



UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI



FACULTE DES LETTRES, ARTS ET SCIENCES HUMAINES

ECOLE DOCTORALE PLURIDISCIPLINAIRE

Espace, Culture et Développement

MEMOIRE DU DEA

OPTION : GEOGRAPHIE ET GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

Spécialité : Géosciences de l'Environnement et Aménagement du Territoire



VULNERABILITE AGRICOLE ET STRATEGIES DE PREVENTION DES INONDATIONS DANS LES COMMUNES DE COVE, ZAGNANADO ET QUINHI

Par :

Ruben S. J. GBAGUIDI

Sous la direction du :

Professeur Placide F. G. A. CLEDJO

Maître de Conférences des Universités

Membres du Jury :

Président : Professeur Brice TENTE

Rapporteur : Professeur Placide F. G. A CLEDJO

Examineur : Professeur Euloge OGOUWALE

Mention Très Bien

Soutenu, le Vendredi 13 Février 2015

SOMMAIRE

Dédicace	3
Sigles et acronymes	4
Remerciements	5
Résumé/Abstract	6
Introduction	7
Chapitre I : Cadre théorique et Démarche méthodologique de recherche	9
1.1- Cadre théorique.....	9
1.2- Démarche méthodologique de recherche	19
Chapitre II : Vulnérabilité de la production agricole aux inondations	26
2.1- Facteurs géographiques du milieu d'étude	26
2.2- Identification des zones inondables	34
2.3- Facteurs de vulnérabilité de la production agricole aux inondations	42
2.4- Impacts des inondations sur la production agricole	55
Chapitre III : Synthèse de l'évaluation de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations et stratégies de prévention des inondations	58
3.1- Synthèse de l'évaluation la vulnérabilité de la production agricole aux inondations	58
3.2- Stratégies d'adaptation des populations agricoles	63
3.3- Stratégies de prévention des inondations à long terme	66
3.4- Limites de l'étude	74
Conclusion et perspectives	76
Bibliographie	81
Annexes.....	88
Liste des tableaux.....	90
Liste des figures	90
Liste des photos.....	91
Liste des planches	91

DEDICACE

A mon cher père GBAGUIDI A. Saturnin, pour son investissement dans mes études,
depuis mon enfance, jusqu'à ce jour.

A ma chère mère KOUDJINOUC Catherine, pour ses difficultés et peines connues
tout au long de mes études, jusqu'à l'aboutissement de ma formation en DEA.

SIGLES ET ACRONYMES

ANPC	Agence Nationale pour la Protection Civile
ASECNA	Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar
CARDER	Centre d'Action Régional pour le Développement Rural
CNPC	Comité National de la Protection Civile
COSTEL	Climat et Occupation du Sol par Télédétection
CURAT	Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection
DEA	Diplôme d'Etudes Approfondies
DEM	Digital Elevation Model
DG-Eau	Direction Générale de l'Eau
DIE	Direction de l'Information sur l'Eau
DPP	Direction de la Programmation et de la Prospective
EDP	Ecole Doctorale Pluridisciplinaire
FCFA	Franc de la Communauté Franco-Africaine
FLASH	Faculté des Lettres, Arts et Sciences humaines
GIC	Gestion Intégrée des Crues
GIEC	Groupe Intergouvernemental des Experts Climatiques
IGN	Institut Géographique National
LABEE	Laboratoire de Biogéographie et d'Expertise Environnementale
LACEEDE	Laboratoire Pierre Pagny-Climat, Eau, Ecosystème et développement
MAEP	Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche
MISPC	Ministère de l'Intérieur et de la Sécurité Publique et des Cultes
OMM	Organisation Mondiale de la Météorologie
PAGEFCOM	Projet d'Appui à la Gestion des Forêts Communales
PANA	Programme d'Action National d'Adaptation
PAPDFGC	Projet d'Appui à la Préservation et au Développement des Forêts Galeries et Production de Cartographie de base Numérique
PCUG3C	Projet de Protection de la Communauté Urbaine de Grand Cotonou face aux Changements Climatiques
PMA	Pays Moins Avancés
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PTF	Partenaires Techniques et Financiers
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitation
SAP	Service d'Alerte Précoce
SDA	Schéma Directeur d'Aménagement
SDAC	Schéma Directeur d'Aménagement Communal
« SDAI »	« Schéma Directeur d'Aménagement Intercommunal »
VPI	Vulnérabilité de la Production agricole aux Inondations

REMERCIEMENTS

Le sujet intitulé : «**Vulnérabilité agricole et Stratégies de prévention des Inondations dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi** » a permis d'atteindre l'objectif de cette recherche.

Au terme de la rédaction de ce mémoire, je tiens, d'abord, à remercier le Professeur Placide CLEDJO, pour avoir accepté diriger ce Mémoire et contribuer à l'amélioration de sa qualité scientifique, qu'il reçoive mes sincères remerciements et l'expression de ma profonde reconnaissance.

Je remercie les membres du Jury qui ont présidé cette soutenance du Mémoire du DEA, pour avoir accepté examiner ce travail de recherche en vue d'améliorer sa qualité scientifique, qu'ils reçoivent mes sincères remerciements.

Je remercie le Directeur de l'EDP de la FLASH, le Professeur Michel BOKO, pour les dispositions prises, afin d'assurer la qualité de la formation en DEA.

A tout le corps professoral de l'EDP de la FLASH, je rends un vibrant hommage pour leur participation à ma formation en DEA.

Je remercie le Professeur Vincent OREKAN, pour sa contribution au choix du sujet du présent mémoire et de ses conseils dont j'ai pu bénéficier, qu'il reçoive l'expression de mes sentiments les plus distingués.

Aux assistants du Professeur CLEDJO, notamment au Docteur TANMAKPI et à Monsieur KOUGBE, qu'ils reçoivent l'expression de ma profonde reconnaissance, pour avoir consacré leur temps à la lecture et la correction de ce mémoire.

Tous mes remerciements vont également à l'endroit des autorités communales de Covè, de Zagnanado et Ouinhi et aux Responsables des différentes structures départementale, pour leur disponibilité, qu'ils reçoivent mes sentiments les plus distingués.

Aux amis et aux camarades étudiants de la promotion DEA 2012-2013, pour leur aide et soutien tout au long de ce travail, qu'ils reçoivent mes sincères remerciements.

A tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de ce travail, j'adresse mes sincères remerciements.

Résumé

La présente recherche vise à étudier la vulnérabilité de la production agricole face aux inondations dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi.

L'identification des zones inondables vulnérables aux productions agricoles est faite sur la base de la représentation cartographique du MNT du Plateau d'Agonlin. L'analyse des facteurs de vulnérabilité de la production agricole aux inondations et les techniques d'analyse de vulnérabilité du GIEC et du PANA-BENIN ont permis d'évaluer le degré de vulnérabilité de la production agricole aux inondations.

Les résultats issus de ces différentes approches montrent une forte vulnérabilité des espaces agricoles de l'ensemble des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, aux inondations, soit près des deux tiers de la superficie du plateau d'Agonlin. La vulnérabilité de la production agricole aux inondations dépend à 74,5 % des précipitations mensuelles les plus élevées et des fortes hauteurs moyennes mensuelles des débits des crues de l'Ouémé, de 1980 à 2010. Les ressources de base et les groupes d'existence ont un degré d'exposition aux inondations de 63,33 % avec un indicateur d'impact moyennement fort. Pour l'ensemble des cultures des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, l'existence des années exceptionnelles de précipitations comme celle de 1999 (1377 mm) et surtout celles de 2009 (1725,1 mm) et 2010 (2702,92 mm) réduit largement leur capacité d'adaptation aux inondations. Des stratégies de prévention de ces inondations sont identifiées, suivies d'une proposition de modèle de Gestion Intégrée des Crues, en vue de réduire la vulnérabilité de la production agricole aux inondations.

Mots clés : Vulnérabilité, production agricole, inondations, stratégies de prévention, Covè, Zagnanado et Ouinhi (Bénin).

Vulnerability agricultural and prevention strategies of floods in local government of Cove, Zagnanado and Ouinhi

Abstract

This research aims to study the vulnerability agricultural production to floods in local government of Cove, Zagnanado and Ouinhi.

The definition of flood lands spaces or areas vulnerable to agricultural production is made the basis of the representation of cartographical of DEM of the tray Agonlin. The analysis of vulnerabilities factors of agricultural production face floods and the technical of vulnerability analysis of IPCC and PANA-BENIN, allowed to assess the degree of vulnerability agricultural production to flooding.

The results of these different approaches show a high vulnerability of agricultural land of all Towns Cove, Zagnanado and Ouinhi, to floods, with nearly two-thirds of the area of tray Agonlin. Statistically, vulnerability of agricultural production to flooding depends to 74,5 % of the highest monthly precipitation and monthly average of flood flow Oueme from 1980 to 2010. Agricultural resource and group of life have a degree of vulnerability to 63.33 %, with the strong average indicator. For all cultures of Cove, Zagnanado and Ouinhi, the existence of exceptional rainfall years such as 1999 (1377 mm) and above those in 2009 (1725.1 mm) and 2010 (2702.92 mm) greatly reduces their ability to adapt to floods. Strategies to prevent these floods are identified, followed by a proposal for a model of Integrated Flood Management, to reduce the vulnerability of agricultural production to floods.

Keywords : Vulnerability, agricultural production, floods and prevention strategies, Cove, Zagnanado et Ouinhi (Benin).

INTRODUCTION

Les catastrophes naturelles présentent des risques majeurs pour les pays du monde, quel que soit leur niveau de développement. Parmi celles-ci, il faut distinguer les catastrophes issues des phénomènes climatiques extrêmes comme les inondations. Elles représentent la calamité la plus répandue parmi les catastrophes naturelles, selon Mazet, cité par Boko et Ogouwalé (2006). Dans le monde, le nombre de victimes des catastrophes naturelles a augmenté de 6 % entre 1963 et 1993, selon Masure (1993), cité par (Carry et Veyret, 1996). Pour Zimmerli (2003), les crues qui ont inondé l'Europe centrale et orientale en août 2002 ont, en de nombreux endroits, dépassé le niveau des 150 dernières années. Les inondations expliquent environ un tiers de tous les désastres naturels en termes de nombre et de pertes économiques, et sont responsables de plus de la moitié des morts (Paklina, 2003). Plusieurs villes et capitales économiques des pays de l'Afrique sont affectées par ces inondations. Pour l'OMM (2006), la forte fréquence des événements pluviométriques extrêmes de ces trois dernières décennies en Afrique de l'Ouest influe sur le fonctionnement hydrologique des cours d'eau et limite la mise en valeur efficiente de leurs potentialités pour l'agriculture.

Le Bénin a été particulièrement affecté par ces inondations au cours de la décennie 2000-2010, au cours des années 1999, 2007, 2009 et surtout l'année 2010. Plusieurs villes du Bénin sont touchées. Pour Okou (2000), la ville de Cotonou est la plus affectée par les inondations au Bénin. Selon le Rapport d'Evaluation des Besoins Post Catastrophe (2011), les Communes de Zagnanado et de Ouinhi sont aussi citées parmi les 55 communes les plus vulnérables aux inondations, sur les 77 Communes que compte le Bénin.

Le plateau d'Agonlin qui abrite ces deux Communes, ainsi que celle de Covè, est traversé par le fleuve Ouémé et son affluent Zou, qui débordent et causent des inondations en période de crue. Etant la base du développement économique de la région (Covè Zagnanado et Ouinhi), l'agriculture fait partie des composantes environnementales les plus vulnérables aux inondations. C'est pourquoi la recherche portant sur : **«Vulnérabilité agricole et stratégies de prévention des inondations dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi»**, est choisie, afin d'apporter

une contribution au développement agricole de cette région.

Ce mémoire aborde le cadre théorique et la démarche méthodologique, dans un premier chapitre, et l'étude de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations, dans un deuxième chapitre. Il s'agira enfin, de faire une synthèse de l'évaluation de cette vulnérabilité de la production agricole aux inondations, suivie des stratégies et mesures de prévention de ces inondations, dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi.

CHAPITRE I

CADRE THEORIQUE ET DEMARCHE METHODOLOGIQUE

DE RECHERCHE

Ce chapitre expose les cadres théorique et méthodologique de cette recherche. Le cadre théorique prend en compte la problématique et la revue de littérature alors que la démarche méthodologique présente les différentes données collectées, les méthodes utilisées pour la collecte, le traitement et l'analyse de ces données.

1.1-Cadre théorique

1.1.1-Problématique

L'évolution climatique de ces dernières décennies a provoqué la montée des paramètres climatiques et celle de certaines catastrophes naturelles. Ce sont entre autres, les inondations qui constituent un risque majeur pour les populations et les pays du monde.

Selon Delcarmen (2008), le Consortium de Compensation des Assurances en Espagne (CCS) a indemnisé entre 1971 et 2002, à hauteur de 1.574.530.945 Euros, les dommages liés aux inondations sur le territoire espagnol. Pour Le grand et *al.* (2003), cité par Delcarmen (2008), les inondations du 8 Septembre 2002 dans le Gard (Languedoc-Rossillon) en France, ont provoqué la mort de 23 personnes et des dommages estimés à 1200 millions d'euros. Différents pays des continents du monde subissent aussi les conséquences de ces inondations. Celles-ci représentent plus du tiers des cataclysmes recensés des pays en voie de développement et ce, depuis les années 1970 (Carry et Veyret, 1996). Selon les sources du Département des Affaires Humanitaires (DHA) des Nations Unies, cité par Mahada (2011), 339 millions de personnes ont été victimes des inondations entre 1900 et 1980. La fréquence et l'ampleur de ces inondations enregistrées au cours des dernières décennies, voire ces dernières années dans le monde, inquiètent plus les populations africaines, à cause de leurs moyens financiers limités.

Plusieurs capitales et villes économiques de l'Afrique, surtout celles de l'Afrique de l'Ouest sont soumises aux affres de ces inondations catastrophiques. Les inondations du présent siècle au Burkina-Faso, notamment celle du 1^{er} Septembre 2009, en sont une illustration, avec une pluviométrie de 300 mm en moins d'une journée, soit 10 heures contre 246 mm en 1919. Ces inondations ont été aggravées par l'effondrement d'un

barrage hydro-électrique, laissant derrière elles, 150.000 sans-abris et huit morts (RFI, 2009). D'autres villes comme Dakar, Niamey, Lagos et Cotonou ont connu également des inondations catastrophiques; lesquelles sont devenues un phénomène annuel redouté par les populations du monde en général et, celles du Bénin en particulier.

Selon le Centre pour la Recherche sur l'Epidémiologie des Désastres (CRED, 2003), au Bénin, ces inondations représentent :

- de 1970 à 1979, 13 % des catastrophes naturelles pour lesquelles le Bénin a fait appel à l'aide extérieur;
- de 1980 à 1989, 30 % des catastrophes naturelles pour lesquelles le Bénin a fait appel à l'aide extérieur et c'est au cours de cette décennie que Cotonou a été frappée par la grande inondation de 1988, consécutive à un maximum pluviométrique de 206 mm en 72 heures;
- de 1990 à 1999, 64 % des catastrophes naturelles pour lesquelles le Bénin a fait appel à l'aide extérieur en l'occurrence celles de 1991, 1994, 1996, 1997, 1998 et 1999.

Au cours de la décennie qui suit, voire ces dernières années (surtout les années 2007, 2009, 2010 et 2012), le Bénin a également fait appel à l'aide extérieur, suite aux inondations survenues dans le pays, notamment celles de 2009 et 2010. Au cours de l'année 2010, le Bénin est devenu le pays le plus affecté par les inondations en Afrique de l'Ouest et du Centre, selon le Bureau de coordination des affaires humanitaires (OCHA) des Nations Unies. En effet, 360.000 personnes ont été affectées par les inondations, principalement causées par la forte pluviométrie, et aggravées par la crue du fleuve Niger, de l'Ouémé et de leurs affluents, affectant ainsi le Nord et le Sud du Bénin (OCHA, 2010).

Ces inondations sont la deuxième cause des catastrophes naturelles en fréquence après les tempêtes (Allagbé, 2005) et elles sont issues des manifestations exceptionnelles. C'est le cas des manifestations pluvio-orageuses et des pluies diluviennes tombées dans le centre Bénin en Juillet 1999, occasionnant des inondations (Houndakinou et *al.*, 2006). Dans cette région centrale du Bénin, et selon ces mêmes auteurs, les conséquences des fortes pluies ne se limitent pas aux dégâts consécutifs aux inondations. Il y a également des glissements de terrain qui ne sont pas fréquents dans cette région et au Bénin. Mais, lorsqu'ils surviennent, ils détruisent presque tout sur leur passage. C'est le cas de l'ancien

pont de Covè, en 2002, qui a été endommagé, rendant la circulation impossible. La rivière Zou sur laquelle passe le pont de Covè, met toute la population rurale et agricole en alerte lors des crues. La situation est encore plus critique dans les Communes de Zagnanado et de Ouinhi avec le débordement du fleuve Ouémé ; ce qui rend vulnérable la production agricole et pourrait compromettre le développement agricole de chacune de ces trois Communes du plateau d'Agonlin. Selon l'IPCC (2007), dans une tendance générale de baisse pluviométrique, il survient par moment de fortes pluviométries génératrices d'inondations, parfois désastreuses, voire dramatiques sur les plans socioéconomiques notamment agricoles. Dans un contexte d'agriculture pluviale, la multiplication d'années pluviométriques extrêmes de saison pluvieuse rend vulnérable la production agricole dans le centre Bénin (Yabi *et al.*, 2010) et, en particulier sur le plateau d'Agonlin, dans le département du Zou.

Les inondations, surtout celles dues aux crues du fleuve Ouémé et de la rivière Zou envahissent les cultures, dans les Communes de Zagnanado, Ouinhi et Covè. Selon Djagba (2006), ce sont des centaines d'hectares de champ de maïs, de riz, des cultures maraîchères, de taro, de patate douce et canne à sucre, qui sont envahies par les eaux dans cette région d'Agonlin. Il faut aussi noter que les inondations n'ont pas que des conséquences néfastes sur l'agriculture. Elles apportent des fertilisants aux sols dans les zones inondables, par des dépôts de sédiments d'alluvions ; ce qui laisse une plaine d'inondation très fertile, après le retrait des eaux (Tossa, 2007).

Parmi ces zones inondables, il y en a certaines qui sont plus vulnérables que d'autres. Avec l'abondance des précipitations, suite à l'évolution des changements climatiques, l'inondation deviendrait plus critique dans les prochaines années. Ainsi, l'espace géographique des zones inondables augmenterait en superficies et les zones de productions agricoles qui ne sont pas vulnérables aux inondations aujourd'hui, le seront demain. Compte tenu de l'importance des conséquences des inondations sur l'agriculture et de la place que celle-ci occupe dans les économies locales de ces Communes du sud-est du département du Zou, il est mené une recherche portant sur le sujet : «**Vulnérabilité agricole et stratégies de prévention des inondations dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi**». Il se pose un certain nombre de questions.

- Quelle est la proportion des zones inondables et des celles non inondables dans l'ensemble des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi?

- Quelles sont les facteurs de vulnérabilité de la production agricole aux inondations dans ces Communes?
- Enfin, quelles sont les stratégies et mesures de prévention des inondations dans cette région d'Agonlin?

Des hypothèses et objectifs sous-tendent cette recherche.

1.1.1.1- Hypothèses de recherche

L'hypothèse générale est : la vulnérabilité de la production agricole face aux inondations dépend de plusieurs facteurs. Spécifiquement, elle se décline en trois hypothèses :

- 1- Les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, disposent des zones de productions agricoles, vulnérables aux inondations.
- 2- Les inondations rendent la production agricole vulnérable dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi.
- 3- Les stratégies de prévention des inondations dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, existent.

De ces hypothèses, découlent des objectifs de recherche.

1.1.1.2- Objectifs de recherche

L'objectif général de cette recherche, est d'étudier la vulnérabilité de la production agricole face aux inondations dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi.

De façon spécifique il est question de :

- 1- identifier les zones inondables vulnérables aux inondations dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi ;
- 2- étudier la vulnérabilité de la production agricole face aux inondations sur le plateau d'Agonlin ;
- 3- définir des stratégies et mesures de prévention des inondations, afin de préserver le développement agricole sur le plateau d'Agonlin.

1.1.2- Revue de littérature

1.1.2.1- Clarification conceptuelle

Les concepts inondation, impact, zones inondables, vulnérabilité, production agricole et stratégies de prévention sont définis et clarifiés, leurs contenus sont précisés dans le cadre

de la présente recherche.

➤ **Inondation**

Pour Antoine et *al.* (2008), le phénomène d'inondation est défini comme l'invasion passagère des lieux habituellement émergés par l'eau de pluie. Les inondations résultent de l'accumulation des eaux en raison de facteurs géomorphologiques, hydrologiques, topographiques, météorologiques ou anthropiques (LACEEDE, 2010). Pour Hingray et *al.* (2000), cité par Kodja (2011), les inondations sont des manifestations hydrologiques exceptionnelles liées à l'eau pluviale et à la remontée de la nappe phréatique.

Dans le cadre de cette étude, l'inondation, c'est la submersion plus ou moins rapide d'une zone de cultures ou non, en fonction de l'intensité et de l'abondance des précipitations, mais aussi et surtout de celles des crues qui s'ensuivent. Les inondations, dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, sont principalement provoquées par ces deux facteurs climatiques et ne sont pas sans conséquences sur l'environnement.

➤ **Impact**

Pour Landreau (2004), d'un point de vue strictement écologique, les impacts sont décrits comme des déviations des dynamiques naturelles d'évolution aboutissant à des modifications de l'état théorique d'écosystème. Selon Poutrel et Wasserman, cité par Orekan (2000), l'impact, c'est une perturbation engendrée par une action sur les composantes d'un milieu. C'est aussi l'effet produit par quelque chose ou un phénomène et ses conséquences directes ou indirectes sur l'environnement.

Les impacts des inondations sur la production agricole, sont considérés dans cette étude, comme l'élément de vulnérabilité de la production agricole aux inondations, le plus important et le plus visible dans les zones inondables ou agricoles vulnérables.

➤ **Zones inondables**

Selon le Dictionnaire de l'environnement et du développement durable (2010), zone inondable désigne une zone où peut s'étaler les débordements de crues au-delà du lit majeur et qui joue un rôle important dans l'écrêtement des crues. Les zones inondables, sont également reprises sous l'appellation de terrains inondables. Ce sont des milieux géographiques délimités, submergés par les eaux lors d'une inondation. Elles sont dues

non seulement à des causes naturelles, mais aussi anthropiques dans le milieu humain.

Les zones inondables sont aussi appelées plaines inondables ou plaine d'inondation. Pour Lègba (2006), une plaine inondable est la partie plane et basse d'un cours d'eau qui s'inonde annuellement. Selon cet auteur, de l'amont vers l'aval des cours d'eau, les dépôts d'alluvions, responsables du relief de la plaine inondable, sont d'autant plus fins que la pente de la plaine est plus faible.

Au niveau du secteur de la présente étude, ces zones inondables sont les zones de productions agricoles vulnérables aux inondations, très utilisées et très rentables pour l'agriculture. Ce sont des zones soumises aux aléas d'évènement hydrologique (crue). Ces zones inondables constituent une ressource de base et un moyen d'existence pour les populations de Covè, Zagnanado et Ouinhi. Elles sont identifiées et classées des plus vulnérables au moins vulnérables.

➤ **Vulnérabilité**

Selon le GIEC (2001), la vulnérabilité est le degré selon lequel un système est susceptible, ou se révèle incapable, de faire face aux effets néfastes des changements climatiques, notamment à la variabilité du climat et aux conditions climatiques extrêmes. Pour Donou (2009), la vulnérabilité dépend de la capacité de résistance et de résilience d'un écosystème donné.

En ce qui concerne Blaikie et *al.* (1994), la vulnérabilité se définit comme les caractéristiques d'une personne ou d'un groupe, en termes de sa capacité à anticiper, à faire face, à résister et se remettre des effets naturels et des dangers. Pour Adger (1999), la vulnérabilité est la capacité d'une personne physique ou d'un système social ou naturel, à subir les dommages du changement climatique.

La vulnérabilité, c'est la fragilité d'une personne, d'une couche de la population, d'une zone ou d'un point face à un risque potentiellement dangereux. Elle prend en compte la capacité de résistance humaine ou naturelle et le degré d'exposition au risque. Étudier la vulnérabilité dans le cadre de cette recherche, revient à évaluer, à estimer ou à exprimer le niveau ou le degré prévisible de résistance de la production agricole aux inondations. Cette étude prend en compte les facteurs de vulnérabilité de la production agricole aux inondations, ainsi que les modes et moyens d'existence.

➤ **Production agricole**

Etymologiquement, production vient du latin productio, qui veut dire allongement, prolongation du temps, construit à partir de pro, en avant et de ducere, conduire. La production est l'action de produire des biens et services pour la satisfaction des besoins de l'homme. La production agricole quant à elle, est toute activité économique ayant pour objet la transformation et la mise en valeur du milieu naturel afin d'obtenir les produits végétaux et animaux utiles à l'homme en particulier ceux destinés à son alimentation. Pour George (1990), la production agricole, c'est « l'ensemble des travaux de conservation et de transformation du milieu naturel permettant de cultiver et de prélever des végétaux et des animaux utiles à l'être humain ». Aho et Kossou (1997) vont définir l'agriculture, comme l'art de mettre en œuvre des méthodes par lesquelles l'homme peut tirer du milieu dans lequel il vit, à l'aide du sol, de la plante et de l'animal, et dans les meilleures conditions possibles, les produits nécessaires à la satisfaction de ses besoins. Cette étude de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations, prend plus en compte les activités agricoles, notamment la production végétale dans son ensemble et les différents acteurs du monde rural. Ce qui a abouti à des mesures préventives, pour rendre moins vulnérable l'agriculture.

