

**IMPACTS DU CREDIT AGRICOLE ET DE
L'IRRIGATION SUR L'AGRICULTURE DANS LE
CONTEXTE DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE: CAS
DU BASSIN VERSANT DE TEWI**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER SPECIALISE EN GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU (GIRE)**

Présenté et soutenu publiquement le 22 Septembre 2011 par

Faouziath MAMA A.

Travaux dirigés par : **Dr Bruno BARBIER** Enseignant, Chercheur CIRAD/Zie
UTER GVEA

Ir. Saïd K. HOUNKPONOU, agroéconomiste

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Dr. Harouna KARAMBIRI**

Membres et correcteurs : **Dr .Bruno BARBIER**

Ir. TAZEN FOWE

Promotion [2010/2011]

DEDICACE :

A **DIEU**, celui qui fait MISERICORDE, le MISERICORDIEUX,

A mon **père** et à ma **mère** pour l'amour et le sacrifice dont ils ont fait preuve tout au long de ma formation et qui continuent encore ; ceci est le couronnement de vos efforts,

A mes **frères** et **sœurs** pour l'amour dont ils m'ont entouré et qui continue encore,

A mon **frère** Mohamed Kowiyou que DIEU n'a pas compté parmi ceux qui verront cette œuvre,

A Ismaël SOUNKERE pour la compréhension et le soutien.

REMERCIEMENTS :

Mes sincères remerciements vont à l'endroit de :

Mes superviseurs le Dr. Bruno BARBIER, agroéconomiste au CIRAD en poste au 2^{ie} et l'Ir. Saïd K. HOUNKPONOU, Agroéconomiste, Directeur Exécutif d'IDID-ONG qui malgré leurs multiples préoccupations n'ont ménagé aucun effort pour contribuer à la qualité scientifique de ce travail.

Mr CHABI Adéyèmi, chargé de recherche à IDID-ONG pour son aide et sa disponibilité.

Projet (PRECAB) exécuté par IDID-ONG, financé par le centre de recherche pour le développement international (CRDI) et sous lequel cette étude a été appuyée.

Mr ABOUDOU Bio Iréné, Directeur Général de l'ONASA (Cotonou), pour ses conseils, dons et soutien.

Mr Prospère Agossou SAGBO, Ir. Agro-aménagiste en service à la direction du génie rural (Porto-Novo).

Mr AGBADJAGAN Janvier, Ir. Agro-météorologiste en service à l'ASECNA (Cotonou).

Mr AVOSSE Damien, Ir. Statisticien à l'ASECNA (Cotonou).

Tous les professeurs du 2^{ie}E, en particulier à ceux du Master GIRE pour nous avoir bien formés.

Mrs. AKIBOU M. Bassit, ADEOTI Aziz et DEDJILA Florent.

Tout le personnel du CeCPA Dassa-Zoumè et d'IDID-ONG pour la collaboration et l'ambiance de travail offerte.

Tous les amis du 2^{ie} Ouagadougou en particulier à ceux de la promotion GIRE 2010-2011.

Table des matières :

DEDICACE :	ii
REMERCIEMENTS :	iii
LISTE DES ABREVIATIONS :	vi
LISTE DES FIGURES :	vii
LISTE DES TABLEAUX :	viii
LISTES DES ANNEXES :	viii
RESUME :	ix
ABSTRACT:	x
INTRODUCTION GENERALE	2
I.1 Introduction :	2
I.2 Problématique :	3
I.3 Objectifs de l'étude:	5
I.3.1 Objectif général :	5
I.3.2 Objectifs spécifiques.....	5
II. REVUE DE LITTERATURE	6
II.1 Définition des concepts	6
II.2 Variabilité climatique : causes et conséquences :	6
III. MATERIELS ET METHODES	10
III.1 Matériels.....	10
III.1.1 Démarche de l'étude	10
III.1.2 Choix de la zone d'étude :	10
III.1.3 Présentation de la zone d'étude :	11
III.1.4 Matériels de collecte :	16
III.2 Méthodes :	17
III.2.1 Echantillonnage :	17
III.2.2 Collecte des données :	18
III.2.3 Traitement et Analyse des données :	19
III.2.4 Les paramètres indispensables du modèle :	21
III.2.5 Les équations du modèle :	25
III.2.6 Calage et validation du modèle :	27
III.2.7 Les scénarios de simulation.....	27

IV.	Résultats et discussion :	28
IV.1	Résultats :	28
IV.2	Discussion	33
V.	CONCLUSION :	35
VI.	RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES :	36
VII.	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :	38
VIII.	ANNEXES :	41

LISTE DES ABREVIATIONS :

- ASECNA:** Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar
- CARDER:** Centre d'Action Régional pour le Développement Rural
- CCNUCC:** Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
- CeCPA :** Centre Communal pour la Promotion Agricole
- CEP :** Champs Ecoles Paysans
- CRA :** Centre de Recherche Agricole
- FAO:** Food and Agriculture Organisation
- GAMS:** General Algebraic Modeling System
- GES:** Gaz à Effet de Serre
- GIEC:** Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat
- ha :** Hectare
- IDID-ONG:** Initiatives pour un Développement Intégré Durable-Organisation Non Gouvernementale
- IGN:** Institut Géographique National
- IMF:** Institution de Micro Finance
- INRAB :** Institut National de Recherches Agricoles du Bénin
- MAEP:** Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche
- MEPN:** Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature
- OCDE:** Organisation de Coopération et de Développement Economique
- OMD:** Objectif du Millénaire pour le Développement
- ONASA:** Office Nationale de la Sécurité Alimentaire
- PANA:** Programme d'Action National aux fins de l'Adaptation aux changements climatiques
- PARBCC:** Projet de renforcement des capacités d'Adaptation des acteurs Ruraux Béninois face aux Changements Climatiques
- PRECAB :** Projet de Renforcement des connaissances Economiques et de la Capacité d'Adaptation aux Changements Climatiques au Bénin
- RGPH3:** 3ème Recensement Général de la Population et de l'Habitat

LISTE DES FIGURES :

Figure N°1 : Situation géographique du bassin de Tèwi (zone d'étude).....	12
Figure N°2 : Pluviométrie en (mm) en 2002 de la commune de Dassa-Zoumè.....	13
Figure N° 3: Allocation des terres suivant les scénarios	28
Figure N° 4: Revenu monétaire suivant les types d'années par scénario	29
Figure N°5 : Revenu moyen du bassin par scénario.....	30
Figure N° 6: Valeur marginale de la main d'œuvre par scénario en fonction des périodes	31
Figure N° 7: Valeur marginale du capital par scénario en fonction des périodes.....	32
Figure N° 8: Niveau de crédit par scénario en fonction des périodes	32

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau N°1 : Répartition proportionnelle de la taille de l'échantillon	18
Tableau N°2 : Choix des activités du modèle.....	21
Tableau N°3 : Rendements des cultures en fonction de la pluviométrie	21
Tableau N°4 : Prix des différentes cultures en 2011 dans la zone d'étude	22
Tableau N°5 : Superficie des terres.....	23
Tableau N°6 : Contraintes techniques liées à la production d'un hectare de culture (d'après ADIDEHOU, 2004).....	23
Tableau N° 7 : Coût de production moyen par hectare	24
Tableau N°8 : Probabilité d'occurrence des types d'années	24

LISTES DES ANNEXES :

Annexes N°1 : Carte d'occupation du sol.....	41
Annexes N°2 : Carte pédologique de la zone d'étude	42
Annexes N°3 : Guide d'entretien	43
Annexes N°4 : Données pluviométriques de 1980-2010	51

RESUME :

La variabilité climatique constitue de nos jours, l'une des problématiques cruciales pour le développement auxquelles le monde se trouve confronté. L'agriculture béninoise, base de l'économie nationale, subit déjà les effets négatifs de la variation du climat. C'est un handicap pour le développement de l'agriculture qui reste largement pluviale. L'irrigation se présente bien comme une solution pour valoriser la ressource en eau au Bénin, afin de faire face à la variabilité climatique. Mais sans crédit agricole cette solution n'atteindra pas les objectifs escomptés. Pour cela une simulation prenant en compte la pratique de l'irrigation et la possibilité de crédit agricole est faite. La présente étude a porté sur les effets de la variabilité du climat sur le revenu agricole global du bassin versant de Tèwi dans le département des collines (centre du Bénin). Elle s'est principalement intéressée à la sécurisation du revenu global dans le bassin dans le contexte actuel de la variabilité climatique. Des simulations faites à partir d'un modèle bioéconomique ont révélé l'impact de la pratique d'une irrigation sur le revenu des producteurs. Ce modèle est élaboré sous le langage GAMS à partir des paramètres climatiques, agro-économiques, pédologiques. Les résultats d'enquêtes ont révélé que l'absence de crédit agricole constitue un handicap pour la production, et donc aussi pour le revenu des producteurs.

Les résultats de simulation montrent une vulnérabilité des producteurs face à la variabilité du climat. Dans le scénario1, le revenu moyen du bassin est de 14 563 959 422 FCFA. La main d'œuvre et le capital limitent la production avec respectivement une valeur marginale de 4 477FCFA par jour et 2,15FCFA. Dans le scénario2, le revenu moyen croît de 9%, la main d'œuvre et le capital limitent la production avec respectivement une valeur marginale de 4 758FCFA par jour et 0,24FCFA. Dans le scénario3, le revenu moyen croît de 9% par rapport au scénario1, la main d'œuvre limite la production avec une valeur marginale de 4 477FCFA par jour. Dans le scénario4, le revenu moyen croît de 15% par rapport au scénario1, la main d'œuvre limite la production avec une valeur marginale de 4 758FCFA par jour.

Mots clés :

Variabilité climatique, modèle bioéconomique, revenu moyen, irrigation, crédit.

ABSTRACT:

Climate variability is today one of the central issues of world development. Agriculture in Benin, the basis of the national economy, is already feeling the negative effects of climate change. It is a handicap for the development of agriculture which remains largely rainfed. Irrigation looks like a good solution to enhance water resources in Benin, in order to cope with climate variability. But without agricultural credit this solution will not reach the expected objectives. For this simulation takes into account the practice of irrigation and the possibility of agricultural credit. The present study looks at the effects of climate variability on the overall farm income in the TEWI Watershed in the department of the *collines* (central Benin). We were mainly interested in securing the overall income in the basin in the current context of climate variability. Simulations made from a bioeconomic model showed the impact of the practice of irrigation on the producers' income. This model was developed in the GAMS language with climatic parameters and agro-economic data. The survey results revealed that the lack of agricultural credit is a handicap for the production, and for the income of producers.

Simulations results show that farmers are vulnerable to climate variability. In scenario1, the average income of the basin is 14.5 billion CFA francs. Labor limits the production. The marginal value of labor is 4 477 FCFA per day. Capital limits also the production. Marginal value is 2,15 FCFA per FCFA. In scénario2, the average income grew by 9%, labor and capital limit production with a marginal value of respectively 4 758FCFA per day and 0.24 FCFA. In scénario3, the average income grew by 9% compared to scenario1; labor limited production with a marginal value of 4 477 FCFA day per day. In scénario4, the average income grew by 15% compared to scenario1; labor limited production with a marginal value of 4 758FCFA day per day.

