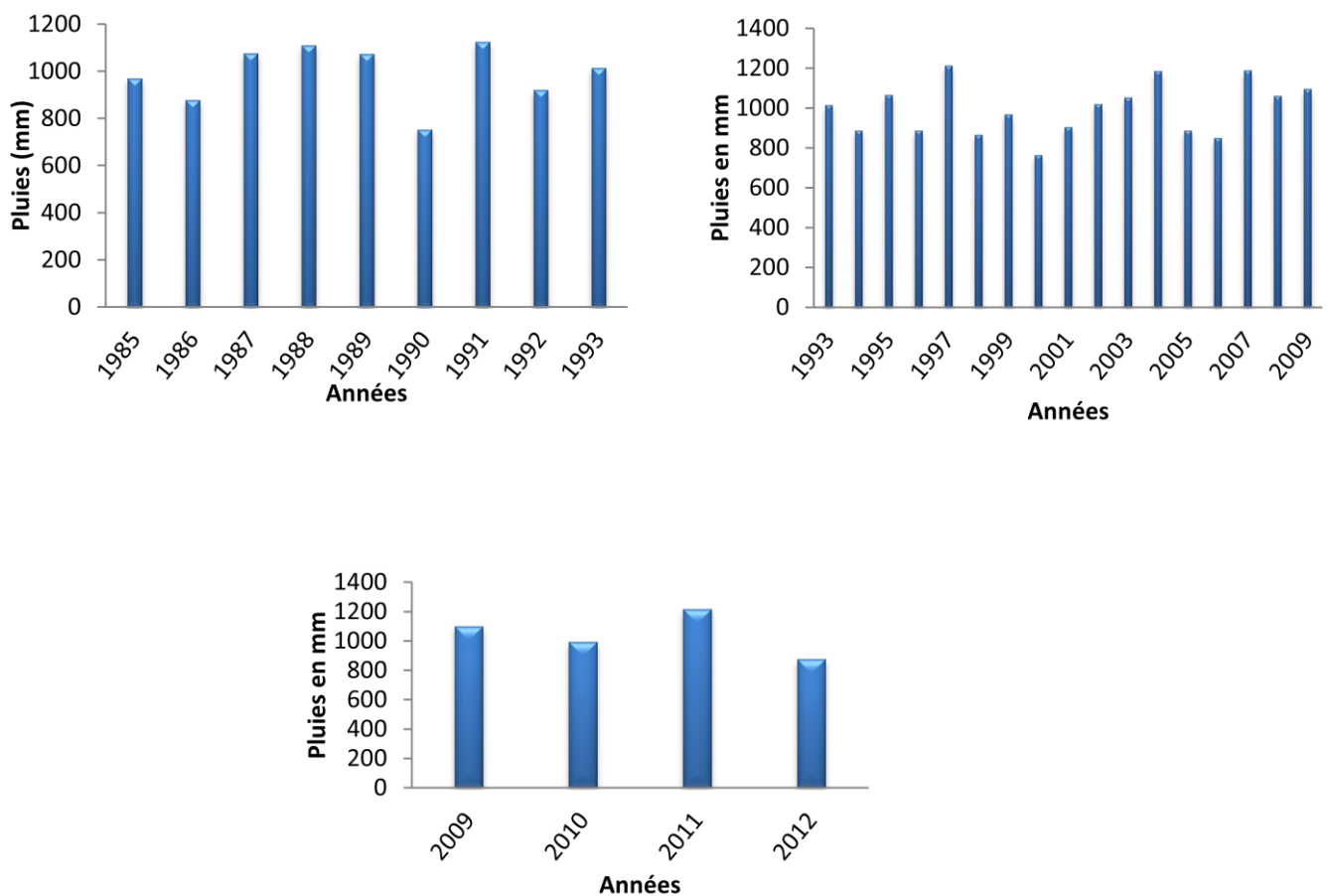
**Figure 7 :** Fluctuations pluviométriques par application de l'indice de Nicholson  
Source : Gbêyetin, 2013

Les résultats des indices de Nicholson appliqués sur la basse vallée du Mono permettent d'identifier trois (03) grandes périodes :

- Une période sèche plus ou moins sèche allant de 1985 à 1993, les valeurs des indices se trouvent entre 30 et 55. Cet intervalle correspond à plus de 20 % des totaux pluviométriques.
- Une période normale entre 1993 et 2008, les valeurs des indices se trouvent entre 33 et 55. Cet intervalle correspond à plus de 25 % des totaux pluviométriques.

- Une première période humide 2008-2012, les valeurs des indices se trouvent entre 35 à 55. Cet intervalle correspond à plus de 27 % des totaux pluviométriques sur la même période.

La courbe de fluctuation par l'indice de Nicholson reflète un début de la variabilité pluviométrique qui n'est pas sans conséquence sur le territoire de la basse vallée. Les variations sont également mises en évidence sur la figure 8.



**Figure 8:** Variations de la pluviométrie au cours des trois périodes (1985-1993 ; 1993-2009 ; 2009-2012)

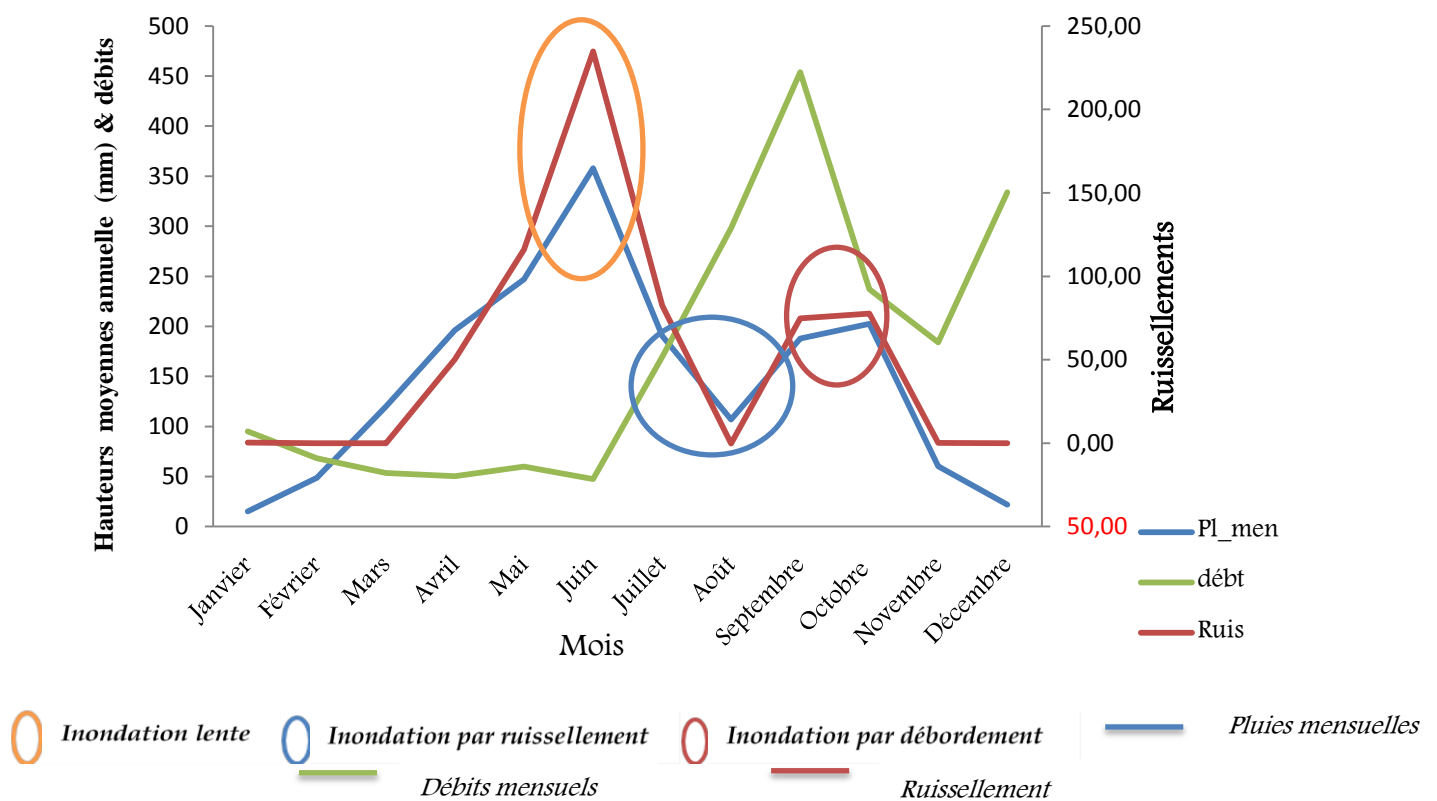
Source : Gbèyetin, 2013

Les variations pluviométriques pendant les trois périodes illustrent une augmentation des hauteurs de pluie. La pluviométrie est passée de 986 mm en 1985 à 1050 mm en 2012, soit une augmentation de 25 % en 10 ans. Alors qu'au seuil pluviométrique de 900 millimètres, les inondations s'installent dans la

basse vallée du Mono. La conséquence de cette augmentation est la survenue annuelle des inondations dans la basse vallée du Mono.

### 2.3 – Typologie et caractérisation des inondations dans la basse vallée

La basse vallée du Mono connaît plusieurs types d'inondations. Seuls les facteurs responsables de leur survenance indiquent la nature du type d'inondation dont il est question. La figure 9 présente les types d'inondation qui sont produites dans la basse vallée du Mono au Bénin.



**Figure 9:** Types d'inondation et caractéristiques dans la basse vallée du Mono

Source : Gbêyetin 2013

La figure 9 fait ressortir quatre types d'inondation et leurs périodes de production. Il s'agit des :

- inondations lentes : elles sont produites durant les fortes pluies. La pluie associée aux ruissellements est ces principaux facteurs de production. Les mois de mai à juin représentent sa période de production ;
- inondations par ruissellement : elles sont produites durant la petite saison sèche. Le ruissellement pluvial renforcé par l'imperméabilisation des sols. Les mois d'août à septembre représentent sa période de production ;
- inondations par débordement : elles sont produites en début de la petite saison pluvieuse. Le niveau d'eau du fleuve dépasse les cotes. La mi-septembre jusqu'au début du mois de Novembre représente sa période de production ;
- Les inondations torrentielles peuvent subvenir à tout moment car elles se manifestent par la montée spontanée du fleuve Mono après ouverture du barrage hydraulique de Nangbéto.