➤ **Stratégies de prévention**

Les stratégies de prévention désignent l'ensemble des outils ou capacités dont dispose un système, une communauté et un individu à s'adapter aux effets d'un événement potentiellement dangereux ou d'une perturbation. Pour Winograd (2006), ces moyens d'adaptation dépendent essentiellement des ressources économiques, sociales et humaines d'une société. Les stratégies de prévention renvoient également au mot « mitigation ». Selon le dictionnaire Robert (2007), la mitigation est le fait de mitiger, d'agir sur un système afin de diminuer le degré de vulnérabilité des éléments constitutifs de ce système. Pour cette étude, ces stratégies ou moyens d'adaptation permettent de prévenir et de prévoir les inondations. Ces stratégies sont l'ensemble des pratiques agricoles des populations et les stratégies de prévention des inondations à long terme. Ces clarifications conceptuelles ont permis de passer en revue les différents écrits sur les inondations.

1.1.2.2- Revue de littérature

De nombreuses recherches ont été réalisées sur la problématique des inondations, par les chercheurs en sciences humaines et sociales. Dans leurs ouvrages, ils ont abordé les causes, les manifestations des inondations et leurs impacts, ainsi que la vulnérabilité des différentes composantes environnementales, telles que l'agriculture qui fait partie des sous-composantes les plus vulnérables, dans le milieu humain.

Ledoux et Hubert (1999) se sont intéressés au coût du risque et à l'évaluation des impacts socio-économiques des inondations. Leur ouvrage présente l'état des lieux des connaissances en matière d'estimation des impacts socio-économiques des inondations. Ils mettent en avant les points forts et les points faibles des démarches et méthodes mises en œuvre sur le terrain. Prenant l'exemple de la France, ils estiment les dommages moyens annuels liés à cet événement extrême, entre 150 et 300 millions d'euros, soit 0,4 % du Produit Intérieur Brut.

Mais, il convient de noter que la vulnérabilité aux inondations varie d'un pays à un autre. Selon Kijne (2003), dans un article intitulé *Déverrouiller le potentiel de l'eau en agriculture*, la vulnérabilité face aux risques est inégale selon les pays. Il estime qu'elle est liée, entre autres, au stade de développement des pays. Selon ce même auteur, les économies qui traversent les étapes de transition entre l'agriculture de subsistance et une économie agricole plus moderne et productive sont particulièrement vulnérables.

Des travaux scientifiques se sont intéressés également à l'étude de la vulnérabilité de l'agriculture aux effets des changements climatiques dont les inondations. C'est le cas des travaux du PANA-BENIN (2007). Les outils d'analyse de la vulnérabilité de l'agriculture aux effets des changements climatiques utilisés dans ce Programme, sont les techniques de la courbe de vulnérabilité en toile d'araignée et de la matrice de sensibilité aux risques climatiques. Cette analyse va au-delà d'une simple vulnérabilité agricole aux inondations et prend en compte non seulement la vulnérabilité socioéconomique, mais aussi la vulnérabilité aux changements climatiques.

La présente recherche met en évidence la vulnérabilité de la production agricole aux inondations, dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, par rapport aux capacités de défense des différentes cultures, aux revenus agricoles et par rapport à l'importance des facteurs explicatifs des impacts des inondations sur la production agricole. A cela s'ajoutent les techniques d'étude de vulnérabilité utilisées par le PANA-BENIN (2007),

mais aussi par Sossou-Agbo (2013).

Dans l'ensemble des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, les inondations constituent un obstacle au développement agricole. L'inondation des périmètres rizicoles de cette région, au cours de l'année empêche leur exploitation permanente. Les pertes ont été plus importantes, avec les inondations causées par les crues des cours d'eau qui détruisent les exploitations agricoles. Il faut noter également que le relief et la densité du réseau hydrographique du plateau par rapport à la vallée font que les eaux de ruissellement sont abondantes sur les périmètres aménagés de Zagnanado (Djagba, 2006). Ainsi, ces périmètres inondés, voient leurs cultures détruites. C'est le cas du périmètre de Bamè. La Commune de Ouinhi enregistre aussi l'inondation de ses périmètres agricoles, comme celui d'Ayizè. Toutes ces conséquences agricoles des inondations, portent un sérieux coup à l'agriculture en « Pays Agonlin ». Parmi les conséquences économiques des inondations, l'agriculture occupe une place prépondérante dans les pays en voie de développement comme le Bénin.

Pour mieux apprécier les dommages agricoles liés à ces inondations, Ledoux et Hubert (1999), estiment que leur évaluation doit prendre en compte deux catégories d'enjeux : les sièges d'exploitation (matériels et bâtiments à usage agricole) et les productions (surfaces cultivées et types de cultures; types et taille des cheptels). Cette étude prend en compte surtout ce dernier aspect de la production agricole de Ledoux et Hubert (1999), face aux catastrophes naturelles que sont les inondations. L'impact des catastrophes naturelles se mesure par l'importance numérique des pertes en vies humaines et l'ampleur des dégâts matériels (Houndakinou et *al.*, 2006).

Dans une perspective de prévention des catastrophes naturelles comme les inondations, certains auteurs pensent que les catastrophes naturelles en général, et les inondations en particulier doivent être prises en compte dans l'organisation de l'espace, afin de réduire leurs conséquences néfastes sur le développement économique, voire agricole.

Pour cela, Scarwell et Laganier (2004), rappellent que « le risque, et plus particulièrement le risque d'inondation, est une composante intrinsèque du territoire en relation avec la nature du sol. Ils estiment que si le territoire a souvent été perçu comme un espace support du risque, il interagit bien avec le risque d'inondation ». Selon ces mêmes auteurs, les choix d'aménagement ont un impact significatif sur la gestion du risque. Autrement dit, un bon aménagement du territoire permet de maîtriser ou de réduire les effets néfastes des

inondations, voire des catastrophes naturelles. L'importance des impacts des inondations ou de toute autre catastrophe dépend de la bonne organisation de l'espace.

Quant à Colin (2003), les risques et les catastrophes sont d'abord décrits, puis étudiés du point de vue du territoire et de la nature physique du sol. Toute recherche sur les inondations en particulier, et les catastrophes en général ou tout aménagement, doit tenir compte des caractéristiques physiques du milieu, afin d'éviter des conséquences désastreuses pour l'Etat et la région (Agonlin) concernés.

Le territoire béninois est soumis chaque année aux inondations, du fait de son mauvais aménagement. C'est le cas des expériences d'aménagement hydro-agricole de la vallée de l'Ouémé à Zagnanado et Covè qui sont confrontées à une multitude de problèmes (Djagba, 2006), dont les inondations. Les populations de cette région du plateau de Zagnanado sont majoritairement agricoles et sont plus vulnérables aux inondations qui constituent leurs difficultés majeures.

Cependant, ces inondations laissent aussi derrière elles, certains impacts positifs. Les inondations issues des crues ou des eaux de ruissellement laissent des dépôts de sédiments composés d'alluvions, après le retrait des eaux des zones inondables. Autrement dit, ces eaux de crue apportent et déposent des alluvions qui contribuent à la fertilisation des sols de la vallée (Lamouroux, 1959) et des plaines d'inondation.

Face à cette situation climatique critique, pour le développement agricole du plateau d'Agonlin, cette étude définit et propose des stratégies de prévention des inondations, comme celle de Badameli et *al.* (2012), proposée au gouvernement togolais, après les inondations de 2008. Cette méthode de prévision consiste à renforcer le système de prévision, en mettant en place des matériels adaptés aux prévisions climatiques et en instaurant un suivi agro-météorologique des saisons agricoles. A cela, cette étude ajoute des stratégies de prévention des inondations à long terme, en « Pays Agonlin », sur la base des inondations passées, suivie d'une proposition de modèle de prévision des crues.

Les différentes études réalisées par ces auteurs ont permis d'avoir une meilleure connaissance du phénomène des inondations et ses conséquences agricoles, surtout ses impacts socio-économiques et les différentes stratégies de prévention. La composante la plus touchée par ces inondations dans le domaine économique en « Pays Agonlin », c'est l'agriculture, qui a une présence très remarquable dans les zones inondables qui concentrent l'essentiel de la production agricole détruite. Cette agriculture constitue le poumon de

l'économie locale de la plupart des Communes du Bénin, y compris celles d'Agonlin qui sont majoritairement rurales. Les inondations rendent vulnérables la production agricole. Cela entraîne une baisse des recettes fiscales de ces Communes. Les différentes études effectuées sur le plateau d'Agonlin, n'abordent pas toujours, une définition des zones inondables ou des zones agricoles vulnérables.

Pour toutes ces raisons et compte tenu du bloc géographique (Plateau) et culturel que forme l'ensemble de ces trois Communes d'Agonlin, une réflexion approfondie sur le sujet intitulé : «**Vulnérabilité agricole et stratégies de prévention des inondations dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi**», a été proposée, en vue de préserver le développement agricole de ce phénomène météorologique extrême.

Après le cadre théorique, le cadre méthodologique a permis d'atteindre les objectifs de cette recherche.

1.2- Démarche méthodologique de recherche

1.2.1- Données utilisées

Il s'agit essentiellement des :

- données pluviométriques mensuelles et annuelles de 1968 à 2012 à la station de Zagnanado, tirées de la base de données de l'ASCENA ;
- données hydrologiques constituées de différents débits de 1980 à 2011, du Zou et de l'Ouémé, recueillies respectivement au niveau des stations hydrométriques de Domè et d'Ahlan, auprès du Service Hydrologique (SH) de la Direction Générale de l'Eau ;
- données planimétriques constituées des images satellitaires Landsat ETM, respectivement du 25 Novembre 1995, du 12 Février 2006 et de 2010 et des cartes topographiques, pour analyser la dynamique d'occupation du sol ;
- données agricoles sur les principales cultures, notamment les productions, les superficies et les rendements agricoles par culture des différentes campagnes agricoles, des campagnes de 1993-1994 à 1998-1999 et 1999-2000 aux campagnes 2009-2010 ;
- données démographiques des trois communes surtout celles relatives aux ménages et aux populations agricoles, sur la base des quatre derniers recensements. Ces données ont été collectées en fonction des objectifs de recherche et selon les procédures de collecte de données.

1.2.2- Méthodes

1.2.2.1- Recherche documentaire

La recherche documentaire a consisté à consulter les différents ouvrages qui abordent le sujet de la présente étude de façon générale et de manière spécifique. Ces ouvrages sont essentiellement constitués des mémoires de Maîtrise, du DEA et des Thèses, ainsi que des articles scientifiques, des revues et des livres. Ces documents ont été consultés dans les centres de documentation des Ministères chargé de l'environnement et de l'agriculture, du CBRST, du DGAT/UAC et des laboratoires LACEEDE et LABEE. Tout ceci est résumé dans le tableau I.

Tableau I : Centres de documentations visités.

Centres de documentation	Nature des documents	Types d'informations
LACEEDE, LABEE et DGAT, CBRST	Revue, Ouvrages et mémoires et Thèses.	Informations générales à caractères méthodologique et sur les variabilités climatiques.
Laboratoire LaCarto	Cartographie	Informations issues du traitement des images satellites.
Centre de documentation d l'EDP de la FLASH	Mémoires du DEA, Thèses.	Informations sur les événements pluviométriques extrêmes.
ASECNA	Relevés pluviométriques de 1968 à 2012	Données pluviométriques et ETP du secteur d'étude.
DG-Eau	Base de données du DIE/SH de 1980 à 2010.	Données sur les différents débits, les côtes du Zou et de l'Ouémé.
MAEP	Statistiques agricoles de la DPP et autres ouvrages.	Données sur les productions agricoles.
Mairies : Covè-Zagnanado –Ouinhi	PDC, Monographies Rapports d'études et les SDAC de 2012.	Informations sur le cadre de l'étude, sur les inondations et la vulnérabilité agricole.
Webographie	Fichiers numériques sur les ouvrages, les revues, les mémoires et thèses et les rapports dont ceux du PANA-Bénin et autres travaux scientifiques.	Informations sur la production agricole et ses différentes vulnérabilités, la vulnérabilité de la production agricole aux changements climatiques et aux inondations en particulier.

De même, l'internet a été associé à cette recherche documentaire qui s'est poursuivie jusqu'à la rédaction de ce mémoire.

Les informations recueillies portent sur les inondations et leurs conséquences, les

caractéristiques physiques et humaines du secteur d'étude, la vulnérabilité de production agricole aux changements climatiques et aux inondations et, les informations d'ordre méthodologique. Cette recherche documentaire a permis d'avoir une vue théorique, voire partielle du phénomène des inondations et la vulnérabilité de la production agricole dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi.

1.2.2.2- Travaux de terrain

La pré-enquête a consisté à identifier les arrondissements qui seront échantillonnés dans chacune des trois communes du secteur d'étude. Ces arrondissements d'enquête ont été choisis selon certains critères. Il y a la représentativité de ces arrondissements au niveau des zones inondables, mais aussi au niveau de la vulnérabilité des productions agricoles face aux inondations et la capacité de production agricole. De plus, ces arrondissements témoins de l'ensemble des trois communes sont traversés par l'un au moins des cours d'eau principaux (le Zou et l'Ouémé) ou leurs affluents. Les arrondissements échantillonnés sur le terrain sont : Adogbé et Lainta-Cogbé (Covè) ; Agonli-Houégbo, Kpédékpo et Dovi (Zagnanado) et ; Sagon, Dasso et Tohoue (Ouinhi). Cette pré-enquête a permis également de tester les différents outils de collecte des données sur le terrain.

➤ Matériel

Les outils utilisés pour la collecte des données sont :

- des guides d'entretien et des questionnaires adressés aux populations et aux autorités ;
- des fiches de collecte des données ;
- un appareil photographique;
- des cartes topographiques, notamment les feuille de Zagnanado au 1/100000 et au 1 /50000, pour se situer sur le terrain et servir comme fond topographique ;
- deux images satellites Landsat ETM, pour l'appréciation de la dynamique de l'occupation du sol et d'utilisation des terres des années 1995 et 2010 ;
- une image satellite SRTM (2000), pour la réalisation du MNT du secteur d'étude, en vue de d'identifier les différentes inondables ;

Ces différents matériels utilisés ont permis de vérifier la fiabilité de certaines données obtenues sur le terrain.

➤ Groupe cible et échantillonnage

La population cible de la présente étude, est constituée des ménages, surtout les ménages

agricoles et les différents exploitants agricoles de Covè, Zagnanado et Ouinhi.

Le choix de l'échantillonnage, la sélection des arrondissements d'étude et des personnes à interroger se sont faites par la méthode de choix raisonnée. Les personnes qui doivent être interrogées au sein des ménages, doivent être âgées au moins de 20 à 30 ans et, doivent être producteurs agricoles ou agent du développement rural. Elles doivent aussi résider dans le village ou l'arrondissement d'étude, depuis au moins ces cinq, voire dix dernières années, pour pouvoir bien décrire le phénomène des inondations et leurs manifestations sur l'agriculture dans les zones inondables. Des personnes ressources ont été également choisies en fonction de leur responsabilité dans le développement agricole, sur les plans locale, départementale et nationale. Le tableau II montre la répartition des effectifs agricoles par arrondissement témoin du secteur d'étude d'Agonlin, sur la base du RGPH (2002). Cette population agricole représente en moyenne 73 % de la population totale en 2002, des arrondissements échantillonnés. Sur la base du taux d'accroissement en milieu rural du Département du Zou qui serait de 2,42 % en 2013, les projections de cette population ont été faites sur 2013. Ce qui donne une population agricole de 52002, représentative des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi.

L'échantillonnage des personnes interrogées est fondé sur la méthode des quotas. Cette méthode tient compte des zones de forte production agricole et forte population agricole. Ainsi un taux de sondage de 1 % a été arbitrairement fixé. Ce qui donne 104 ménages et 524 individus interrogés, soit 1 % de la population agricole (Tableau II).

Tableau II : Echantillonnage des ménages et individus interrogés

Communes	Arrondissements	Pop.agricole (2002)	Pop.agricole (2013)	Individus	Ménages
Covè	Adogbé	1.993	2.617	54	11
	Houen-Hounso	4.212	5.640	45	9
	Lainta-Cogbé	3.413	4.492	35	7
Zagnanado	Agonli-Houegbo	3.175	4.176	95	19
	Kpédékpo	5.295	6.959	94	18
	Dovi	3.072	4.039	43	8
Ouinhi	Dasso	7.063	8.025	35	7
	Sagon	7.661	10.066	85	17
	Tohoue	4.558	5.988	41	8
Total	9	40.442	52.002	524	104

Pop. : Population

Source : RGPH (2002), suivi de l'enquête de terrain Août 2013.

En plus de ces personnes interrogées, une dizaine de personnes ressources issues des administrations en charge de l'environnement, de l'agriculture, sont consultées. Différentes méthodes et techniques de collecte des données sur le terrain ont été utilisées.

➤ **Techniques de collecte des données**

Plusieurs méthodes sont mises en œuvre dont celles-ci.

- L'observation directe sur le terrain, suivie de quelques prises de vue, a permis de voir les manifestations des inondations et d'identifier les zones inondables et zones agricoles vulnérables inondations.
- Des entretiens et interviews ont permis de discuter avec les autorités en charge de l'environnement et de l'agriculture de la région. Des entretiens ont été aussi réalisés avec quelques groupes de paysans et de producteurs agricoles. Les données collectées sont traitées et analysées.

1.2.3- Traitement et analyse des données

Les informations issues des guides d'entretien et questionnaires sont dépouillées. Les informations collectées, sont traitées par les logiciels Word pour le traitement des textes, Excel pour les différents tableaux et graphiques et, Arc Gis 9.1 pour l'établissement des différentes cartes.

Pour l'identification des différents espaces inondables vulnérables à la production agricole dans le secteur d'étude, la réalisation d'un MNT (Modèle Numérique de Terrain) a été nécessaire. C'est une représentation numérique du terrain en fonction de l'altitude. L'utilisation du MNT permet de mettre en évidence les différentes classes d'altitude et d'identifier les différentes zones vulnérables aux productions agricoles, sur une carte.

La représentation cartographique Modèle Numérique de Terrain du secteur d'étude a été réalisée à partir des images Aster DEM de résolution 30 (<http://asterweb.jpl.nasa.gov>). L'image Aster importée dans l'environnement Arc GIS au préalable a subi un calcul des statistiques afin de permettre un étirement de contraste ou classification des données. Cela est exécuté à partir de la commande "calculer les statistiques" se trouvant dans ArcToolbox → outils de gestion de données → Raster → Propriété de raster. Par la suite, les courbes de niveau ont été générées à partir de l'image grâce à la commande "isoligne" d'ArcToolbox → raster-surface. A partir des courbes de niveau, les points cotés ont été générés (commande d'ArcToolbox "outil de gestion de données → entités → entités vers points). A partir des éléments obtenus, il a été possible d'avoir la carte des

altitudes en faisant une interpolation par Krigeage. Enfin, la représentation du MNT du Plateau d'Agonlin a été obtenue à partir du modèle de représentation des altitudes. Cette carte permet de commencer l'étude de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations.

Pour étudier la vulnérabilité de la production agricole aux inondations, les principaux facteurs de vulnérabilité de la production agricole aux inondations ont été d'abord identifiés. Ensuite l'approche statistique de l'analyse de régression a été utilisée pour déterminer le degré de dépendance et de vulnérabilité de la production agricole aux inondations par rapport aux principaux facteurs explicatifs naturels.

L'étude de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations, prend aussi en compte les cultures et leurs importances dans la production agricole du plateau d'Agonlin. Le tableau III présente certaines de ces cultures choisies avec leurs caractéristiques physiologiques.

Tableau III : Caractéristiques physiologiques optimales de certaines cultures

	Manioc	Niébé	Patate douce	Piment	Maïs
GSL max	330	120	270	120	120
GSLmin	180	90	170	90	90
Hl	0,55	0,3	0,55	0,35	0,45
Kc	*	0,3-1,2	*	0,4-1,2	0,3-1,2
Phot	C ₃	C ₃	C ₃	C ₃	C ₄
Groupe	2	2	2	2	3
DMMP	0,35	0,85	0,30	0,32	0,85
Préf. Ther	25-29	15-20	20-30	18-25	24-30
ETM	*	300-500	*	400-600	500-800
Famille	NL	L	NL	NL	NL

Source : Ogouwalé (2004).

GSL max = durée maximale du cycle végétal

GSLmin = durée minimale du cycle végétal, Groupe = groupe d'adaptabilité

Hl = indice de récolte, Kc = coefficient cultural, Phot = indice photosynthétique

DMMP = pourcentage de matière sèche par rapport au poids total

Préf. Ther = optimum thermique

ETM = besoin total en eau durant le cycle végétatif

L : Légumineuse et NL : Non Légumineuse

Enfin, la dernière approche d'étude de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations, est celle mise au point par le GIEC et le Groupe d'Experts des Pays les Moins Avancés (LEG/UNFCCC, 2004). Il s'agit de :

- la technique de la courbe de vulnérabilité en toile d'araignée pour l'analyse des

moyens d'existence durable et la détermination de la vulnérabilité socio-économique des modes d'existence ;

- la technique de la matrice de sensibilité pour la détermination des indicateurs d'exposition des moyens et modes d'existence aux risques climatiques et celle des indicateurs d'impact des risques climatiques sur les modes d'existence.

En ce qui concerne les stratégies et mesures de prévention des inondations, elles prennent en compte les stratégies de prévention développées par les populations et les autorités, un modèle de gestion intégrée des crues, de même qu'une méthode de prévision des inondations futures et exceptionnelles. La prévision des inondations exceptionnelles futures a suivi une démarche qui prend en compte les précipitations extrêmes de 1968 à 2010. Elle s'est faite à partir de la fréquence de retour des précipitations extrêmes, au cours de cette période. Toutes ces procédures d'analyse des données ont abouti aux résultats suivants :

- Les zones inondables vulnérables aux productions agricoles sont identifiées dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi ;
- L'étude de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations est faite dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi ;
- Les stratégies de préventions des inondations, pour réduire la vulnérabilité de la production agricole, sont définies dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi.

Ce chapitre a posé la problématique sur la vulnérabilité de la production agricole aux inondations et a passé en revue quelques travaux scientifiques qui viennent renforcer le choix de ce sujet. Quant à la méthodologie d'étude, elle prend en compte la collecte, le traitement et l'analyse des données. Selon chaque objectif spécifique, différentes approches ont été utilisées. Sur la base de la représentation cartographique du Modèle Numérique de Terrain (MNT), les différentes zones inondables, ont été identifiées en fonction des altitudes. Ce qui a permis d'étudier la vulnérabilité de la production agricole aux inondations. Cette étude de la vulnérabilité s'est basée sur les principaux facteurs de vulnérabilité de la production agricole aux inondations et l'utilisation de l'approche d'étude de vulnérabilité du GIEC. Des stratégies de préventions des inondations ont été définies, en vue de réduire la vulnérabilité de la production agricole.

CHAPITRE II

VULNERABILITE DE LA PRODUCTION AGRICOLE AUX INONDATIONS

La recherche sur la vulnérabilité de la production agricole face aux inondations passe par l'identification des zones inondables, des facteurs explicatifs de cette vulnérabilité agricole aux inondations et des différents impacts qui en résultent. Mais avant, les facteurs géographiques du milieu d'étude, favorisant les inondations, sont identifiées.

2.1- Cadre géographique du milieu d'étude

2.1.1- Facteurs naturels

2.1.1.1- Facteurs géomorphologiques et pédologiques

L'ensemble des trois Communes Covè, Zagnanado et Ouinhi se situe sur le plateau d'Agonlin, au Sud-Est du Département du Zou, comme l'indique la figure 1 et au Nord de la dépression de la Lama, dans le bassin sédimentaire côtier. Encore appelé plateau de Zagnanado, datant de la période du Crétacé, ce plateau est composé du grès de sables consolidés par un ciment et est marqué par la présence de trois unités morphologiques, selon Oyédé (1991) :

- un plateau d'une altitude de 40 à 100 mètres environ, légèrement incliné vers le sud-est, ce qui explique les effets d'érosion.
- une zone de dépressions allongées au sud-est de moins de 20 mètres correspondant aux lits des cours d'eau du secteur.
- la plaine alluviale du fleuve Ouémé, basse d'altitude, variant entre 11 et 20 mètres, lieu d'apport d'éléments détritiques allogènes.

Sur le plan pédologique, des sols hydromorphes sont observés le long des cours d'eau qui traversent le plateau. Le plateau d'Agonlin est composé aussi du grès de sables consolidés par un ciment dont l'altération a donné des sols ferralitiques qui, parfois sont parsemés de dalles latéritiques comme celles observées à Kaodji, avec la disparition de l'horizon A du sol. Sur ce site de la Commune de Zagnanado et sur l'ensemble du plateau d'Agonlin, il faut noter la présence d'un sol tronqué à texture équilibrée (argile, sable et limon). Ce plateau de terre de barre a une structure agglutinée, comportant des lacunes qui retiennent l'eau.