Keywords:

Climate variability, bio-economic model, average income, irrigation, credit.

INTRODUCTION GENERALE

I.1 Introduction :

La variabilité climatique constitue de nos jours, l'une des problématiques cruciales pour le développement auxquelles le monde se trouve confronté. Ce phénomène augmente le nombre de personnes menacées par la faim et rend encore plus incertaine la possibilité de réduire la proportion de personnes qui vivent en situation d'extrême pauvreté (FIDA, 2008). D'après le quatrième rapport d'évaluation du Groupe Intergouvernemental des experts sur l'Evolution du Climat (GIEC) publié en 2007, les communautés pauvres seront les plus vulnérables du fait de leurs capacités d'adaptation limitées et leur grande dépendance de ressources à forte sensibilité climatique, telles que les ressources en eau et les systèmes de production agricole. L'Afrique, communauté pauvre, doit renforcer ses capacités d'adaptation qui sont une condition préalable à l'atteinte du premier Objectif du Millénaire pour le Développement (OMD) selon le FIDA (FIDA, 2008).

L'Afrique de l'Ouest, une des régions les plus pauvres du continent (FIDA, 2008) n'est pas en marge des conséquences de la variation du climat observé de nos jours. Le Programme d'Action National aux fins de l'Adaptation aux changements climatiques (PANA) du Bénin rédigé en 2008, confirme cette idée « Le système climatique planétaire dans lequel s'inscrit l'Afrique de l'Ouest, et le Bénin en particulier, subit des modifications à grande échelle qui restent amplifiées par les facteurs naturels et anthropiques tant régionaux, que locaux. »

L'agriculture béninoise, base de l'économie nationale, avec une contribution de 36% au PIB (Atlas du monde, 2006) et employant 70% de la population (MEPN, 2008), subit déjà les effets négatifs de la variation du climat. Ceci constitue un handicap pour le développement de l'agriculture qui reste largement pluviale.

Dans ce contexte, des études doivent être menées pour comprendre l'impact du phénomène sur l'activité agricole en général, et sur le revenu des producteurs en particulier, afin que des solutions adéquates soient trouvées pour renforcer la capacité des producteurs face aux effets néfastes de la variabilité climatique. C'est dans cette logique que la présente étude intitulée « *Impacts du crédit agricole et de l'irrigation sur l'agriculture dans le contexte de la variabilité climatique : cas du bassin versant de Tèwi* » a été initiée dans le département des collines (centre du Bénin) et plus précisément dans la commune de Dassa-zoumè.

I.2 Problématique :

Les changements climatiques constituent aujourd'hui une menace potentiellement majeure pour l'environnement et le développement durable (MEPN, 2008). Il faut noter que les changements (le décalage des saisons, l'augmentation de la température, les inondations et les sécheresses récurrentes, l'élévation du niveau des mers et la modification des hauteurs des précipitations) ne se manifestent pas de la même manière d'une région à une autre à l'échelle terrestre. Ceci se confirme par ces propos « Si les effets de l'évolution du climat risquent d'être néfastes dans de nombreuses régions, et parfois irréversibles, ils pourraient s'avérer bénéfiques ailleurs » (GIEC, 1997).

En terme de perspective, le climat va devenir à la fois plus pluvieux et plus sec. A l'horizon 2020, 75 à 250 millions de personnes en Afrique seront exposées à une pénurie d'eau du fait du changement climatique (MEPN, 2008). Alors, la gestion des ressources en eau, à l'intérieur des pays et entre les pays deviendrait difficile, surtout au niveau des pays dont les pratiques agricoles sont tributaires des pluies.

Les problèmes auxquels sont confrontés les agriculteurs sont nombreux, si l'on considère l'impact de la variabilité climatique sur les précipitations, les températures et la lumière solaire, qui sont les principaux facteurs déterminant la production agricole. La variabilité climatique peut modifier ces facteurs et compromettre gravement la disponibilité en eau, réduire la productivité agricole et provoquer des inondations dues à la hausse du niveau de la mer et même à des précipitations plus importantes. La variabilité climatique est déjà la principale cause des fluctuations d'une année sur l'autre de la production agricole, tant dans les pays développés que dans les pays en développement, où elle atteindra en moyenne 10% selon une étude de la FAO (1996). La réduction projetée de 2 à 3% de la production céréalière de l'Afrique d'ici 2020 suffirait à mettre en danger la vie de 10 millions de personnes. Ces conséquences exigeraient des efforts d'adaptation dont des populations ayant à peine accès aux ressources ou aux économies nécessaires ne seront probablement pas capables de fournir. Les perturbations climatiques se ressentent au Bénin depuis les années 1960. Elles se manifestent par une réduction d'amplitude annuelle moyenne des hauteurs totales de pluies, l'intensification de la sécheresse et l'accroissement de la température. Les paramètres agro-climatiques subissent ces variations et ceci représente une contrainte pour l'agriculture. Des

travaux de Boko (1988), Afouda (1990), Houndénou (1999) et de Ogouwalé (2004), on retient que la nuisance pluviométrique, la réduction de la durée de la saison agricole, la persistance des anomalies, la hausse des températures minimales, caractérisent désormais les climats du Bénin et modifient les régimes pluviométriques et les systèmes de production agricoles.

Par ailleurs, l'agriculture dans le département des Collines, dans ses environs et même dans toute la République du Bénin est principalement dépendante de la pluviosité qui reste le paramètre le plus variable au cours de l'année, d'une année à une autre et aussi d'un lieu à un autre. La pluviosité est donc la cause importante de la réussite ou de l'échec des cultures (MAVINGA.H et KHASA.D, 1998). La dépendance du secteur agricole béninois vis-à-vis des scénarii climatiques entraîne de lourds impacts du fait de la variabilité climatique enregistrée depuis quelques décennies. DAKUO (1997), est arrivé à la conclusion que les semis tardifs essentiellement dus à la variabilité du climat réduisent considérablement les productions agricoles.

Les ouvrages de rétention d'eau peuvent être une solution pour pallier aux semis tardifs. Mais on constate avec regret, que le Bénin ne dispose aujourd'hui que de (196) petits barrages à usage agropastoral sur toute l'étendue de son territoire (Direction générale de l'eau, 2008). De cet état des lieux, il découle que la production agricole dépend fortement des tendances pluvieuses et que les infrastructures existantes sont bien loin de permettre une production suffisante pour couvrir les besoins annuels du Bénin. Les producteurs sont sujets chaque année à des incertitudes sur l'intensité et la répartition spatio-temporelle des pluies. Ces utilisateurs cherchent à connaître les dates (même probables) du début et de la fin des pluies pour mieux planifier les campagnes agricoles.

Plusieurs recherches à travers le monde et en particulier au Bénin sont effectuées sur les impacts de la variabilité climatique. Nombre d'entre elles aboutissent à des options d'adaptation pour en réduire les impacts sur les différents secteurs de développement. La présente étude, s'appuie sur un modèle mathématique formulé sur la base des paramètres agro-climatiques et économiques, pour proposer des solutions aux producteurs dans le contexte actuel de la variabilité climatique dans l'optique d'une maximisation de leur revenu. Cette étude intitulée : « impacts du crédit agricole et de l'irrigation sur l'agriculture dans le contexte de la variabilité climatique: cas du bassin versant de Tèwi » essaie d'apporter des réponses aux principales questions suivantes :

- Quel est l'impact de la variation du climat sur le revenu dans le bassin versant de Tèwi ?
- Une retenue d'eau aiderait-elle les producteurs dans leurs activités agricoles ?
- le crédit agricole permettra-t-il l'essor de l'irrigation ?

I.3 Objectifs de l'étude:

I.3.1 Objectif général :

L'objectif général de cette étude est d'identifier et d'analyser les aspects d'une solution permettant aux producteurs de faire face à la variabilité climatique dans le centre du Bénin.

I.3.2 Objectifs spécifiques :

De cet objectif général, découlent les objectifs spécifiques ci-après :

- Etudier l'impact de la variabilité climatique sur le revenu des producteurs dans le bassin versant,
- Analyser les atouts du crédit agricole dans la zone d'étude,
- Analyser la possibilité de développer l'irrigation dans la zone d'étude.

II. REVUE DE LITTÉRATURE:

II.1 Définition des concepts :

Impacts : Du latin *impactus*, selon le dictionnaire le robert de poche le mot « impact » signifie une collision de deux ou plusieurs corps. Effet produit par une action. Baker (2000) dit que l'impact est la transcription d'un évènement sur une échelle de valeur. L'impact est le croisement entre l'effet (à long terme) et la sensibilité de la composante de touchée par le projet. Dans le cadre de cette étude, nous retenons la définition de Baker.

Variabilité climatique : la notion de variabilité climatique désigne la modification ou variation significative du climat, qu'elle soit naturelle ou due aux facteurs d'origine anthropique (Niasse, Afouda, et Amani, 2004). La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique ou à des variations du forçage externe anthropique. Son degré peut être décrit par les différences entre les valeurs moyennes à long terme des paramètres climatiques (pluie, température, humidité, durée des saisons) et des valeurs observées prises à différentes échelles temporelles et spatiales. Mais dans cette étude, la variabilité climatique se limitera à la variabilité pluviométrique, dans le souci d'une simplification du modèle.

Modélisation bioéconomique : elle sous-entend une optimisation centrée, basée sur la programmation mathématique, d'une fonction « objectif » de plusieurs variables en présence des différentes contraintes qui s'appliquent aux producteurs.

Bassin versant : Selon LUKANDA (2005), le bassin-versant représente, en principe, l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets. Plus précisément, le bassin versant est une surface élémentaire hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section appelée l'exutoire.