Les inondations par débordement peuvent subvenir sans qu'il y ait un fort évènement pluvieux dans la basse vallée du Mono. Parmi elles, les inondations par ruissellement et celles par débordement sont les plus dévastatrices, qui causent plus de dégâts dans la basse vallée.

En somme, les Communes d'Athiémè et de Grand Popo sont sujettes à la fois aux inondations lentes, par débordement et torrentielles. Les arrondissements de Ouèdèmè et de Lokossa dans la Commune de Lokossa et quelques quartiers de la Commune Comè sont sujets aux inondations par ruissellement et par débordement. Ils subissent rarement les effets des inondations torrentielles.

## **CHAPITRE III**

### **FACTEURS PHYSIQUES ET HUMAINS RESPONSABLES DES INONDATIONS**

Ce chapitre est structuré en deux parties. La première expose les facteurs physiques. La seconde partie les facteurs humains responsables des inondations dans la basse vallée du Mono.

#### **3. 1 Facteurs physiques responsables des inondations**

La basse vallée du Mono est sous l'influence de plusieurs facteurs physiques qui renforcent la survenance des inondations. Les paramètres ci-dessous décrivent au mieux cette situation.

##### **3.1.1 Caractères hydrogéologiques de la basse vallée du Mono**

Le fleuve Mono long d'environ 528 km mord de façon sensible le plateau sédimentaire de terre de barre qui domine 60 à 70 mètres certains points de la vallée. Elle prend sa source à plus de 450 mètres et traverse des terrains granito-gneissiques et après un court passage dans les calcaires de l'éocène.

###### **3.1.1.1 Densité de drainage**

Le Mono coule sur les embrochâtes du groupe de Pila, avec une pente relativement élevée. De nombreux rapides jalonnent son cours (rapides de Bélia, Katong, Adjarala, Arandoulé, Adéma, Agbako, Djrekpon). La pente du lit va alors devenir très faible (0,06 à 0,4 m, /km). Le Mono va décrire de larges méandres à travers des zones inondables avant de rejoindre le système lagunaire des "Bouches du Roi". Dans la vallée alluviale existe un réseau hydrographique dégradé et complexe, avec la présence de mares et de lacs à sa périphérie. Les deux plus importants sont les Lacs Togbaji et Toho. Un axe de drainage est cependant bien marqué: celui de Sazué (63 km) formé par la réunion de deux affluents, la Dévédo (22 km) et la Savédo (40 km). Les pentes du lit de la Sazué sont extrêmement faibles.

Considérant les longueurs du fleuve Mono et de ses principaux affluents, celui de Sazué (63 km) formé par la réunion de deux affluents, la Dévédo (22 km) et la Savédo (40 km) (Le Barbé et *al.*, 1993), la densité de drainage de la basse vallée du Mono est :

$$Dd = \frac{253 \text{ Km}}{2602 \text{ km}^2} \Rightarrow Dd = 0,0972 \text{ km/km}^2$$

$Dd < 3$ , la densité de drainage étant très faible, l'écoulement n'atteint qu'un développement très limité et se trouve centralisé dans la basse vallée du Mono. Si l'écoulement est faible, il ne reste que l'étalement, ce qui entraîne l'inondation avec des apports importants d'eau.

### 3.1.1.2 Constance de stabilité des cours d'eau de la basse vallée

La constance de stabilité est l'inverse de la densité de drainage. Dans la basse vallée, elle est obtenue par :

$$C = 1/0,0972 \Rightarrow C = 10,28$$

Il en résulte la valeur précédente que les cours d'eau ainsi que drains sont très instables dans la basse vallée du Mono.

### 3.1.1.3 Densité hydrographique

La densité de drainage permet d'évaluer la densité de drainage. Dans la basse vallée, elle est obtenue par :

$$F = \frac{12}{2602} \Rightarrow F = 0,0046 \text{ Km}^{-2}$$

De ce qui précède, il est à retenir que le nombre de drains, affluents et le fleuve ne sont pas proportionnels à l'espace de drainage. Par conséquent, les drains et cours d'eau de la basse vallée ont une faible densité de drainage.

Les caractéristiques physiques indiquent que la basse vallée a une faible densité de drainage et une faible densité hydrographique avec les drains et cours d'eau assez instables à faible réseau de drainage. Or, la basse vallée reste le réceptacle d'eau en ce sens que les eaux de pluies, au nord du pays ruissellent vers la mer

grâce à la « bouche du roi ». Donc les eaux prennent plus du temps que prévu sur le territoire de la basse vallée ce qui, pour la plupart crée le débordement du fleuve et engendre de graves inondations.

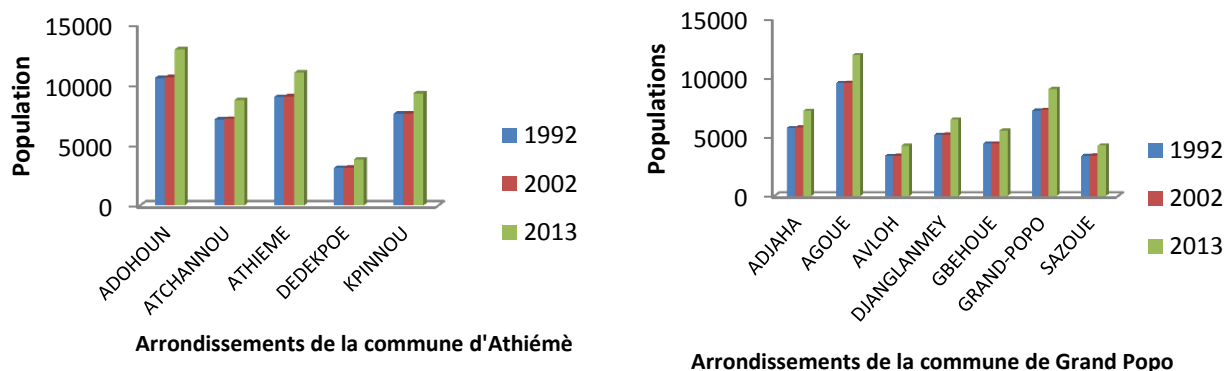
Les résultats de la densité hydrographique indiquent les caractéristiques d'une région à substratum très perméable, à couvert végétal important et à relief peu accentué. Mais le substratum de la basse vallée du Mono n'est ni perméable et son couvert végétal n'est pas aussi important que démontre le bilan des facteurs hydrologiques. Cet état de chose trouve son explication au niveau de la configuration de l'espace. Une configuration fortement influencée par le fleuve Mono et ses affluents, les lacs Togbaji et Toho, la lagune avec le fonctionnement de la « la bouche Roi » (Laïbi et *al.*, 2012) et la mer (période de haute marée). Le nombre important de cours et drains, le faible système de drainage des eaux de pluie et la configuration de la basse vallée font qu'elle est en toute saison humide (figure 10).

### 3. 2 Facteurs Humains responsables des inondations

La croissance démographique, l'évolution horizontale des villes, le manque d'un système urbain de drainage des eaux de pluies, les comblements des marécages et l'ouverture de nouvelles pistes ou dessertes rurales après recharge des espaces humides sont les facteurs humains responsable de la survenance des inondations dans la basse vallée du Mono.

#### 3. 2.1 Evolution démographique des Communes de la basse vallée

La basse vallée du Mono est essentiellement peuplée de Ouatchi, Kotafon, Aïzo, Adja, Mina, Xia et quelques étrangers minoritaires comme les Yoruba et Nago. La figure 10, 11, 12 et 13 présentent l'évolution de la population des Communes bordières et de la plaine d'inondation de la basse vallée de 1992 à 2013.

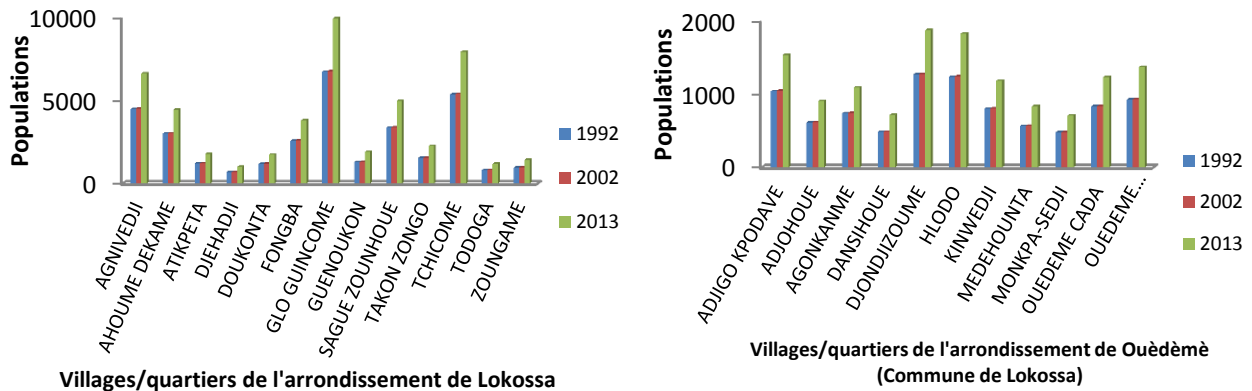


**Figure 10:** Population des Communes bordières de la basse vallée du Mono

Source : INSAE 2006

L'analyse de la figure 10 montre qu'entre 1992 et 2002, les arrondissements des Communes bordières ont une population comprise entre 3000 et 10.000 habitants. Les arrondissements ayant une forte population sont : Adohoun, Athiémè, Atchannou, kpinnou, Agoué, Grand Popo, Adjaha, djanglanmè. La croissance de la population sur ladite période n'est pas significative. Mais, en 2013, il est noté une augmentation d'environ 2000 habitants est notée de part et d'autre des Communes bordières. Les arrondissements qui ont connu cette