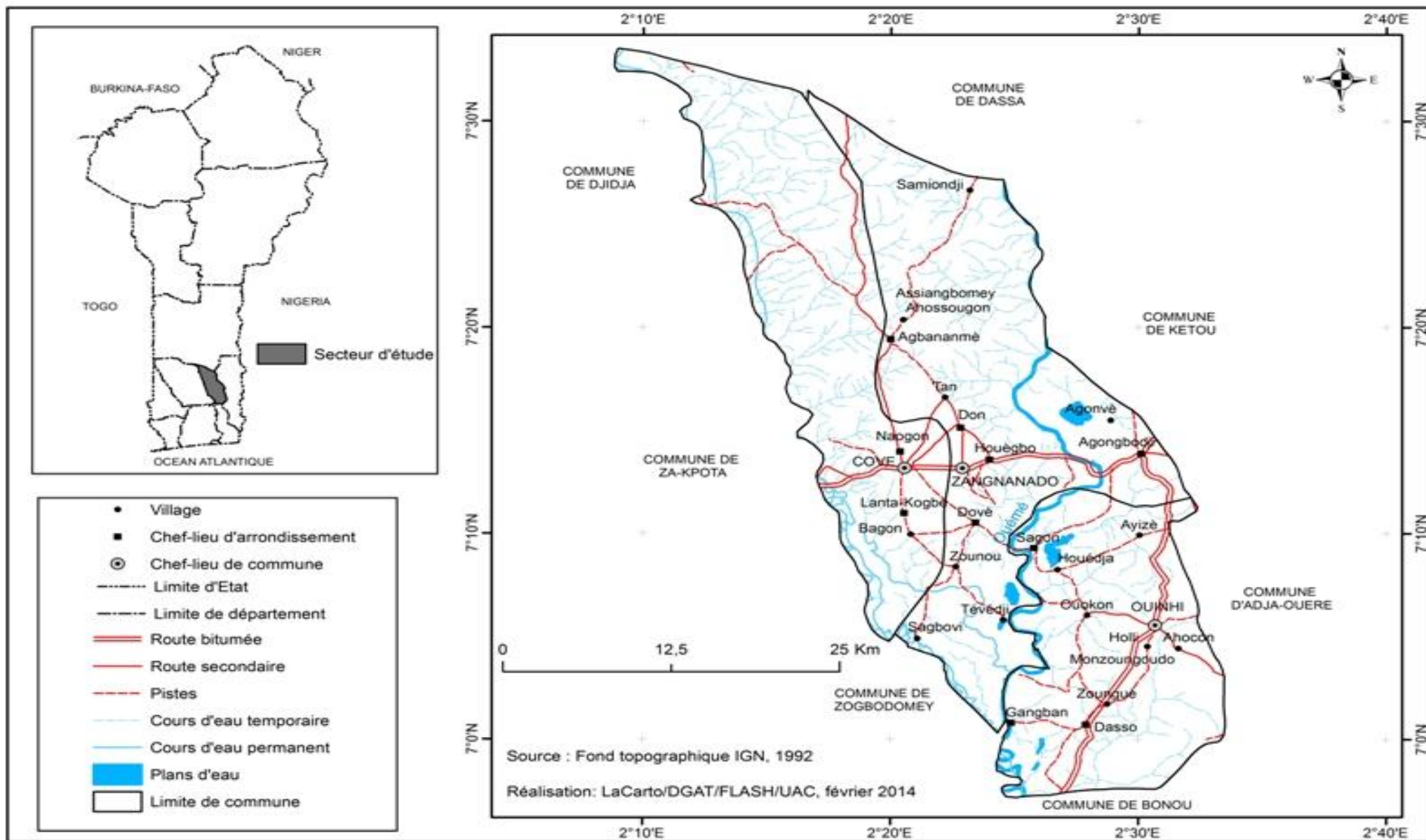


Figure 1 : Situation géographique et administrative des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi.

Quant aux sols hydromorphes, ils sont presque toujours humides et favorisent la stagnation et l'étalement des eaux de crues. Signalons aussi la présence des vertisols qui sont sur de l'argile sédimentaire, moins adaptés à la production des céréales, et occupent 15 % de l'ensemble des sols du plateau. Ces vertisols caractérisent les sols situés au bord des cours d'eau et des dépressions (Tchéoubi, 2006).

Au niveau des sols ferrugineux, selon Donou (2009), ce sont des sols qui se développent sur des buttes et marqués par une faible capacité de rétention et un degré de saturation élevé. Dans la Commune de Covè, plus de 60 % de la Commune est recouverte de sols ferrugineux. Alors que les sols ferralitiques se retrouvent sur environ 29 % de la superficie de la Commune (SDAC-Covè, 2012). Les sols hydromorphes, quant à eux, ils sont situés au sud de la Commune. Il convient d'en déduire que la Commune de Covè est moins soumise aux affres des inondations par rapport à Zagnanado et Ouinhi, qui ont une proportion de sols hydromorphes beaucoup plus importante, du fait de la densité du réseau hydrographique.

Les différentes facettes pédologiques sur le plateau d'Agonlin sont essentiellement de type ferralitique et hydromorphe selon le Laboratoire des Sciences du Sol, Eau et Environnement (LSSEE, 2006), cité par Wokou (2009). La figure 2 montre les trois types de sol identifiés dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi avec leurs différentes variantes.

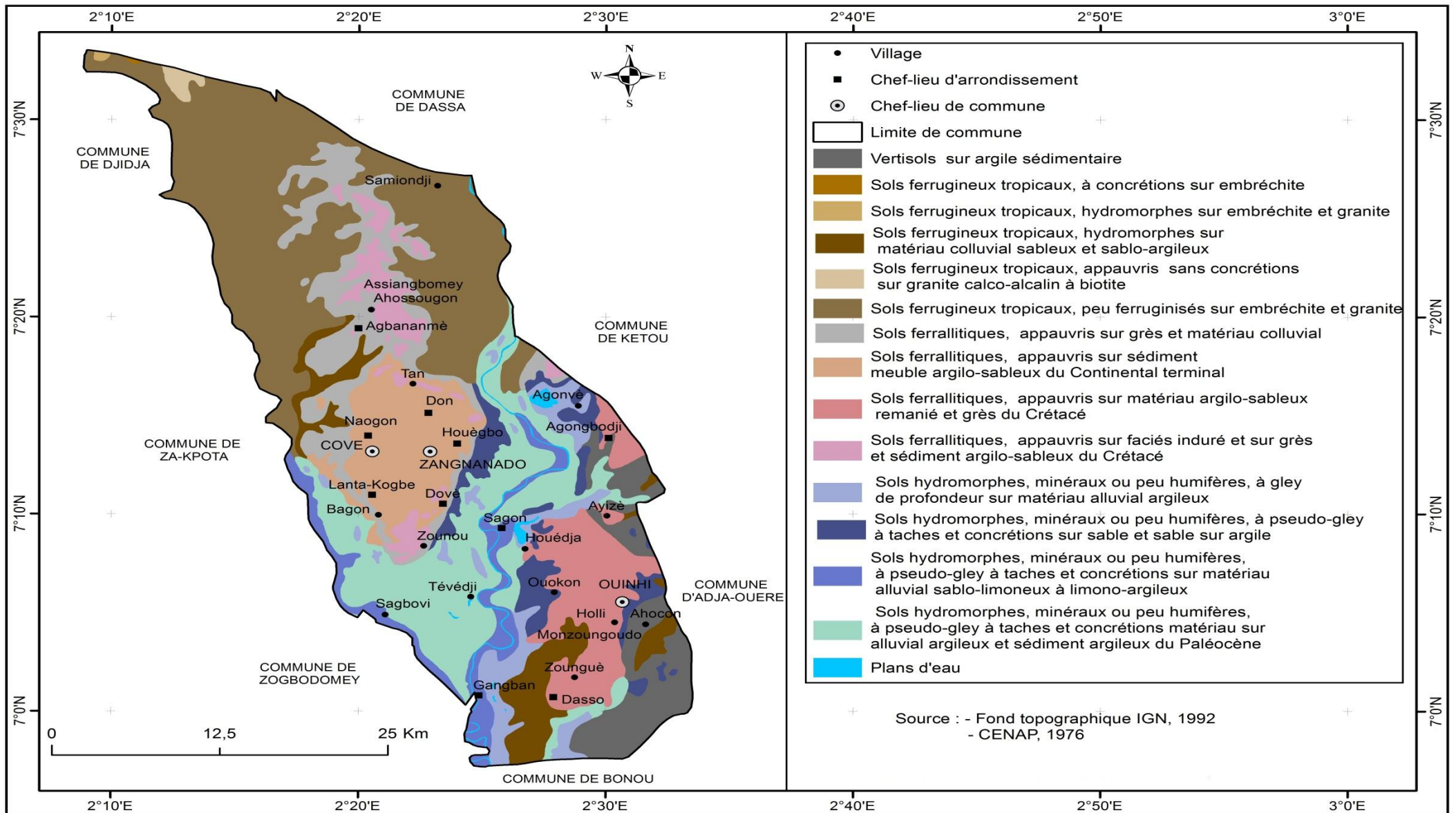


Figure 2 : Unités pédologiques des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi

Sur ce sol, repose une végétation qui est composée de savanes arborée, arbustive et herbacée. Sur les cuirasses latéritiques des sols ferrallitiques, poussent des formations végétales spécifiques appelées bowés qui sont différentes des formations saxicoles. Ce qui favorise la floraison des espèces telles que *Cyanotis lanata*, *Dopatrium longidens*, *Combretum glutinosum* et le *Cyanotis lanata* (Photo 1).



Photo 1 : *Cyanotis lanata*

Prise de vue : Gbaguidi, Kaodji (Zagnanado), Août 2013.

Cette espèce pousse au cœur d'une zone écologique de transition. Le *Cyanotis lanata* est une plante ornementale qui porte bonheur. C'est l'absence de l'horizon A du sol qui permet à ces plantes citées plus haut dont le *Cyanotis lanata*, de se développer dans cette région de transition climatique. Il faut noter également que la présence de la famille des Combrétacées, crée une sécheresse écologique. Ce qui met ce milieu sous la menace du climat sahélien, avec la présence de forêts claires qui tend vers une savanisation. La végétation est également composée des espèces telles que le néré (*Parkia biglobosa*) sur terre de barre, le karité (*Vitellera paradoxa*). A cette couverture végétale, s'ajoutent les espèces agro-forestières cultivées telles le palmier à huile (*Elaeis guineensis*), le teck (*Tectona grandis*) par endroits, le *Manguifera indica* et autres (Wokou, 2009).

Avec la présence des plaines alluviale et inondable mais aussi, la présence des cours

d'eau de l'Ouémé et du Zou, le Plateau d'Agonlin (Covè, Zagananado et Ouinhi) se retrouve dans l'emprise permanente des aléas climatiques.

2.1.1.2- Facteurs hydro-climatiques

Les Communes de Covè, Zagananado et Ouinhi bénéficient d'un climat équatorial de transition entre le subéquatorial et le tropical humide de type soudano-guinéen. Ce climat est caractérisé par deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. La valeur moyenne des précipitations est de 1038 mm d'eau par an sur la période de 1968- 2012. La figure 3 montre la courbe des précipitations. Il s'agit des variations pluviométriques interannuelles de 1968 à 2012. La tendance de la courbe de 1968 à 2008 est plus ou moins homogène. En dehors des années excédentaires en pluviométrie telles 1968, 1978, 1979, 1980, 1988, 1999, 2009 et 2010. Il y a aussi entre autres, les années déficitaires en pluviométrie qui sont les années 1971, 1972, 1973, 1976, 1977, 1982, 1983, 1984, 1993, 2001, 2002 et l'on peut aussi ajouter l'année 2013, qui a été une année particulièrement sèche et sans inondations, selon les enquêtes de terrain.

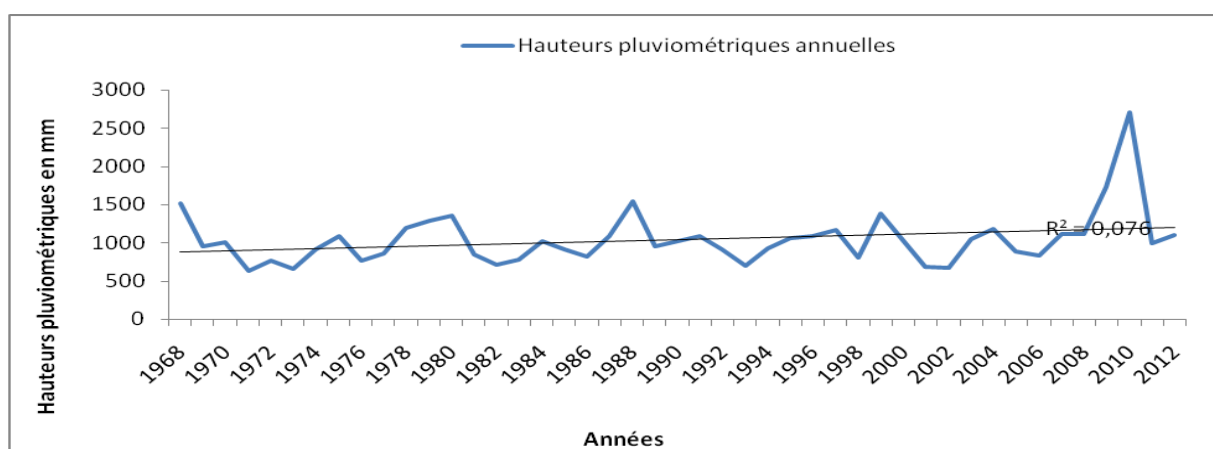


Figure 3 : Evolution des précipitations annuelles et interannuelles de 1968 à 2012

Source des données : ASECNA, 2014.

A la suite de l'analyse de cette courbe d'évolution des hauteurs pluviométriques annuelles et interannuelles, il en résulte que les années excédentaires, voire exceptionnelles expliquent la tendance à la hausse observée au niveau de la courbe du coefficient de détermination R^2 qui est égale à 0,076, soit 7,6 % des variables de la série des précipitations de cette période de 45 ans. Les 82,4 % restants sont expliqués

par les autres variables des précipitations. Celles-ci demeurent un facteur essentiel du fonctionnement hydrologique des cours d'eau et du déclenchement des inondations.

Sur le plan hydrographique, les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi disposent d'un réseau hydrographique assez fourni, au sein duquel siègent d'intenses activités hydrologiques. Les principaux cours d'eau sont la rivière Zou, limite naturelle de la Commune de Covè et du plateau d'Agonlin. Le fleuve Ouémé traverse principalement les Communes de Zagnanado et de Ouinhi. Selon Houndagba (1985), le bassin de l'Ouémé en amont de Sagon avec les affluents comme Ahoho, Vozou, Kèbo, Linsouvi, Zo et les lacs Tanfè et Sélé, renvoie le surplus hydrologique de juillet à octobre par le principe du vase communicant dans le sous bassin du Zou qui à son tour déborde de son lit.

D'après le SDAC-Ouinhi (2012), près de la moitié de la Commune de Ouinhi (158,6 km²) se draine vers la pénéplaine de l'Ouémé et environ 40 % (137,7 km²) vers la dépression Est de Lama. Le reste de la Commune s'écoule vers les plateaux de l'Ouémé (SDAC-Ouinhi, 2012). En période de crues, le débit de l'Ouémé est de 900m³/s à Sagon, alors qu'il n'est que 10 m³/s pendant la décrue (Tossa, 2007). A Ahlan, dans la Commune de Zagnanado, le plus fort débit minimal est de 13,4 m³/s alors que le débit maximal en période de crue, atteint 1163 m³/s, sur la période 1986-2006 (DIE/SH, 2014). Il faut noter que ce débit a atteint 1306 m³/s, le 16 Septembre 2010 (DIE/SH, 2014). En ce qui concerne la rivière Zou (150 km) à Domè dans la Commune de Covè, ses forts débits maximaux ont été enregistrés en 1985, 1999 et 2007, avec respectivement 139,6 m³/s, 146,4 m³/s et 141³/s, en période de hautes eaux (Gbaguidi, 2010).

Au-delà des facteurs naturels qui justifient la forte fréquence des événements pluvio-hydrologiques extrêmes, il faut souligner aussi l'influence des facteurs humains, socio-économiques qui sont des facteurs amplificateurs des inondations.

2.1.2- Facteurs humains

Au RGPH de 1979, le plateau d'Agonlin comptait 74.352 habitants avec une densité de 41,7 habitants par km². En 1992, il comptait 95.830 habitants avec une densité de 53,74 habitants par km². En 2002, cette population est passée à 109.517 habitants, soit

une densité de 61,42 habitants par km². Selon les résultats provisoires du RGPH4, les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi comptent 165002 habitants (INSAE, 2013), soit un accroissement de 34 % par rapport à 2002 (Figure 4).

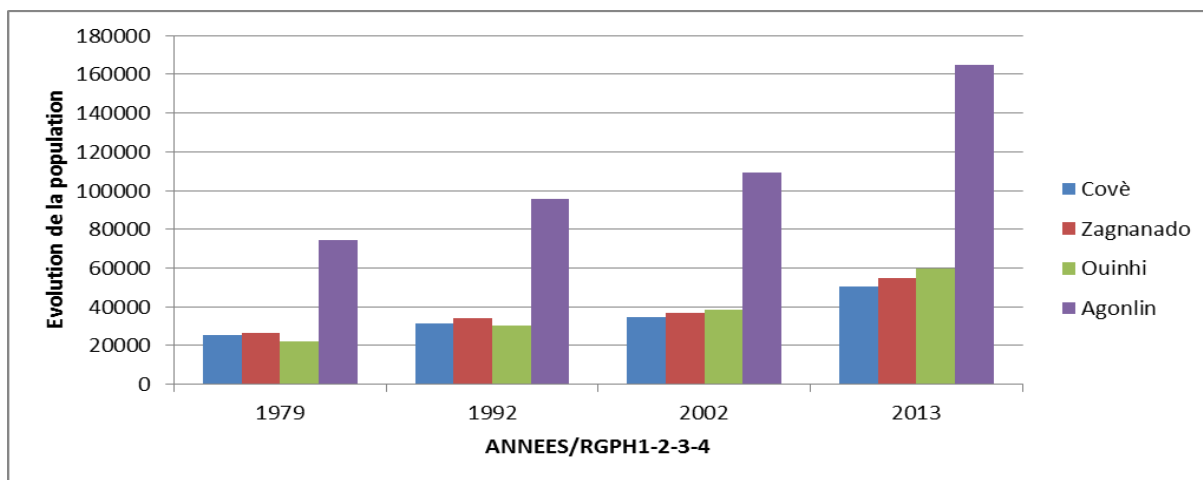


Figure 4 : Evolution de la population d'Agonlin de 1979 à 2013.

Source des données : INSAE, 2013.

Il faut noter une évolution sensible de la population de l'ensemble des Communes d'Agonlin entre 2002 et 2013. Ce qui renforce la pression humaine sur les ressources naturelles, particulièrement celles agricoles. L'agriculture, la pêche, l'élevage et la chasse occupent une bonne partie de la population active sur le plateau d'Agonlin, soit 57,2 % dans la Commune de Zagnanado. Quant aux populations agricoles, elles représentent 55,8, 75, et 82,2 % de la population totale (INSAE-RGPH, 2002), respectivement dans les Communes de Covè, Ouinhi et Zagnanado, comme l'indique (la figure 5).

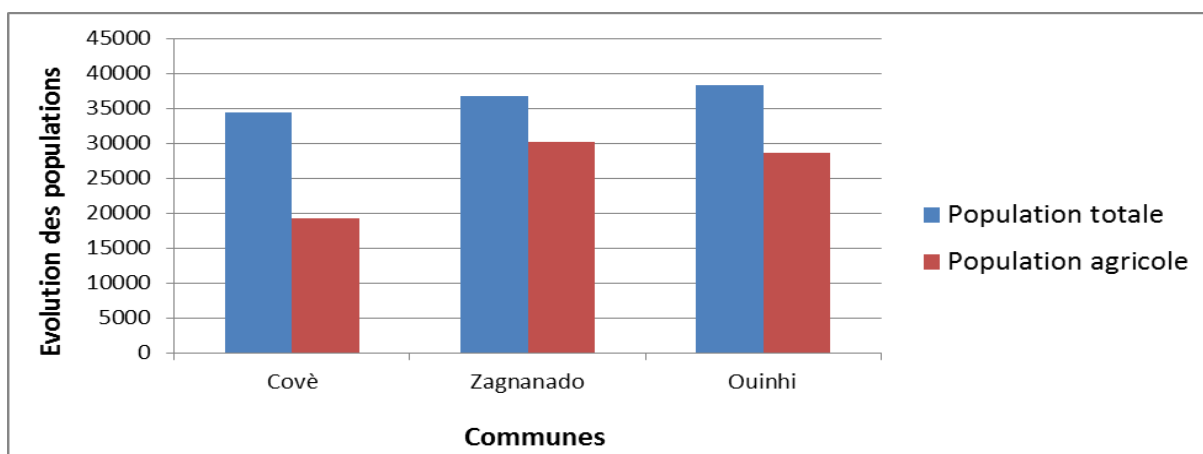


Figure 5 : Importance des populations agricoles par rapport à la population totale de chacune des Communes du plateau d'Agonlin.

Source des données : INSAE, 2002.

De l'analyse de ce diagramme, il ressort que plus de la moitié des populations du plateau d'Agonlin sont agricoles, soit 70 % en moyenne, sur la base du RGPH (2002), pour l'ensemble des trois Communes, avec la Commune de Zagnanado en tête, suivie de Ouinhi et Covè. Selon le RGPH 4 en 2013, le taux d'accroissement en milieu rural est 2,42 %. Ce taux appliqué à la population échantillonnée de 2002 (40.442), donne une population agricole de 52.002, soit 94 % de la population totale échantillonnée. Ce qui vient confirmer l'augmentation de 34 % de la population totale du plateau d'Agonlin par rapport à 2002 et la forte emprise des populations sur les terres agricoles, qui sont de plus en plus vulnérables aux inondations. Pour Donou (2009), les facteurs d'aggravation des inondations sont imputés à l'agriculture.

Parmi les activités économiques des Communes du plateau d'Agonlin, les activités agricoles occupent plus de la moitié de la population, rendant le secteur primaire prépondérant. Celui-ci est plus vulnérable aux inondations par rapport aux autres secteurs économiques. Les impacts des inondations sur la production agricole influencent les activités industrielle et artisanale, ainsi que celles du commerce. Les ressources fiscales issues du commerce des produits agricoles sont difficilement collectées.

Ces facteurs naturels et humains offrent des conditions favorables aux inondations qui rendent vulnérables les zones de productions agricoles. Celles-ci représentent une bonne partie des zones inondables.

2.2- Identification des zones inondables

2.2.1- Dynamique d'occupation des sols et d'utilisation des terres

L'analyse diachronique de l'occupation du sol et de l'utilisation des terres du milieu des années 90 vers la fin des années 2000, permet de voir l'évolution des différentes unités d'occupation du sol sur le plateau d'Agonlin, à travers les figures 6 et 7. Celles-ci montrent respectivement l'état de l'occupation du sol en 1995 et en 2010. Cette analyse diachronique s'est basée sur la végétation, les terrains marécageux et les divers plans et cours d'eau. La figure 6 présente l'état de l'occupation en 1995.

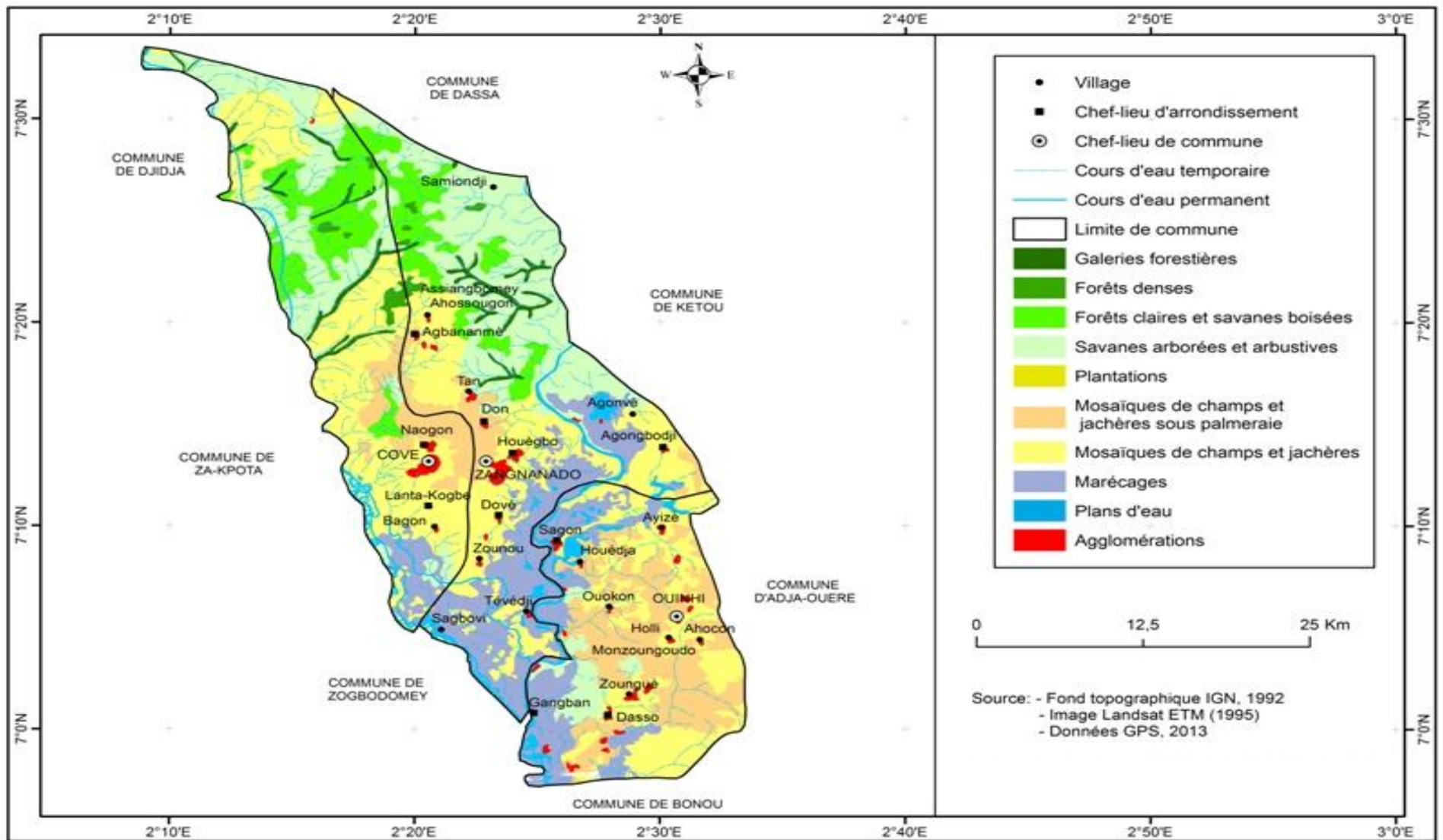


Figure 6 : Occupation du sol dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi en 1995.