II.2 Variabilité climatique : causes et conséquences :

Selon le dictionnaire PETIT ROBERT, le climat est l'ensemble des circonstances atmosphériques et météorologiques propres à une région du globe. Lacoste et Salanon (1969) le définissent comme étant la composante déterminante de la distribution des organismes vivants et le facteur primordial influant l'activité des biocénoses. Wane (2009) a restreint le climat à une donnée fondamentale des ressources naturelles. De nombreux phénomènes

contribuent à la caractérisation du climat d'une région. Selon Labrousse (2006), le climat résulte d'une combinaison de trois phénomènes : la répartition sur le globe de l'énergie reçue du soleil, la manière dont l'atmosphère et l'océan redistribuent l'énergie reçue, l'intensité de l'absorption par l'atmosphère du rayonnement infrarouge émis vers le ciel par la surface de la terre (effet de serre). La détermination du climat est effectuée à l'aide de moyennes établies à partir de mesures statistiques, mensuelles et annuelles, ainsi que sur des données atmosphériques locales : température, précipitations, ensoleillement, humidité, vitesse du vent. Dans ces conditions lorsque l'on parle de modification du climat, (Labrousse, 2006) explique que c'est l'évolution de l'ensemble de ces paramètres, la température moyenne n'étant que l'un d'entre eux. Selon le quatrième rapport du GIEC 2007, il est sûr que notre climat est en train de changer à cause de l'homme. L'effet de serre n'est plus seulement naturel. La concentration des GES (gaz à effet de serre) a fortement augmenté avec l'industrialisation due à une évolution importante de la consommation d'énergie et des émissions de grande ampleur. Aujourd'hui on trouve 380 parties par million en volume (1 ppm en volume = 0.0001%) dans l'atmosphère, alors qu'on comptait seulement 286 ppm en 1850 et 280 ppm en 1750 (Lippert, 2007). Le CO₂ est responsable d'environ 47% de l'effet de serre additionnel, donc d'origine humaine. Son stock atmosphérique selon (Lundstrom, et al. 2006 et Denhez, 2005 : cité par Lippert, 2007) a augmenté de 36% depuis 1850. Evidemment, ces augmentations en quantité des GES ont des conséquences sur la température moyenne globale qui a augmenté de 0,9°C depuis 1860 (Seiler W. In Frey Th., 2006 : cité par Lippert, 2007). La hausse est particulièrement marquée sur le centre de l'Amérique du Nord, le nord-est de l'Europe et l'est de l'Eurasie, mais moins importante dans la zone tropicale (Norrant, 2007). Ceci signifie que l'augmentation moyenne observée à l'échelle planétaire est à nuancer dans l'espace, car elle ne représente pas parfaitement l'évolution thermique de chaque région du globe, puisqu'il existe des différences aux échelles spatiales plus restreintes. D'autres paramètres climatiques peuvent également refléter la modification du climat global qui est en train de se produire, les plus visibles sont entre autres les précipitations. Cependant, tout comme les températures, les variations des précipitations masquent de fortes disparités locales (Norrant, 2007).

Le bilan scientifique dressé par les experts du groupe intergouvernemental d'expert sur l'évolution du climat, conclut à l'existence d'une quantité croissante d'indices témoignant d'un réchauffement de la planète et d'autres modifications. En effet, il est coutumier d'entendre, lorsque se produisent des événements extrêmes, qu'il est encore trop tôt pour les imputer au

changement climatique, et qu'il est plus prudent à l'heure actuelle de les considérer comme de la variabilité interannuelle naturelle au climat (Norrant, 2007). Selon la Convention-cadre, le terme « variabilité climatique » désigne les changements climatiques d'origine naturelle. Pour le commun des mortels, la modification du climat n'est plus une chimère. La variabilité climatique dont les causes sont difficiles à cerner, peut se manifester par de longues périodes de sécheresse avec pour conséquences des effets négatifs sur les activités socio-économiques, l'environnement et les ressources en eau. Une tendance à la baisse de la pluviométrie a été observée en Afrique de l'ouest à partir de la fin des années 60 et au début des années 70 jusqu'au début de la décennie 90 (Hubert et *al.*, 1989 ; Mahé et Olivry, 1995 ; Bricquet et *al.*, 1997 ; Servat et *al.*, 1999). Ce phénomène n'est pas sans conséquences sur l'écosystème.

De nombreuses régions d'Afrique ressentent déjà les effets (inondations, érosion des sols, désertification, sécheresses et mauvaises récoltes) des phénomènes climatiques extrêmes et les populations y sont vulnérables. Dans les régions à ressources économiques restreintes, notamment le désert du Sahara, le Sahel et la région subhumide du Soudan, l'imprévisibilité des précipitations pose de très sérieuses menaces à la sécurité alimentaire et les manques de pluies entraînent des crises alimentaires localisées et générales chaque année (de Bruijn et van Dijk, non daté). Kaere (2009), confirme ces informations dans le Sahara, plus précisément en Afrique sub-saharienne, région qui a connu lors des deux dernières décennies deux grandes sécheresses (1969-1973 et 1983- 1985), et où la variabilité peut atteindre 40 à 80%. Cette situation a un impact considérable sur la production céréalière basée essentiellement sur une agriculture de type pluvial. D'après Dembélé (2001), l'incidence de la variabilité climatique en Afrique sub-saharienne peut être mesurée sachant que la production agricole contribue à hauteur de 90% aux besoins alimentaires et que la production céréalière brute interannuelle dans le Sahel fluctue en moyenne de 20% depuis la fin des années 80 (OCDE, 2006 ; cité par Kaere, 2009).

Au Sénégal, d'après les études menées par Khouma (2009), l'agriculture se caractérise par la grande variabilité de ses productions, liée principalement aux variabilités spatiale et temporelle de la pluviométrie.

L'augmentation de la pluviométrie n'est pas à exclure des manifestations de la variabilité climatique. Dans les années 2008, la saison des pluies s'est manifestée avec des pluies excédentaires sur pratiquement toute l'étendue du Sahel. Les pluies hors saison peuvent aussi

détériorer la qualité du grain et de la paille, comme ce fut le cas au mois de janvier 2002 au Sénégal (Khouma, 2009).

Depuis 1988, plusieurs chercheurs ont largement mené des études sur les implications agricoles de la vulnérabilité climatique au Bénin. Selon les études menées par (Ogouwalé, Boko et Nanasta, 2009), c'est la forte variabilité de la pluviométrie et les différents contrastes saisonniers caractérisant le climat qui déterminent l'évolution des rendements agricoles dans les différentes régions agricoles du Bénin. Ces mêmes auteurs signalent à partir des simulations faites, une diminution des hauteurs de précipitations, notamment pendant la première saison agricole, à l'horizon 2050 dans le Bénin méridional, une augmentation de la température de 1,8°C entre juillet et novembre et de 2,5°C en avril. Face à ces perturbations, une augmentation de l'évapotranspiration potentielle sera évidente et ceci se traduira par une vulnérabilité des cultures.

Selon la FAO (1997), le climat a donc une incidence directe sur la sécurité alimentaire, car des fluctuations à court ou à long terme de la variabilité ou changement climatique peuvent avoir des effets extrêmes sur la production agricole, faisant chuter les rendements des cultures et contraignant les agriculteurs d'adopter de nouvelles pratiques culturales en réponse aux modifications des conditions atmosphériques. La variabilité des précipitations, est le principal facteur à l'origine de la variabilité de la production agricole et par conséquent l'un des principaux facteurs expliquant le manque de sécurité alimentaire (FAO, 1997). Dans les conditions climatiques de 2050, les résultats de la modélisation (Ogouwalé, Boko et Nanasta, 2009) attestent la vulnérabilité agricole du Bénin méridional.

L'analyse des rendements simulés, comparés à ceux observés dans le Bénin méridional sur la période allant de 1983 à 2002 indique ainsi une réduction des rendements dans le contexte d'un changement climatique pour tous les scénarios utilisés. Les principales cultures (manioc, maïs, arachide, riz) connaîtront des baisses globales comprises entre 12 et 20% dans le scénario expérimental, 10 et 30% selon le scénario analogue sec, et entre 5 à 10% pour le scénario analogue humide.

Dans le monde, plusieurs travaux de recherche, thèses, mémoires, articles de haut niveau ont été déjà réalisés sur l'évolution du climat et ses conséquences sur les écosystèmes, les modes de vie, la santé des populations et en particulier sur l'agriculture objet de la présente étude.

La FAO quant à elle œuvre pour la réduction de l'impact de la variabilité ou du changement climatique sur la sécurité alimentaire, en encourageant une approche du développement agricole "sans regrets", avec des options qui augmentent l'efficacité et la flexibilité des méthodes agricoles dans les conditions actuelles, et qui seront aussi très utiles aux agriculteurs en cas de changement des conditions à long terme.

III. MATERIELS ET METHODES :

III.1 Matériels

III.1.1 Démarche de l'étude

Le présent mémoire est une étude organisée en trois grandes parties :

- Phase préparatoire : elle concerne toutes les activités menées avant la collecte des données. Il s'agit essentiellement de la revue documentaire, la rédaction du protocole de recherche et l'élaboration du guide d'entretien.
- La phase de la collecte des données : Elle est précédée d'une visite exploratoire qui consiste en la découverte du milieu d'étude. La collecte sera faite à base des questionnaires structurés, semi-structurés et organisée en plusieurs parties administrées au chef d'exploitation.
- La troisième phase concernera le traitement, l'analyse et la rédaction du mémoire.

III.1.2 Choix de la zone d'étude :

Le choix de la zone d'étude s'est fait en se basant sur plusieurs critères:

- le type de climat. Le département des Collines est une zone de transition entre les climats guinéen et soudanien ;
- la disponibilité de données secondaires (données pluviométriques, données pédologiques, rendements) ;
- l'agriculture comme principale activité des habitants de la commune de Dassa-Zoumè (département des collines) et en particulier ceux du bassin avec 62 % de sa superficie occupée par des cultures et des jachères (voir carte d'occupation du sol en Annexes N°1) ;

- la diversité des cultures pratiquées (céréales, légumineuses, tubercules, cultures maraîchères et textiles) ;
- le nombre de villages dans la commune, bassin versant presque entièrement situé dans la commune et comptant un nombre important de villages. (voir Figure N°1 ci - dessous)

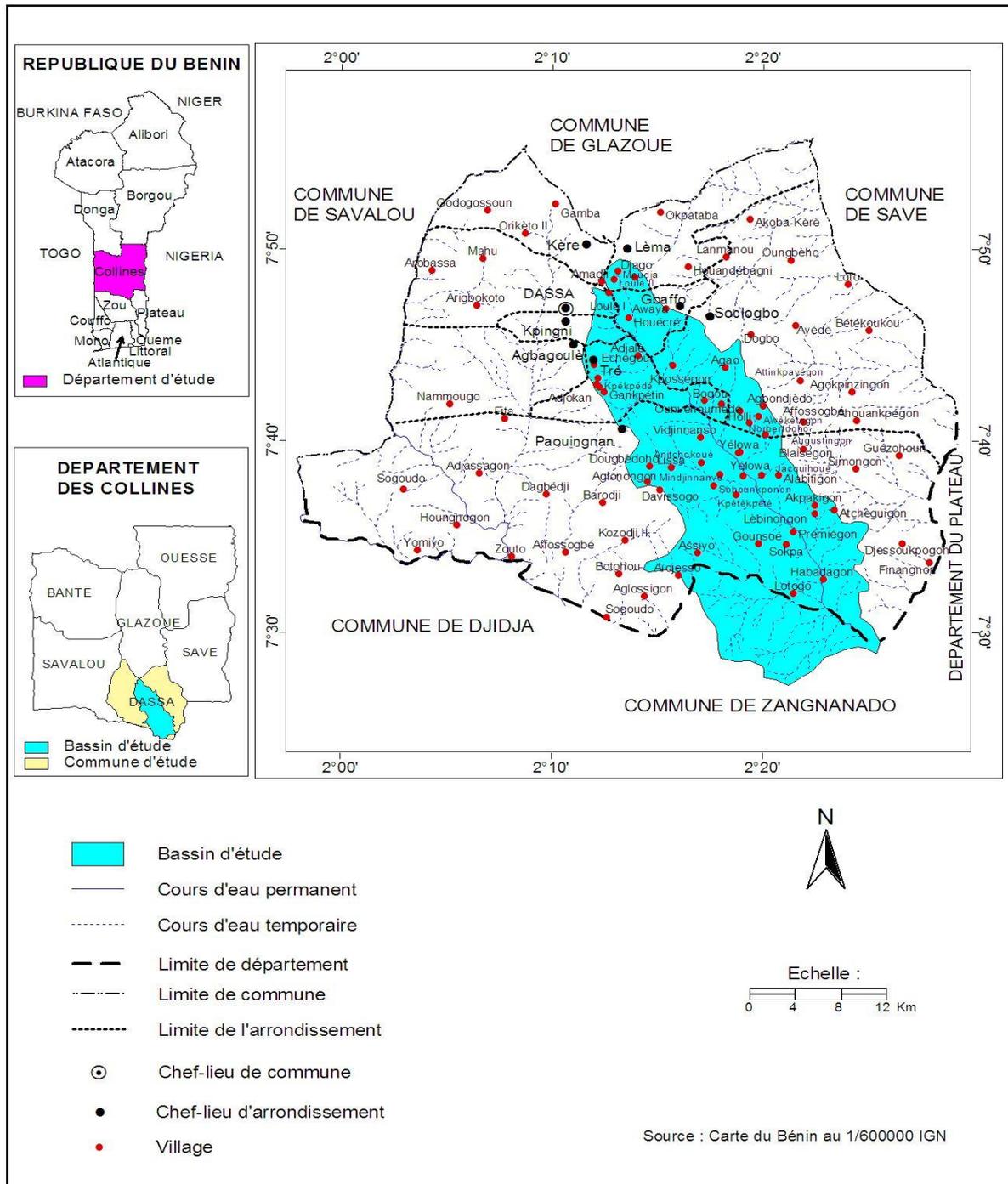
III.1.3 Présentation de la zone d'étude :