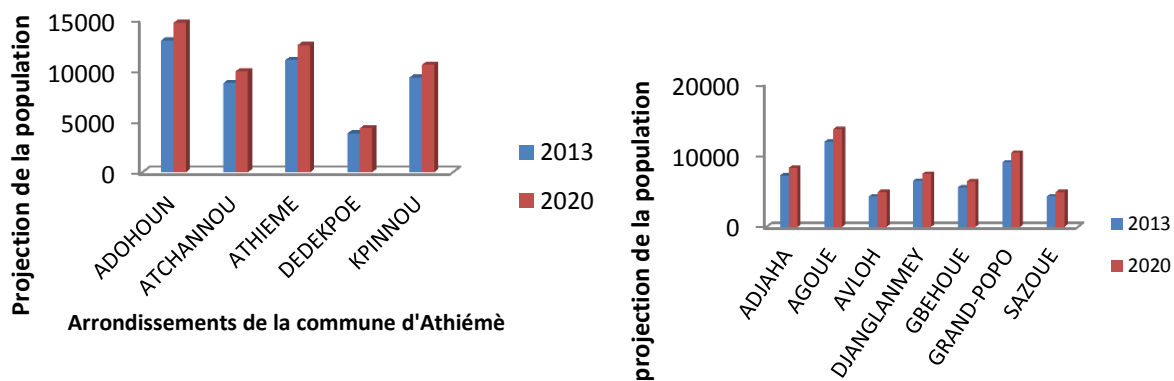
augmentation sont Adohoun, Athiémè, Agoué et Grand Popo. Il est constaté que ces derniers arrondissements sont au contact du fleuve Mono dans la basse vallée.



**Figure 11:** Population des villages/ quartiers des arrondissements de la plaine d'inondation (Commune de Lokossa)

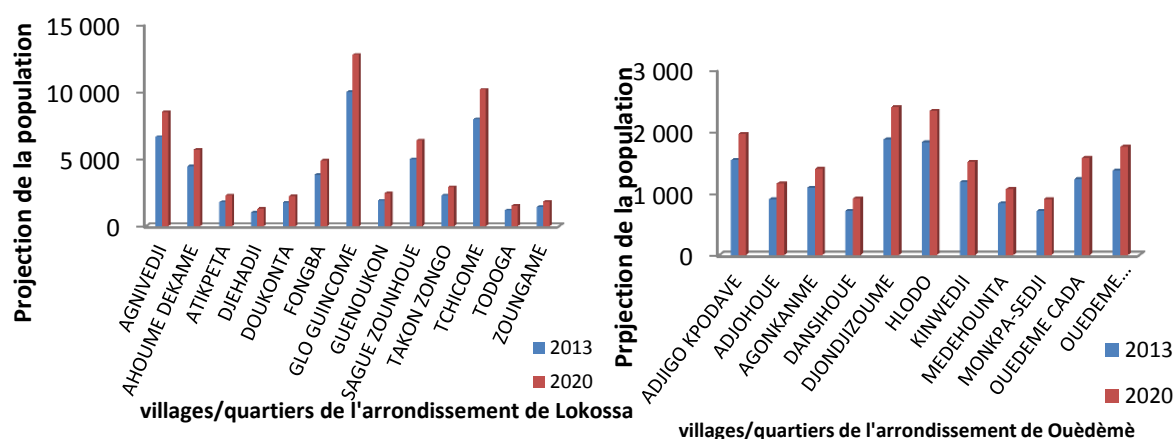
Source : INSAE 2006

L'analyse de la figure 11 montre qu'entre 1992 et 2002, les villages et quartiers des arrondissements de la plaine d'inondation ont une population comprise entre 800 et 10.000 habitants. Les quartiers ayant une forte population sont : Agnivedji, Ahouamè, Fongba, Glo guincomè, Sagué zounhoué, Tchicomè, Adjigo kpodavé, Djondjioumè, Hlodo, Kinwedji, Ouédémè et Ouédémè cada. La croissance de la population sur cette période n'est pas significative. Mais, en 2013, il est noté une augmentation d'environ 1.000 habitants dans les quartiers/villages de l'arrondissement de Ouédémè tandis qu'elle varie entre 1200 et 2500 dans les quartiers de l'arrondissement de Lokossa. Les villages et quartiers concernés sont : Agnivedji, Glo guincomè, Tchicomè, Djondjizoumè, Hlodo et Ouédémè. Il est constaté que la plupart de ces derniers sont inondés après une forte pluie.



**Figure 12:** Projection de la population des Communes bordières de la basse vallée du Mono  
*Source : INSAE 2006*

L'analyse de la figure 12 montre que d'ici 2020, les populations des Communes bordières, connaissent une croissance quel que soit l'arrondissement. Il est noté une augmentation d'environ 1.000 habitants dans la commune d'Athiémè, et d'environ 1.300 dans la commune de Grand Popo. Les arrondissements concernés sont ceux qui au contact du fleuve Mono: Adohoun, Athiémè, Agoué et Grand Popo.



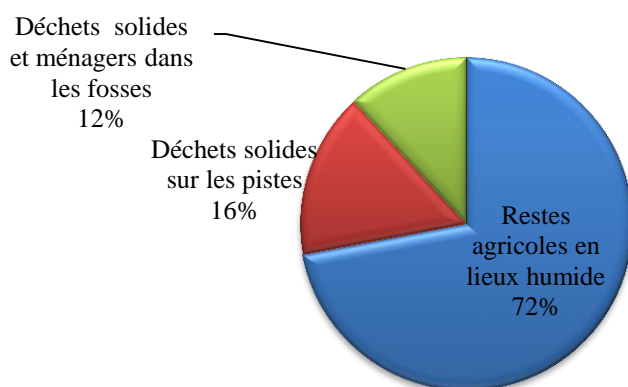
**Figure 13:** Population des villages/ quartiers des arrondissements de la plaine d'inondation (Commune de Lokossa)  
*Source : INSAE 2006*

L'analyse de la figure 13 montre que d'ici 2020, les villages / quartiers de la plaine d'inondation tels que : Agnivedji, Gloguincomèet Tchicomè vont connaître une augmentation de leur population d'environ 3.000 habitants tandis que Adjigo kpodavé, Djondjizoumè, Hlodo et Ouèdèmè vont connaître l'augmentation de leur population d'environ 1100 habitants.

Il en ressort de la présente analyse que les communes bordières telles qu'Athièmè et Grand Popo, auront une population en pleine croissance d'ici 2020. La situation reste pareille pour les villages /quartiers de la plaine d'inondation. La croissance démographique accroît le risque de survenance des inondations dans la basse vallée dans les communes bordières, les villages et quartiers de la plaine d'inondation. Elle est tout de même source de croissance horizontale. Les inondations par débordement et torrentielle causeront d'important dégâts matériels et humains si l'aménagement et l'organisation de l'espace n'intègrent pas l'aléa et les systèmes d'alerte.

### 3. 2.2 Pratiques sociales et survenance des inondations dans la basse vallée du Mono

Les creux rencontrés sur les dessertes rurales ou routes en mauvais états sont les points d'accueil des déchets solides et ménagers. La figure 15 présente les points de rejet des ordures dans la basse vallée du Mono.



**Figure 14:** Points d'entreposage des ordures dans la basse vallée du Mono

Source : Gbèyètin, 2013

L'analyse de la figure 14 montre que 72 % des restes agricoles (déchets issus de la production du riz, du maïs, gombo etc...), 16 % des déchets solides (tas d'ordure, sachets, reste des marchés ) et 12 % des déchets solides et ménagers ( reste de cuisine et feuilles mortes).

Il convient de noter que la majeure partie de la population du Mono, par manque des centres de traitement des déchets solides et ménagers jettent les ordures dans les lieux humides. Or le comblement de ces lieux accroît le risque de survenance des inondations en ce sens que ses derniers sont les espaces d'accueil des surplus d'eau des drains, lacs et fleuve en période de crues. Cet état de chose au niveau de la population augmente le risque de production des inondations par débordement.

D'autres causes de survenance des inondations surtout par débordement dans la basse vallée sont les modes d'occupation du sol, la dégradation du couvert végétal à des fins agricoles. L'absence de canalisation des eaux de pluies vers les lacs, lagunes ou fleuve renforce la survenance des inondations par ruissellement. Les Communes d'Athiémè, Grand Popo subissent les inondations lentes et torrentielle tandis que les arrondissements (Lokossa et Ouèdèmè )de la plaine inondable subissent les inondations par ruissellement par défaut d'infrastructures de drainage des eaux de pluies.

L'occupation des plaines par des habitations et des champs à Athiémè, Comè et Grand- Popo limite l'écoulement des eaux de pluies vers la lagune et par conséquent vers la mer par la plage d'Avlo.

Plusieurs facteurs physiques et humains sont responsables de la survenance des inondations dans la basse vallée du Mono. Ces inondations causent d'importants dégâts matériels et humains . Elles perturbent la vie des populations et si rien n'est fait les inondations connaîtront un rythme élevé de survenance.