En 1995, comme le montre la figure 6, le nord, voire le nord-est du Plateau d'Agonlin disposait encore d'une végétation assez fournie, avec la présence de forêts galeries et de quelques poches de forêts denses. A cela il faut ajouter des mosaïques de champs et jachères vers l'extrême nord du Plateau. Ces mosaïques de champ et jachères se concentrent aussi vers le Sud, plus vers le Sud-Ouest du plateau, intercalées par des mosaïques de champs et jachères sous palmeraie autour de l'agglomération Covè-Zagnanado. Les différentes mosaïques de cultures et jachères, traduisent d'intenses activités agricoles favorisées par la présence des cours d'eau de l'Ouémé et du Zou qui les encadrent et les limitent vers le Sud. De l'autre côté de l'Ouémé, vers le Sud-Est, les mosaïques de cultures se concentrent également, avec une prédominance des jachères sous palmeraie. Les espaces marécageux, sièges de concentration des activités agricoles, s'observent au bord des cours d'eau, vers le Sud-Ouest du plateau d'Agonlin. A la suite de cette figure 6, le tableau IV montre les superficies de quelques unités d'occupation du sol, observées sur le plateau d'Agonlin en 1995.

Tableau IV : Superficies de quelques unités d'occupation du sol en 1995

Unités	Superficies en km ²
Marécages + plans d'eau	195,496 + 36,905=232,401
Forêts et Savanes	455,354 (9,93/ forêts denses)
Mosaïques de champs, jachères et Plantations	641,762

Source : Données issues du traitement numérique du Plan d'Occupation du Sol de 1995.

Du tableau IV, il en résulte que tout le couvert végétal, y compris les cultures, couvre 82,22 % de la superficie totale des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, sur la base du calcul numérique de la superficie de la carte du plateau d'Agonlin. Dans ces 82,22 %, plus de 50 % est destiné aux activités agricoles, qui provoquent ainsi le recul du couvert végétal. Mais près de deux décennies après, la couverture végétale va reprendre un peu de sa verdure, mais de manière disparate sur toute l'étendue du plateau d'Agonlin, comme l'indique la figure 7.

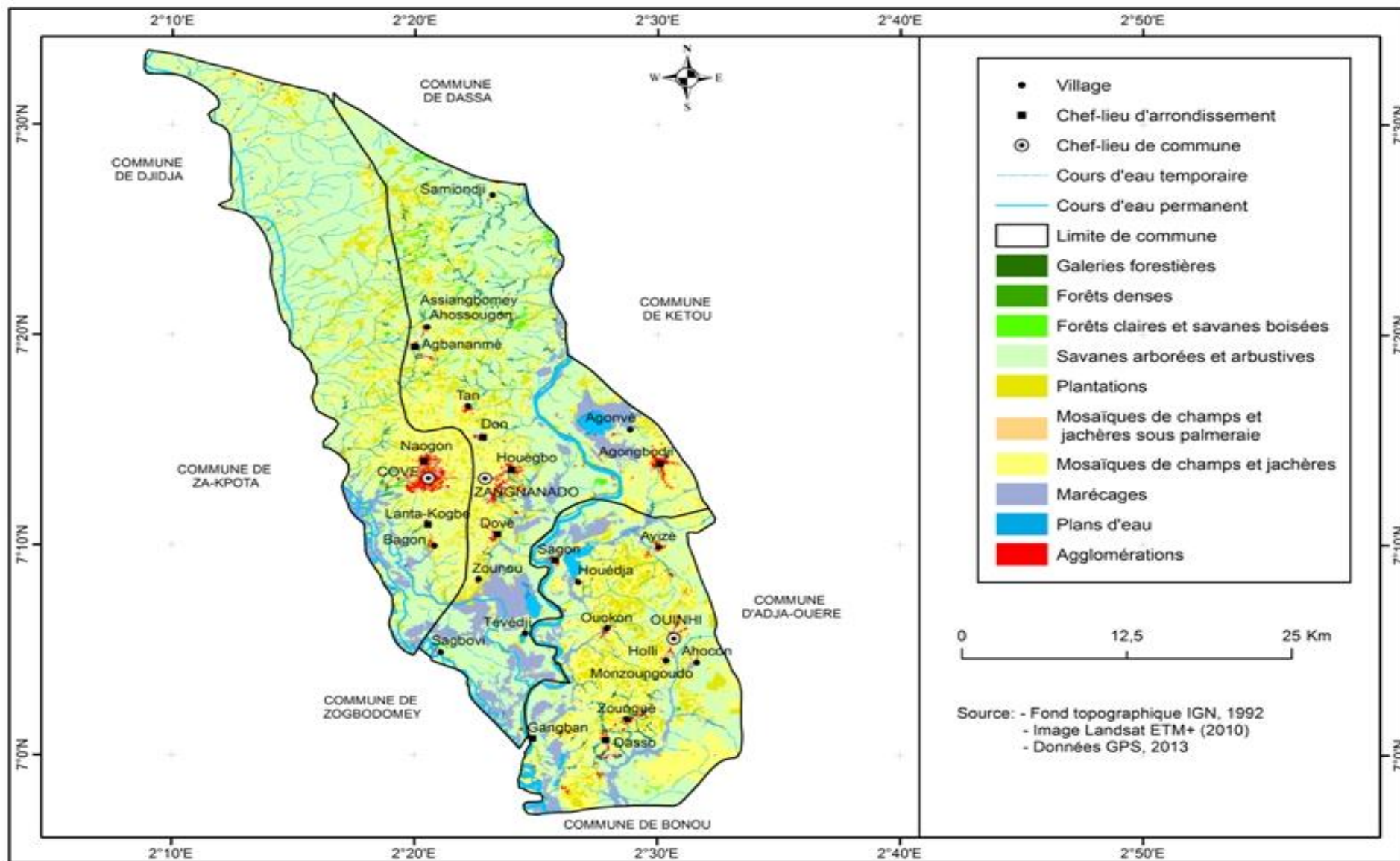


Figure 7 : Occupation du sol dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi en 2010.

Cette reprise de la végétation observée au niveau de la figure 7, est due aux différentes campagnes de reboisement forestier, intervenues avant 2010. Vers la fin des années 2000, la superficie du couvert végétal va connaître une évolution remarquable, comme l'indique le Tableau V.

Tableau V : Superficies de quelques unités d'occupation du sol en 2010

Unités	Superficies en km ²
Marécages + plan d'eau	111,453 +16,851=128,301
Forêts, savanes et reboisement forestier	697,21
Mosaïques de champs, jachères et Plantations	493,75

Source : Données issues du traitement numérique du Plan d'Occupation du Sol de 2010.

L'évolution des superficies de ces unités d'occupation du sol est confirmée par cette figure 7, qui montre l'étalement du couvert végétal, jusqu'à l'intérieur des marécages et tout au long des cours d'eau, avec la présence des savanes arborée et arbustive et, de forêts boisées, suite aux reboisements. Ce qui explique en partie la diminution de la superficie des marécages, qui est passée de 195,496 km² en 1995 à 111,453 km² en 2010. Quant aux mosaïques de champs, jachères et plantations, elles ont connu une diminution et sont dispersées à travers les forêts claires et savanes, avec la quasi-inexistence des jachères sous palmeraies. Cette diminution s'explique par la crainte des inondations, l'exode rural et par la période de prise de l'image satellite de 2010.

De cette analyse de l'état d'occupation du sol de 1995 à 2010, il en ressort que les activités agricoles ont connu une diminution. En ce qui concerne les forêts et les savanes, elles ont connu une augmentation, grâce aux différentes campagnes de reboisement. Mais notons que, les forêts galeries et les quelques poches de forêts denses observées en 1995, ont presque disparues, du fait de leur destruction à des fins agricole et commerciale.

Selon un rapport du PAM, cité par le PAPDFGC (2012) le Bénin a perdu près de 85 % de ses forêts denses et plus de 30 % de son couvert végétal, avec un fort taux de

déforestation dans la sous-région africaine de 1978 à 2010. Pour le PAPDFGC (2012), environ 75000 ha de forêts sont détruits chaque année au Bénin, entre 1990 et 2010. Ce qui entraîne des conséquences environnementales, vu le rôle de la végétation et surtout des forêts galeries dans le ralentissement des crues et inondations. A ce sujet, rappelons que la disparition presque des forêts galeries, observée sur le terrain et sur le Plan d'Occupation du Sol 2010, au niveau des cours d'eau du plateau d'Agonlin, a contribué à l'aggravation des inondations survenues, vers la fin de la décennie 2000-2010, rendant vulnérables les surfaces agricoles, situées dans les plaines d'inondation. Les terrains marécageux, situées dans ces plaines, vont diminuer en superficies, en raison de la forte pression agricole sur les bas-fonds, mais aussi à cause du reboisement. Ces terrains marécageux font partie des zones inondables et sont des zones de productions agricoles de prédilection. La vulnérabilité de ces zones agricoles est fonction de la densité du réseau hydrographique et des pentes et des altitudes.

2.2.2- Identification des zones inondables ou terres agricoles vulnérables

Les espaces et terrains inondables, ce sont surtout les milieux situés tout au long des cours d'eau du fleuve Ouémé, de la rivière Zou et de leurs affluents et leurs environs (plaines d'inondation).

Ces surfaces inondables s'étendent des marécages, aux cours et plan d'eau jusqu'au lit majeur de débordement des cours d'eau, en passant par les dépressions. Elles sont des espaces rurales et agricoles de prédilection, en raison de leurs fortes potentialités en production agricole, animale, biologique et économique. La figure 8 présente la représentation cartographique et numérique des différents espaces du Plateau d'Agonlin, en fonction des différentes classes d'altitude, réalisées à partir du MNT. Cette figure 8 comporte cinq classes de zones relativement vulnérables aux inondations, y compris celles qui ne sont jamais inondées, mais qui pourraient l'être un jour.

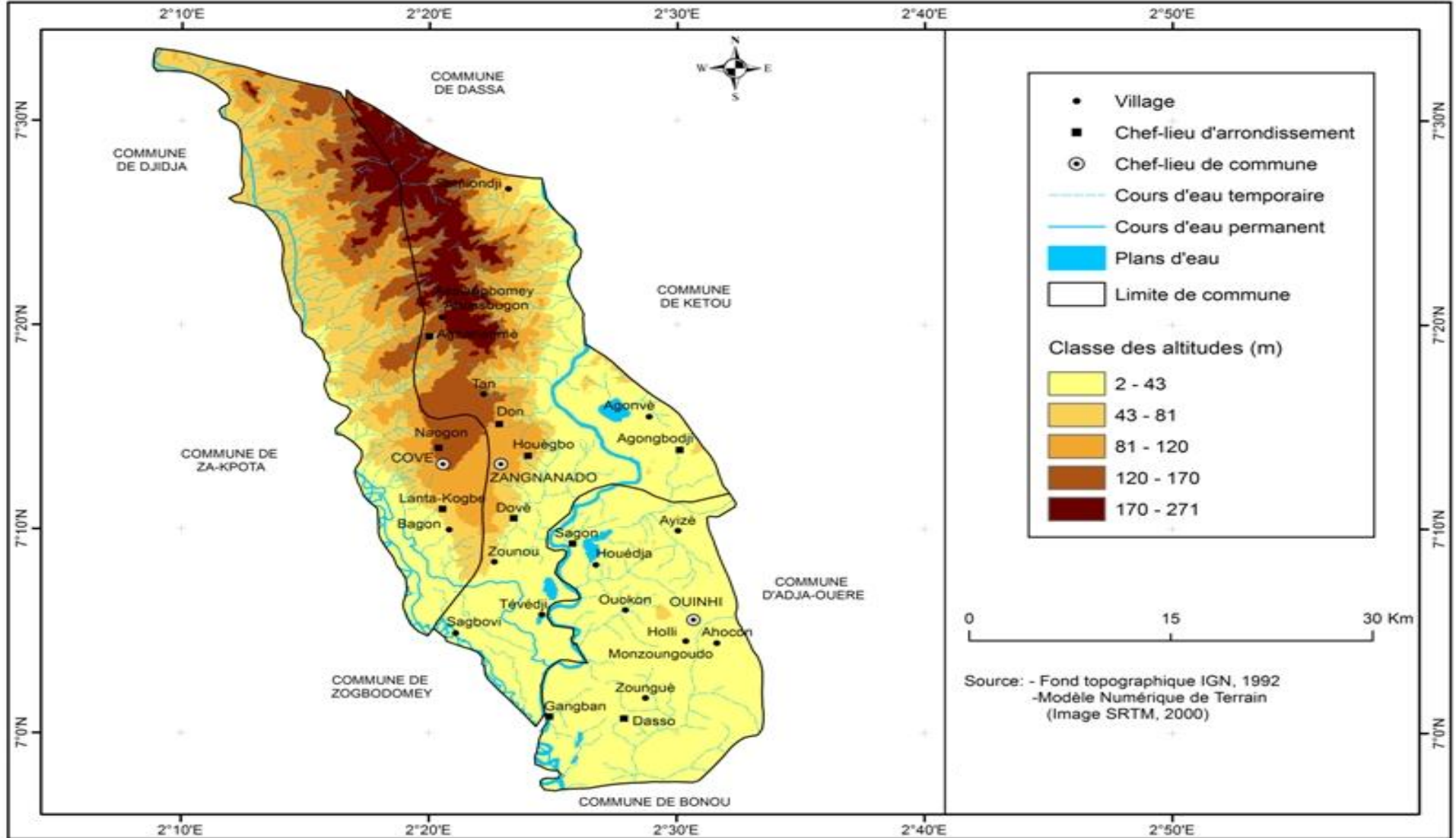


Figure 8 : Représentation cartographique du Modèle Numérique de Terrain du Plateau d'Agonlin.

De la figure 8, il est noté que la vulnérabilité des zones de productions agricoles aux inondations va des zones de très forte vulnérabilité aux zones de très faible vulnérabilité, en passant par les zones de forte, moyenne et faible vulnérabilité (Tableau VI).

Tableau VI : Vulnérabilité du plateau d'Agonlin aux inondations

Classes des altitudes (m)	Vulnérabilité	Zones inondables	Pourcentage (%)
170-271	Très faible	ZNI	6,69
120-170	Faible	ZNI	10,67
81-120	Moyenne	ZNI-ZI	14,95
43-81	Forte	ZI	15,63
2-43	Très forte	ZI	52,07

ZNI : Zones Non Inondables

-

ZI : Zones Inondables



Faible vulnérabilité



Moyenne vulnérabilité



Forte vulnérabilité

Source : Données issues du traitement numérique de la carte de la figure 8.

Ce tableau VI, montre les zones inondables vulnérables aux productions agricoles dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi. Les zones de forte vulnérabilité aux inondations couvrent 67,70 % du territoire du plateau d'Agonlin, soit près de 70 % de zone de forte vulnérabilité agricole. Les zones moyennement vulnérables tournent autour de 15 % alors que les zones de faible vulnérabilité aux inondations avoisinent les 20 %, soit près de 25 % de la superficie du Plateau d'Agonlin. Ces Zones Inondables (ZNI) sont des espaces de productions agricoles par excellence. Parmi les trois Communes qui forment ce plateau, la Commune de Ouinhi reste la Commune la plus vulnérable, suivie respectivement des Communes de Zagnanado et de Covè. Il faut aussi ajouter que les Communes de Zagnanado et de Ouinhi font partie des Communes de la basse vallée de l'Ouémé qui sont les plus exposées aux inondations.

Parmi les Zones Inondables du plateau d'Agonlin dont une bonne partie se trouve dans la basse vallée de l'Ouémé, il faut signaler que toutes les localités de ces zones ne sont pas toujours inondées. C'est le cas de l'île d'Agonvè dans la Commune de Zagnanado qui n'a jamais connu d'inondations au cours des cinq dernières décennies. Avec les inondations exceptionnelles de l'année 2010, cette île a été submergée par les eaux de crue, sauf son sommet. Selon la Mairie de Zagnanado et 40 % des personnes

ressources, il y a 50 ans aujourd'hui que de telles inondations ont été enregistrées ; ce qui nous renvoie aux inondations issues des crues de 1963, évoquées par Sossou-Agbo (2013).

En ce qui concerne les Zones Non Inondables (ZNI), qui couvrent près du quart de la superficie du Plateau d'Agonlin. Toutefois, notons qu'elles ne sont pas totalement à l'abri des affres des inondations du fait de la difficile maîtrise de l'intensité et de l'occurrence des inondations qui sont imprévisibles.

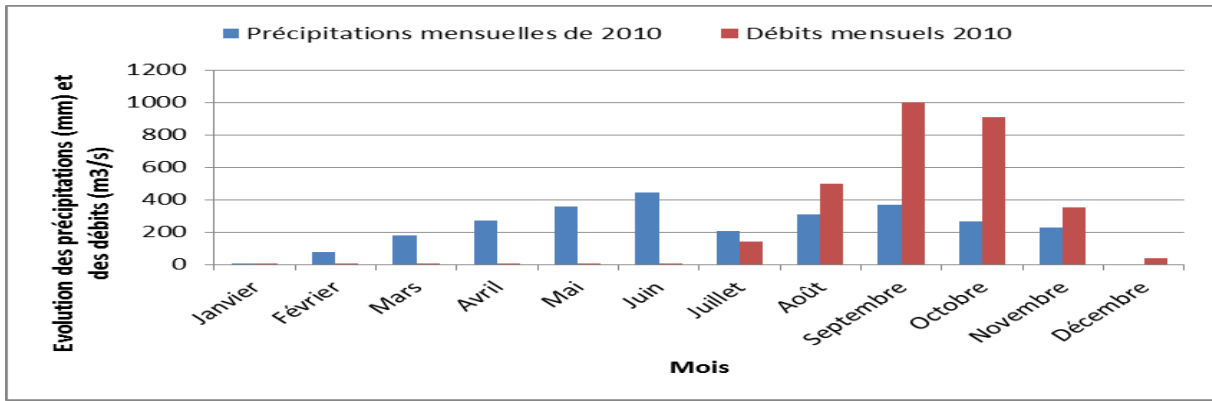
L'identification des zones inondables, des espaces agricoles susceptibles d'être inondés ou des zones qui seront inondées, lors des inondations futures tient compte des pentes, des zones d'influence des cours d'eau et aussi des facteurs géomorphologiques. Pour Saley et *al.* (2005), la vulnérabilité à l'inondation identifie tous les secteurs où les caractéristiques intrinsèques de l'environnement (caractéristiques géologiques et géomorphologiques) sont susceptibles de favoriser une inondation. Cette identification des zones inondables permet de voir la vulnérabilité des zones de productions agricoles aux inondations. Cette vulnérabilité dépend de plusieurs facteurs.

2.3-Facteurs de vulnérabilité de la production agricole aux inondations

2.3.1- Facteurs climatiques et calendrier agricole

L'agriculture béninoise en général et celle faite dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi en particulier, est essentiellement pluviale et dépend des précipitations. Le calendrier agricole des différentes campagnes agricoles est fonction des saisons de pluies et des événements pluvio-hydrologiques du Zou et de l'Ouémé.

Les activités agricoles se déroulent pendant la première saison (période de décrue et de cultures de contre saison) et la seconde saison (grande saison pluvieuse) de la campagne agricole, respectivement de novembre à mars et d'avril à juin. Au cours de la période allant de juillet à novembre, les activités agricoles sont presque aux arrêts à plus de 80 %, selon les personnes interrogées. Cette période correspond à la période des hautes eaux et du débordement des eaux de l'Ouémé et du Zou. Les figures 9 et 10 montrent bien cette dépendance du calendrier agricole aux saisons climatiques.

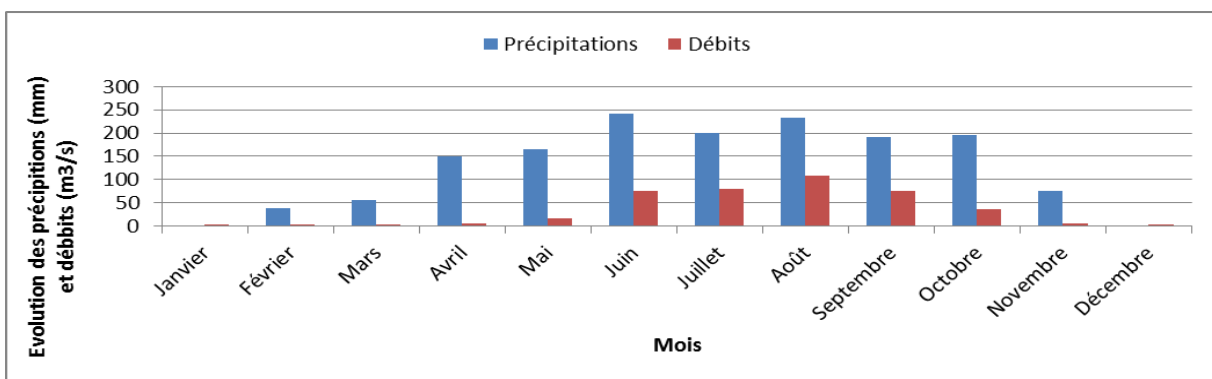


Période				
Saisons agricoles	Saison agricole /Décrue	2 ^{ème} Saison agricole	Crue / Faibles activités agricoles	Première

Figure 9 : Régime pluvio-hydrologique du fleuve Ouémé et calendrier agricole des Communes de Zagnanado et Ouinhi.

Source : ASECNA (2013), DIE/SH (2014) et les travaux de terrain (2013).

De la figure 9, il est observé que les activités agricoles se déroulent sur environ sept mois, réparties sur les deux saisons agricoles. La période allant de juillet à novembre correspond à la période des crues. Ces activités agricoles s'adaptent aux saisons climatiques. Mais elles restent quand même vulnérables aux précipitations et aux crues de l'Ouémé (Ahlan) dont le débit tourne autour de 1000 m³/s au mois de septembre, comme l'indique cette figure 9 qui montre l'évolution des précipitations et débits mensuels, au cours de l'année 2010. La vulnérabilité du calendrier agricole aux saisons climatiques s'observe aussi au niveau du régime hydrologique du Zou à Domè, dans une moindre mesure (Figure 10).



Période				
Saisons agricoles	Saison agricole /Décrue	2 ^{ème} Saison agricole	Crue / Faibles activités agricoles	Première

Figure 10 : Régime pluvio-hydrologique de 1999 à 2009 de la rivière Zou et calendrier agricole des Communes de Covè et Zagnanado.

Source des données : ASECNA (2013), DIE/SH (2014) et les travaux de terrain (2013).

Au cours de la décennie 1999-2009, le calendrier agricole a été soumis aux fortes précipitations des mois d'avril, mai et juin de la première saison agricole et aux intenses activités pluvio-hydrologiques de juillet, août et septembre de la saison intermédiaire, où certaines cultures tardives ou non de la première saison agricole sont envahies par les crues.

2.3.2-Vulnérabilité des cultures aux précipitations et aux crues

La vulnérabilité des cultures aux précipitations et aux crues se mesure par rapport aux capacités écologique et physiologique dont elles disposent pour résister :

- à une forte concentration et à une forte intensité pluviométrique au cours des différentes phases du cycle végétatif des cultures (Photo 2) ;
- à la furie des eaux de crues, suite au débordement des cours d'eau (Photo 3).



Photo 2 : Champ de maïs et de coton inondé à Kpédékpo/Ahlan

Prise de vue : Gbaguidi, Septembre 2014.



Photo 3 : Débordement du fleuve Ouémé pendant la crue

Prise de vue : Bognonkpè, Septembre 2010.

Planche 1 : Vues des inondations issues des crues de 2014 et 2010 à Zagnanado

De la planche 1, il est observé un champ maïs inondé, en phase de maturation déjà envahi par les eaux, associé à la culture du coton, avec la présence de quelques palmiers (photo 2). Les plants de maïs sont devenus sèches, après leur asphyxie. Quant à la photo 3, elle montre le débordement rapide des eaux de l'Ouémé dont l'intensité de

sa force va être réduite par la végétation en place.

Le cycle végétatif varie d'une culture à l'autre et la vulnérabilité dépend de l'étape de la croissance végétative à laquelle les inondations surviennent. En prenant par exemple, le maïs qui a le même cycle végétatif que la patate douce et le niébé (Tableau VII), qui varie de 90 à 120 jours, sa vulnérabilité aux fortes précipitations varie en fonction de chacune des étapes de sa croissance végétative.

Tableau VII : Caractéristiques physiologiques optimales de quelques cultures

Caractères Physiologiques	Cultures					
	Manioc	Niébé	Patate d	Piment	Maïs	Riz
GSLmax (jr)	330	120	270	120	120	50 180
GSLmin (jr)	180	90	170	90	90	30 90
Hl	0,55	0,3	0,55	0,35	0,45	*
Kc	*	0,3-1,2	*	0,4-1,2	0,3-1,2	*
Phot	C ₃	C ₃	C ₃	C ₃	C ₄	*
Groupe	2	2	2	2	3	*
DMMP (%)	0,35	0,85	0,30	0,32	0,85	0,5
Préf. Ther (°C)	25-29	15-20	20-30	18-25	24-30	25-35
Famille	Euph	L	Sola	NL	Poacées	Graminées
Bes E en mm	1000- 1200	400- 800	750- 1000	*	500- 1000	1500-1800

Source : Ogouwalé (2004), complété en 2013.