III.1.3.1 Milieu physique :

- ***Situation géographique :***

La présente étude a été effectuée dans le bassin de Tèwi, bassin situé dans la commune de Dassa-Zoumè, Département des Collines du Bénin. Le département des Collines est situé au centre du Bénin. La Commune de Dassa-Zoumè est une des six Communes du département des Collines, avec une superficie de 1711 km² elle représente 1,52% de la superficie totale du territoire national (Mairie de Dassa-Zoumè, 2011). Elle est limitée au Nord par la commune de Glazoué, au Sud par les communes de Zagnanado et Djidja, à l'Est par les communes de Savè, de Kétou (département du plateau), à l'Ouest par la commune de Savalou (Figure N°1 : Situation géographique du bassin de Tèwi). Avec une superficie de 456 km² soit 25.9 % de la commune, le bassin versant est situé entre, 7°30 et 7°50 de latitude Nord, 2°10 et 2°25 de longitude Est.

Figure N°1 : Situation géographique du bassin de Tèwi (zone d'étude)



- **Climat:**

Il varie avec la latitude : de type subéquatorial depuis la côte jusqu'au 7^{ème} parallèle, il devient soudano-guinéen entre le 7^{ème} et le 9^{ème} parallèle, puis soudanien au nord du 9^{ème} parallèle (Adjanooun, 1968). Le climat de la zone d'étude est de type soudano-guinéen. Considéré comme région de transition entre le climat guinéen et le climat soudanien (Boko, 1988 ; Bokonon-Ganta, 1987 ; Afouda, 1990), le milieu d'étude a un régime pluviométrique à cheval sur celui de la distribution bimodale du sud et celui de la transition uni modale du Nord. La pluviométrie moyenne annuelle oscille autour de 1100mm. La pluviométrie est parfois accentuée par le micro climat qui y règne.

Les températures extrêmes montent parfois jusqu'à 38°C. Les faibles températures sont souvent observées pendant la nuit en période d'harmattan (Décembre-Janvier). La période la plus chaude se situe entre les mois de Février et de Mars. Les écarts thermiques varient de 11°C à 13°C. La pluviométrie de l'année 2002 (Figure N°2) révèle une légère variabilité. Le pic pluviométrique est obtenu en juillet avec une hauteur de 250.1 mm de pluie.

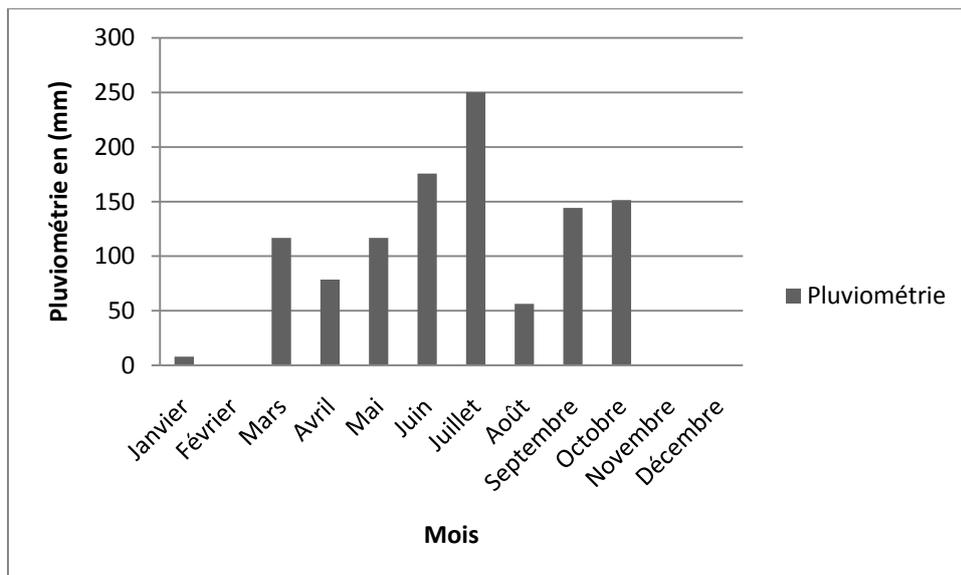


Figure N°2 : Pluviométrie en (mm) en 2002 de la commune de Dassa-Zoumè

Source : Données ASECNA

- **Relief:**

La Commune de Dassa présente un relief très accidenté caractérisé par une série de collines dénudées dont la dénivellation moyenne est de 200 m. On y distingue aussi des inselbergs, une série de croupes de petites dépressions allongées, légèrement inclinées vers le sud. La

forme des collines varie d'un endroit à un autre. Quelques sommets isolés se dressent sur la surface dont ceux de Loulè, Ouissi, Lèma. Ces morceaux cristallins se présentent parfois sous forme de pic. On en rencontre encore à Igbo Idaasha et dans les villages de Kèrè, Itagui et Itéré. Parfois, ils ont les sommets arrondis ou étalés et sont recouverts de végétation par endroit.

Le point culminant dans la Commune se situe au niveau du village Tangbé sur le chaînon granitique (465m). Les flans des inselbergs sont de fortes pentes (40 à 80%) et leurs contrebas sont jonchés de gros blocs éboulés (Mairie Dassa-Zoumè, 2011).

- **Sols et Végétation :**

Le milieu d'étude est caractérisé par des sols ferrugineux en général. Les sols hydromorphes se rencontrent dans les zones basses comme les bas-fonds et certaines dépressions (voir Annexes N°2).

Le type de climat en combinaison avec les conditions pédologiques et hydrographiques favorise la mise en place d'une végétation naturelle. Elle se caractérise par une pénéplaine couverte de savane arborée et arbustive dégradées par endroit, des plantations, des champs, des jachères et quelques galeries forestières le long des cours d'eaux (*Acacia pennata*). Celle du bassin s'inscrit globalement dans le même type. Les principales essences recensées dans le milieu sont : *Adansonia digitata* (baobab), *Parkia biglobosa* (nééré), *Anogeisus leiocarpus*, *Daniellia oliveri* (copalier africain), *Prosopis africana* (*Prosopis*), *Pterocarpus erinaceus* (Santal), *Vitex doniana*.

Le tapis herbacé est bien représenté avec des espèces comme *hyparrhenia* sp, *Andropogon* sp, *Pennisetum pedicellatum*, *securinega virosa*, sur les versants et les sommets, *Tallia welwichii*, *Ludwigia* sp, *Ludwigia suffricosa* dans les bas-fonds.

- **Hydrographie :**

Sur le plan hydrologique, le département des collines dispose des cours d'eau à régime tropical avec une seule période de crue allant d'Août à Octobre. Outre l'Ouémé le plus grand fleuve du pays qui constitue la limite Est de la commune de Dassa, elle est drainée par la Beffa et le Zou à l'Ouest et l'Okpara à l'Est. A ces principaux cours d'eau, il faut ajouter les grandes rivières telles que : Agbado, Toumi. Dans la zone d'étude une grande rivière caractérise le réseau hydrographique. Il s'agit de Tèwi d'une longueur de 45 km, qui se jette dans le cours moyen de l'Ouémé. Sa période correspond à la saison des pluies (Mars-

Octobre) car alimenté par les eaux de pluie alors qu'elle s'assèche en saison sèche (Novembre-Février). Avec un régime irrégulier et essentiellement pluvial, il est drainé par des ruisseaux du premier, du deuxième et du troisième ordre.

III.1.3.2 Contexte humain :

- ***Démographie* :**

Selon les résultats du RGPH3 réalisé en 2002, la population de la commune de Dassa est de 93.967 habitants, soit 17,5% de la population du département des Collines et celle de la zone d'étude 19232 habitants. Avec 3.4% comme taux annuel de croissance de la population, la population du bassin en 2011 est de 25985 habitants. La population de la commune est à 75.45% rurale. De même, la population du bassin de Tèwi est essentiellement rurale et pratique comme activité principale l'agriculture, dont elle tire à plus de 92% son revenu (CARDER, 1997). Comme autres activités, la population pratique le petit élevage (volailles, caprins, ovins et porcins), alors que les grands troupeaux de bovins sont gardés par les peuhl sédentarisés ou transhumants.

Les ethnies majoritaires sont les Idaatcha et Mahi auxquelles il faut ajouter les Fon, les Adja, les Peuhl, les Yoruba, les Yom-Lokpa, etc.

- ***Agriculture* :**

La production agricole dans la commune de Dassa-Zoumè est dominée par les cultures vivrières (céréales et tubercules) et les cultures de rente (anacarde, arachide, coton etc.). Elle occupe environ 70% de la population active. En termes de potentialités, la commune dispose d'une importante superficie de terres cultivables (environ 128.519 ha) et de bas-fonds aménageables estimée à 1000 ha. Le bilan hydrique et la texture des sols sont favorables à l'agriculture. En outre, la position géographique du chef-lieu facilite l'écoulement d'une part importante de la production agricole locale. L'agriculture est traditionnelle, extensive et caractérisée par de faibles rendements. Les outils largement utilisés sont rudimentaires avec une timide introduction ces dernières années d'engins agricoles. Les techniques culturales pratiquées sont la culture itinérante sur brulis, l'assolement, la jachère et la rotation.

➤ Les contraintes de l'agriculture dans la commune d'étude

Les principaux problèmes de la commune dans le domaine agricole sont : la baisse de la fertilité des sols, l'insuffisance de l'encadrement technique, la non maîtrise de l'eau,

l'inadaptation à l'agriculture des produits financiers proposés par les IMF et la faible mécanisation, le caractère bimodal des précipitations autrefois observé s'estompe progressivement engendrant un climat à caractère unimodal marqué par des irrégularités dans le temps et dans l'espace, le système de production encore traditionnel chez beaucoup de producteurs.