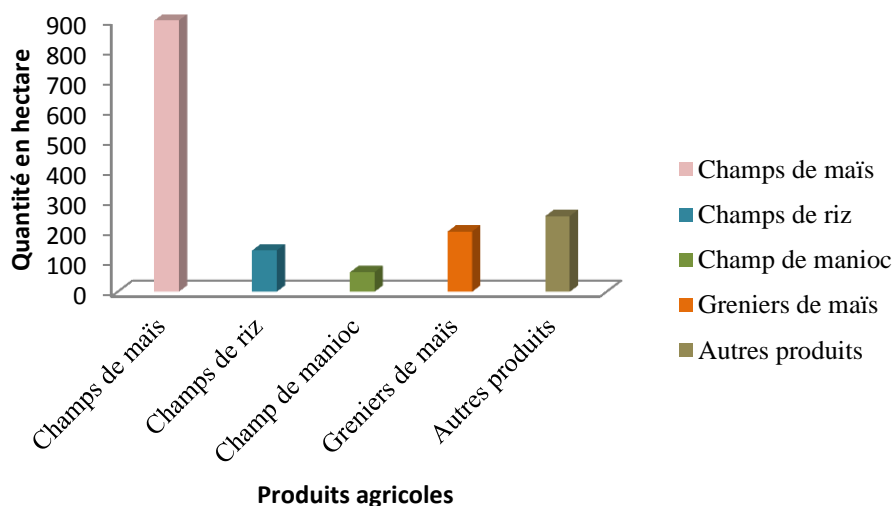
## CHAPITRE IV

### MANIFESTATIONS ET DEGATS CAUSES PAR LES INONDATIONS

Le présent chapitre aborde les dégâts matériels et humains relatifs aux différents types d'inondation et la gestion des inondations dans la basse vallée du Mono. Les informations relatives aux dégâts sont plus complètes pour les inondations lentes et celles par ruissellement. De plus la plus grande partie des données utilisées dans cette partie est obtenue auprès du Ministère d'où les résultats méritent d'être pris avec attention à cause du caractère politique de l'institution.

#### 4.1 Pertes en produits agricoles

Les inondations créent d'importantes pertes en produits agricoles (figure 15). Ceux détruits sur une grande superficie sont directement affichés tandis que tout le reste des produits (cultures de niébé, de feuilles de légumes, de tomates, de piments, de gombo) occupant de petites superficies sont désignés par autres produits agricoles.



**Figure 15:** Produits agricoles détruits par les inondations lentes dans la basse vallée du Mono

Source : Gbêyetin, 2013

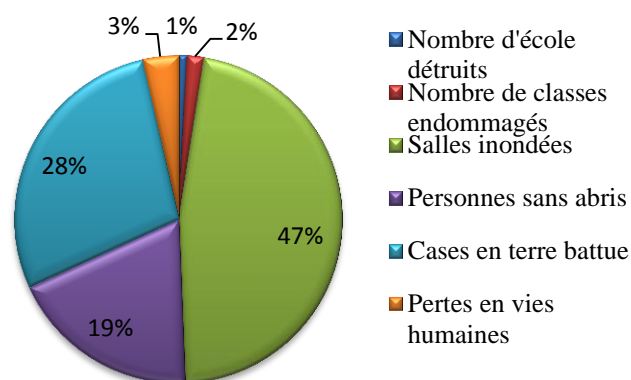
Plus de 900 hectares de champs de maïs, environ 200 hectares des champs de riz, environ 50 hectares des champs de manioc, environ 200 hectares de greniers de maïs et près de 300 hectares des autres produits (cultures de niébé, de feuilles

de légumes, de tomates, de piments, de gombo) sont détruits par les inondations lentes en 2012.

Les Communes en aval de la basse vallée sont les plus touchées. Il s'agit des Communes bordières : Athiémè et Grand -Popo puis les arrondissements de la plaine inondable tels que Lokossa et Ouèdèmè. La destruction des produits agricoles est suivie d'une rupture totale d'activité en ce sens que les pistes ne sont plus praticables. Les échanges se font à barques car les principaux marchés (notamment le marché de Houssoukoué à Grand Popo) sont sous les eaux. Plus de trois quart des ménages agricoles perdent leur autonomie financière car ils se déplacent vers les espaces non inondés. La plupart loue de nouveaux appartements et fonctionnent par les prêts que les structures de finances privées leur octroient. D'autres ménages n'arrivent plus à couvrir les nouvelles charges. Ils changent temporairement d'activités pour subvenir à leur besoin. Les inondations détruisent presque tous les champs agricoles. Elles menacent la survie des ménages agricoles de la basse vallée du Mono.

#### 4.2 Pertes en vies humaines et en infrastructures sociocommunautaires

Les inondations, surtout par débordement causent d'importants dégâts matériels et humains dans la basse vallée du Mono. La figure 16 met en évidence les pertes en vies humaines et les infrastructures sociocommunautaires détruits par les inondations par débordement en 2012 dans la basse vallée du Mono.



**Figure 16** : Pertes en vies humaines et dégâts matériels causées par les inondations lentes et celles par ruissellement

Source : Gbêyetin, 2013

Les inondations par débordement ont fait plus de 47 % de salles de classes inondées, 19 % de personne sans abris, 28 % de case en terre battue, 3 % de perte en vies humaines, 1 % de nombre d'école et 2 % de classes endommagées. Ces dégâts ne sont pas restés sans impacts socioéconomiques sur les différentes Communes de la basse vallée du Mono. Sur le plan éducation, les rentrées des classes ont été perturbées dans les Communes d'Athiémè, de Lokossa. En 2012, les inondations par ruissellement ont sévi par contre la basse vallée n'a pas connu d'inondation liée au débordement du fleuve, ni torrentielle lors des enquêtes de terrain. Néanmoins, les Communes de Lokossa, d'Athiémè, de Grand Popo de Lokossa ont connu une grande perte économique car, il reste les séquelles laissées par les inondations par débordement qui ont eu lieu en 2010. Il y a une grande perturbation dans l'exécution des projets de construction des infrastructures sociales par exemple la construction des latrines avec les partenaires GI Mono, la mise en place des trous à poisson avec l'ONG Protos - Bénin ont connu de retard dans leur exécution. Les Communes en aval telles que Comè, Grand Popo, Athiémè ont perdu bon nombre de financement de projet avec leurs partenaires.

Les photos 1 et 2 illustrent quelques problèmes socioéconomiques posés par les inondations.



**Photo 1 :** Marché Houssoukoué inondé dans la Commune de Grand Popo  
**Prise de vue:** Gbêyetin, 2013



**Photo 2** : Piste inondée à Hève dans la commune de Grand Popo  
*Prise de vue : Gbèyétin, 2013*

Les inondations paralysent la vie sociale et économique surtout dans les Communes au Sud de la basse vallée du Mono. Les Communes connaissent de pertes d'animaux et de bétail. Mais le manque d'informations auprès des populations enquêtées et du CeRPA fait que les statistiques sur ces dernières ne figurent pas dans le présent mémoire. Enfin, les effets des dernières inondations sont plus ressentis dans les Communes d'Athiémè et de Grand -Popo.

#### **4.3 Gestion des inondations dans la basse vallée**

Les inondations représentent à la fois un problème pour les collectivités locales et pour les populations de la basse vallée du Mono. Bien que les moyens de lutte ne soient pas efficaces, les maires des Communes inondées fonctionnent en association et les prévisions sur le budget par Commune sont élaborées pour venir en aide aux populations sinistrées. Les ONG et associations comme CARITAS BENIN, soutiennent les sinistrés en leur offrant les produits de premières nécessités. PROTOS BENIN, et les Cerpa assistent les paysans du Mono.

PROTOS Bénin aide pour la mise en place des trous à poissons (Photo 3) qui permettent aux paysans de faire la pisciculture en période d'inondation, une fois que l'eau envahit les cultures.



**Photo 3:** Trou à poisson financé par Protos Bénin à Vodomè dans la Commune de Grand Popo  
*Prise de vue : Gbèyètin, 2012*

Trous à poisson financé par l'ONG Protos Bénin dont les bénéficiaires sont les grands producteurs de riz de la Commune de Grand Popo. La mise en place de ces trous à poisson aident ses producteurs, souvent victimes des inondations par débordement ou par ruissèlement, qui emportent tous leur champ de cultures. Ces derniers pour la plupart se retrouvent sans activités. Alors cette nouvelle solution, favorisera l'alternance agriculture/ pisciculture dans les différentes Communes en aval de la basse vallée.

Les cultures de maïs gagnent de plus en plus les Communes en amont telles que Houéyogbé, Dogbo, Toviklin et Aplahoué tandis que la culture du riz reste abondante dans les Communes se trouvant en aval de la basse vallée telles que Athiémè et surtout Grand Popo.

En dehors des centres urbains de la basse vallée, les habitations sont dans l'ensemble construites en matériaux locaux et les moyens de transport privilégiés sont les barques. Raisonnablement, les mesures de gestion des inondations dans les hameaux reculés de la basse vallée du Mono sont plus efficaces que dans les centres urbains ou les canaux de drainage des eaux pluviales restent moins développés alors que les nouvelles constructions se développent.

Les digues, les ponts construits par les troncs d'arbre *de Cocos nucifera*, les modes d'habitat en matériaux locaux sont les mesures de gestion les plus développées dans la basse vallée du Mono.

En somme, les communes bordières du fleuve Mono sont plus vulnérables à la fois aux inondations par débordement, par ruissellement et torrentielle en ce sens que d'aucune d'entre elles n'a fait de dégâts matériels et humains non négligeables. Les dégâts matériels les plus affectés sont les champs de riz, de maïs, les greniers, les infrastructures sociales telles que les écoles ainsi que les salles de classes, les cases en terre battue. Face à ces problèmes sociaux économiques que les Communes bordières et les arrondissements de la plaine d'inondation, plusieurs institutions publiques et organismes privés interviennent non seulement pour secourir les victimes par le don de vivres ou par la réalisation des projets à caractère agricoles dont les trous à poissons sont un des exemples de projets de pisciculture.

#### **4.4 Discussion**

La basse vallée enregistre quatre types d'inondation. Contrairement aux résultats des études portant sur la problématique d'inondation abordée respectivement dans la basse vallée (Ago 2005), dans la Commune d'Athiémè (Noumon, 2011) et dans la commune de Grand - Popo (Houédaho, 2012), il convient de retenir que les inondations qui se produisent dans la basse vallée sont diverses et surviennent de façon différentes. La basse vallée est caractérisée par un système hydrologique assez complexe. Ce qui peut, sans les moindre pluies provoquer les inondations. C'est un espace dont le centre et l'aval reste humide car la basse vallée du Mono est un réceptacle d'eau. Il irait mieux de statuer sur sa morphologie et la recherche de sa paléoclimatologie pour mieux comprendre la mise en place de son système de relief et ses différents mécanismes de fonctionnement au lieu de s'attaquer aux facteurs déclencheurs des inondations dans un sous espace de la basse vallée.