GSL max = durée maximale du cycle végétal

GSLmin = durée minimale du cycle végétal

Hl = indice de récolte

Kc = coefficient cultural

Phot = indice photosynthétique

Groupe = groupe d'adaptabilité

DMMP = pourcentage de matière sèche par rapport au poids total

Préf. Ther = optimum thermique

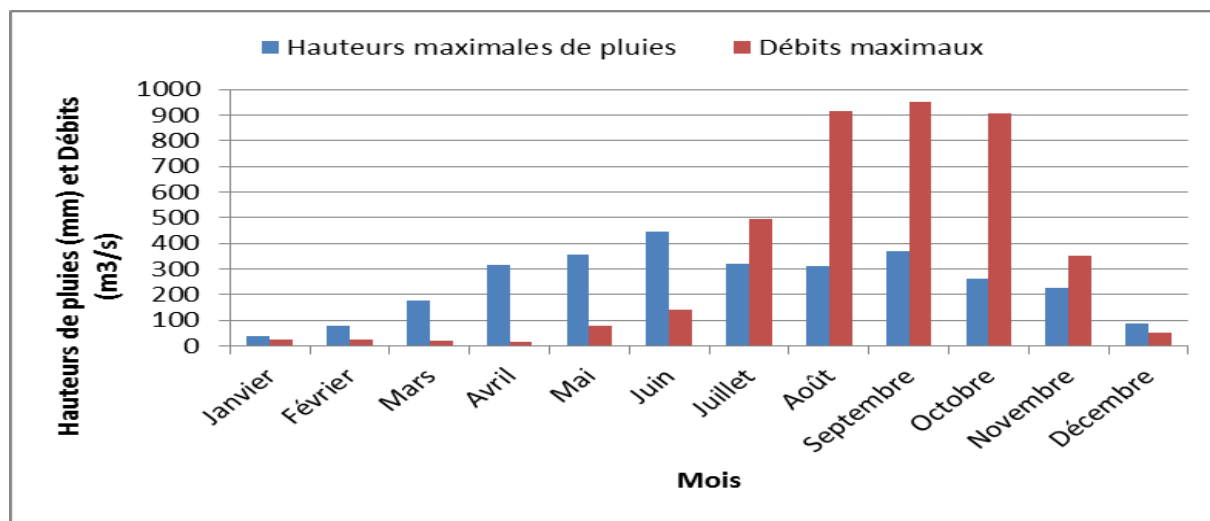
L = légumineuse et NL = non légumineuse

Bes E : Besoin en eau de pluie en m

Patate d : Patate douce, Euph : Euphorbiacées, Sola : Solanacées, Poacées

Pour le CIRAD et GRET (2006), le cycle végétatif du maïs passe par 5 grandes phases: le semis, la levée, la floraison, l'épiaison et la maturation. Dans son étude sur la vulnérabilité de la production agricole face aux évènements pluvio-hydrologiques extrêmes, dans le Delta de l'Ouémé, Donou (2009) confirme la vulnérabilité du maïs

aux précipitations selon les différentes étapes de son cycle végétatif. Il estime qu'après la phase des semis, il faut des pluies suffisantes pour assurer la levée du maïs. Une forte pluviométrie en ce moment serait bénéfique pour le développement des autres phases du cycle végétatif. En revanche la violence et l'abondance de ces précipitations provoquent un fort ruissellement, ce qui entraîne une dénudation des terrains et une évacuation des semis (Donou, 2009). Pendant les phases de la levée, de la floraison et de l'épiaison, la plante a besoin d'une quantité moyenne de pluie, pas trop forte pour sa croissance. La dernière phase qui consacre la maturation de la plante, doit connaître moins de précipitations par rapport aux phases précédentes, afin d'assurer une bonne récolte. Il faut noter que la culture du maïs a besoin entre 500 et 1000 mm d'eau et une température comprise entre 24 et 30°C, pour sa croissance végétative. La figure 11 présente les précipitations extrêmes mensuelles de 1968-2012 et les hauteurs extrêmes mensuelles des débits de 1980 à 2010 adaptées au cycle végétatif de 90 jours du maïs.



Période	←				→				Pics des débits des crues de l'Ouémé	←	
Maïs de 90 jours	Mat	Réc			Sem	Flor	Mat	Réc	Sem	Flor	Epi
					Lev	Epi			Lev	Epi	

Sem : semis, Lev : levée, Flor : floraison, Epi : épiaison, Mat : maturation, Réc : récolte

Figure 11 : Evolution des hauteurs maximales mensuelles de pluies et des débits extrêmes mensuelles de l'Ouémé, adaptés au cycle végétatif du maïs.

Source : ASECNA (2013), DIE/SH (2014) et les travaux de terrain (2013).

L'analyse de la figure 11 montre que les phases sensibles de croissance du maïs sont marquées par une forte concentration pluviométrique. Au cours de la seconde saison agricole qui commence à partir du mois d'avril et s'achève avant la mi-juillet. La phase

de maturation du maïs intervient dans le mois de juin. Ce mois de juin est celui de 2010 et le plus pluvieux de tous les mois, depuis 1968 avec 444 mm d'eau en 11 jours. Cette phase de maturation du maïs n'a pas besoin de cette importante quantité d'eau, pour une bonne récolte au cours du mois de juillet où la maturation s'achève avec une hauteur pluviométrique de 319,3 mm d'eau. Après cette saison agricole, commence une saison où les activités agricoles sont faites à une petite échelle pendant la période des crues qui atteignent leur paroxysme, au cours des mois d'août, septembre et octobre qui enregistrent les forts débits qui tournent autour de 1000 m³/s. Retenons aussi que 51 % des hauteurs maximales de pluies mensuelles, sont enregistrées au cours de l'année 2010. En dehors de la vulnérabilité du maïs aux inondations, il y a aussi les cultures telles que, le niébé, le piment et la patate douce qui ont un cycle végétatif de 90 jours et qui subissent le même sort que le maïs, mais de manière différente. Pour voir encore le degré de vulnérabilité des cultures aux crues, le manioc et le riz ont été choisis, non seulement à cause de leur importance dans les aliments de base de la population locale et intercommunale, mais aussi du fait de leur poids dans le développement agricole du département du Zou (Figure 12).

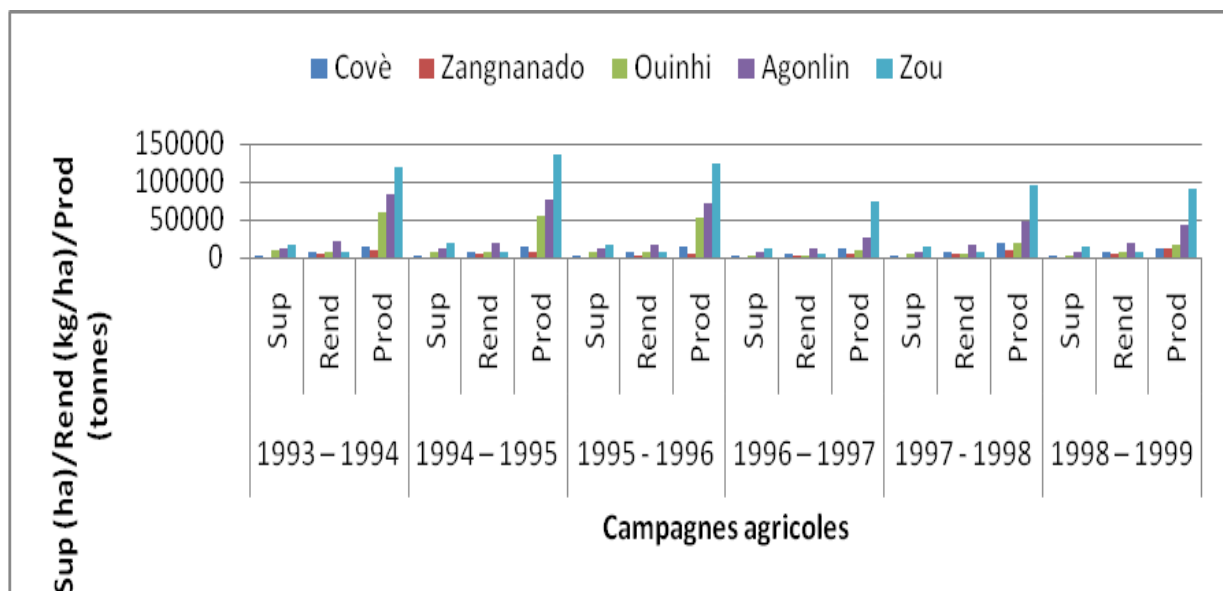


Figure 12 : Evolution des réalisations de la culture du manioc sur le plateau d'Agonlin dans le Département du Zou (Sup: Superficie, Rend: Rendement et Prod: Production en t).

Source : Données de la DPP/MAEP, 1999.

En analysant cette figure et en tenant compte des années excédentaires en pluviométrie (Tableau VIII), il convient de retenir que de 1990 à 2000, une seule année excédentaire

a été enregistrée, l'année 1999. Les autres années de cette décennie ont connu une pluviométrie qui tourne autour de la moyenne.

De l'analyse de la figure 12, il faut noter que, de 1994 à 1996, les 2/3 de la production du manioc du plateau d'Agonlin, proviennent de de la Commune de Ouinhi. Ce qui plus de la moitié de la production du département Zou. De 1996 à 1998, s'observent une baisse sensible, puis une remontée en 1998 de la production. Cette baisse sensible n'est pas seulement dû aux inondations, même si les années 1996 (1077,2 mm) et 1997 (1168,3 mm) ont connu une pluviométrie au-delà de 1000 mm. Cette baisse de la production du manioc est due aussi à la diminution des superficies, qui va se poursuivre un peu jusqu' en 1999. La remontée de 1998 (796,2 mm), s'explique par la faible pluviométrie en dessous de la moyenne de 1038 mm observée sur la période 1968-2012, à la station de Zagnanado. Enfin en 1999, la production du manioc du plateau d'Agonlin baisse, après une diminution sensible de la superficie depuis 1996, sauf dans la Commune de Zagnanado où la production est restée presque constante et va connaître une légère hausse en 1999.

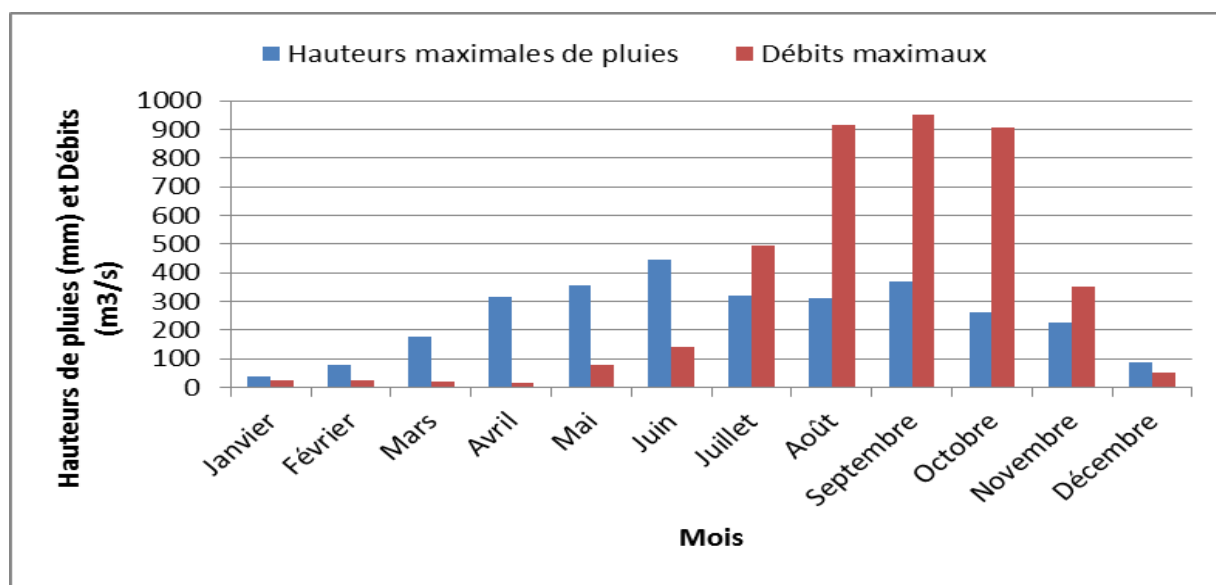
Tableau VIII : Années excédentaires ou exceptionnelles, moyennes et déficitaires sur la période 1968-2012.

Station	Moy (mm)	Années excédentaires ou exceptionnelles	Années moyennes compris entre 1038-1111 mm	Années Déficitaires
Zagnanado	1038	1968,1978, 1979, 1980,1988, 1997, 1999, 2004, 2009 et 2010	1970(1007mm), 1975, 1984 (1012mm), 1987, 1990 (1016mm), 1991, 1995 1996, 2000 (1026mm) ,2003,2007, 2008 et 2012.	1969,1971, 1972, 1973,1974,1976,1977,1981,1982, 1983,1985,1986,1989, 1992,1993,1994,1998, 2001,2002,2005, 2006 et 2011.

Source : ASCENA (2013).

Selon 70 % des personnes interrogées, le manioc est la culture la vulnérable aux inondations. Cette vulnérabilité s'explique d'abord par son cycle végétatif long qui varie de 180 à 330 jours au maximum. La culture du manioc commence au mois d'avril et arrive à maturation au cours des mois d'août et de septembre. Les plants du manioc sont sous les eaux de crues pendant une durée d'au moins trois mois, soit la moitié de la

durée de leur cycle végétatif. Les six mois de ce cycle concentrent aussi une très forte pluviométrie (Figure 13), qui dépasse largement les 1200 mm d'eau dont les plants de manioc ont besoin pour croître.



Période				←					→			
Manioc de 180 jours				Bout				Tub	Tub	Réc		

Bout : Bouturage, Réc : Récolte, Tub : Tubérisation

Figure 13 : Evolution des hauteurs maximales mensuelles de pluies et des débits extrêmes mensuelles de l’Ouémé et le cycle végétatif du manioc de 180 jours.

Source : ASECNA (2013), DIE/SH (2014) et les travaux de terrain (2013).

De la figure 13, il est constaté une situation difficile de la culture du manioc, du fait de l’excès d’eau ; ce qui entraîne l’asphyxie de ses plants qui, au cours de leur phase de tubérisation, où leurs racines commencent par prendre la forme de tubercules, n’ont pas besoin d’un excès d’eau. Cette vulnérabilité de la culture manioc a été prouvée dans les travaux de recherche de Clédjo (2011) et Donou (2009), respectivement sur le bassin de l’Ouémé et le Delta de l’Ouémé, où ils estiment que les racines des plants de manioc qui sont encore sous terre pourrissent avec la survenance des inondations. Notons enfin que, si le cycle végétatif rend le manioc plus vulnérable aux inondations, ce n’est pas le cas chez le riz. La figure 14 présente les réalisations de la culture du riz, pour le compte des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi.

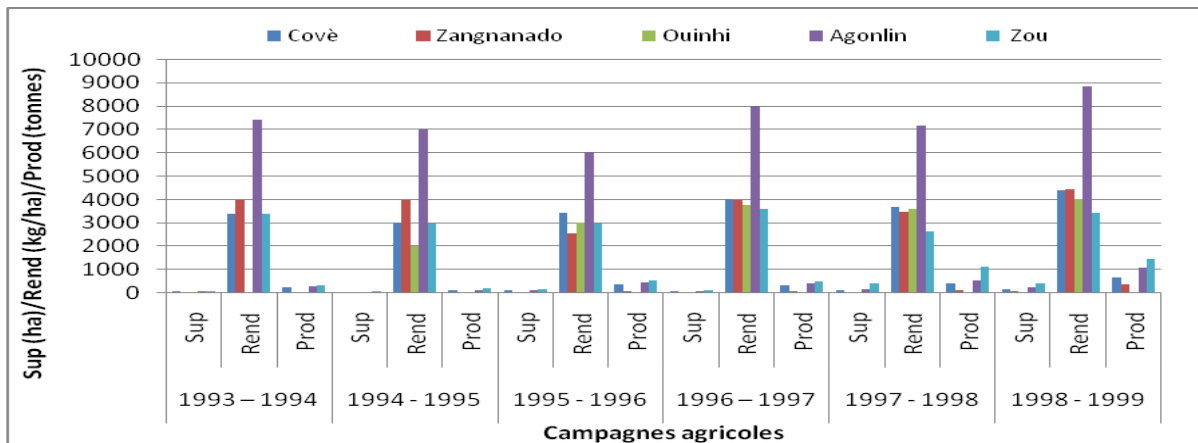


Figure 14 : Evolution des réalisations de la culture du riz sur le plateau d’Agonlin (Sup : Superficie en ha, Rend : Rendement en kg /ha et Prod : Production en tonnes).

Source : DPP/MAEP, 1999.

De façon générale, cette figure présente une production rizicole moins importante, par rapport au fort rendement à l’hectare observé. La production rizicole a augmenté de manière progressive de 1993 à 1999, parce que le riz est devenu une filière porteuse. Ce qui fait qu’on ne voit pas une baisse de la production rizicole liée aux inondations, notamment en 1999, année exceptionnelle en inondations. De plus le regroupement des productions deux années de campagne ne permet pas de voir de façon nette la baisse de la production rizicole. Par contre, la figure 15 montre la baisse de la production du riz, au cours de la campagne 2009-2010, sauf dans les Communes de Zagnanado et Ouinhi qui ont connu une légère hausse de leur production par rapport à la campagne précédente.

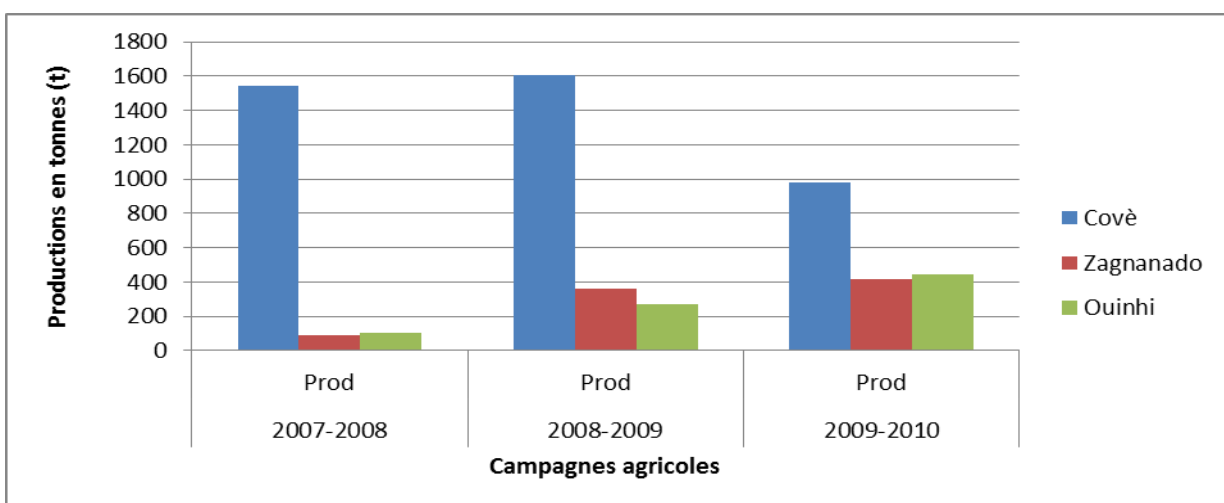


Figure 15 : Production du riz de 2007 à 2010, à Covè, Zagnanado et Ouinhi.

Source : SDAC-Covè-Zagnanado-Ouinhi (2012).

La hausse des productions du riz observée en 2009, malgré les inondations exceptionnelles de cette année, s'explique par l'augmentation des superficies. Il en est de même pour Zagnanado et Ouinhi en 2010.

Concernant la capacité résistance du riz face aux inondations issues des crues et précipitations, notons qu'il est plus résistant et moins vulnérable que les autres cultures. Premièrement, le riz a besoin d'une importante quantité d'eau pour sa croissance végétative. Son besoin en eau varie entre 1500 et 1800 mm d'eau. C'est pourquoi la majorité des producteurs du plateau d'Agonlin le cultive dans les bas-fonds, soit plus 56 % des producteurs. C'est une plante qui peut être cultivée dans les zones très pluvieuses et les zones marécageuses. Ce qui la rend moins vulnérable aux inondations par rapport aux autres cultures. De plus le riz a des variétés à cycle court qui favorise sa maturité et sa récolte rapides avant l'arrivée des crues à partir du mois de juillet. C'est le cas de la variété *O. glaberrima* qui arrive déjà à maturité entre 90 et 100 jours. Il y a aussi le New Rice of Afrika (NERICA) qui possède une variété dont le cycle va de 30 à 50 jours (Akakpo, 2011) et qui est très recommandé aux producteurs.

De tout ce qui précède, il faut noter que les précipitations et les crues sont les principaux facteurs de la vulnérabilité de la production agricole face aux inondations récurrentes de chaque année. Mais, l'année 2013 a été marquée par une sécheresse sur le plateau d'Agonlin et dans tout le Bénin, sauf dans l'extrême nord, du fait des précipitations du Niger. Si les inondations ont été absentes en 2013 à Covè, Zagnanado et Ouinhi, en 2014, elles ont commencé véritablement à partir du mois de Septembre au lieu du mois de Juillet auparavant.

L'approche statistique de l'analyse de régression permet de voir le degré de vulnérabilité de la production agricole face aux inondations, à partir de ses principaux facteurs naturels. L'analyse de régression de cette étude de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations prend compte les précipitations mensuelles les plus élevées et les hauteurs maximales moyennes mensuelles des débits des crues de l'Ouémé de 1980 à 2010. En fonction du calendrier agricole, si la production agricole est plus vulnérable aux inondations dans un mois, il lui est affecté le chiffre 0. Si un mois est moins vulnérable aux inondations, il lui est attribué le chiffre 1 (Tableau IX).

Tableau IX : Variables explicatives de la Vulnérabilité de la Production agricole aux Inondations (VPI) / HPE : Hauteur des Précipitations mensuelles les plus Elevées et HMC : Hauteurs Moyennes Maximales Mensuelles des Débits des crues de l’Ouémé, de 1980 à 2010 / Mois/A : Mois/Années.

Mois/A	HPE	Mois/A	HMD	VPI
janv-02	40,1	janv-07	26,43	1
Févr-82	78,9	févr-08	23,49	1
mars-10	178,4	mars-08	21,22	1
avril-91	313,9	avr-05	14,83	1
mai-10	357,4	mai-91	79,3	1
juin-10	444	juin-91	140,9	1
juil-99	319,3	juil-92	493,4	0
août-10	310,2	août-91	913,35	0
sept-10	369,9	sept-99	951,63	0
oct-10	263,22	oct-10	906,95	0
nov-10	227,7	nov-10	352	0
déc-97	86,4	déc-10	53,27	1

Source : ASECNA (2013), enquêtes (2013) et DIE/SH (2014).

Les résultats de l’analyse de régression montrent qu’au niveau du test de Fisher, F_c /calculé (15,573) est supérieur à F_l /lu (0,002). Ce qui veut dire que la fonction de régression linéaire de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations VPI est globalement significative au seuil de 0,2 %, largement inférieur au seuil critique de 10 % admis en économie. Le coefficient de détermination R^2 étant égal à 0,745, la vulnérabilité de la production agricole aux inondations dépend à 74,5 % des précipitations et des crues. Les 24,5 % restants sont expliqués par d’autres variables qui ne sont prises en compte dans cette régression, dont celles liées aux facteurs humains qui viennent renforcer la vulnérabilité la production agricole aux inondations.

Si l’analyse de régression prend en compte les précipitations et les débits des crues de l’Ouémé et du Zou, respectivement des années 2007 (1110 mm) et 2010 (2702,92 mm) en fonction toujours du calendrier agricole, à chaque fois, la fonction de régression linéaire reste globalement significative avec le test de Fisher. Il en résulte que la vulnérabilité de la production agricole aux inondations (VPI), dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, dépend à 65 % et 50 % des précipitations et des crues, respectivement au cours des années 2007 et 2010 (Tableau X).

Tableau X : Résultats des CD issus de l'analyse de régression de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations

CD	2007	2010	1980-2010
R²/Ouémé	0,7	0,56	0,745
R²/Zou	0,6	0,442	0,575
R²/Moyen	0,65	0,5	0,66

CD : Coefficient de détermination R² ou Pouvoir explicatif de la variable dépendante VPI

Source : Résultats de l'analyse de régression de la VPI.

Ce tableau montre des coefficients de détermination de l'année 2007 qui sont supérieurs à ceux de 2010. Ce qui ne devait pas être le cas, du fait de la forte pluviométrie de 2702,92 mm de l'année 2010 contre les 1110 mm de 2007, alors que les débits des crues restent presque constants. Ce qui veut dire que les précipitations locales sont moins déterminantes dans la vulnérabilité de la production agricole aux inondations que les crues, qui sont plus dévastatrices des cultures et des récoltes.

2.3.3- Vulnérabilité des récoltes

La vulnérabilité des récoltes aux inondations, commence déjà, vers la fin de la maturation de certaines cultures (maïs, niébé, patate douce, piment, riz...etc.), à cycle végétatif de 90 jours au début du mois de Juillet, au cours de la seconde saison agricole. A cette phase de fin de cycle, si les récoltes ne sont pas vite faites, elles risquent d'être compromises (Photo 4), avec l'arrivée des crues. Ce qui amène les producteurs chaque année, à faire leurs récoltes un peu plus tôt avant les crues, dans la mesure du possible, comme c'est le cas pour les producteurs de riz en 2008, dans la Commune de Covè par exemple (Photo 5).



Photo 4 : Champ de riz inondé à Zagnanado
Prise de vue : Bognonkpè,
Septembre 2010



Photo 5 : Inondation du périmètre rizicole de Koussin (Covè)
Prise de vue : Gbaguidi, Août 2008.

Planche 2 : Champs de riz inondés dans les Communes de Covè et Zagnanado

A la vue de la photo 5, il faut noter que, ce sont les semis précoces du riz qui ont permis aux producteurs de sauver leur récolte de cette année 2008, comme l'indique l'entassement des débris de riz. Par contre la photo 4 montre un champ de riz inondé, malgré les précautions prises par les producteurs. De même, la photo 6 présente un champ inondé.



Photo 6 : Champ de culture inondé
Prise de vue : Gbaguidi, Ouinhi /Sagon/Adamè, Septembre 2014.

Cette photo 6 nous montre un champ inondé. Il s'agit en réalité d'un champ de patate

douce inondé qui n'apparait pas, à cause du non désherbage de ce champ herbeux. Pour Sossou-Agbo (2013), au cours des inondations de 2010, les Communes de Zagnanado et Ouinhi ont perdu 10.995 tonnes de récoltes de maïs et de niébé en stock emportées par les eaux, 8.860 têtes de bétails toutes espèces confondues disparues, 148 trous à poissons submergés.