- ***Elevage :***

L'élevage est encore de type traditionnel et est dominé par l'aviculture, l'élevage de petits ruminants, de caprins et de porcins. La cuniculture connaît également un essor ces dernières années. L'élevage de volailles et de petits ruminants est plus pratiqué par les femmes. Les hommes s'adonnent plus à l'élevage des bovins.

En ce qui concerne le bétail, le pâturage naturel constitue la source principale d'alimentation. Il est très abondant en saison des pluies, mais devient rare en saison sèche. L'abreuvement des bêtes est assuré par les marigots, les mares, les cours d'eau. L'inexistence de couloirs de passage, de zones délimitées de pâturage et la transhumance occasionnent souvent des conflits entre agriculteurs et éleveurs.

III.1.4 Matériels de collecte :

Les matériels ou outils utilisés lors de cette étude sont les suivants :

- un guide d'entretien qui fournit les données primaires
- les données existantes qui constituent les données secondaires
- une carte pédologique, feuille d'Abomey au 1/200000
- une carte de localisation de la zone d'étude, carte du Bénin au 1/600000 IGN
- une carte d'occupation du sol, image LANDSAT TM 2008
- le logiciel de traitement Microsoft Office Excel
- le logiciel de système d'information géographique Arcview.

Les données secondaires prennent en compte les cartes pédologiques, de localisation et d'occupation du sol, les thèses et mémoires, les données pluviométriques fournies par l'ASECNA (voir Annexes N°4), les données sur les superficies emblavées et les productions pour différentes campagnes depuis 1998 à nos jours, mis à disposition par le MAEP.

III.2 Méthodes :

III.2.1 Echantillonnage :

La superposition de la carte topographique à celle du bassin a permis d'identifier les villages se trouvant dans le bassin. Pour mieux représenter l'univers des villages, les villages ont été choisis sur le côté Ouest et Est. En tenant compte des conditions socioculturelles, les villages choisis pour l'étude sont ceux des ethnies majoritaires (Idaatcha, Mahi, Fon). Pour la représentativité de l'échantillon, le choix des villages s'est fait en amont, en aval et à la médiane du bassin. Le choix des enquêtés est fait en fonction de leur capacité à faire de la polyculture.

- *Taille de l'échantillon*

Dans le cadre d'échantillonnage avec une méthode aléatoire, plus la taille de l'échantillon est grande, plus l'analyse sera précise. De ce fait la détermination de la taille de l'échantillon est donc une étape importante avant toute enquête, qui est l'occasion d'arrêter la précision de l'analyse souvent fonction du budget alloué et du temps imparti pour l'étude. La taille N_i de l'échantillon se calcule ici à partir de la formule suivante :

$$N_i = \frac{t^2 \times p(1 - p)}{e^2}$$

avec :

t: *niveau de confiance déduit du taux de confiance*

(*t* = 1,96 pour un taux de confiance de 95%)

p: *pourcentage de producteurs dans les villages sélectionnés par rapport au nombre total de producteurs dans le bassin qui est de 9324 (source: CeCPA Dassa – Zoumè)*

(*p* = 0.0857)

e: *marge d'erreur (traditionnellement fixé à 5%)*

$N_i = 121$ producteurs, soit 15.14% des producteurs dans les villages sélectionnés.

Compte tenu des difficultés de terrain et des moyens financiers disponibles, la taille de l'échantillon est réduite à $N_i = 61$ soit 7.63% des producteurs dans les villages sélectionnés.

En fonction de la taille N_i de l'échantillon, une répartition proportionnelle au poids de chaque village (voir tableau N°1) en utilisant la formule suivante a été faite :

$$\frac{n_i}{n} = \frac{N_i}{N} \text{ avec:}$$

n_i : Le poids du village dans l'échantillon, c'est-à-dire le nombre d'individu à interroger dans le village

n : Le nombre de producteurs dans le village

N_i : La taille de l'échantillon de la zone d'étude

N : Le nombre total de producteurs dans les villages sélectionnés

Tableau N°1 : Répartition proportionnelle de la taille de l'échantillon

Villages sélectionnés	Ethnie	Nbre de Producteurs (N)	Le poids du village (n_i)
Lissa	Fon	150	11
Gounsoé	Mahi	200	15
Gankpétin	Mahi	183	14
Akpakigon	Fon	60	5
Loulè I	Idaatcha	56	4
Agao	idaatcha	150	11
Total	–	799	61

Source : Résultats d'enquêtes et calcul de l'auteur

III.2.2 Collecte des données :

Les données exploitées sont collectées des sources primaires et secondaires. Les données primaires concernent le guide d'entretien (voir Annexes N°3). Il est administré tôt le matin ou tard le soir aux producteurs ciblés individuellement. Les entretiens ont été structurés, semi-structurés et organisés en trois parties à savoir :

- Analyse de la performance économique de l'exploitation
 - l'identification de l'exploitation qui regroupe les informations sur le chef d'exploitation
 - le capital de l'exploitation (inventaire des moyens matériels, de la main d'œuvre familiale)
 - les systèmes de cultures et les superficies cultivables (différentes cultures, superficies emblavées, productions, statut foncier des terres, intrants agricoles)
- Main d'œuvre utilisée qui permettra d'estimer les charges salariales

- la gestion des ressources naturelles de l'exploitation.

III.2.3 Traitement et Analyse des données :

Avant la saisie des données, un premier contrôle préliminaire a été effectué pour corriger les erreurs d'enregistrement. La base de données est ensuite créée dans un classeur du logiciel Excel où les données sont saisies. Après la saisie, une seconde étape d'élimination des erreurs issues de la collecte des données et de la saisie à l'ordinateur a été effectuée.

L'élimination des erreurs issues de la collecte des données est faite à partir de la représentation graphique des données avec le logiciel Excel. A partir de la nouvelle série obtenue, on détermine la moyenne qui reste un paramètre.

Ces paramètres déterminés ont permis de procéder à des simulations sur le fonctionnement du bassin à l'aide de la programmation mathématique. La programmation mathématique est une technique permettant de représenter le fonctionnement d'une exploitation agricole, en réaction à un ensemble de contraintes. Cette technique permet, en outre, de prendre en compte simultanément des informations relatives à la production, au prix et à la politique agricole (Vayssière et al, 2009).

L'objectif de cette programmation (modélisation) est de simuler le fonctionnement agricole du bassin sur la base de la maximisation de son revenu global.

III.2.3.1 Le modèle bioéconomique :

La modélisation est la représentation théorique d'un système d'éléments et de relations plus ou moins complexes.

Le modèle bioéconomique est un modèle d'optimisation centrée, basée sur la programmation mathématique, permettant de maximiser dans le présent document le revenu en tenant compte des différentes contraintes qui s'appliquent aux producteurs. Le point fort de cette approche est de représenter précisément la complexité productive de l'exploitation agricole. Le caractère centré du modèle sous-entend l'unicité de la fonction « objectif ».

Le modèle est constitué de trois éléments de base : n variables non négatives, m contraintes d'égalité ou d'inégalité et une fonction objectif à optimiser et les variables de coût ou de profit associées à chaque variable présente dans la contrainte (GUERET et al. 2000 : cité par FLICHMAN et al. 2001).

La modélisation bioéconomique est un couplage d'un modèle agronomique et d'un modèle économique où les fonctions de productions sont largement étudiées. L'idée de ce couplage des modèles est proposée par FLICHMAN (1986) et par JACQUET et FLICHMAN (1988).

III.2.3.2 Choix du logiciel :

La programmation est une technique largement utilisée de nos jours. Par conséquent il existe une multitude de logiciels permettant la résolution des modèles de programmations mathématiques, mais ces logiciels possèdent chacun des caractéristiques propres.

GAMS, General Algebraic Modeling System, est un logiciel qui a été élaboré par Meerhaus, Kendrick et Brooke dans le but de faciliter la formulation de modèles de programmation mathématique. La particularité des modèles écrits sur GAMS vient du fait qu'ils représentent des alternatives et contraintes productives dans le but d'optimiser un objectif. GAMS augmente le temps disponible pour conceptualiser et faire tourner le modèle, ainsi que pour analyser les résultats. Le langage GAMS est semblable aux langages de programmation mathématique, donc il est familier à ceux qui ont une expérience en programmation. L'utilisation de ce logiciel est simple car il permet de formuler les modèles sous forme d'équations algébriques en mettant en relation les différentes variables ou coefficients techniques. Cependant, il exige de la part de l'utilisateur un investissement pour la compréhension du langage ainsi que de la logique de mise en cohérence des données.

III.2.3.3 Formulation du modèle :

Il est statique et linéaire. Les raisons du choix d'un modèle de programmation linéaire plutôt qu'un modèle non linéaire sont celles énumérées par Onyeuwuekou, cité par Dissou (1986). En effet,

- Le modèle linéaire, en raison de sa simplicité est tout indiqué pour une analyse de simulation qui doit être la plus simple possible ;
- Dans un milieu où, aucune étude régionale précise n'a été effectuée dans ce sens, l'utilisation d'un modèle linéaire constitue une première démarche d'analyse ;
- Les données requises par le modèle linéaire sont plus simples à obtenir.

Le modèle est un excellent outil de décision, dans la mesure où il révèle le comportement des producteurs du bassin à chaque simulation. Le modèle une fois construit peut jouer un rôle de miroir renvoyant aux producteurs une image des activités à l'échelle du bassin et améliorant la connaissance qu'ils ont de leur situation.

III.2.4 Les paramètres indispensables du modèle :

❖ Les activités du modèle

Quatorze activités sont retenues dans le cadre de l'élaboration du modèle. Ces activités correspondent aux cultures susceptibles d'être mises en place par les producteurs. Ces activités sont résumées dans le tableau N°2 ci-dessous.

Tableau N°2 : Choix des activités du modèle

Cultures 1ère saison	Activités	Cultures 2ème saison	Activités	Cultures de contre saison	Activités
mais	mais1	mais	mais2	riz	riz3
manioc	manioc1	manioc	manioc2	tomate	tomate
niébé	niebe1	niébé	niebe2		
arachide	arach1	arachide	arach2		
		soja	soj		
		coton	coton		
		riz	riz		
		riz	riz2		

❖ Les périodes d'activités du modèle

Conformément au calendrier agricole, deux périodes d'activités ont été retenues. Ce sont :

^(Fin) **Mars** - ^(fin) **Août** : correspondant à (p1) pour les activités de la 1^{ère} saison

^(Mi) **Juin** - ^(fin) **Novembre** : correspondant à (p2) pour les activités de la 2^{ème} saison.

La pratique de l'irrigation introduite se fera en (p3) c'est-à-dire de **Décembre - Mars**.

❖ Les rendements

Les rendements (Tableau N°3) dans le bassin versant de Tèwi sont très faibles, cela peut s'expliquer par les faibles apports d'intrants et l'appauvrissement des sols cause de leur surexploitation. Une fiche d'enquête a été élaborée pour la collecte de ces données. (Voir annexes N°3).