Lorsqu'il revient de tenir compte des inondations de façon générale, dans la basse vallée ou dans l'un de ses sous- espaces, il est difficile de clarifier les origines et les problèmes qu'elles posent réellement. Le fleuve Mono reste le cours d'eau dominant et ses manifestations varient d'un point à l'autre lorsqu'on est dans la basse vallée. Un autre élément de valeur qui influence la basse vallée est sa position par rapport à la mer, la lagune, le lac et le fleuve. Alors, les variabilités hydroclimatiques seront responsables des inondations dans la basse vallée. Un constat qui confirme les résultats des études (Amoussou, 2010) portant sur la variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin-versant du complexe fluviaux-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo. La belle preuve, la basse vallée du Mono, n'a pas connu les inondations par débordement en 2012 et en 2013.

Cependant, l'augmentation des populations des Communes bordières et des Communes dans la plaine d'inondation du fleuve augmente le risque de survenance des inondations. Ce résultat est conforme à ceux d'Ago (2005), sur la basse vallée. Néanmoins, il est important de comprendre que l'évolution horizontale des villes dans la basse vallée, le manque d'un système d'assainissement et de collecte des eaux de pluie font que les inondations par ruissellement et par débordement causeront plus de dégâts matériels et humains dans les années à venir. Tant que les études portant sur la problématique d'inondation ne seront effectuées sur tout l'espace de la basse vallée, les solutions ou les recommandations de ses études seront limitées et les actions affecteront le système hydrologique et renforceront la survenance des inondations. Tant que le développement des infrastructures socioéconomiques, réponses aux nouveaux besoins de la croissance de la population, ne vont pas respecter le profil d'un espace humide, les inondations par ruissellement et celles par débordement ne cesseront de causer davantage de dégâts dans les différentes Communes. Tant que le développement économique d'une Commune ne va pas tenir compte du niveau d'occupation des autres Communes autour d'elle, dans la basse vallée, alors les inondations lentes deviendront plus dangereuses que les deux autres types d'inondation dans les années à venir.

La basse vallée est favorable au développement agricole notamment les légumineuses en amont, le riz au centre et la pisciculture en aval. Mais ce développement agricole doit intégrer les variabilités climatiques et les risques d'exposition aux inondations. Alors, l'urgence de l'aménagement de la basse vallée s'annonce comme la toute première priorité vue les dernières inondations produites en 2010, 2011 et 2012 dans la basse vallée.

La méthode des dommages évités sera efficace dans l'évaluation économique des dégâts matériels et humains dans la basse vallée du Mono.

#### **4.5 Suggestions**

Les inondations sont le résultat des pressions naturelles et anthropiques dans la basse vallée du Mono. Pour lutter efficacement contre les inondations dans la basse vallée, il faut procéder à l'aménagement des marécages et bas - fonds, la pratique des trous à poissons, la fixation des berges, l'utilisation des semences améliorées et la mise en place d'une banque de donnée relative à chaque type d'inondation sont les propositions de gestion des inondations torrentielles et celles par débordement.

Considérant l'instabilité des drains et cours d'eau, il devient important pour l'ensemble des Communes de la basse vallée de mettre en place une stratégie de développement des infrastructures de drainage des eaux de pluies, créer des lacs, rivières artificielles en amont de la basse vallée sans perturber la communication de ces derniers avec d'autres drains et affluents du fleuve Mono. Par exemple, on peut avoir des rivières à Adja Ouèdèmè, à Dèvé, à Doukonta, Kpinnou et Gbèhodé qui serviront aux causes touristiques et à la production des cultures maîchères ou de contre saison. Par la suite, des lacs artificiels peuvent être créés à Djakotomey et à Lokogohoué dans la Commune de Dogbo. Ces rivières et lacs artificiels sont d'autre, part sources d'emploi pour les jeunes lorsqu'ils seront utilisés pour la pisciculture.

Les inondations détruisent près que tous les champs et menacent la survie des ménages. A ce propos, il est important, après la connaissance des périodes de survenance des différents types d'inondation, de mettre dans un premier temps, à disposition des ménages agricoles des semences améliorées. Ensuite, mettre en

place des cellules de surveillance et d'alerte des inondations. Puis impliquer les médias locaux pour le relais des informations relatives aux alertes.

En ce qui concerne la croissance démographique, la faible densité des drains et cours d'eau puis les points d'entreposage des ordures, il revient à toutes les mairies d'avoir une gestion concertée d'où leur implication et celle des ONG dans la collecte et la gestion des Déchets solides et ménagers. Ensuite, l'aménagement et le reboisement des berges puis l'introduction des normes juridiques relatives à l'occupation du sol. Les différentes mairies par la suite doit s'engager dans la politique de construction des hébergements.

De façon générale, il convient d'adopter l'approche participative (participation des populations, des collectivités locales et les partenaires financiers) pour définir un plan global de gestion des eaux de pluie et des projets agricoles.

Ensuite, définir un profil d'implantation des infrastructures socioéconomiques pour maîtriser l'évolution horizontale des villes. Il faut par-dessus de tout, doter la basse vallée d'un plan global de développement économique en tenant compte des Communes les plus vulnérables et des paramètres hydroclimatiques, les risques de survenance et d'exposition des enjeux. Tout cet ensemble ne peut être possible qu'à partir d'un plan d'aménagement global.

### **Perspectives**

Les mesures futures d'adaptation et de lutte contre les inondations passent par la recherche des effets des inondations sur les fondations des infrastructures socio-économiques d'une part et sur les exploitations agricoles d'autre part. Les résultats obtenus permettront aux autorités et acteurs en charge de la gestion des inondations de limiter l'urbanisation et de réorienter les politiques de logements sociaux en vue d'exploiter les zones inondables à des fins agricoles.

## **Conclusion**

La présente étude est une contribution à une meilleure connaissance de la typologie des inondations et de leurs manifestations dans la basse vallée du Mono. Elle connaît quatre types d'inondation à savoir lentes, par ruissellement et par débordement. L'élaboration de cette typologie se repose sur l'approche pluridisciplinaire : la climatologie, l'hydrologie et la statistique descriptive.

La faible densité de drainage, la faible densité hydrographique et l'instabilité des cours et plans d'eau engendrent un écoulement de surface concentrée. La basse vallée a un système hydrologique complexe. Elle est un réceptacle d'eau et reste sous l'influence de la variabilité pluviométrique et les hautes marées. La croissance démographique, l'évolution horizontale des villes, le manque d'un système urbain de drainage des eaux de pluies, le comblement des marécages et l'ouverture de nouvelles pistes sont autant de facteurs humains qui accroissent le risque de survenance des inondations dans la basse vallée du Mono. Les inondations sont cycliques. Elles causent d'importants dégâts matériels et humains. Les pertes des champs de maïs, les cultures de riz, des salles de classes, des cases en terre battues sont les importants dommages causés par les inondations. Elles sont responsables de plusieurs problèmes socioéconomiques notamment la perturbation des calendriers scolaires, la rupture des activités agricoles. Les Communes en aval de la basse vallée notamment Grand Popo, Athiémè sont les plus vulnérables.

Trois sur quatre objectifs de recherches sont atteints. Le manque de banque de données relatives aux dégâts matériels disponible au CeRPA Mono/Couffo, au Ministère de l'intérieur ont que le volet manifestations des différents types d'inondation. Néanmoins, il serait intéressant de procéder à l'évaluation économique des dommages causés par chaque type d'inondation par la méthode de dommage évité. C'est par la technique de triangulation que les données relatives aux dégâts matériels et humains sont obtenues.

Pour une gestion durable des inondations au Bénin en particulier dans la basse vallée du Mono, il faut mettre en place une banque de données sur les différents types d'inondation, leur ampleur, leurs périodes, les dégâts humains et matériels causés par chaque type. Cette base servira à mieux analyser et traiter les problèmes d'inondation avec des méthodes et techniques d'évaluation appropriés. Elle aidera à faire des propositions de solution réaliste qui tiendront compte des spécificités socio-environnementales de nos vallées.

En termes de perspectives, les pressions naturelles et anthropiques sont responsables de la survenance des inondations. Pour mieux apprécier les pressions naturelles, il va falloir croiser les paramètres d'écoulement de surface et souterrain afin de ressortir les caractéristiques globales d'écoulement de la basse vallée. Il convient ensuite de mettre ensemble les autres paramètres physiques tels que climatiques, hydrologiques et géomorphologiques. Pour mieux apprécier la pression anthropique, il important est d'apprécier l'occupation dynamique d'occupation du sol, l'exploitation des ressources naturelles (carrières de sable, de gravier). L'évaluation environnementale va permettre d'apprécier l'impact des inondations sur les populations de la basse vallée.

Le renforcement du système d'alarme relatif à la montée des eaux du fleuve Mono mérite d'être renforcé. Après ouverture du barrage de Nangbéto, s'installe les inondations torrentielle dans la basse vallée du Mono. Pour l'instant, les Communes bordières sont sérieusement menacées et de façon inattendue.

## **Bibliographie**

Ago E., 2005. Analyse des risques d'inondation du barrage hydroélectrique de Nangbéto au Togo et au Bénin. Travail de fin d'étude pour l'obtention du DES-IU, Orientation Climato risque. Laboratoire de Géographie physique. Univ de Liège –Belgique. 63 p.

Aliou D., 2000. Ecoulements et inondations dans l'estuaire du fleuve Sénégal : le cas de la ville côtière de Saint-Louis. Dakar (SEN); Dakar: UCAD; IRD, multigr. Mém. DEA: Géogr. 64 p.

Antheaume B., 1978. Agbétiko: terroir de la basse vallée du Mono (Sud – Togo). Atlas des structures agraires au sud du Sahara n°14, ORSTOM, Paris, 126p.

Amoussou E., 2010. Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin-versant du complexe fluviaux-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest). Université de Bourgogne, Thèse de Doctorat, 315p+ annexes.

Attignon H., 1960. Le climat de la zone côtière entre Takoradi et Cotonou et ses conséquences biogéographiques. Aix- en-Provence.