2.4- Impacts des inondations sur la production agricole

2.4.1- Impacts des inondations sur les formations végétales

Malgré le rôle que joue la végétation dans l'infiltration, en diminuant la vitesse d'écoulement des eaux de ruissellement, les précipitations extrêmes et crues exceptionnelles, lorsqu'elles surviennent, elles provoquent des inondations qui détruisent cette végétation, certaines formations végétales (Photo 7 et 8) et à les abattre dans certains cas. Le couvert végétal et les écosystèmes forestiers se trouvent ainsi affecter, de même que les plantations et les cultures vivrières.



Photo 7 : Quelques formations envahies par les inondations issues des crues
Prise de vue : Tossounon, Kpédékpo/Agonvè, Septembre 2010



Photo 8 : Champ de cultures submergé par les eaux sous un palmeraie
Prise de vue : Gbaguidi, Kpédékpo/Ahlan, Septembre 2014

Planche 3 : Quelques formations végétales envahies par les eaux de crue.

Il arrive souvent que ces formations végétales des photos 7 et 8, soient déracinées ou asphyxiées par les eaux des crues, qui submergent complètement les champs.

Pour Clédjo (2011), l'impact des inondations sur les écosystèmes naturels est plus

important en raison de la mise en place des établissements humains au mépris des règles élémentaires d'installation dans les aires inondables des cours ou plans d'eau du bassin. En conséquence, les fonctions écologiques des écosystèmes naturels changent, rendant les populations plus vulnérables du point de vue économique et sanitaire.

2.4.2- Impacts socio-économiques des inondations sur l'agriculture

Ces impacts se situent à plusieurs niveaux. Pour assurer une saison agricole, voire une bonne campagne agricole, l'investissement des paysans, des producteurs et autres exploitants agricoles, est énorme. Mais lorsque les inondations surviennent, elles portent un sérieux coup à ce capital agricole, provoquant ainsi, une baisse sensible des revenus agricoles. Le degré de perturbation de ces impacts engendrés par les inondations est fort par rapport à la valeur totale de la production. Lors des inondations de 2007 par exemple, pour le compte des producteurs de riz de Koussin-Lélé, les pertes s'élevaient à 54.960.000 FCFA environ sur un capital d'investissement de 73.400.000 FCFA (Gbaguidi, 2012). Concernant les superficies de cultures détruites, notons qu'en 2007, la Commune de Zagnanado a connu la perte de 1733,25 ha de cultures contre 23.090 (données de l'ANPC) hectares de superficies de cultures inondées, suite aux inondations exceptionnelles de 2010. La figure 16 présente l'évolution de la Superficie (Superf), du rendement (Rend) et de la production (Prod) totale du maïs, dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi.

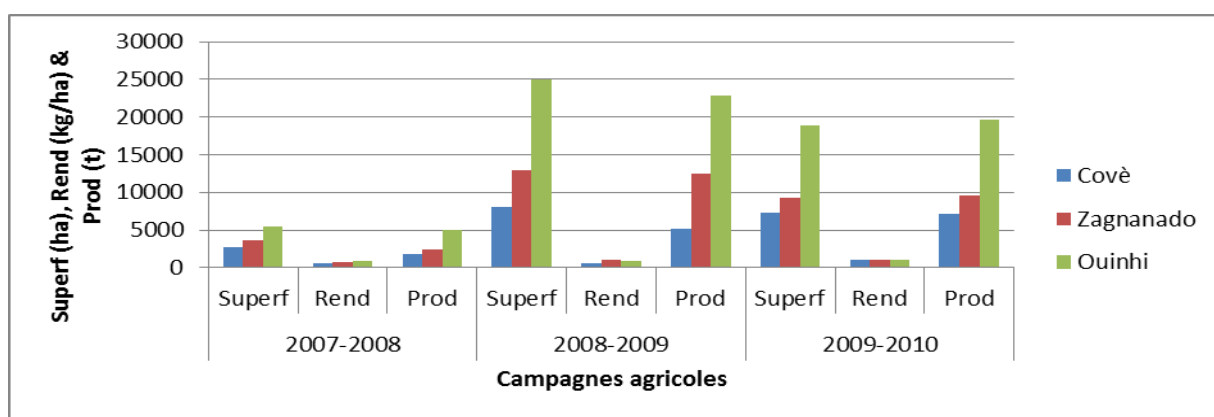


Figure 16 : Production du maïs de 2007 à 2010

Source : SDAC-Covè-Zagnanado-Ouinhi (2012).

De la figure 16, il est constaté que le maïs est la première culture de base alimentaire sur le plateau d'Agonlin, avec une forte production pour la Commune de Ouinhi, comme l'indique cette figure 16. Si les rendements sont restés presque constants, notons que les superficies ont plus que triplé en 2009 par rapport à 2008. Ce qui ne met pas correctement en lumière la baisse de la production du maïs en 2009 et 2010, années exceptionnelles en inondations. Cette baisse de la production s'observe dans les Communes de Zagnanado et Ouinhi en 2010, précédée d'une diminution de la superficie due aux inondations de 2009.

En ce qui concerne les pertes de semis, elles interviennent souvent au début de la seconde saison agricole qui commence en Avril, où la phase des semis des cultures commence, correspondant au début de la grande saison pluvieuse. Une forte pluviométrie, entraînant le déplacement d'un grand volume d'eaux de ruissellement, inonde les champs, emportant sur leur passage, les particules organiques du sol avec les semis. Il faut noter aussi que les inondations, entraînent non seulement la perte des semis de la saison ou de la campagne agricole en cours, mais aussi à la perte des semis de la prochaine saison agricole. En effet, plus de 80 % des ménages agricoles du secteur d'étude, prélèvent leurs semences sur leurs champs et plus de 50 % de ceux-ci ont de difficultés à se procurer de semences au cours des saisons agricoles à venir, du fait de leur faible niveau de vie et surtout de la forte baisse de leurs revenus agricoles.

L'étude de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations, dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi a permis d'identifier les facteurs de vulnérabilité de la production agricole aux inondations. Cette vulnérabilité se mesure également en termes d'impact, de perte de semis, de perte de récoltes, de modes de conservation des récoltes et de modes et de moyens d'existence. Après l'identification des différents paramètres de vulnérabilité de la production agricole aux inondations, l'étude s'est poursuivie, pour aboutir à des stratégies de prévention.

CHAPITRE III

SYNTHESE DE L'EVALUATION DE LA VULNERABILITE DE LA PRODUCTION AGRICOLE AUX INONDATIONS ET STRATEGIES PREVENTION

Ce chapitre fait une synthèse de l'évaluation de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations. Il présente ensuite les stratégies de prévention développées par les populations agricoles et préconise de nouvelles stratégies aux autorités, pour réduire les effets néfastes des inondations sur la production agricole, dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi. Ces stratégies permettent de prévoir les précipitations extrêmes et les crues exceptionnelles, en vue d'anticiper sur les inondations futures.

3.1-Synthèse de l'évaluation la vulnérabilité de la production agricole aux inondations

Les outils d'analyse de vulnérabilité utilisés sont ceux qui sont mis au point par le GIEC et le Groupe d'Expert des PMA. Ils sont déjà utilisés par le PANA-BENIN (2007) et Sossou-Agbo (2013). Il s'agit de :

- la technique de la courbe de vulnérabilité en toile d'araignée pour l'analyse des moyens d'existence durable et la détermination de la vulnérabilité socio-économique des modes d'existence ;
- la technique de la matrice de sensibilité pour la détermination des indicateurs d'exposition des moyens et modes d'existence aux risques climatiques et celle des indicateurs d'impact des risques climatiques sur les modes d'existence.

La technique de la courbe de vulnérabilité en toile araignée évalue la vulnérabilité socio-économique en relation avec les modes d'existence (acteurs agricoles) et les moyens d'existence (ressources de base pour l'agriculture). Cette vulnérabilité est liée aux difficultés d'accès des populations aux ressources nécessaires à la satisfaction de leurs besoins sociaux. Ces ressources sont composées des :

- **ressources naturelles et agricoles** : précipitations, terre, zones inondables, cours d'eau, formations forestières, cultures vivrières et maraîchères, productions animales

et halieutiques;

- **acteurs agricoles ou non et leur ménage** : paysans et agriculteurs, pêcheurs, éleveurs, chasseurs, les différentes organisations rurales, étatique et financière;
- **les infrastructures physiques** : pistes de désertes rurales, routes, marchés, centres de santé, habitations, etc.

La courbe de vulnérabilité en toile d'araignée est accompagnée d'une grille de vulnérabilité, de pondération pour traduire la facilité d'accès des acteurs agricoles aux ressources naturelle et agricole. Cette grille de vulnérabilité socio-économique de la production agricole aux inondations se décline en ces termes :

- **100** pour l'accès illimité des acteurs agricoles ou non aux ressources disponibles en abondance par rapport à leurs besoins;
- **75** pour l'accès illimité à des ressources moyennement disponibles ou un accès moyen à des ressources disponibles en abondance, par rapport aux besoins des acteurs du monde rural et autres;
- **50** pour un accès restreint à des ressources disponibles en abondance, un accès moyen à des ressources moyennement disponibles ou l'accès illimité à des ressources peu disponibles, par rapport aux besoins des différents groupes sociaux
- **25** pour un accès moyen à des ressources peu disponibles, un accès restreint à des ressources moyennement disponibles, par rapport aux besoins des groupes sociaux.

A partir de lecture de cette grille de vulnérabilité et des différentes opinions recueillis sur le terrain, les groupes sociaux les plus vulnérables aux difficultés d'accès aux ressources de base, pour la satisfaction de leurs besoins, sont les petits exploitants agricoles dans les Communes de Covè, Zagnanado et les pêcheurs dans la Commune de Ouinhi. A ceux-ci s'ajoutent les chasseurs et éleveurs. Ces groupes sociaux les plus vulnérables représentent près de 75 % des acteurs du monde rural et ont un accès restreint à des ressources moyennement disponibles, par rapport à leurs besoins. Le tableau XI présente les groupes sociaux par Commune, dans l'ordre décroissant de leur vulnérabilité sociaux économique.

Tableau XI : Vulnérabilité socio-économique des acteurs agricoles sur le Plateau d'Agonlin

Plateau d'Agonlin			
Communes	Covè	Zagnanado	Ouinhi
Groupes sociaux économiquement vulnérables, du plus vulnérable au moins vulnérables	-Petits exploitants agricoles -Pêcheurs -Eleveurs -Chasseurs -Grands exploitants agricoles	-Petits exploitants agricoles -Pêcheurs -Eleveurs et Chasseurs -Grands exploitants agricoles	-Pêcheurs -Petits exploitants agricoles -Eleveurs -Chasseurs -Grand exploitants agricoles

Travaux de terrain, 2013.

Dans l'ensemble des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, il faut retenir que les petits exploitants agricoles, les pêcheurs, les éleveurs et les chasseurs constituent les groupes d'existence les plus exposés aux risques climatiques dont les inondations. Ces groupes sociaux ont un accès restreint aux ressources de base moyennement disponibles, par rapport à leurs besoins. Cet accès restreint aux moyens d'existence est lié entre autres, aux effets néfastes des inondations. Les ressources de base les plus exposées aux inondations sont les cultures vivrières et maraîchères, les terres, la santé des acteurs même du monde rural, les ressources en eau, les ressources halieutiques, l'élevage et la diversité biologique.

La technique de la matrice de sensibilité aux risques climatiques, notamment les inondations permet d'identifier les modes et moyens d'existence les plus exposés aux inondations. Elle permet de déterminer les indicateurs d'exposition et les indicateurs d'impacts (LEG/UNFCCC, 2004), à partir du barème de l'évaluation de l'ampleur des inondations en fonction des altitudes du plateau d'Agonlin (Tableau XII), dans chacune des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi.

Tableau XII : Barème d'évaluation des inondations à Covè, Zagnanado et Ouinhi

Echelle de grandeur	Classes des altitudes (m)	Ampleur des inondations
1	170-271	Très faible
2	120-170	Faible
3	81-120	Moyenne
4	43-81	Forte
5	2-43	Très forte

Travaux de terrain, 2013.

De ce barème d'évaluation des inondations dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, il faut retenir que, plus l'altitude est faible, plus l'échelle de grandeur est élevée, plus l'ampleur des inondations est forte. Les matrices de sensibilité aux inondations des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi sont présentées respectivement dans les tableaux XIII, XIV et XV.

Tableau XIII : Matrice de sensibilité aux inondations dans la Commune de Covè.

Inondations		
Ressources affectées	Indicateurs d'impact	Indicateurs d'exposition en %
Zones inondables	4	80
Ressources en eau	2	40
Bassins versants	4	80
Biodiversité	3	60
Terres agricoles	3	60
Cultures vivrières	3	60
Cultures maraîchères	2	40
Pêche	3	60
Elevage	1	20
Chasse	1	20
Commerce	1	20
Habitations	2	40
Santé	3	60
Main d'œuvre saisonnière	2	40
Pistes de désertes rurales	3	60
Petits exploitants agricoles	3	60
Grands exploitants agricoles	2	40
Pêcheurs	3	60
Eleveurs	1	20
Chasseurs	1	20
Commerçants	1	20
Synthèse/Indicateurs d'impact	2 – 3	50

Travaux de terrain, 2013.

Tableau XIV : Matrice de sensibilité aux inondations dans la Commune de Zagnanado

Inondations		
Ressources affectées	Indicateurs d'impact	Indicateurs d'exposition en %
Zones inondables	4	80
Ressources en eau	2	40
Bassins versants	4	80
Biodiversité	4	80
Terres agricoles	4	80
Cultures vivrières	4	80
Cultures maraîchères	2	40
Pêche	4	80
Elevage	3	60
Chasse	2	40
Commerce	2	40
Habitations	4	80
Santé	4	80
Main d'œuvre saisonnière	3	60
Pistes de désertes rurales	4	80
Petits exploitants agricoles	4	80
Grands exploitants agricoles	3	60
Pêcheurs	4	80
Eleveurs	2	40
Chasseurs	1	20
Commerçants	3	60
Synthèse/Indicateurs d'impact	3 – 4	70

Tableau XV : Matrice de sensibilité aux inondations dans la Commune de Ouinhi

Inondations		
Ressources affectées	Indicateurs d'impact	Indicateurs d'exposition en %
Zones inondables	4	80
Ressources en eau	3	60
Bassins versants	4	80
Biodiversité	4	80
Terres agricoles	4	80
Cultures vivrières	4	80
Cultures maraîchères	3	60
Pêche	5	100
Elevage	3	60
Chasse	2	40
Commerce	2	40
Habitations	4	80
Santé	4	80
Main d'œuvre saisonnière	3	60
Pistes de désertes rurales	4	80
Petits exploitants agricoles	4	80
Grands exploitants agricoles	3	60
Pêcheurs	5	100
Eleveurs	2	40
Chasseurs	2	40
Commerçants	3	60
Synthèse/Indicateurs d'impact	3 – 4	70

Travaux de terrain, 2013.

Les matrices de sensibilité aux inondations, respectivement des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, présentent les indicateurs d'exposition des différents moyens d'existence naturelle et humaine, ainsi que ceux des groupes d'existence aux inondations, en fonction des indicateurs d'impact. Si les Communes de Zagnanado et Ouinhi ont presque les mêmes degrés d'exposition aux inondations, il n'en est pas de même pour la Commune de Covè. De l'analyse de ces trois matrices de sensibilité aux inondations, des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, il en résulte que le degré d'exposition ou de vulnérabilité de la production agricole aux inondations dans l'ensemble de ces communes, est de 63,33 % avec un indicateur d'impact moyennement fort. Ce degré de vulnérabilité est de 50 % avec un indicateur d'impact compris entre 2 et 3, pour Covè et, de 70 % avec un indicateur d'impact compris entre 3 et 4, pour les Communes de Zagnanado et Ouinhi. Ce qui n'est pas loin des résultats du premier objectif de cette étude, qui donnent près de 70 % de zones de forte vulnérabilité agricole aux inondations sur le Plateau d'Agonlin. Des mesures préventives sont nécessaires pour réduire au maximum ce degré d'exposition de la production agricole aux inondations.

3.2- Stratégies d'adaptation des populations agricoles

Les stratégies d'adaptation que doivent développer des populations agricoles face aux inondations se résument, à la pratique des semis et récoltes précoces, à l'adoption des variétés de cultures à cycle court, au drainage des champs en période d'inondation. A cela s'ajoutent les stratégies de prévention proactives.

3.2.1- Stratégies d'adaptation des populations à court terme et moyen terme

A court et moyen terme, les populations doivent renforcer la pratique des semis précoces, avec l'appui des agents du développement rural. Près du tiers des populations interrogées s'adonnent déjà à cette pratique des semis précoces, accompagnées de l'arrosage des champs. Ce qui est une tâche très difficile pour les paysans à cause parfois de l'accès difficile à l'eau des rivières en période d'étiage, étant donné que les semis précoces commencent vers la fin du mois de Février ou début Mars.

Notons également que, si les semis précoces ne sont pas faits en son temps, les populations agricoles procèdent aux récoltes précoces de leurs cultures, selon leur convenance et leur appréciation du niveau atteint par l'eau, susceptible de détruire les cultures. Ce qui n'est pas très efficace, car elles se trompent le plus souvent dans l'appréciation de leurs pratiques endogènes.

En ce qui concerne la recherche des variétés de cultures à cycle court, elle n'est pas encore très ancrée dans l'habitude des paysans du plateau d'Agonlin. Par exemple le maïs le plus utilisé par les populations agricoles, est celui qui a le cycle de 90 jours qui à cause des pluies tardives de ces dernières années, subit les affres des inondations en Juin et Juillet. L'existence de la variété de maïs de 75 jours et de 65 jours, permet désormais au maïs d'atteindre la fin de son cycle végétatif avant l'avènement des inondations issues des précipitations de Juin et celles issues des crues qui commencent à partir du mois de Juillet. L'autre stratégie, à laquelle fait recours les populations agricoles, pour réduire les effets néfastes des inondations, c'est le drainage des eaux des champs de cultures. En période d'inondation, les populations agricoles du plateau d'Agonlin, creusent des tranchées pour évacuer l'eau des champs, comme c'est le cas dans le Delta de l'Ouémé (Photos 9 et 10).



Photo 9 : Séance d'ouverture de drain à Gogbo



Photo 10 : Drainage de l'eau d'un champ de maïs inondé à Dannou

Planche 4 : Drainage des eaux de crue.

Prise de vue : Donou, Juin 2008.

Sur la photo 9, il est question d'une séance de creusement d'une tranchée dans un

Champ, alors que sur la photo 10, la rigole est déjà creusée à l'intérieur d'un champ de maïs inondé, où l'on observe le drainage de l'eau de ce champ inondé.

En dehors de ces quelques stratégies d'adaptation des populations agricoles aux inondations, qui sont peu efficaces, celles-ci font également recours à la nature, au surnaturel, voire l'être suprême, le Dieu Tout Puissant, pour les délivrer de cette emprise naturelle, qui les rend vulnérable chaque année.

3.2.2- Stratégies préventives et proactives des populations

L'agriculture, étant essentiellement pluviale et dépendante au gré de l'évolution des aléas climatiques, les populations agricoles s'en remettent à leurs pratiques endogènes divinatoires et à leur Dieu.

Des cérémonies traditionnelles sont ainsi organisées, pour implorer les ancêtres afin de conjurer le mauvais sort qui leur est jeté. Mais ces cérémonies deviennent de moins en moins efficaces au fil des années, en raison de leurs mauvaises pratiques et violations d'interdits qui sont faites contre la nature, mais aussi à cause de l'influence des religions chrétienne et musulmane.

Avec l'arrivée de ces religions qui sont importées pour certaines populations et pour d'autres, elles sont révélées, les populations vont commencer par organiser des cultes dans les églises et mosquées, pour implorer la clémence et la protection du « Dieu miséricordieux Allah » pour certains, et du « Dieu Tout Puissant », pour les autres. Les mauvaises pratiques et les comportements peu orthodoxes des populations contre elles-mêmes et contre la nature et les formations végétales qu'elles soient sacrées, classées ou non, amplifient le phénomène des inondations qui a aussi une essence divine. En effet, la corruption du genre humain et son mauvais comportement contre la nature, l'environnement ou la terre qui lui produit ses vivriers, ont été à l'origine du déluge universel que rapportent les saintes écritures.

A l'allure où va le développement agricole, industriel, voire économique au détriment de la préservation de la nature, dans le monde, en Afrique, au Bénin et en particulier sur le plateau d'Agonlin, il n'est pas exclus qu'une grande inondation, dépassant même celle de 2010 et prenant l'allure d'un déluge, surviennent dans les années à venir. Malgré l'impuissance de l'homme face aux aléas climatiques et aux inondations,

des dispositions et mesures de prévention existent, pour anticiper sur les inondations futures et limiter les souffrances des populations agricoles.

3.3- Stratégies de prévention des inondations à long terme

Les autres stratégies de prévention et de prévision pour atténuer la vulnérabilité de la production agricole sur le plateau d'Agonlin, face aux inondations passent le renforcement des stratégies de prévention endogènes des populations, la prise de quelques mesures urgentes, la mise en place d'une méthode de prévision des inondations à l'horizon 2020 et la proposition d'un Modèle de Gestion Intégrée des Crues (GIC).

3.3.1- Mesures préventives à long terme

Dans le cadre des politiques de développement du monde rural et agricole, dans le département du Zou en général et sur le plateau d'Agonlin en particulier, Les initiatives comme celle de l'installation par le gouvernement béninois du Projet Songhaï du Révérend Père Goldfried Unzamudjo, à Zonmon dans la Commune de Zagnanado doivent être répétées à Covè et à Ouinhi. De même, certaines actions doivent être réalisées dans les domaines de :

- la formation agricole et la vulgarisation des techniques agraires qui préservent l'environnement ;
- financement de projets de développement agricole et d'octroi de crédits agricoles aux paysans ;
- de la vulnérabilité des différentes cultures aux inondations ;
- la formation agricole et la vulgarisation des techniques de la lutte contre les inondations ;
- la recherche et la promotion des variétés de cultures à cycle court ;
- la promotion d'infrastructures communautaires telles que les ouvrages hydrauliques et les pistes rurales ;
- la certification des semences pour un meilleur rendement ;
- et enfin le renforcement des techniques et pratiques endogènes des populations agricoles, etc.

Notons aussi que, à court terme, les producteurs agricoles doivent être dédommagés en fonction des superficies inondées, pour qu'ils puissent compenser leurs pertes et reprendre leurs activités, lors de la prochaine campagne agricole. C'était déjà le cas, lors des inondations de 2007, où les producteurs du riz des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi ont été dédommagés par le gouvernement avec une somme de onze (11) millions de FCFA. Toutes ces mesures prises doivent être accompagnées d'un dispositif de prévision des inondations.

3.3.2- Méthode de prévision des inondations futures

Cette méthode de prévision des inondations futures prend en compte un dispositif qui comprend :

- un réseau de liaison Météo France-Météo Bénin comme celui proposé par Badameli et al. (2012), aux autorités togolaises ;
- un système de prévision météorologique national amélioré et renforcé par les images satellitaires à haute résolution ;
- un système de prévision météorologique départemental dans le Zou ;
- renforcement des stations hydrométriques de Domè (Covè) et d'Ahlan (Zagnanado) et réhabilitation de la station hydrométrique de Ouinhi
- un suivi agro-météorologique du calendrier agricole avec les saisons agricole ;
- un Système d'Informations Géographique (SIG) ;
- une cartographie de l'aléa inondation basée sur les Modèles Numériques d'Altitudes (MNA) ;
- des bases de données agricoles fiables;
- des bases de données climatiques fiables ;
- et un système de prévision des catastrophes naturelles.

En plus de ce dispositif, pour prévenir et prévoir les inondations futures, particulièrement les inondations à l'horizon 2020, la période 1968-2010 a été considérée ainsi que la fréquence de retour des inondations de cette période. Notons que cette dernière a enregistré dix années exceptionnelles en précipitations dont sept années extrêmes et excédentaires (Tableau XVI).

Tableau XVI : Années exceptionnelles et extrêmes en précipitations de 1968 à 2012

Années	Années exceptionnelles	Années extrêmes
	1968 (1507,5 mm)	1968
	1978 (1195 mm)	-
	1979 (1288,2 mm)	1979
	1980 (1354,8 mm)	1980
	1988 (1531,5 mm)	1988
	1997 (1168,3 mm)	-
	1999 (1377 mm)	1999
	2004 (1173,3 mm)	-
	2009 (1725,1 mm)	2009
	2010 (2703,2 mm)	2010
Total des années	10	7

Source : Gbaguidi (2010) et Analyse et traitement des données de l'ASECNA.

Notons qu'une année est dite exceptionnelle en pluviométrie, lorsque la valeur des précipitations enregistrées pour l'ensemble des mois de l'année est supérieure à la moyenne pluviométrique annuelle ajoutée à l'écart-type (Tossa, 1995). Les années exceptionnelles en inondations ne sont pas forcément les années extrêmes ou excédentaires en précipitations, c'est le cas des années 1978, 1997 et 2004 qui ont une pluviométrie comprise entre 1150 et 1200 mm d'eau (Analyse et traitement des données de l'ASECNA).

Sur la base de ces années exceptionnelles, surtout les années, les plus excédentaires, il est constaté que les précipitations extrêmes ont une fréquence de retour de dix ans sur le plateau d'Agonlin et ce, depuis les quatre dernières décennies. Ces années extrêmes en précipitations coïncident avec les inondations exceptionnelles observées vers la fin de chaque décennie, au cours de ces quarante dernières années. Particulièrement, vers la fin des décennies 70-80 et 2000-2010. Au cours des deux dernières années de cette dernière décennie citée, les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi ont connu deux années extrêmes successives, en précipitations et en inondations, avec une très forte pluviométrie, allant de 1725,2 mm à 2702,92 mm.