Tableau N°3 : Rendements des cultures en fonction de la pluviométrie

	Rendement des cultures (Kg/ha)								
	mais	manioc	arachide	niébé	soja	riz	coton	tomate	riz2, riz3
Bonne pluviométrie	1975	14558	960	515	795	3060	1370	3025	5000

pluviométrie moyenne	1760	10995	610	265	580	1640	1020	3025	5000
mauvaise pluviométrie	1430	5005	345	135	340	915	540	3025	5000

Source : Résultats d'enquête et données MAEP

❖ Les prix des cultures

Les prix des cultures ont parfois un impact sur les projets d'assolement des producteurs. Suite à une année où une spéculation a été payée à un prix élevé, les producteurs produisent plus que d'habitude cette dernière l'année suivante, ce qui fait chuter le prix. Une fiche d'enquête élaborée à cet effet (voir annexe N°3), nous permet d'avoir le récapitulatif ci-dessous.

Tableau N°4 : Prix des différentes cultures en 2011 dans la zone d'étude

	Période	maïs	manioc	arachide	niébé	soja	riz	coton	tomate
Prix (FCFA/kg)	Soudure	180	55	175	285	235	150	200	300
	Après récolte	115	40	100	260	130	100		300

Source : Résultats d'enquêtes et calculs de l'auteur

❖ Superficie des terres cultivables

La carte d'occupation de la zone d'étude réalisée à partir de l'image LANDSAT TM 2008 a permis de connaître la répartition spatiale du bassin (voir annexe N°1) et d'extraire la superficie des terres cultivables résumées dans le tableau ci-dessous.

Dans le bassin versant, la terre ne semble pas encore limiter la production agricole. Les modes d'accès à la terre rencontrés sont l'héritage et le don, ce qui montre que la terre ne se vend pas encore dans la zone. Le mode d'accès prépondérant d'après les résultats d'enquêtes est l'héritage avec un taux de 56.67%. La terre est donc ici un bien patrilinéaire qui se transmet de père en fils, mais on peut également en faire don contre les produits de récolte à d'autres personnes notamment les étrangers qui viennent s'installer dans la région.

Bien que la terre ne soit pas un facteur limitant de la production dans le village, les superficies emblavées sont limitées car elles dépendent de la main-d'œuvre disponible et du capital disponible.

Tableau N°5 : Superficie des terres

Types de sols	superficie (ha)
bas-fonds	1314
sols ferrugineux	28297
total	29611

Source : Résultats d'enquêtes et calcul de l'auteur

- les bas-fonds (baf) : ce sont des sols hydromorphes, ils sont les plus profonds. Ce sont des zones d'accumulation d'eau.
- les sols ferrugineux (ferr) : ils sont constitués en grande partie des sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris.

❖ Besoin en main d'œuvre pour chaque culture

Le besoin en travail varie pour les différentes cultures selon leurs exigences; le tableau N°6 ci-dessous donne ces temps pour le coton, le maïs, le manioc, le riz, le niébé, l'arachide et le soja. Il est exprimé en homme-jour/ha à raison de huit (08) heures de travail par jour. Les données sur ces temps de travail ont été obtenues à partir des travaux réalisés par ADIDEHOU en 2004.

Tableau N°6 : Contraintes techniques liées à la production d'un hectare de culture (d'après ADIDEHOU, 2004)

Spéculations	main-d'œuvre/ha	Spéculations	main-d'œuvre/ha
coton	112	arachide	62
maïs	62	manioc	100
soja	68	riz	100
niébé	53	riz2, riz3	150
tomate	230		

❖ Besoin en capital

Le coût de production est constitué des charges liées au matériel utilisable durant une campagne, c'est-à-dire les équipements renouvelables tous les ans (houe, daba, coupe-coupe), au coût des intrants (semence, engrais, insecticides) et à la rémunération de la main d'œuvre salariée. Selon ADIDEHOU (2004), le coût moyen par ha des outils par spéculation pour une campagne est estimé à 1.645 FCFA dans la zone d'étude.

Le coût des engrais est calculé pour les principales cultures qui en bénéficient (coton, maïs et riz) alors que le coût des insecticides est évalué pour le coton et le niébé. Le coût des

herbicides est évalué pour le coton et le riz. En ce qui concerne les semences elles sont gratuites pour le coton, pour le maïs la disponibilité en semence est faible au niveau du CeCPA donc les producteurs les achètent. Il faut noter que seul pour le coton les producteurs essaient de respecter les doses d'intrant. Cette situation s'explique par le fait que les intrants coton sont vendus à crédit, ce qui n'est pas le cas pour les autres spéculations pour lesquels les producteurs doivent payer au comptant les intrants.

Dans le cadre de la présente étude, nous n'avons pas retenu la main d'œuvre comme faisant partie du capital de production.

Tableau N° 7: Coût de production moyen par hectare

	coton	maïs	soja	niébé	arachide	manioc	tomate	riz
coûts des intrants	113400	14600	0	5400	0	0	100000	84600
coûts des outils	1645	1645	1645	1645	1645	1645	1645	1645
total	115045	16245	1645	7045	1645	1645	101645	86245

Source : Résultats d'enquêtes et calculs de l'auteur

❖ Probabilité d'occurrence des types d'année

Elle a été calculée pour les différents types d'année considérée à l'aide de la série pluviométrique sur la période (1980-2010) fournie par l'ASECNA (voir annexe N°4). Les années 2006,2007 ne sont pas considérées dans la série faute de manque de données sur toute l'année qui pourraient affecter les résultats ainsi que les années 1995,1996 où les données sont manquantes pour les mois de la saison pluvieuse.

La moyenne pluviométrique \bar{X} obtenue pour la période (1980-2010) est de 1106.71mm avec un écart-type σ de 215.49mm.

Dans cette étude, nous considérons comme années sèches, les années où la pluie annuelle est en dessous de $(\bar{X} - \sigma)$ et les années humides, les années où la pluie annuelle est au-dessus de $(\bar{X} + \sigma)$. Les années normales sont celles dont la pluie annuelle est comprise entre $[(\bar{X} - \sigma), (\bar{X} + \sigma)]$.

Tableau N°8 : Probabilité d'occurrence des types d'années

	Nbre	Prblité d'occurrence
année sèche "a1"	3	0.11
année normale "a2"	20	0.74

année humide "a3"	4	0.15
Total de la série	27	1.00

Source : calcul de l'auteur

III.2.5 Les équations du modèle :

La solution du modèle est obtenue en maximisant (ou en minimisant) une combinaison de certaines de ces variables, cette combinaison constitue la fonction objectif qui est l'expression de l'objectif principal du producteur (BARBIER et BENOÎT-CATTIN, 1997). Dans le présent travail, l'objectif principal est la maximisation du revenu global à l'échelle du bassin versant. Elle est exprimée dans le modèle par l'équation suivante :

$$Z = \sum_a prb(a) \times R(a)$$

avec

$prb(a)$: Probabilité d'occurrence des années

$$R(a) = \sum_{(pr,p)} VENTE(pr,p,a) * prx(pr,p) \\ - \sum_{(pr,p)} ACHAT(pr,p,a) * prx(pr,p3') \\ - \sum_{c,p} ncred(c,p) * i \\ - \sum_{(c,p,s)} bcap(c,p) * X(c,s) - \sum_{(c,s)} \$c1(c,red) * X(c,s)$$

$R(a)$: Revenu total en FCFA

$VENTE (pr,p,a)$: quantité vendue en kg ; $prx (pr, p)$: prix des produits en FCFA ; $ACHAT (pr,p,a)$: quantité de produits achetés en kg ; $ncred (p)$: crédit utilisé en FCFA ; i : taux d'intérêt ; $bcap (c, p)$: besoin en capital en FCFA ; $X(c,s)$: superficie des cultures en ha ; red : redevance d'eau d'irrigation en FCFA/ha

- La marge brute

Elle est exprimée dans le modèle par l'équation suivante :

$$mb(c,pr,p,a) = rdt(c,pr,p,a) \times prx(pr,p) - bcap(c,p)$$

mb : marge brute en FCFA, $rdt (c, pr, p, a)$: rendement des cultures kg/ha

- Les facteurs de productions

L'expérience a montré que c'est leur inventaire et leur traduction sous forme d'inéquations qui constituent les tâches les plus difficiles de la construction d'un programme linéaire en agriculture (Bousard, 1970). Les contraintes sont essentiellement celles de terres disponibles, de travail et de capital. Elles s'expriment dans le modèle par les inéquations suivantes :

- Contraintes de terre

$$\sum_c \text{def}(c, s, p) * X(c, s) \leq \text{ter}(s, p)$$

$X(c, p, s)$: Surface des cultures en ha

$\text{def}(c, p, s)$: Définition des cultures en fonction des sols et des périodes, $\text{ter}(p, s)$: Terre disponible en ha ; $\text{def1}(c, s)$: définition des cultures sur les sols

- Contraintes de la main d'œuvre

$$\sum_{c,s} \text{mo}(c, p) * X(c, s) < \text{coef} * \text{pop} * j(p)$$

$\text{mo}(c, p)$: Besoin en main d'œuvre en homme-jour/ha, pop : population totale du bassin

$j(p)$: Nbre de jours de travail disponible, $\text{coef} = 0,5$.

- Contraintes de capital

$$\sum_{c,s} X(c, s) * \text{bcap}(c, p) < \text{coef} * \text{pop} * \text{dcap} + \text{ncred}(c, p)$$

$\text{bcap}(c, p)$: Besoin en capital en FCFA , dcap : Capital disponible par individu du bassin FCFA , $\text{ncred}(c, p)$: Niveau de crédit utilisé, coef : coefficient des actifs de la population du bassin.

- Eau

$$\text{EAU1}(p) = \sum_{(c,s)} \text{beau}(c, p) * X(c, s)$$

EAU1 : volume d'eau utilisé pour l'irrigation, $\text{beau}(c, p)$: besoin en eau des cultures

$$\text{EAU1}(p) < \text{EAU2}(a) * \text{eff} * \text{év}$$

$\text{EAU2}(a)$: volume de la retenue en m^3 ; eff : efficacité d'irrigation; coefficient d'évaporation

$$\text{EAU2}(a) < \text{plm}(a) * \text{ke} * 10 * \text{sbass}$$

$\text{plm}(a)$: hauteur de pluie moyenne (mm) ; ke : coefficient d'écoulement ; sbass : surface du bassin

III.2.6 Calage et validation du modèle :

- **Calage**

C'est l'opération qui consiste à ajuster les valeurs des paramètres pour minimiser les erreurs de modélisation. Les équations tenant compte de la rotation du manioc ont été introduites pour la période p2 et p3 pour diminuer la superficie emblavée de manioc qui se révèle être une culture très rentable. Pour le maïs, le besoin en capital a été revu à la baisse. Ces deux modifications ont permis le calage du modèle.

- **Validation**

Après le calage, le modèle a été simulé avec les données recueillies sur le terrain. Les résultats de la simulation devraient être comparés aux réelles superficies emblavées par spéculation de la zone d'étude. De telles études n'ont pas été menées sur le bassin donc les données sur les superficies emblavées sont inexistantes. Néanmoins les résultats de simulation se rapprochent de ceux des enquêtes qui révèlent que les cultures principales sont le manioc, le maïs vient ensuite le niébé et l'arachide.