Azontondé H., 1988. Conservation des sols et des eaux en République Populaire du Bénin. CENAP - ORSTOM, Cotonou, Bénin; 50 pages.

Barthélémy J., 2002. Evaluation économique du risque d'inondation, comparaison France-Pays Bas, Rapport de recherche, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement DGAD/ SRAE Programme "Evaluation et prise en compte des risques naturels et technologiques" (EPR).

Barroca, B., 2006. Risque et vulnérabilités territoriales : les inondations en milieu urbain, Thèse de Doctorat, Université de Marne-La-Vallée, Marne-La-Vallée, 340p.

Bonnet J., 2004. "Risques urbains et sociétaux : la vulnérabilité des grandes villes", in Wackermann G. (dir.), La géographie des risques dans le monde, Ellipses, Paris, pp. 421-442.

Bifes du Pila, 1999. Les biefs et les zones inondables. Littérature sur la gestion globale de l'eau. 4p.

Boko M., 1988. Climat et communautés rurales au Bénin, rythmes climatiques et rythmes de développement. Thèse de doctorat d'Etat, Dijon, université de Bourgogne. 608 p.

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 27 janvier 2013.

Brunet- Moret Y., 1967. Etudes hydrologiques en Casamance, rapport de la campagne 66-67, ORSTOM-DEH.

Brunet- Moret Y., 1969. Etudes des lois statistiques utilisées en hydrologie, cahier ORSTOM, série hydrologie, vol.6, n°3.

Brunet- Moret Y., 1970. Etudes hydrologiques en Casamance, rapport définitif, ORSTOM, Dakar, 52p, 102 fig., 104 tabl.

Bokonon-Ganta E., 1987. Les climats de la région du Golfe du Bénin. (Afrique Occidentale). Thèse de doctorat du 3ème cycle. Paris IV, Sorbonne. 248p + Annexes.

Capo A., 2008. Urbanisation et risques naturels : cas de la ville de Cotonou, mémoire de travail de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ESGT, 58p.

Cerpri., 2008. Les digues de protection contre les inondations. La mise en œuvre de la réglementation issue du décret n° 2007-1735 du 11/12/2007. Les collectivités en Europe pour la prévention du risque d'inondation. 45p.

Defra Fcdpag3, 2000. Project Appraisal Guidance 3 - Economic Appraisal, Flood and Coastal Defense Project Appraisal Guidance, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.

Dg, 2004. Projet de renforcement des capacités nationales de suivi des ressources en eaux axé sur la gestion de l'eau agricole. Profil du Bénin, 75p.

D4e., 2005a. Guide de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la méthode d'évaluation contingente, Série méthode 05-M04, Ministère de l'Ecologie, le Développement et de l'Aménagement Durable 45p.

D4e., 2005b. Guide de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la méthode des prix hédoniques, Série méthode 05-M01, Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable 38p.

D4e., 2007. Évaluations socio-économiques des instruments de prévention des inondations, Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable.

Erdlenbruch K., Gilbert E., Grelot F., Lescouliers C., 2008. Une analyse coût bénéfice spatialisée de la protection contre des inondations - application de la méthode des dommages évités à la basse vallée de l'Orb, Ingénieries- EAT n°53.

Eleuthera J., 2008. Sensibilité de l'évaluation des dommages potentiels à la caractérisation des enjeux : Application aux inondations dans la basse vallée de

la Bruche, Mémoire de Master 2 Recherche - SAGE - Systèmes Aquatiques et Gestion des Eaux. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 61 pages.

Gar, 2011. Révéler le risque, redéfinir le développement. Rapport, 14p.

Giezendanner F. D., 2012. Comment réaliser une enquête (Livres) : <http://icp.ge.ch/sem/cms-spip/spip.php?article1638>

Giec, 2001. Bilan 2001 des changements climatiques : Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, OMM/PNUE, 97 pages.

Grelot F., 2004. Gestion collective des inondations : peut-on tenir compte de l'avis de la population dans la phase d'évaluation économique a priori ?, Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure d'arts et métiers, Paris, 405p.

Gilbert C., 2003. « Limites et ambiguïtés de la territorialisation des risques », Pouvoirs locaux n° 56, Territoires face aux risques, pp 48-52.

Houédaho A., 2012. Inondations dans la ville de Grand Popo : Manifestations et facteurs anthropiques. Mémoire de Géographie/UAC/FLASH, 77p + annexes.

Hubert G., Ledoux B., 1999. Le coût du risque...L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations, Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, Paris.

Horton E., 1932. Drainage basins characteristics. Trans. Am. Geophys. Union, 13, 350-361.

IPCC, 2002. Climate change and biodiversity. ISBN 92-9169-104-7,86p.

IPCC. 2007. Observed changes in climate and their effects. Fourth Assessment report, Synthesis report, 21 p.

INSAE., 2006 : Recensement Général de la Population et de l'Habitat 2002, Rapport Général, Ministère du Plan et du Développement, Bénin, 34p.

Kodja J., 2011. Prédiction des crues dans le bassin versant du Zou à Atchérigbé avec le modèle GR2M. Université d'Abomey – Calavi/ FLASH, mémoire de maîtrise, 104p + annexes.

Le Barbé L., Borel Y., 1987. Historique, description et étalonnage des stations hydrométriques de la République du Bénin. Montpellier, ORSTOM, 148 pages.

LACEEDE., 2010. Changement climatique et inondation dans le grand Cotonou. Situation de base et perspectives. Université d'Abomey-Calavi, rapport final, 104p.

Laganier R., 2006. Territoires, inondation et figures du risque. La prévention au prisme de l'évaluation, Le Harmattan, collection Itinéraire géographique, 257 p.

Laganier R., Arnaud- Fasseta G. (Eds.), 2009. Les géographies de l'eau - Processus, dynamique et gestion de l'hydro système, Le Harmattan, 298 p.

Laganier R., Chow-Toun F., Prats Y, Marsili A., 2006. Développement urbain durable et risques liés à l'eau : les pratiques du Nord au sein d'un territoire français en Amérique du Sud Guyane française, Revue Territoires en mouvement, n°4, pp. 73-88p.

Laganier R., 2007 . « Crue et inondation », « usages de l'eau », « sécheresse et étiages », in dir. Y. Veyret, Dictionnaire de l'environnement, Armand Colin, 403 p.

Laïbi R., Gardel A., Anthony J., Oyédé L., 2012. Apport des séries d'images LANDSAT dans l'étude de la dynamique spatio-temporelle de l'embouchure de l'estuaire des fleuves Mono et Couffo au Bénin, avant et après la construction du barrage de Nangbéto sur le Mono. Revue Télédétection, 2012, vol. 10, n° 4 20p.

Le Barbé L., Servat E., 1992. Régionalisation en hydrologie : Application au Développement. ORSTOM, Paris, 571 pages.

Le Barbé L., Alé G., Millet B., Texier H., Borel Y., Gualde R., 1993. Les ressources en eaux superficielles de la République du Bénin. Paris, ORSTOM, 540 p.

Le Barbé L., 1982. Etude du ruissellement urbain à Ouagadougou. Essai d'interprétation théorique. Recherche d'une méthode d'évaluation de la distribution des débits de pointe de crue à l'exutoire des bassins urbains. Cahiers ORSTOM, série Hydrologie, 19(3), 135-204.

Ledoux B., 1995. Les catastrophes naturelles en France, Payot, Paris, 456 p.

Ledoux B., 2006. La gestion du risque inondation, Tech et Doc Lavoisier, Paris.

Ledoux B., Sageris B., 2000. Guide pour la Conduite des Diagnostics des Vulnérabilités aux Inondations pour les Entreprises Industrielles, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement –DPPR, 119 pages.

Mahé G., Olivry J-C., 1995. Variation des précipitations et des écoulements en Afrique de l'ouest et centrale de 1951 à 1989. In Sécheresse, Paris, pp. 109 – 117.

Mahé G., Olivry J-C., Dessoudasse R., Orange D., Bamba F., et Servat É., 2000. Relations eaux de surface-eaux souterraines d'une rivière tropicale au Mali. C.R. Acad. Sci., Paris, Sciences de la Terre et des Planètes, vol. 330, p. 689-692.

Messner F., Penning-Rowsell E., Green C., Méyer V., Tunstall S., Van Der Veen A., 2007. Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods, Flood site

Médad, 2007. La télédétection des inondations, un gisement d'information précieux pour la gestion de l'aléa. Brochure, 40p.

Morris J., Chatterton J., and Green C., 2005. The Benefits of Flood and Coastal Risk Management: A Manual of Assessment Techniques, Flood Hazard Research Centre, and DEFRA – Environment Agency.

Méyer V., Messner F., 2005. National Flood Damage Evaluation Methods – A Review of Applied Methods in England, the Netherlands, the Czech Republic and Germany, Flood site.

Mondjannagni C., 1977. Campagnes et villes au Sud de la république du Bénin. Ed. MOUTON, Paris, 615p.

Nicholson E., Kim J., Hooping Garner J., 1988. Atlas of African rainfall and its interannual variability. Édit. Department of Meteorology, Florida State University Tallahassee, Floride, USA, 237 p.

Noumon C., 2011. Analyse de deux types d'inondation et approche de solutions pour la production agricole dans la commune d'Athiémè. 3p.

Onu/ Stratégie Internationale de Prévention des Catastrophes, 2011. Révéler le risque, redéfinir le développement : Réduction des risques de catastrophe : Bilan mondial - Résumé et principales conclusions. Genève : Stratégie internationale de prévention des catastrophes des Nations Unies (UNISDR), 24 p.

Ozer, Pierre, Cathérine, et Bernard Tychon, 2005. « Analyse climatique de la région de Gouré, Niger oriental : récentes modifications et impacts environnementaux », Cyber géo : European Journal of Geography [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, article 308, mis en ligne le 02 mai 2005, consulté le 26 janvier 2013.

Paturel J., Servat E., Kouamé B., Lubès H., Masson M., Boyer F., Travaglio M., Marieu M., 1997.. Variabilité pluviométrique en Afrique humide le long du Golfe de Guinée. Approche régionale intégrée. Documents Techniques en Hydrologie, vol. 16, UNESCO, Paris, p. 1-31.