En ce qui concerne la décennie 1990-2000, elle a enregistré une seule année exceptionnelle en inondations, celle de 1999. Atchadé et al. (2013), montrent que les moyennes décennales de 1971-1980, 1981-1990 et 1991-2000, des débits restent

importantes à Atchérigbé qu'à Domè, dans le sous-bassin de la rivière Zou. Les inondations issues de ces évènements pluvieux et hydrologiques, représentent la catastrophe naturelle la plus dominante de l'espace Agonlin et au Bénin.

Selon le Centre pour la Recherche sur l'Epidémiologie des Désastres (CRED, 2003), les inondations représentent, 13, 30 et 64 % des catastrophes naturelles pour lesquelles le Bénin a fait appel à l'aide extérieur, respectivement au cours des décennies 70-79, 80-89 et 90-99. Or la catastrophe naturelle, la plus en vue au Bénin et sur le plateau d'Agonlin en particulier, ce sont les inondations.

En considérant la norme climatique et l'évolution des variabilités climatiques interannuelles au Bénin, qui durent sur une période 30 ans au plus (1940-1970, 1970-2000, 2000-2030, etc.), et compte tenu des tendances pluviométriques enregistrées vers la fin des quatre dernières décennies, surtout la très forte tendance pluviométrique observée au cours de la décennie 2000-2010, les deux prochaines décennies, c'est-à-dire la décennie actuelle 2010-2020 et celle de 2020-2030, pourraient connaître au moins une année exceptionnelle en précipitations et en inondations. Notamment, vers la fin de la décennie actuelle, les années 2018 ou 2019, voire l'année 2020, pourraient connaître une inondation exceptionnelle par exemple. Ce qui veut dire qu'on aura au moins une à deux années extrêmes en précipitations et en inondations, soit 10 à 20 % de fréquence de retour des précipitations extrêmes, tous les dix ans contre 16,2 % de fréquence des années pluviométriques extrêmes, sur la période 1968-2012. Si les précipitations ont été choisies, pour prédire et anticiper sur les inondations futures, c'est parce qu'elles restent le facteur essentiel de déclenchement des inondations sur le plateau d'Agonlin, avant que les crues ne surviennent.

3.3.3- Modèle de Gestion Intégrée des Crues

La Gestion Intégrée des Crues (GIC) est un modèle de gestion des crues qui prend en compte la prévention, la sécurité des personnes et des biens, le développement agricole. Elle vise à réduire les risques d'inondation et à limiter ses dégâts sur le développement agricole et à le rendre moins vulnérable. Le modèle utilisé dans cette étude, est celui réalisé par Donou (2009) dans le Delta de l'Ouémé, revu et modifié, selon les réalités du plateau d'Agonlin, face aux crues.

Selon cet auteur, la Gestion Intégrée des Crues implique une bonne connaissance des risques actuels et futurs de crues et la mise en place de mesures préventives et réactives destinées à en atténuer les effets. La figure 17 présente les composantes du modèle GIC, pour rendre la production agricole moins vulnérables aux inondations issues des crues de l'Ouémé et du Zou, sur le plateau d'Agonlin.

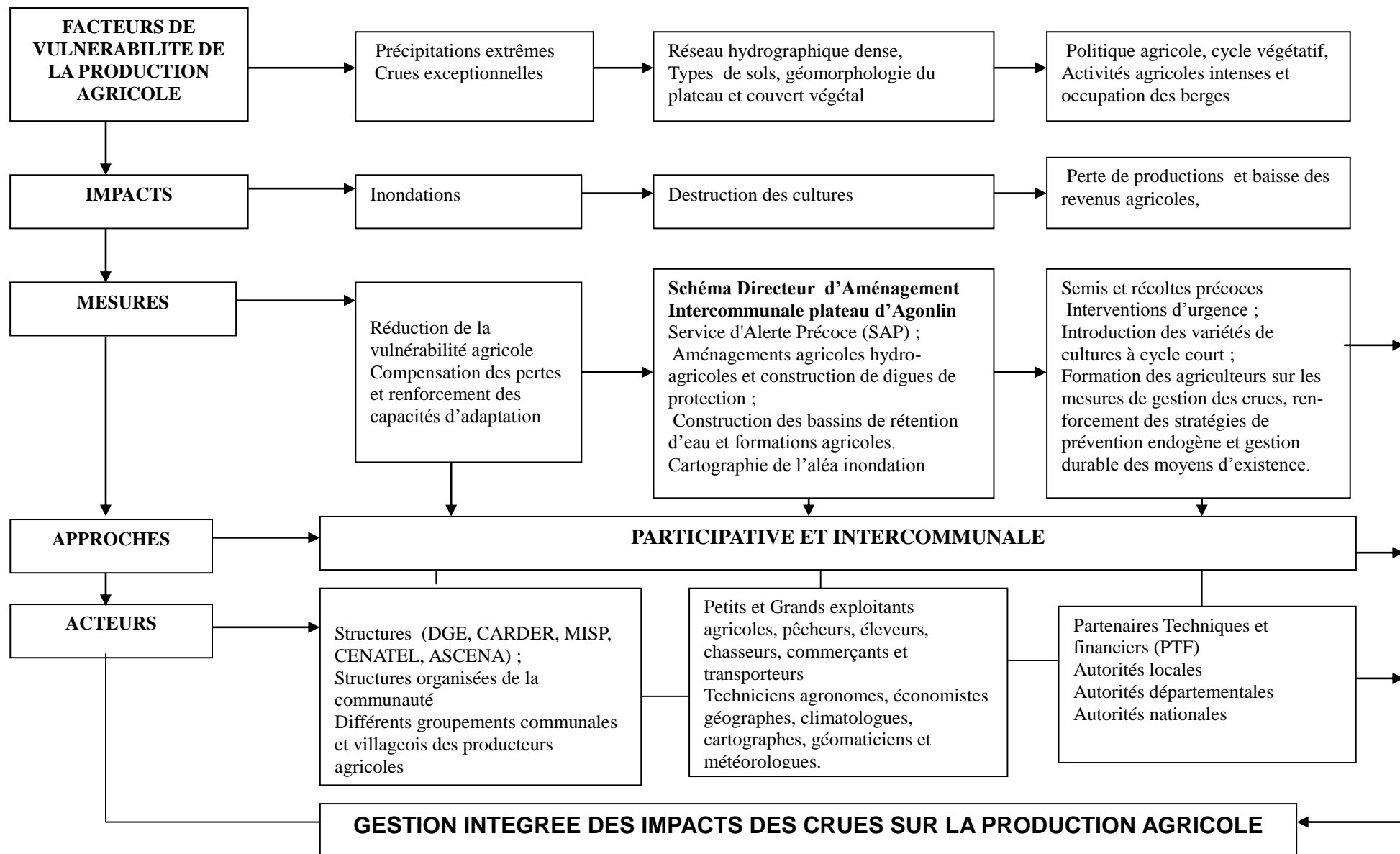


Figure 17 : Modèle de Gestion Intégrée des Crues et de réduction de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations issues des crues de l’Ouémé et du Zou, dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi.

Le modèle de Gestion Intégrée des Crues (GIC) pour la réduction de la vulnérabilité de la production agricole aux crues, résulte de l'identification des mesures préventives de gestion des impacts des inondations sur la production agricole dans une approche intercommunale et participative.

L'approche intercommunale prend en compte l'ensemble des trois Communes du plateau d'Agonlin, dans le cadre de l'intercommunalité instituée par la Décentralisation. Cette approche intercommunale de gestion intégrée des crues se base sur un « Schéma Directeur d'Aménagement Intercommunale (SDAI) » du plateau d'Agonlin.

L'approche participative, quant à elle, intègre tous les acteurs concernés dans la gestion des activités de prévention et de prévision des crues. Les agriculteurs, les cultivateurs ou paysans, sont les premiers acteurs concernés par le GIC sur le plateau d'Agonlin. Après viennent les autorités à divers niveaux et les PTF nationaux et internationaux.

La coordination des activités doit être assurée par le MISPC, à travers l'ANPC, bras exécutif du CNPC. Cette Agence travaille en collaboration avec toutes les institutions nationale (MAEP/CARDER, ONG, etc.) et internationale (PNUD) impliquées.

En ce qui concerne les mesures préventives, le « SDAI » ou le SDA global de Covè, Zagnanado et Ouinhi préconisé, prend en compte l'ensemble des aménagements qui seront exécutés sur le plateau, y compris les aménagements hydro-agricoles, en fonction des différents espaces de vulnérabilité sur le plateau d'Agonlin. Aux différents espaces agricoles vulnérables, il sera appliqué un aménagement basé sur la cartographie de l'aléa inondation, la représentation des MNT des différents bassins versants du Zou et de l'Ouémé. Quelques espaces inondables, surtout les terrains à fort risque d'inondation, doivent être préservés de toutes activités agricoles, en raison de leur importance dans l'écrêtement des crues.

De même les berges des cours d'eau doivent être reboisées et le couvert végétal doit être préservé. Pour maîtriser l'eau et pour renforcer les cultures de contre saison en pleine saison sèche, de grands bassins de rétention seront construits pour compenser les pertes agricoles et maximiser la production agricole en fin de campagne agricole. Les digues de protection sont aussi indispensables pour limiter l'expansion des eaux de crues.

La création d'un Service d'Alerte Précoce (SAP) sur le plateau d'Agonlin et rattaché directement à l'ANPC, permet de disposer des informations sur les prévisions météorologiques et hydrologiques. Ce service doit être composé des hydrologues de la DGEau, des météorologues de la DNM, des climatologues, cartographes, agronomes, géomaticiens, les représentants des producteurs et même des journalistes environnementalistes pour le relai rapide des informations sur les ondes et à travers un périodique sur les inondations.

Ces derniers acteurs prennent en compte en partie, la sensibilisation des agriculteurs, paysans et autres acteurs du monde rural. Ce qui contribuera sans doute à l'amélioration des connaissances des populations agricoles sur les mesures de prévention des crues. Les stratégies et mesures d'intervention urgente en cas d'inondation doivent prendre en compte des actions pour la formation régulière des agriculteurs et paysans, sur les nouvelles techniques culturales appropriées et sur la capacité de résistance des différentes cultures aux crues.

De tout ce qui précède, il en résulte que l'approche d'analyse de vulnérabilité du GIEC et du Groupe des Experts des PMA, a permis de faire la synthèse de l'évaluation de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations. Du point de vue socio-économique, les groupes sociaux les plus vulnérables et les plus dominants, dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi sont les petits exploitants agricoles, les pêcheurs, les éleveurs et les chasseurs. Ces groupes d'existence représentent près de 75 % des acteurs du monde rural et ont un accès restreint à des ressources moyennement disponibles, par rapport à leurs besoins. Quant à la sensibilité aux inondations, notons que dans l'ensemble des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, le degré d'exposition ou de vulnérabilité des moyens et modes d'existence aux inondations est de 63,33 % avec un indicateur d'impact moyennement fort. Ce sont les groupes sociaux dominants du monde rural, qui sont les plus affectés. Ils sont à la fois les plus vulnérables aux plans socio-économiques et climatiques. D'où l'importance de la prise des mesures d'adaptation pour accompagner le développement agricole sur le Plateau d'Agonlin.

Les différentes stratégies préventives développées par les populations, pour réduire la vulnérabilité de la production agricole face aux inondations se résument au

renforcement des stratégies endogènes de prévention et aux stratégies à court et à moyen terme, intégrées dans le programme de développement agricole. A cela s'ajoutent une méthode de prévention et de prévision des inondations et un modèle de Gestion Intégrée des Crues.

De l'identification des zones inondables vulnérables à la production agricole à l'identification des différentes stratégies de prévention des inondations, en passant par l'étude de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations, dans les Communes Covè, Zagnanado et Ouinhi, il en résulte que les objectifs de l'étude ont été globalement atteints avec des résultats satisfaisants. Néanmoins, quelques insuffisances restent à corriger.

3.4- Limites de l'étude

Les limites de cette étude s'observent au plan méthodologique et au niveau des résultats obtenus.

Sur le plan méthodologique, notons que les données collectées sont globalement fiables. En ce qui concerne les données climatiques, il faut noter l'existence de quelques données manquantes, à l'intérieur de la série de données hydrologiques de 1980 à 2011. Ces données manquantes ont été corrigées et remplacées par la moyenne des données qui les encadrent. Il y a aussi l'inexistence pour le moment, d'une longue série de données hydrologiques comme celles des précipitations de 1968 à 2012. Quelques doutes subsistent également à ce niveau, du fait de la qualité douteuse de certains instruments de mesures et de collecte tels que le pluviomètre et, à cause du manque de rigueur de certains agents. A cela il faut ajouter, la mauvaise implantation de certaines stations synoptiques comme celle de Bohicon, géographiquement proche du secteur d'étude et dont les données pluviométriques, si elles étaient fiables, pourraient valider celles de la station de Zagnanado choisie. L'analyse des données manquantes des six stations synoptiques du Bénin dont celle de Bohicon, par Blivi (2013), lui a permis de découvrir l'état des mesures de ces stations principales, avec des données manquantes inférieures ou égales à 20 % et à la limite de 10 %, seule station de Cotonou est exploitable.

Quant aux données agricoles, elles souffrent aussi certaines insuffisances. Elles ne sont pas aussi disponibles que les données climatiques. Les données agricoles détaillées sur

les impacts des inondations sur la production agricole sur une longue série, telles que les pourcentages de superficies de cultures inondées, de récoltes détruites par année, n'existent pratiquement pas. Il faut aussi noter que les données de production sur les campagnes agricoles portent sur deux années successives. Ce qui ne permet pas de voir réellement l'importance de la vulnérabilité de la production aux inondations, chaque année, les pertes agricoles d'une année exceptionnelle en inondations pouvant être compensées par l'autre année de moindre intensité en précipitations et en inondations. De plus, parmi les facteurs de vulnérabilité de la production agricole, il n'y a pas que les précipitations, les crues et l'état de conservation des récoltes, il y a également la sécheresse, les invasions acridiennes, les mauvaises pratiques agricoles qui ne sont pas toujours corrigées par une politique agricole nationale rigoureuse. Il faut citer aussi le manque de financement des projets agricoles, l'état de pauvreté du pays et des populations agricoles, etc. La prise en compte de tous ces facteurs influencera positivement la production agricole, dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi. Ce qui contribuerait davantage à rendre moins vulnérables les productions et les espaces agricoles.

Concernant la définition des zones inondables qui représentent la majeure partie des zones de productions agricoles, elle serait plus exhaustive et plus précise, si les cartes d'occupation du sol de 1995 et 2010, utilisées pour l'analyse diachronique, étaient faites sur la base des images satellites prises en pleine crue. Ce qui permettra de faire une cartographie d'extension des eaux qui va renforcer le MNT, en vue de bien prévoir les espaces susceptibles d'être inondés dans le futur, suite à une inondation qui dépasserait celle de 2010, par exemple.

Cependant, les insuffisances observées au niveau des données manquantes ou non disponibles ont été compensées par les recherches effectuées et n'ont pas eu une grande influence sur les résultats obtenus. Les résultats de cette recherche illustrent bien la situation de vulnérabilité de la production agricole aux inondations issues des précipitations et des crues de l'Ouémé et du Zou, dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi. Les prochaines études permettront d'en savoir plus sur la vulnérabilité de la production agricole aux inondations, tout en élargissant cette vulnérabilité de la production agricole vers l'autre paramètre climatique extrême.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES DE L'ETUDE

La présente recherche sur la vulnérabilité de la production agricole aux inondations et les stratégies de prévention de celles-ci, vise à contribuer au développement du secteur agricole et à une meilleure connaissance des facteurs de vulnérabilité de la production agricole sur le plateau d'Agonlin.

Grâce à la représentation cartographique du Modèle Numérique de Terrain (MNT) de l'ensemble des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, **les différentes zones de production agricole vulnérables aux inondations ont été identifiées. Ce sont essentiellement les zones inondables. D'où la confirmation de la première hypothèse.** Les zones inondables qui rendent fortement vulnérables la production agricole, couvrent près de 70 % du territoire du Plateau d'Agonlin.

L'étude de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations a consisté d'abord à décrire les principaux facteurs de vulnérabilités. Les précipitations et les crues rendent la production agricole vulnérable aux inondations à hauteur de 66 %. Compte tenu du cycle végétatif du manioc qui va de 180 à 330 jours, couvrant au moins la grande saison pluvieuse et la petite saison sèche qui coïncide avec le début des crues, la culture manioc vient en tête des cultures, les plus vulnérables, en raison aussi de son importance dans les aliments de base de la population et dans ses diverses transformations artisanale et industrielle. Les cultures, possédant des variétés à cycle court comme le riz, sont moins vulnérables aux inondations. Sur le plan socio-économique, notons que les groupes sociaux les plus vulnérables sont les plus dominants, dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi. Ce sont les petits exploitants agricoles, les pêcheurs, les éleveurs et les chasseurs. Ces groupes d'existence représentent près de 75 % des acteurs du monde rural et ont un accès restreint à des ressources moyennement disponibles, par rapport à leurs besoins. Quant à la sensibilité aux inondations, il faut noter que dans l'ensemble des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, le degré d'exposition ou de vulnérabilité des moyens et modes d'existence aux inondations est de 63,33 % avec un indicateur d'impact moyennement fort. **Cette étude de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations, vient confirmer la deuxième hypothèse de cette recherche. Les inondations rendent effectivement vulnérables la production agricole dans les**

Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi.

Pour réduire la vulnérabilité de la production agricole face aux inondations futures, différentes stratégies et mesures ont été identifiées. Il faut distinguer les stratégies endogènes développées par les populations et leur renforcement à travers une politique agricole nationale et un financement des projets de développement et de formation agricole, pour la mise en valeur correcte des zones inondables. A cela s'ajoutent la proposition d'un modèle de Gestion Intégrée des Crues (GIC) et une méthode simple de prévention des inondations exceptionnelles. Sur la base de la fréquence de retour de ces années exceptionnelles en inondations, au cours des quatre dernières décennies, qui interviennent au moins une ou deux fois vers la fin de chaque décennie, la décennie actuelle 2010-2020 et celle de 2020-2030, enregistreraient au moins une à deux années exceptionnelles en inondations. Et si la forte tendance pluviométrique observée vers la fin de la décennie 2000-2010 continuait, sous l'effet des variabilités climatiques interannuelles, appelées « changements climatiques » par certains auteurs, ces années excédentaires ou exceptionnelles en inondations, prédites, seront très exceptionnelles et pourraient prendre l'allure d'un déluge.

La définition de ces différentes stratégies et mesures de prévention des inondations, montrent qu'elles existent effectivement ; ce qui confirme la troisième hypothèse de recherche.

Les futurs travaux de recherches se pencheront non seulement sur un modèle de prévention plus poussée des inondations, mais aussi un modèle qui prend en compte la sécheresse. Il s'agira d'étudier la vulnérabilité de la production agricole face aux événements météorologiques extrêmes, en mettant un accent sur les stratégies d'adaptation. Ces travaux de recherches vont être conduits, à travers le sujet : «**Variabilités climatiques extrêmes et Vulnérabilité agricole sur le Plateau d'Agonlin : Stratégies d'adaptation**», sous une problématique.

Perspectives pour la Thèse

Sujet : «Variabilités climatiques extrêmes et Vulnérabilité agricole sur le Plateau d'Agonlin : Stratégies d'adaptation»

Problématique

Justification du sujet

Selon Olaniran (1991) et Nicholson (1998), ces dernières décennies ont été marquées par une évolution rapide des climats. Cette évolution climatique engendre des évènements extrêmes, qui affectent les populations du monde.

Le régime pluviométrique l'une des principales caractéristiques du climat en Afrique de l'Ouest (Ramel, 2005). Les précipitations déterminent en partie les variabilités climatiques intra-saisonnière et interannuelle. Pour Houndénou (1999), depuis une dizaine de décennies, l'Afrique Subsaharienne connaît une variabilité spatio-temporelle des régimes pluvio-hydrologiques. Selon lui, ce phénomène se manifeste avec une absence de contraste thermique entre les saisons marquées par les précipitations qui rythment la saisonnalité du climat. Selon le GIEC (2007), ces variations se manifestent par la multiplication des événements climatiques extrêmes. Ce qui rend les activités agricoles vulnérables.

Dans les différentes régions du Bénin, la vulnérabilité se manifeste par une détérioration des rendements et des pertes importantes de récoltes (Boko, 1988). Le Bénin méridionale est soumis à une variation climatique marquée par une forte fréquence des événements extrêmes (Ogouwalé, 2006). Ceux-ci sont à l'origine des inondations récurrentes et des sécheresses, surtout celle observée au cours de l'année 2013 au Bénin, qui a sérieusement perturbé la production agricole. De même, les récentes sècheresses des années 1977, 1983 et 1984 ont marqué négativement le Bénin, en diminuant la production vivrière du pays dont celle du maïs (Houndénou et *al.*, 2006).

Le Plateau d'Agonlin, situé au Sud-Est du Département du Zou dans le Bénin méridional, n'est pas en marge de ces évènements climatiques extrêmes. Les Communes qui forment ce plateau, restent sous l'influence des variations climatiques et hydro-climatiques. C'est un espace potentiel pour le développement agricole aussi bien en hivernage qu'en période sèche, du fait de son réseau hydrographique composé du fleuve Ouémé et de la rivière Zou, qui joue un rôle très important dans le

développement des cultures de contre-saison. Selon Achadé et *al.* (2013), dans le bassin versant de la rivière Zou, la physionomie de la pluviométrie varie en fonction des fluctuations climatiques. Pour Donou (2009), en période de déficit, la faiblesse des apports d'eau de crue et la forte évaporation entraîne une diminution très rapide des réserves d'eau du sol.

Si la production agricole est vulnérable aux inondations issues des précipitations et des crues, en période de sécheresse, elle l'est encore davantage. La sécheresse de cette année 2013, sur le Plateau d'Agonlin, est particulièrement illustrative de la situation critique de la vulnérabilité de la production agricole face aux événements extrêmes et stratégies d'adaptation. C'est ce qui justifie l'étude sur le sujet intitulé : «**Variabilités climatiques extrêmes et Vulnérabilité agricole sur le Plateau d'Agonlin : Stratégies d'adaptation** », sur la base des hypothèses de travail émises, des objectifs de l'étude et selon une méthode donnée.

Hypothèse de travail

- L'hypothèse générale de cette : La vulnérabilité de la production agricole dépend des variabilités climatiques et des stratégies d'adaptation sur le Plateau d'Agonlin. De façon spécifique, cette hypothèse générale se décline en trois hypothèses :
- , Le plateau d'Agonlin enregistre des variabilités climatiques extrêmes ;
- La vulnérabilité de la production agricole est liée aux variabilités climatiques extrêmes et des stratégies d'adaptation mise en place sur le plateau d'Agonlin ;
- Des stratégies d'adaptation et gestion des événements climatiques extrêmes existent, pour la réduction de la vulnérabilité du secteur agricole, sur le Plateau d'Agonlin.

Objectifs de l'étude

L'objectif global de cette recherche est d'étudier le degré de dépendance de la vulnérabilité de la production agricole aux variabilités climatiques extrêmes et aux stratégies d'adaptation, sur le Plateau d'Agonlin. Les objectifs spécifiques de l'étude consiste à :

- Analyser la fréquence d'évolution des événements climatiques extrêmes, sur le Plateau d'Agonlin ;
- Etudier le degré de dépendance de la vulnérabilité de la production agricole respectivement face aux variabilités climatiques extrêmes et aux stratégies d'adaptation sur le Plateau d'Agonlin ;

- Définir des stratégies d'adaptation et de gestion des variabilités climatiques extrêmes par rapport à la production agricole, sur le plateau d'Agonlin.

Approches méthodologiques

Les méthodes qui seront utilisées, dans le cadre cette étude vont de la collecte et du traitement des données climatologiques, hydrologiques et agricoles (mais aussi des données qualitatives) aux approches méthodologiques spécifiques à chaque objectif. Elles se résument en ces points :

- Pour l'analyse de la fréquence d'évolution des évènements climatiques extrêmes la méthode de l'analyse fréquentielle sera utilisée, suivie de la méthode markovienne pour l'analyse des tendances climatiques actuelles et futures.
- La détermination des principaux facteurs climatiques de vulnérabilité de la production et l'identification des impacts agricoles des évènements climatiques extrêmes permettront d'examiner la vulnérabilité de la production agricole. Il s'agira aussi d'identifier les variables explicatifs ou dépendantes de la vulnérabilité de la production agricole face respectivement aux variabilités climatiques extrêmes et aux stratégies d'adaptation.
- Enfin des modèles de prévisions climatiques des évènements extrêmes seront proposés ainsi que celles qui intègrent et prennent en compte la production agricole, en vue de la rendre moins vulnérable. Avant différentes stratégies d'adaptation seront définies. Ces différentes approches méthodologiques seront revues et approfondies dans le protocole de recherche de l'étude proprement dite, pour aboutir à des résultats probants.