III.2.7 Les scénarios de simulation

- Scénario 1 ou scénario de base

Ce scénario constitue notre scénario de base, car s'approchant le plus de la réalité du terrain. Dans ce scénario, seule la production pluviale est prise en compte et le crédit lié à la culture du coton. Pour cette simulation des hypothèses ont été formulées :

- les types d'années et leur probabilité d'occurrence sont tels indiqués dans le tableau N°8
- pour les différents types d'années, les rendements des cultures tirés des résultats de nos enquêtes sont comme l'indique le tableau N°3.
- les prix des produits : ils dépendent des périodes de l'année. En période humide, les prix sont légèrement inférieurs à ceux de la période sèche. (voir tableau N°4).

- Scénario 2

Ce scénario prend en compte la production pluviale et le crédit agricole pour toutes les spéculations. Les hypothèses sont identiques à celles du scénario 1.

- Scénario3

Ce scénario prend en compte une double production agricole. La première en agriculture pluviale pendant l'hivernage et la seconde en période sèche grâce à l'irrigation. Les données suivantes ont été retenues :

- le coefficient d'écoulement de la zone d'étude : $ke=16.1\%$ (INRAB/ CRA-Agonkamey)
- l'efficacité de l'irrigation estimée à 75%

- Scénario4

Il prend en compte les scénarios 2 et 3 c'est-à-dire une double production et le crédit agricole.

IV. Résultats et discussion :

IV.1 Résultats :

- Allocations des terres

Les résultats issus des simulations se présentent comme suit :

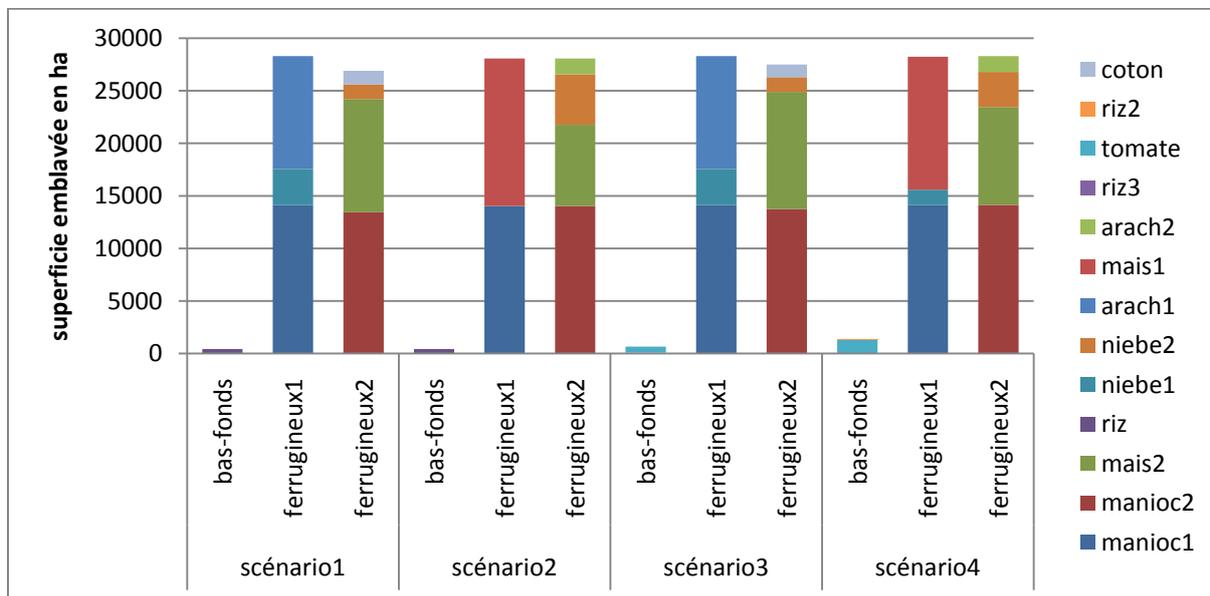


Figure N° 3: Allocation des terres suivant les scénarios

Dans les scénarios 1 et 2, les bas-fonds sont occupés à 32 % par le riz pluvial dans la seconde période, tandis que dans le scénario 3, ils sont occupés à 50% dans la 3^{ème} période par les cultures irriguées (riz3 et tomate). Ces bas-fonds sont entièrement exploités dans la 3^{ème} période par la culture de la tomate et à 6% par la culture du riz2 en p2, dans le scénario 4.

Dans les scénarios 1 et 3, les sols ferrugineux dans la première période sont occupés entièrement par la culture du manioc, du niébé et de l'arachide. Par contre dans le scénario2, les sols ferrugineux dans la première période sont exploités à 99% par le manioc et le maïs tandis que dans le scénario4, ils sont exploités par la culture du niébé, du maïs et du manioc à 99%.

Durant la seconde période, les sols ferrugineux sont exploités à 99% dans le scénario2 et entièrement dans le scénario4 par la culture du manioc, du maïs, du niébé et de l'arachide. Par contre dans le scénario1, les sols ferrugineux dans la seconde saison sont exploités à 95 % de leur superficie et à 97% dans le scénario3 par les cultures de manioc et de maïs et dans une moindre mesure par du coton et du niébé.

- Revenu monétaire

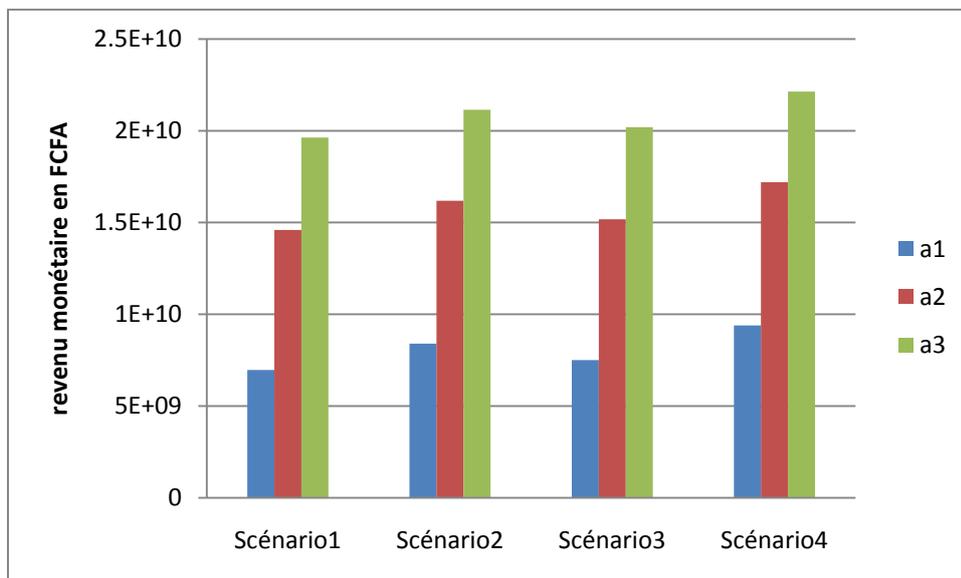


Figure N° 4: Revenu monétaire suivant les types d'années par scénario

Le revenu monétaire du bassin est positif même en année sèche. Ce qui explique l'autosuffisance alimentaire actuelle des habitants de la zone des Collines. Le revenu monétaire suivant les types d'années est proportionnel au surplus de production vendue. La variation observée au niveau des revenus est une conséquence du rendement des cultures qui est lui fonction du type de saison. En conclusion, il en découle que la variation du climat dans la zone d'étude a un effet sur le revenu des producteurs.

De l'analyse de cette figure, on conclue que :

- le revenu en année sèche augmente de 17% dans le scénario2, de 7% dans le scénario3 et de 26% dans le scénario4 par rapport au scénario1.
- le revenu en année normale augmente aussi de 10% dans le scénario2, de 3% dans le scénario3 et de 15% dans le scénario4 comparativement au scénario1.
- En année humide, l'augmentation est relativement faible par rapport au scénario1. Elle est de 7% dans le scénario2, de 3% dans le scénario3 et enfin de 11% dans le scénario4.
- Revenu moyen

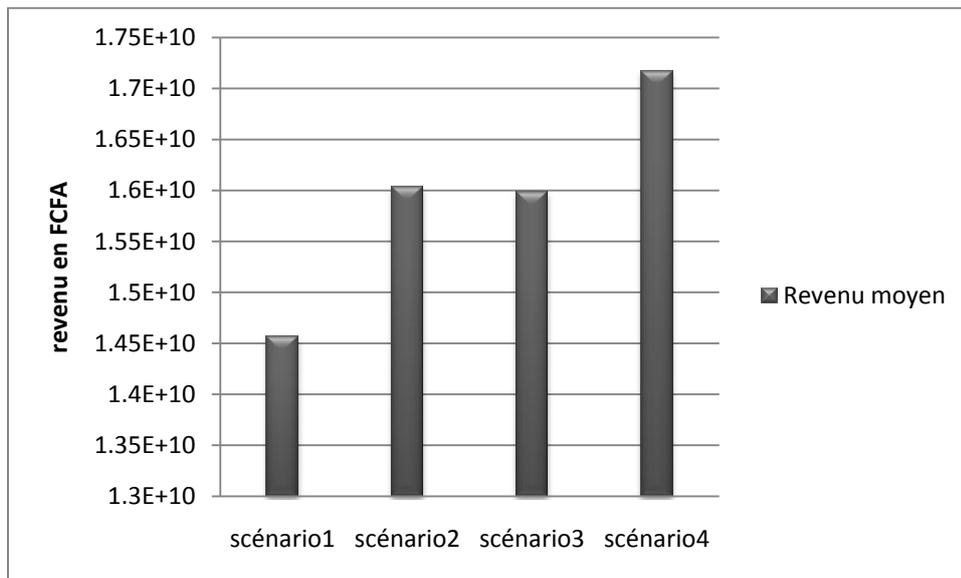


Figure N°5 : Revenu moyen du bassin par scénario

Dans le scénario1, le revenu moyen du bassin est de 14 563 959 422 FCFA. Il croît sensiblement de la même manière dans les scénarios 2 et 3. Par rapport au scénario1, le revenu moyen du bassin augmente de 9% dans les scénarios 2 et 3. Dans le scénario4, cette augmentation est de 15%.