Paturel E., Servat E., Delattre M., 1998. Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique. *Journal des Sciences Hydrologiques*, vol. 43, n° 6, p. 937-945.

Pigeon P., 2005. Géographie critique des risques, *Anthropos, Économica*, Paris, 217p.

PDNA, 2011. Inondation au Bénin. Rapport d'évaluation des besoins post catastrophe. 84p.

Pédelaborde P., 1968. Les bilans hydriques. *Cahier de géographie du Québec*, volume 12, p 5-23. durable 2011-2015. Burkina, 116p.

PNUD, 2009. Stratégie de croissance accélérée et de développement

PNUD, 2010. Aperçu opérationnel sous régional 2012 - Afrique de l'Ouest.

PNUD, 1987. Étude de l'impact du barrage de Nangbéto sur la basse vallée de l'estuaire du Mono. Rapport d'étude de l'Université du Bénin et du Laboratoire Central d'hydraulique de France (Ministère du Plan et de l'Industrie). 81p, dactylographié.

Penning-Rowsell C., Johnson C., Tunstall S., Tapsell S., Treich N., 2005. L'Analyse Coût-Bénéfice de la Prévention des Risques, Document de travail, LERNA-INRA Université de Toulouse.

Projet PNUD/DCTD TOG/70/511. Ressources en eaux souterraines du Togo.

Pielke R., Downton W., 2000. Precipitation and damaging floods: Trends in the United States, 1932-1997. *Journal of Climate*, 13:3625-3637.

Rpa defra , 2004. Evaluating a multi-criteria analysis (MCA) methodology for application to flood management and coastal defense appraisals, Case studies report.

Reghezza M., 2006. Réflexions autour de la vulnérabilité métropolitaine : la métropole parisienne face au risque de crue centennale, Thèse de Doctorat, Université Paris X – Nanterre, Paris, 363p.

Rode S., 2009. Au risque du fleuve, la territorialisation de la politique de prévention du risque d'inondation en Loire moyenne, Thèse de Doctorat, Université Paris X, Nanterre, 478p.

Rossi G., Blivi A., 1995. Les conséquences des aménagements hydrauliques de la vallée du Mono (Togo-Bénin). Saura-t-on gérer l'avenir? Cahier d'outre .48 (192): 435-452.

Rossi G., 1989. L'érosion du littoral dans le golfe du Bénin. Un exemple de perturbation d'un équilibre morpho dynamique. Z. Geotn NF Suppl -Bd, -3 139-165.

Rousselle J. EL Jabi N., 1977. Inondations: dommages et contrôle, La Tribune du Cebedeau, Liège, 400, pp. 128-131.

Schumm, S. A., 1956. Evolution of drainage system and slops in badlands at Perth Amboy, New Jersy. *Bull. Geol. Soc. Am.* 67, 597-646.

Torterotot J.-P., 1993. Le coût des dommages dus aux inondations : estimation et analyse des incertitudes, thèse de l'École nationale des ponts et chaussées, Paris, 361 p. + annexes.

UNCHR, 2010. Aperçu opérationnel sous régionale (Afrique de l'Ouest). Rapport sur les inondations 2010 au Bénin. 7p.

ULC, 2007. Types de catastrophes survenues dans le monde de 1990-2007. 5p.

Valy J., 2010. Croissance urbaine et risque inondation en Bretagne. Thèse de doctorat, Université de Rennes 2. 543p + annexes.

Vissin. W., 2001. Contribution à l'étude de la variabilité des précipitations et des écoulements dans le bassin du fleuve Niger. Mémoire de DEA, UAC/FLASH. 53 pages.

Vissin W., 2007 : Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Thèse unique de doctorat, Université de Bourgogne, 285 pages + annexes.

## **Webographie**

<http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/home/download.html>

<http://www.languedoc-roussillon.developpement-durable.gouv.fr/atlas-des-zones-inondables-azi-par-r997.html>

<http://www.unhcr.fr/cgi-bin/texis/vtx/page?page=4aae621d4a5>

<http://www.larousse.fr/encyclopedie/media/Laroussefr - Article/11019765>

<http://developpementdurable.revues.org/7413>

<http://www.panapress.com/pana-17-lang1-index.html>

<http://hdr.undp.org/fr/devhumain/>

<http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/home/index.html>

<http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/home/index.html>

[http://eaubenin.bj/site/index.php/statist\\_ouvr\\_hydraud\\_cartes.html](http://eaubenin.bj/site/index.php/statist_ouvr_hydraud_cartes.html)

[http://www.ancetogo.org/ressources/national/Etat\\_Lieux%20amend\\_Regions.pdf](http://www.ancetogo.org/ressources/national/Etat_Lieux%20amend_Regions.pdf)

[http://www.notreplanete.info/terre/risques\\_naturels/catastrophes\\_naturelles.php](http://www.notreplanete.info/terre/risques_naturels/catastrophes_naturelles.php)

<http://crrmc.ilemi.net/bibliotheque/notes-de-capitalisation/article/analyse-de-deux-types-d-inondation>

URL : <http://cybergegeo.revues.org/3338> ; DOI : 10.4000/cybergegeo.3338

[10.7202/020784ar, http://id.erudit.org/iderudit/020784ar.](http://id.erudit.org/iderudit/020784ar)

: 18/02/2013 à 15h21

## Liste des figures

Figure 1: Situation géographique de la basse vallée du Mono au Bénin	27
Figure2 : Evolution des hauteurs moyennes de pluies à la station pluviométrique d'Aplahoué (1981-2012)	28
Figure 3: Evolution des hauteurs moyennes de pluies à la station pluviométrique de Lokossa (1981-2012)	29
Figure 4: Evolution des hauteurs moyennes de pluies à la station pluviométrique de Bopa (1981-2012)	30
Figure 5: Evolution des hauteurs moyennes de pluies à la station pluviométrique de Grand Popo (1981-2012)	31
Figure 6 : Aspects géomorphologiques de la basse vallée du Mono au Bénin	34
Figure 7 : Fluctuations pluviométriques par application de l'indice de Nicholson	35
Figure 8: Variation de la pluviométrie au cours des périodes 1984-1993 ; 1993-2009 et 2009-2012	36
Figure 9: Types d'inondation et caractéristiques dans la basse vallée	37
Figure10 : : Population des Communes bordières de la basse vallée du Mono	42
Figure 11 : Population des villages/ quartiers des arrondissements de la plaine d'inondation (Commune de Lokossa)	43
Figure 12 : Projection de la population des Communes bordières de la basse vallée du Mono	44
Figure 13 : Population des villages/ quartiers des arrondissements de la plaine d'inondation (Commune de Lokossa)	44
Figure 14: Points d'entreposage des ordures dans la basse vallée du Mono	45
Figure 15: Produits agricoles détruits par les inondations lentes dans la basse vallée du Mono	47
Figure 16 : Pertes en vies humaines et dégâts matériels causées par les inondations lentes et celles par ruissellement	48

## **Liste des photos**

Photo 1 : Marché de Houssoukoué inondé dans la commune de Grand Popo	49
Photo 2 : Piste non praticable à Hève dans la commune de Grand Popo	50
Photo 3 :Trous à poisson financé par Protos Bénin à vodomè dans la commune dans la commune de Grand Popo	51

## **Liste des tableaux**

Tableau I : Synthèse de la recherche documentaire	17
Tableau II : Répartition de l'échantillon par commune	19
Tableau III : Logiciels utilisés dans le cadre de ce mémoire	21

# **ANNEXES**

## ANNEXE 1- : Questionnaires adressés aux ménages

N°	IDENTIFICATION DE L'ENQUETE	
	Nom et Prénoms :	
	Age :	
	Lieu de naissance :	
	Sexe :	
	Situation matrimoniale	
	Niveau d'instruction :	
<b>ORIGINE</b>		
	Département :	
	Commune :	
	Arrondissement :	
	Village :	
	Religion :	
	Ethnie :	
<b>SITUATION SOCIO ECONOMIQUE</b>		
<b>01</b>	Quelle est votre profession ?	.....
<b>02</b>	Et celle de (votre) conjoint (es) ?	.....
<b>03</b>	Quel est le nombre de personnes dans le ménage ?	.....
<b>04</b>	Quelle est votre condition vis-à-vis de la maison	Locataire /___/      propriétaire /___/ Autre : précisez .....
<b>05</b>	Quelle est la situation de la maison ?	Lotie/___/ en cours de lotissement /___./ Pas lotie /___/
<b>06</b>	Avez-vous fait une étude sol ?	Oui /___/      Non /___/
<b>07</b>	Pourquoi habitez-vous ce quartier ?	Par suivisme /___/ manque de moyens /___/ proche du lieu de travail /___./ autres : précisez .....
<b>09</b>	Elevez-vous des animaux ? Lesquels ?	Domestiques /___/      élevage /___/
<b>10</b>	Comment faites-vous pour protéger vos animaux pendant l'inondation ?	
<b>11</b>	Combien perdez – vous pendant cette période ?	