Résultats attendus

Au terme de cette étude, les résultats attendus sont :

- les évènements climatiques extrêmes et leurs fréquences, sur le Plateau d'Agonlin doivent être identifiées et analysées ;
- l'étude du degré de dépendance de la vulnérabilité de la production agricole face respectivement aux variabilités climatiques extrêmes et aux stratégies d'adaptation doivent être faites, sur le Plateau d'Agonlin ;
- des stratégies d'adaptation et gestion des variabilités climatiques extrêmes seront définies, sur le Plateau d'Agonlin.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- AGASSOUNON L.C.(2002) : Evolution pédo-sédimentaire du géosystème margino-littoral de l'Ouémé-Sô au cours de l'Holocène (Bénin- Afrique de l'ouest). Thèse de doctorat en science de la terre et de l'Environnement, URM INRA, Dijon 417 p.
- 2- ADGER W., N. (1999): Social Vulnerability to Climate Change and Extremes in Coastal Vietnam, *World Development*, 2: pp 249-269.
- 3- AGBAZAOU S. (2003) : Impacts socio-économiques et environnementaux de la riziculture irriguée au Bénin : Cas de Koussin-Lélé dans la Commune de Covè. DEA, EPAC/UAC, Abomey-Calavi, 106 p.
- 4- AHO N. & KOSSOU D. (1997) : Précis d'agriculture tropicale : Bases et éléments d'application, Ed. du Flamboyant, Cotonou, 464 p.
- ALLAGBÉ Y. (2005) : Impacts des inondations sur la santé des populations dans l'arrondissement de Godomey, DEA, FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 75 p.
- 5- ANNUAIRE STATISTIQUE (1999) : Campagnes 1998-1999, MAEP/DPP, 185 p.
- 6- ANTOINE J.M., DESAILLY B., GALTIE J.F., GAZELLE F., PELTIER A. & VALETTE P. (2008) : Les mots des risques naturels, Presses universitaires du Mirail, 127 p.
- 7- ATCHADE G. A., VISSIN E. W., TOTIN H. S. V. & YABI I. (2013) : Analyse fréquentielle des événements hydro-climatiques dans le bassin versant de la rivière Zou au Bénin, XXVI^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Université d'Abomey-Calavi, document pdf, pp 75-80.
- 8- BADAMELI K., BADAMELI P. A. & LEMOU F. (2012) : Les inondations dans la région maritime du Togo : Evaluations des vulnérabilités et stratégies, Troisième Colloque des Sciences, Cultures et Technologies de l'UAC-Bénin, Volume I, Lettres et Sciences Humaines, ISBN : 1840-5851, pp 253-272.
- 9- BLAIKIE P., CANNON T., DAVID I. & WISNER B (1994): At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters, Routledge, London.
- 10- BLIVI A. B. (2013) : Retour d'informations sur les données et observatoires hydro climatiques, parties de l'étude sur les inondations en Afrique de l'Ouest et de la communication nationale sur les changements climatiques au Togo, XXVI^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Université d'Abomey-Calavi, document pdf, pp 14-22.

- 11- BOKO M. (1988) : Climats et communautés rurales du Bénin : Rythmes climatiques et rythmes de développement. Thèse de Doctorat d'Etat ès Lettres et Sciences Humaines. CRC, URA 909 du CNRS, Univ. de Bourgogne, Dijon, 2 volumes. 601 p.
- 12- BOKO M. & OGOUWALÉ E. (2006) : Inondations dans le doublet urbain Cotonou Abomey-Calavi, LECREDE/DGAT/FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 11 p.
- 13- CARRY G. & VEYRET Y. (1996): La prévention du risque d'inondation: L'exemple français est-il transposable aux pays en voie de développement, *Cahier des sciences humaines*, pp 423-443.
- 14- CIRAD et GRET (2006) : Mémento de l'agronome. Ministère des Affaires Etrangères. CIRAD-GRET. Paris. pp 780-790.
- 15- CLEDJO P. F. G. A. (2011) : Impacts environnementaux et socioéconomiques des crues dans le bassin du fleuve Ouémé, *BenGéo*, Revue de Géographie du Bénin, N°9, Université d'Abomey-Calavi, (Bénin), pp 52-68.
- 16- CRED (2003) : Base de données sur les catastrophes du monde. Université Catholique de Louvain – Brussels – Belgium.
- 17- DAUPHINE A. (2003) : Risques et catastrophes : Observer, spatialiser, comprendre, gérer, Armand Colin, Paris, 287 p.
- 18- DELCARMEN M. (2008) : Les fortes précipitations d'origine méditerranéenne, cause des crues extrêmes en Espagne et le sud de la France. XXI^e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Montpellier 2008, 709 p.
- 19- DJAGBA J. (2006) : Etude des expériences d'aménagement hydro-agricoles des vallées de l'Ouémé et du Zou à Zagnanado et Covè, FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 75 p.
- 20- DONOU, T. B. (2007) : Dynamique pluvio-hydrologique et manifestation des crues dans le bassin du fleuve Ouémé à Bonou. Mémoire de maîtrise de géographie, UAC/FLASH. 104p.
- 21- DONOU B. (2009) : Evénements pluvio-hydrologiques extrêmes et production agricole dans le delta de l'Ouémé, UAC/FLASH/EDP, Abomey-Calavi, 85 p.
- 22- GBAGUIDI R. (2010) : Impacts des inondations dans la Commune de Covè, Mémoire de maîtrise, UAC/FLASH/DGAT, Abomey-Calavi, 73 p.
- 23- GBAGUIDI R., OREKAN V. & HOUNDAGBA J. (2012) : Les inondations et

leurs impacts au sud de la Commune de Covè, Les Cahiers du CBRST, N° 001, pp 187-204.

24- GEORGE P. (1990) : Dictionnaire de la Géographie,4, Paris, PUF, 510 p.

25- GIEC (2001) : Incidences de l'évolution du climat dans les régions : Rapport spécial sur 26- l'Evaluation de la vulnérabilité en Afrique. Island Press, Washington, 53 p.

26- GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU BENIN, BANQUE MONDIALE & SYSTEME DES NATIONS UNIES (2011) : INONDATIONS AU BENIN, Rapport d'Evaluation des Besoins Post Catastrophe, Rapport Final Avril 2011, 80 p.

27- GIEC, 2007 : Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de)]. GIEC, Genève, Suisse, 103 p.

28- GNANSA M. (2011) : Catastrophes pluviométriques sur les périmètres rizicoles de Koussin et de Lélé (Commune de Covè) : Manifestations, effets socioéconomiques et environnementaux. FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 73 p.

29- GUITCHAN W. (2006) : Lutte contre les inondations dans la ville de Cotonou à partir de l'aménagement des zones basses, du lac Nokoué et du chenal de Cotonou, EPAC/UAC, Abomey-Calavi, 133 p.

30- HOUNDAGBA, C. J. (1985) : Analyse typologique des paysages d'Abomey-Zagnanado. Exploitation d'un système de programme pli. Neptune .Thèse de Doctorat de 3è cycle ULP. Strasbourg.- France, 286 p.

31- HOUNDAGBA, C. J. (1990) : Analyse d'un paysage de vallée : le cours inférieur de l'Ouémé (Bénin), in 'la dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest'. AUPELF. Coopération française, pp 239-251.

32- HOUNDAKINNOU G., HOUSSOU C. & BOKO M. (2006) : Pluviométrie exceptionnelle et vulnérabilité des établissements humains dans le Bénin méridional, Climat et Développement, numéro 2, LECREDE/DGAT/FLASH/UAC, Abomey-Calavi, pp 17-25.

33- HOUNDENOU C., 1999 : Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide. L'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation. Thèse de Doctorat,

Université de Bourgogne, Dijon, 390 p.

34- HOUNDENOU C., BOKO M. & AGBOSSOU E. (2006) : Péjoration climatique en milieux maïsicoles au Sud du Bénin en Afrique de l'Ouest, *Climat et Développement*, numéro 2, LECREDE/DGAT/FLASH/UAC, Abomey-Calavi, pp 26-35.

35- INSAE (2001) : Atlas monographique des Communes du Bénin, 258 p.

36- INSAE (2003) : Projections démographiques et étude prospective de la demande sociale au Bénin, INSAE, Cotonou, 113 p.

37- INSAE (2013) : Résultats provisoires du RGPH 4, 7 p.

38- IPCC (2007) : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 p.

39- KIJNE J. W. (2003) : Déverrouiller le potentiel de l'eau en agriculture, FAO, 64 p.

40- KODJA J. (2011) : Préviation des crues dans le bassin versant du Zou à Atchérigbé avec le modèle GR2M, DGAT/FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 104 p.

41- LEG/UNFCCC (2004) : Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation. Une sélection d'exemples et d'exercices tirés des ateliers régionaux de préparation du PANA. UNFCCC, PNUD, PNUE, ENDA, Genève, 92 p.

42- LACEEDE, (2010) : Changements climatiques et inondations dans le Grand Cotonou : situation de base et analyse prospective, Rapport final Draft, PCUG3C, 104 p.

43- LAMOUREUX M. (1959) : Fertilisation par les crues dans le delta de l'Ouémé. Institut de Recherches du Togo, Lomé, 27 p.

44- LAMOUREUX (1972) : Etude pédologique de la vallée de l'Ouémé. Rapport ORSTOM, France. 50 p.

45- LANDREAU, C. (2004) : Impact des activités physiques de pleine nature - Outils d'évaluation et gestion environnementale. Mémoire de Maîtrise de Géographie - IGA, 106 p.

46- Le Robert (2007) : Dictionnaire.

47- LEDOUX B. et HUBERT G. (1999) : Le coût du risque : Évaluation des impacts socio-économiques des inondations, PENPC, Paris, 232 p.

48- LEGBA A. (2005) : Pertinence de l'aménagement de la basse vallée de l'Ouémé au Bénin, Mémoire de fin de formation, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et

de l'Environnement, Abomey-Calavi, 86 p.

49- MAHADA C. (2011): Inondations dans la ville de Cotonou : Manifestations et facteurs anthropiques. FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 70 p.

50- MEYLAN & MUSY, (1999) : Hydrologie générale : Analyse fréquentielle. Annale revue hydrologie, 19 p.

51- NICHOLSON S. E. (1998) : Interannual and interdecadal climate variability of rainfall over African continent during the last two centuries. Water Ressources Variability in Africa during the XX th century, Proc. Abidjan'98 Conf, Abidjan, Côte d'Ivoire, pp 107-116.

52- OCHA (Bureau de la Coordination des affaires humanitaires) : Inondations 2010, Bulletin d'information#2, 19 Octobre 2010, 2 p.

53- OGOUWALE, E. (2004) : Changements climatiques et sécurité alimentaire dans le Bénin méridional. Mémoire de DEA. UAC. 79 p.

54- OKOU C. (2000) : Politique et stratégies en matière d'aménagement du territoire (Bénin), Etude numéro 2, Rapport final, FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 37 p.

55- OMM (2006) : Gestion intégrée des crues: aspects sociaux et participation des parties prenantes. APFM, politiques de gestion des crues. 106 P.

56- OREKAN V. (2000) : Impacts de l'exploitation des bas-fonds sur la santé des populations : Cas des Sous-préfectures de Dassa-Zoumè et de Glazoué dans les départements des Collines au Bénin, DEA, FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 82 p.

57- OLANIRAN O. J. (1991) : Evidence of climatic change in Nigeria based on annual series of rainfall of daily amounts, 1919-1985. Climatic change, Vol. 19, pp 319-341.

58- OYEDE L. M. (1991) : Dynamique sédimentaire actuelle et messages enregistrés dans les séquences quaternaires et néogènes du domaine margino-Littoral du Bénin (Afrique de l'Afrique de l'Ouest), Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Bourgogne, 302 p.

59- PANA-BENIN / PROGRAMME D'ACTION NATIONAL D'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DU BENIN (2007), 81 p.

60- Prospectus du PAPDFGC (2012), PNUD, 2 p.

61- RAMEL R. 2005 : Impacts des processus de surface sur le climat en Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat de l'UJF. Université Joseph Fourier de Grenoble, France,

149 p.

62- RAPPORT D'ÉVALUATION DES BESOINS POST CATASTROPHES (2011) : Inondations au Bénin, Rapport Final, 80 p.

63- SALEY M. B., KOUAMÉ F. K., PENVEN M. J., BIÉMI J. & KOUADIO H. B. (2005) : Cartographie des zones à risque d'inondation dans la région semi-montagneuse à l'ouest de la Côte d'Ivoire : Apports des MNA et de l'imagerie satellitaire, Télédétection, Vol. 5, n°(1-2-3), © 2005, Contemporary Publishing International, CURAT/Université de Cocody, COSTEL/Université de Rennes, Publié sous l'enseigne Éditions Scientifiques GB, pp 53-67.

64- SCARWELL H. & LAGANIER R. (2004) : Risque d'inondation et aménagement durable des territoires, PUF, Paris, 238 p.

65- SDAC-Covè (2012), PAGEFCOM, 100 p.

66- SDAC-Zagnanado (2012), PAGEFCOM, 100 p.

67- SDAC-Ouinhi (2012), PAGEFCOM, 96 p.

68- SOSSOU-AGBO A. L.(2013) : La mobilité des populations dans le complexe fluvio-lagunaire de la basse vallée de l'Ouémé au Bénin, en Afrique de l'Ouest, Thèse, Université d'Abomey-Calavi, 356 p.

69- SOSSOU-AGBO A. L.(2013) : Impacts socio-economiques des crues de 2010 dans le Delta de l'Ouémé au benin, XXVI ème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Universté d'Abomey-Calavi, pp 487-492.

70- TCHEOUBI, H. (2006) : Dynamique hydro-sédimentaire et écologique du lac Sélé, Mémoire de maîtrise de géographie, UAC/FLASH/DGAT, 100 p.

71- TOSSA A. (1995) : Les facteurs climatiques des inondations au Bénin, Mémoire de maîtrise, DGAT/FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 112 p.

72- TOSSA J. (2007) : Impacts des crues de l'Ouémé sur les activités rurales dans la Commune des Aguégues, DGAT/FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 97 p.

73- WALLEZ L. (2010) : Inondations dans les villes d'Afrique de l'Ouest : Diagnostic et éléments de renforcement des capacités d'adaptation dans le Grand Cotonou, Maitrise en Environnement, Universite de Sherbrooke, Document pdf, 90 p.

74-WINOGRAD, M. (2006) : Concepts, cadres et méthodologies pour évaluer la vulnérabilité et les stratégies d'adaptation, Enda, CIAT. 32 p.

75- WOKOU G. (2009) : Agriculture et environnement sur le plateau d'Agonlin : Systèmes cultureux et mutations environnementales, UAC/FLASH/EDP, Abomey-Calavi, 92 p.

76- YABI B., AFOUDA F., BOKO M. (2010) : Recherche sur les années pluviométriques extrêmes dans le centre du Bénin (Afrique de l'ouest). Climat et Développement, N°10, LACEEDE/DGAT/FLASH/UAC, Abomey-Calavi, 130 p.

77- ZIMMERLI P. : (2003) : Catastrophes naturelles et réassurance, Compagnie Suisse de Réassurances, 47 p.

Sites internet

www.statistiques.equipement.gouv.fr/IMG), 2008.

(<http://www.cypres.org>), 2008.

Dictionnaire de l'environnement et du développement durable (2010), www.actu-environnement.com/ae/.../definition/zone_inondable, consulté le 20/04/2009 à 14h09.

RFI (2009) : Journal, [http : // www.rfi.fr](http://www.rfi.fr), 22 Octobre 2009.

PAKLINA N. (2003) : (www.medias.cnrs.fr/bibliomerc), consulté le 20/04/ 2009 à 14h26. (<http://www.cypres.org>), 5 Décembre 2010.

<http://vertigo.revues.org/>, 26 Juillet 2012.

<http://vertigo.revues.org/>, 17 Mai 2013.

[http : //hdl.handle.net/2268/17768](http://hdl.handle.net/2268/17768), le 11 Septembre 2013.

[http :// www.geoecotrop.be/uploads/publications/pub_291_363677.pdf](http://www.geoecotrop.be/uploads/publications/pub_291_363677.pdf), le 27 Octobre 2013.

Images Aster GDEM de résolution 30 m, <http://asterweb.jpl.nasa.gov>, consulté le 13 Janvier 2014 à 13h58.

AKAKPO D., R. (2011) : Caractérisation agro-morphologique des écotypes de riz (*oryza spp*) du Bénin, Université d'Abomey Calavi, <http://www.memoireonline.com>, consulté le 14/02/2014 à 16h41.

Annexes

Questionnaire

Groupes cibles : Ménages, ménages agricoles, agriculteurs, pêcheurs, éleveurs et quelques personnes ressources ?

A- Facteurs des inondations et définition des zones inondables

A0- Quelles sont les facteurs des inondations dans votre Arrondissement/Localité ?

- a- Précipitations b- Crues c- Activités d- Autres causes rurales

A1- Présentez-nous les zones de cultures inondables, du moins vulnérables au plus vulnérables ?

A2- Les zones inondables correspondent-elles aux zones agricoles ?

- a- Oui b- Non c- Autres réponses

A3- Toutes les zones inondables sont-elles exploitées ?

- a- Oui b- Non c- Autres réponses

A4- Comment appréciez-vous l'importance des inondations intervenues en 2009 et 2010 ?

- a- Faible b- Moyen c- Fort d- Très fort

A5- Aviez-vous connu une fois les inondations observées en 2010 ?

- a- Oui b- Non

A6- Quelles sont les autres années de fortes inondations que vous aviez connues ?

B- Vulnérabilité de la production agricole face aux inondations

B0- Quels sont les principaux facteurs de vulnérabilité de la production agricole ?

- a- Précipitations b- Crues Etat de conservation des récoltes ou autres

B1- Comment évolue le calendrier agricole par rapport aux précipitations et aux crues ?

B2- Comment démarrent les Précipitations depuis les trois dernières décennies ?

- a- Précocement b- Tardivement c- Normalement

B3- Y-a-il des crues précoces ?

B4- Quelles sont les principales cultures de votre Commune ?

Manioc Niébé Ighname Tomate Maïs Riz Piment Arachide Autres

B5- Quelles sont les cultures les plus vulnérables ?

B6- Quelle est la culture la plus vulnérable ?

B7- Quelles sont les caractéristiques physiologiques de chaque culture et leur cycle ?

B8- Quelles sont les différentes variétés de cultures les plus vulnérables ?

B9- Existe-t-il des variétés de cultures à cycle court ?

a- Oui

b- Non

B10- Quelles les différentes proportions de superficies de cultures inondées ?

B11- Quelles sont les pertes financières enregistrées par hectares de cultures ?

B12- Comment conservez-vous vos stocks de récoltes ?

B13- Quelle est l'importance des impacts des inondations sur vos revenus agricoles ?

a- Faible

b- Moyenne

c- Forte

d- Très forte

B14- Arrivez-vous à payer régulièrement vos recettes fiscale ?

a- Oui

b- Non

B15- Ces saisons agricoles se déroulent-elles de la même façon qu'auparavant ?

Oui

Non

B16- Quelles sont en moyenne les superficies de votre champ envahies par les eaux d'inondation chaque année ?

Superficie 0,5 ha 1 ha 1,5 ha 2 ha + 2 ha

Oui/Non

B17- Existe-t-il des pertes en semences ?

B18- Quelles sont vos sources d'approvisionnement en semences ?

B19- Vos semences sont-elles certifiées ?

B20- Quelles sont les autres facteurs de vulnérabilité de la production agricole ?

C- Stratégies de prévention de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations

C0- Quelles sont les stratégies que vous développez en cas d'inondation des champs ?

C1- Quelles sont les mesures apportées par les autorités administratives en cas d'inondation des champs ?

C2- Selon vous, quelles mesures peut-on prendre pour limiter les dégâts dans les champs si les inondations venaient à se répéter ?

C3- Existe-t-il un système d'alerte des crues ?

C4- Quelles sont les stratégies de gestion intégrée des crues en "Pays Agonlin" ?

C5- Comment percevez-vous les inondations exceptionnelles ou extrêmes ?

C6- Quelle est leur fréquence d'apparition ?

Liste des tableaux

Tableau I : Centres de documentation visités	20
Tableau II : Echantillonnage des ménages et individus interrogés	22
Tableau III : Caractéristiques physiologiques optimales de certaines cultures	24
Tableau IV : Superficie de quelques unités d'occupation du sol en 1995	36
Tableau V : Superficie de quelques unités d'occupation du sol en 2010	38
Tableau VI : Vulnérabilité du Plateau d'Agonlin aux inondations	41
Tableau VII : Caractéristiques physiologiques optimales de quelques cultures	45
Tableau VIII : Années excédentaires ou exceptionnelles, moyennes et déficitaires de 1968-2012	48
Tableau IX : Variables explicatives de la VPI	52
Tableau X : Résultats des CD issus de l'analyse de régression de la VPI	53
Tableau XI : Vulnérabilité socioéconomique des acteurs agricoles sur le Plateau d'Agonlin...	60
Tableau XII : Barème d'évaluation des inondations dans les Communes de Covè Zagnanado et Ouinhi	61
Tableau XIII : Matrice de sensibilité aux inondations dans la Commune de Covè	61
Tableau XIV : Matrice de sensibilité aux inondations dans la Commune de Covè	62
Tableau XV : Matrice de sensibilité aux inondations dans la Commune de Covè	62
Tableau XVI: Années exceptionnelles et extrêmes en précipitations de 1968 à 2010 ...	68

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique des Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi	27
Figure 2 : Unités pédologiques du Plateau d'Agonlin	29
Figure 3 : Evolution des précipitations annuelles de 1968 à 2012	31
Figure 4 : Evolution des populations d'Agonlin de 2002 à 2013	33
Figure 5 : Importance des populations agricoles par rapport à la population totale de chacune des Communes du plateau d'Agonlin	33
Figure 6 : Occupation du sol dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, en 1995	35
Figure 7 : Occupation du sol dans les Communes de Covè, Zagnanado et Ouinhi, en 2010	37
Figure 8 : Représentation du Modèle Numérique de Terrain du Plateau d'Agonlin	40

Figure 9 : Régime pluvio-hydrologique du fleuve Ouémé et calendrier agricole dans les Communes de Zagnanado et Ouinhi	43
Figure 10 : Régime pluvio-hydrologique de la rivière Zou et calendrier agricole à Domè (Covè).....	43
Figure 11 : Evolution des hauteurs maximales mensuelles de pluies et des débits extrêmes mensuelles de l’Ouémé, adaptés au cycle végétatif du maïs.....	46
Figure 12 : Evolution des réalisations de la culture du manioc sur le plateau d’Agonlin dans le Département du Zou	47
Figure 13 : Evolution des hauteurs maximales mensuelles de pluies et des débits extrêmes mensuels de l’Ouémé et cycle végétatif du manioc de 180 jours	49
Figure 14 : Evolution des réalisations de la culture du riz sur le plateau d’Agonlin dans le Département du Zou.....	50
Figure 15 : Production du riz de 2007 à 2010, à Covè, Zagnanado et Ouinhi	50
Figure 16: Production du maïs à Covè, Zagnanado et Ouinhi, de 2007 à 2010	56
Figure 17 : Modèle de Gestion Intégrée des Crues et de réduction la vulnérabilité de la production agricole aux inondations issues des crues de l’Ouémé et Zou, sur le plateau d’Agonlin	71
Liste des photos	
Photo 1 : <i>Cyanotis Lanata</i>	30
Photo 2 : Vue sur le débordement des eaux des crues en furie	44
Photo 3 : Champ de maïs et de manioc inondé.....	44
Photo 4 : Champ de riz inondé à Zagnanado	54
Photo 5 : Inondation du périmètre rizicole de Koussin	54
Photo 6 : Champ de culture inondé.....	54
Photo 7 : Quelques formations végétales envahies par les crues.....	55
Photo 8 : Palmeraie sous les eaux dans un champ de culture	55
Photo 9 : Séance d’ouverture de drain à Gogbo	64
Photo 10 : Drainage de l’eau d’un champ de maïs inondé à Dannon.....	64
Liste des planches	
Planche 1 : Vues des inondations issues des crues à Zagnanado.....	44
Planche 2 : Champs de riz inondés à Covè et Zagnanado	54
Planche 3 : Quelques formations végétales envahies par les eaux de crue	55
Planche 4 : Drainage des eaux de crues	6

Table des matières

Dédicace.....	3
Liste des sigles et abréviations.....	4
Remerciements.....	5
Résumé/Abstract.....	6
Introduction.....	7
Chapitre I : Cadre théorique et Démarche méthodologique de recherche	9
1.1- Cadre théorique.....	9
1.1.1- Problématique.....	9
1.1.1.1- Hypothèses de recherche	12
1.1.1.2- Objectifs de l'étude.....	12
1.1.2- Revue de littérature.....	12
1.1.2.1- Clarification des concepts.....	12
1.1.2.2- Revue de littérature.....	16
1.2- Démarche méthodologique de recherche	19
1.2.1- Données utilisées	19
1.2.2- Méthodes	20
1.2.2.1- Recherche documentaire	20
1.2.2.2- Travaux de terrain.....	21
1.2.3- Traitement et analyse des données	23
Chapitre II : Vulnérabilité de la production agricole aux inondations.....	26
2.1- Facteurs géographiques du milieu d'étude.	26
2.1.1- Facteurs naturels	31
2.1.1.1- Facteurs géomorphologiques et pédologiques	31
2.1.1.2- Facteurs hydro-climatiques.....	31
2.1.2- Facteurs humains	32
2.2- Identification des zones inondables.....	34
2.2.1- Dynamique de l'occupation du sol et de l'utilisation des terres.....	34
2.2.2- Identification des zones inondables ou espaces agricoles vulnérables	39
2.3- Facteurs de vulnérabilité de la production agricole aux inondations	42
2.3.1- Facteurs climatiques et calendrier agricole	42
2.3.2- Vulnérabilité des cultures aux précipitations et aux crues.....	44
2.3.3- Vulnérabilité des récoltes.....	53
2.4- Impacts des inondations sur la production agricole	55
2.4.1- Impacts des inondations sur les formations végétales.....	55
2.4.2- Impacts économique des inondations sur la production agricole.....	56
Chapitre III : Synthèse de l'évaluation de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations et stratégies de prévention.....	58
3.1- Synthèse de l'évaluation de la vulnérabilité de la production agricole aux inondations.....	58
3.2- Stratégies d'adaptation des populations agricoles.....	63
3.2.1- Stratégies d'adaptation à court et à moyen terme.....	63
3.2.2- Stratégies préventives et proactives des populations.....	65
3.3- Stratégies de prévention des inondations à long terme	66

3.3.1- Mesures préventives à long terme	66
3.3.2- Méthode de prévision des inondations futures	67
3.3.3- Modèle de Gestion Intégrée des Crues (GIC)	70
3.4- Limites de l'étude	74
Conclusion et perspectives	76
Bibliographie	81
Annexes.....	88
Questionnaire	88
Liste des tableaux.....	90
Liste des figures	90
Liste des photos.....	91
Liste des planches	91