12	De quel type de matériaux de construction est faite votre maison ?	brique /___/ bambou /___/ terre cuite /___/ bois /___/ autre .....
13	Et la toiture ?	Tôle /___/ tuile /___/ paille /___/ dalle /___/ autres .....
14	Souhaitez-vous y vivre définitivement ?	Oui /___/ Non /___/
17	Avez-vous accès à l'eau courante ?	Oui /___/ Non /___/
18	Sinon quelle eau utilisez-vous ?	Eau de puits /___/ eau des marécages /___/ eau de ruissellement /___/ autres.....
19	Quelle est la couleur de l'eau de puits de votre maison ?	Incolore /___/ jaune /___/ rouge /___/ verte /___/ sale /___/
20	Et sa saveur ?	Saumâtre /___/ insipide /___/ malodorante /___/
21	Que faites-vous avant la consommation de l'eau de puits ?	Bouillir /___/ filtrer /___/ rien /___/
22	Quel filtre utilisez-vous ?	Moderne /___/ artisanal /___/
23	L'eau de puits est-elle toujours la même pendant l'inondation ?	Oui /___/ Non /___/
24	Pourquoi ?	.....
25	Avez – vous du courant électrique dans votre maison ?	Oui /___/ Non /___/
26	D'où provient-il ?	SBEE /___/ groupe électrogène /___/ Autre .....
27	Sinon comment éclairez-vous votre maison ?	Lanterne /___/ lampion /___/ bougie /___/ Autre .....
<b>IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DE L'INONDATION</b>		
28	Pendant la saison des pluies votre maison est-elle souvent inondée ?	Oui /___/ Non /___/
29	Pendant combien de temps dure-t-elle ?	Moins d'1mois /___/ 1 mois /___/ 2mois /___/ 3 mois /___/ 4mois /___/ autres .....
30	A quoi est-elle due ?	eau des crues /___/ eau de pluie /___/

		Autres .....
31	Tout le quartier est-il inondé quand l'inondation survient ?	Oui /___/ Non /___/
32	Votre déplacement est-il difficile ?	Oui /___/ Non /___/
33	Comment vous vous déplacez ?	Par des pistes /___/ par des pirogues/___/ à pied /___/ autres.....
34	L'inondation est – elle un handicap ou un stimulant pour vos activités ?	Handicap /___/ stimulant /___/
35	Pourquoi ?	.....
36	Avez – vous été inondée l'an passé ?	Oui /___/ Non /___/
37	Y a-t- il eut des dégâts matériels ?	Oui /___/ Non /___/
38	Avez-vous assisté à des noyades dues à l'inondation ?	Oui /___/ Non /___/
39	Quelles sont les espèces qui disparaissent ou meurent pendant l'inondation ?	Animales..... ..... Végétales.....
40	Comment est l'air que vous respirez pendant cette période ?	Naturel /___/ insupportable /___/ pollué
41	Où restez – vous pendant la période d'inondation ?	Chez vous chez des amis chez des parents
42	Votre déplacement se fait à quel moment ?	Dans la journée dans la nuit
43	Souhaiterez-vous quitter ce quartier un jour ?	Oui /___/ Non /___/
44	Pourquoi ?	.....
45	Qu'avez-vous déjà fait pour participez à la lutte contre le phénomène de l'inondation	..... .....
46	Que proposez-vous pour remédier à ce problème d'inondation ?	..... .....
47	Si l'on met les moyens à votre disposition pour lutter contre les inondations, que feriez-vous ?	..... .....

Date de l'entretien /----/-----/-----/

Durée de l'entretien .....

## ANNEXE 2: Questionnaires adressés aux autorités locales

GENERALITES SUR LES QUATERS/VILLAGES		
QUESTIONS		REPONSES
48	Quel est l'historique de votre E <sup>tier</sup> /village ?	
49	Quelles sont les délimitations du E <sup>tier</sup> /village ?	Nord :                      Ouest : Sud :                      Est :
50	Quelle est la superficie E <sup>tier</sup> /village , le nombre de la population et le nombre de parcelles ?	<u>Superficie =</u> <u>Population =</u> <u>Nombre de parcelles=</u>
51	Quel est le nombre de ménages ?	.....
52	Quelle est l'activité principale des habitants de ce Q <sup>tier</sup> /village ?	..... .
53	Selon vous, à quoi est dû le problème d'inondation et de dégradation de l'inondation que connaît le Q <sup>tier</sup> /village ?	
54	Quels sont les efforts déjà consentis par la Mairie dans le cadre de l'éradication de l'inondation et da la protection de l'environnement ?	
55	Quel est l'apport de la Mairie face au problème de l'inondation ?	
56	Quels sont actuellement les besoins de la Mairie pour faire face aux problèmes d'inondation et d'environnement que connaît les Q <sup>tier</sup> /village ?	

**ANNEXE 3 : Grille d'observation**

N°	OBERVATIONS EFFECTUEES
01	Pluies diluviennes
02	Obstructions des exutoires d'eau naturels
04	Aspects (disposition, matériaux de construction des maisons)
05	Niveau de l'eau pendant l'inondation
06	Etat des maisons pendant l'inondation
07	Etat des rues, des infrastructures (écoles, hôpitaux)
08	Identification des rues présentes dans le quartier
10	Aspects des alentours des bas- fonds et du fleuve Mono
11	Identification des zones et logements inondables
12	Identification des espèces végétales
13	Aspect du sol
14	Occupation des marécages
15	Drainage de la majorité des eaux de ruissellement du nord-Bénin vers la lagune
16	Topographie peu favorable à l'évacuation des eaux
17	L'érosion du sol
18	Crues du fleuve Mono

3 : Influence majeure ; 2: Influence moyenne ; 1 : peu d'influence ; 0: aucune influence

## ANNEXE 4 : Questionnaire d'enquête adressé aux ménages agricoles

### A. Identification

Département			
Commune			
Arrondissement			
Quartier de ville	Village		
<b>Types de centre de santé fréquentés :</b>			
Nom de l'enquêté	Sexe	Age	Groupe socio - linguistique
Coordonnées géographiques de la localité (GPS)			
Situation (nord, sud, est, ouest,)			

### B. Manifestation du phénomène d'inondation dans la basse vallée du Mono

B1. Est-ce-que votre localité est inondée ?

Oui	
Non	

B2. Si oui pendant combien de temps dans l'année ?

2 à 4 mois	4 à 6 mois	6 à 8 mois	Autres à préciser

B3. Quelles sont alors les périodes d'inondation de votre quartier ?

De mars à mai	De juin à mi-août	De sept à mi-nov.	Autres à préciser

B4. Pendant quelle période vous enregistrez de plus graves inondations ?

De mars à mai	De juin à mi-août	De sept à mi-nov.	Autres à préciser

B5. Quelles sont les hauteurs des eaux d'inondation dans votre quartier pendant la manifestation du phénomène ?

Périodes \ hauteurs	10 à 50 cm	50 cm à 2 m	2 m et plus
mars à mai			
juin à mi-août			
sept à mi-nov.			
Autres :			

B6. Votre maison est – elle inondée ?

Oui	
Non	

B7. Si oui, à quelles périodes ?

De mars à mai	De juin à mi-août	De sept à mi-nov.	Autres à préciser

### C. Mesures endogènes

Comment vous vous en sortez ?

Evacuation de l'eau par nos moyens	
Abandon du logement pour quelque temps	
Evacuation de l'eau par les autorités	
Soulèvement de nos bagages	
Autres solutions (à préciser)	

## ANNEXE 5 : Questionnaires adressées aux médias

### D- Gestion des inondations

D1. Quelles sont vos intentions sur l'avenir des inondations de votre localité

--

D2. Existent-elles selon vous des possibilités de limitation du phénomène ?

Oui	
Non	

D3. Si oui, lesquelles ?

--

**Noms de l'enquêteur :**

**Durée de l'entretien :**

**Date d'enquête :**

## **TABLES DES MATIERES**

Sommaire .....	2
Dédicace.....	3
Remerciements.....	4
Sigles et acronymes.....	5
Résumé.....	6
Introduction .....	7

### **CHAPITRE I**

<b>CADRE THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE.....</b>	<b>9</b>
1.1 Etat des connaissances.....	9
1.2 Problématique.....	11
1.2.1 Justification du sujet.....	11
1.2.2 Hypothèses de travail .....	13
1.2.3 Objectifs de recherche .....	13
1.3 Clarification conceptuelle.....	14
1.4 Démarche méthodologique.....	16
1.4.1 Données utilisées.....	16
1.4.2 Collete des données .....	17
1.4.3 Recherche documentaire .....	17
1.4.4 Enquêtes de terrain .....	17
1.4.5 Enquêtes auprès de l'administration.....	17
1.4.6 Enquêtes auprès des sinistrés .....	18
1.4.7 Echantillonnage .....	18
1.4.7.1 Calcul de la taille d'échantillon.....	18
1.4.8 Techniques et outils de collecte des données .....	20
1.4.8.1 Outils de collecte de données .....	20
1.4.8.2 Techniques de collecte des données .....	20
□ L'observation .....	20
□ Interviews .....	20
1.5 Traitement des données et analyse des résultats.....	21
1.5.1 Listes de logiciels et données traitées.....	21
1.5.2 Méthodes et modèles statistiques d'analyse des données.....	22
□ Densité de drainage .....	25
□ Densité hydrographique .....	25

## CHAPITRE II

2.1 Présentation du milieu d'étude.....	27
2.1.1 Caractéristiques physiques .....	28
2.1.1.1 Caractéristiques climatiques.....	29
2.1.2.1 Relief et geomorphologie de la basse vallee du Mono.....	32
2.2 - Variabilité interannuelle des précipitations dans la basse vallée .....	35
CHAPITRE III .....	39
FACTEURS PHYSIQUES ET HUMAINS RESPONSABLES DES INONDATIONS .....	39
3. 1 Facteurs physiques responsables des inondations .....	39
3.1.1 Caractères hydrogéologiques de la basse vallée du Mono .....	39
3.1.1.1 Densité de drainage .....	39
3.1.1.2 Constance de stabilité des cours d'eau de la basse vallée .....	40
3.1.1.3 Densité hydrographique .....	40
3. 2 Facteurs Humains responsables des inondations.....	42
3. 2.1 Evolution démographique des Communes de la basse vallée .....	42
3. 2.2 Pratiques sociales et survenance des inondations dans la basse vallée du Mono.....	45

## CHAPITRE IV

MANIFESTATIONS ET DEGATS CAUSES PAR LES INONDATIONS .....	47
4 .1 Pertes en produits agricoles.....	47
4 .2 Pertes en vies humaines et en infrastructures sociocommunautaires .....	49
4 .3 Gestion des inondations dans la basse vallée .....	50
4.4 Discussion .....	53
Perspectives.....	596
Conclusion.....	57
Bibliographie.....	59
Webographie .....	69
Liste des figures .....	70
Liste des photos.....	71
Liste des tableaux .....	71
ANNEXE : .....	72
TABLE DES MATIERES .....	80