- Valeur marginale
- ✓ main d'œuvre

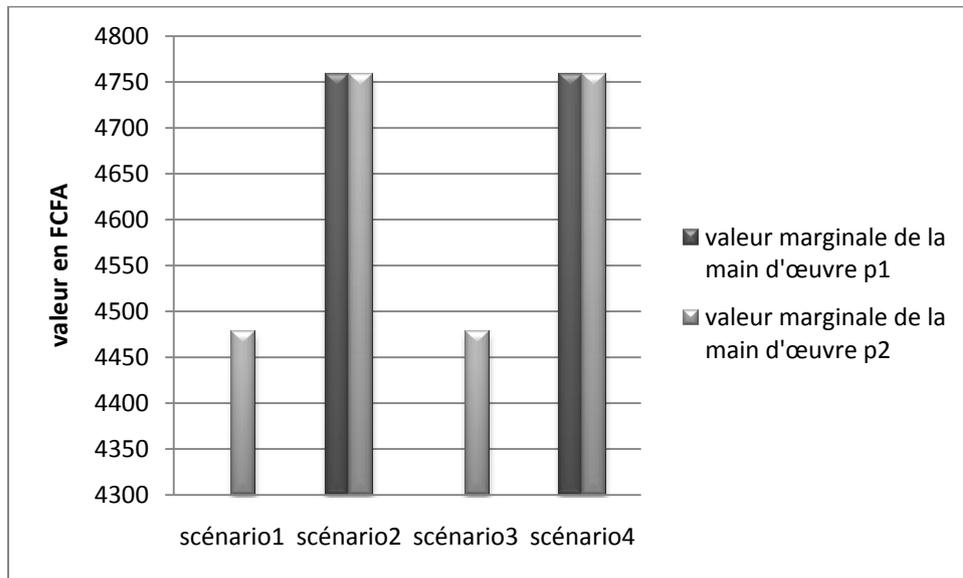


Figure N° 6: Valeur marginale de la main d'œuvre par scénario en fonction des périodes

La valeur marginale de la main d'œuvre estimée à 4 477FCFA par jour en p2 dans le scénario1 explique pourquoi les sols ferrugineux sont occupés à 95% et les bas-fonds à 32%. Cette valeur en p1 dans le scénario2 limite l'occupation des sols ferrugineux à 99%, en p2 la valeur marginale de la main d'œuvre explique l'occupation des bas-fonds à 32% et des sols ferrugineux à 99%. Dans le scénario3, la valeur marginale de la main d'œuvre estimée à 4 477FCFA par jour en p2 limite l'exploitation des sols ferrugineux à 97%. Dans le scénario4, la valeur marginale de la main d'œuvre élevée à 4750 FCFA par jour en p1 explique l'occupation des sols ferrugineux à 99%. De même cette valeur marginale en p2 du scénario4 limite l'exploitation des bas-fonds à 6% et des sols ferrugineux à 99%.

✓ Capital

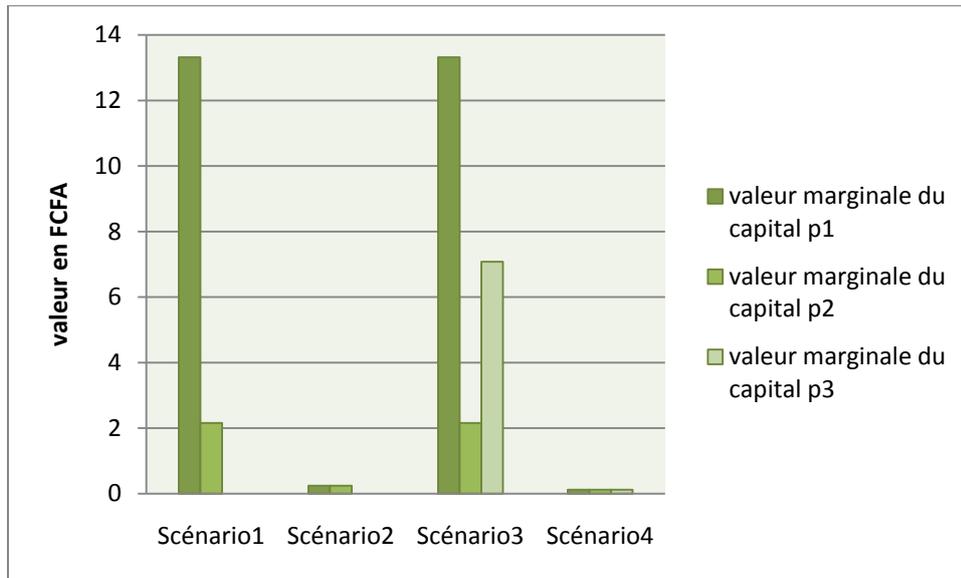


Figure N° 7: Valeur marginale du capital par scénario en fonction des périodes

La valeur marginale du capital en p1 dans les scénarios 1 et 3 est identique. Il en est de même pour leur période p2. En p1 et p2, la valeur marginale du capital dans le scénario4 est la moitié de celle du scénario2. Ceci peut s'expliquer par la pratique de l'irrigation ajoutée à la possibilité de crédit dans le scénario4 contre la possibilité de crédit dans le scénario2. En p3, la valeur marginale est très élevée dans le scénario3 comparativement au scénario4. Ceci est dû à la présence de crédit dans le scénario4 qui diminue le facteur limitant du capital.

- Niveau de crédit

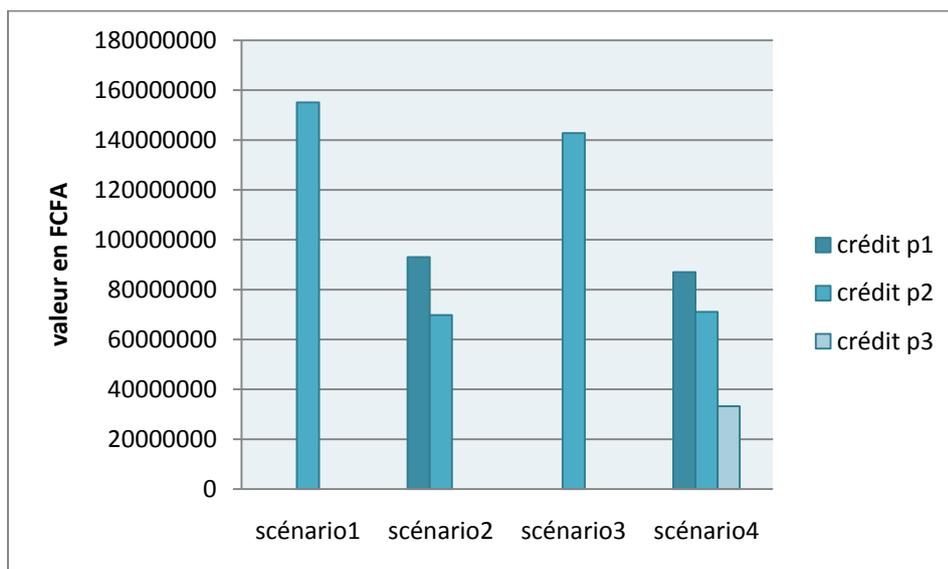


Figure N° 8: Niveau de crédit par scénario en fonction des périodes

Dans les scénarios 1 et 3, le niveau de crédit est fonction de la superficie de coton emblavée en p2. Ce niveau de crédit est inférieur dans le scénario 3 comparativement au scénario 1 parce que le coton est une culture nécessitant plus de main d'œuvre comparativement aux autres cultures (manioc, maïs, niébé) en p2. Hors la main d'œuvre apparaît comme un facteur limitant en p2 pour le scénario 3 (voir figure N°6).

Le niveau de crédit en p1 pour le scénario 2 est supérieur à celui du scénario 4 dans la même période. Ceci est dû à la diminution de la superficie du maïs, culture contraignante en capital au profit du niébé dans le scénario 4. Toujours pour ces deux scénarios, on observe la situation inverse en p2. C'est-à-dire que le niveau de crédit en p2 du scénario 4 est supérieur à celui du scénario 2 du fait de l'augmentation de la superficie du maïs dans le scénario 4 au profit du niébé comparativement au scénario 2.

En p3, le crédit est destiné à la culture irriguée qui est ici la tomate. Le choix de la tomate, comme culture irriguée, est dû à sa rentabilité car elle est plus contraignante en main d'œuvre et en capital que le riz mais ces facteurs ne limitent pas la production en p3 dans le scénario 4.

IV.2 Discussion :

Selon la FAO (2005), les cultures irriguées au Bénin sont essentiellement le riz, l'oignon, la tomate et les légumes feuilles. Ce qui est conforme à nos résultats. Il faut noter que l'oignon et les légumes feuilles ne se retrouvent pas parmi les cultures susceptibles d'être mise en place par les producteurs de notre zone. Comme les résultats issus de nos simulations, les travaux réalisés par Singbo et al. (2004) cités par Fanou (2008) ont montré que la tomate procure une meilleure rentabilité financière dans la vallée de l'Ouémé et dans les villages Gnito et Sazoué dans la commune de grand-popo. L'irrigation, avec son faible niveau de développement au Bénin n'a aucune incidence mesurable sur l'économie nationale (FAO, 2005). Les résultats de notre étude ont pu montrer que son intégration dans les systèmes de production permet d'accroître le revenu moyen de 9%. De plus au Sénégal, la culture irriguée est l'une des politiques de diversification et d'intensification pour le relèvement du niveau de vie des ruraux et assurer la sécurité alimentaire (Aliou, 2009). Nos résultats le confirment car en présence de l'irrigation le degré d'occupation du sol augmente par ricochet la production, mais ceci se trouve limiter par la main d'œuvre. Dans la commune de Ndiob au Sénégal, l'irrigation génère des revenus aux populations rurales qui leur permettent de financer d'autres activités génératrices de revenus (Aliou, 2009). Le faible niveau de revenu de la

population et la difficulté d'accès au crédit sont entre autre des contraintes qui s'opposent à l'essor de l'irrigation (FAO, 2005).

Nos résultats le montrent bien, car l'irrigation associée au crédit agricole fait accroître le revenu moyen du bassin de 15%. Selon les résultats de nos simulations, l'octroi du crédit permet aux producteurs d'accroître leur revenu de 9%. Le financement des activités rurales génère des revenus réguliers et des taux de rentabilité élevés aux producteurs sénégalais (Sagna, 2005). De même en Afrique du Nord, les lignes de crédit allouées aux banques agricoles bien structurées remporte un succès relatif (BAD, 2006). Ainsi, le crédit agricole apparaît comme une stratégie contribuant à améliorer le revenu des producteurs et à sécuriser la production.

V. CONCLUSION :

La présente étude a traité des avantages de l'irrigation, du crédit agricole à l'aide d'un modèle et a permis de tirer deux principales conclusions. Tout d'abord, l'introduction de la culture irriguée est un atout pour augmenter la production et sécuriser le revenu des producteurs. Ensuite, le crédit agricole n'est pas épargné des stratégies pour renforcer le dit secteur.

Il ressort aussi de cette étude que le crédit agricole et l'irrigation permettent chacun d'augmenter le revenu moyen du bassin de 9% et de 15% si on les combine. L'irrigation permet de passer de deux cycles de production à trois pendant une campagne agricole.

En somme, l'irrigation pendant le 3^{ème} cycle et le crédit peuvent permettre d'augmenter la production afin de faire face à la sécurité alimentaire, de sécuriser le revenu pour le bien-être des producteurs. Ces innovations peuvent amener les acteurs du secteur privé à investir dans le secteur dans le cas où la terre n'est pas un facteur limitant dans la zone d'étude.

Les acteurs de développement du secteur sont interpellés pour la recherche ou la mobilisation de financement pour la réalisation des ouvrages d'irrigation qui reviennent chers. Les producteurs de leur côté doivent être prêts pour céder une partie de leur propriété pour l'installation de ces ouvrages.

Pour garantir la production d'une part, un revenu décent aux producteurs d'autre part la prévision saisonnière, l'irrigation, le crédit agricole et le renforcement des capacités des producteurs sur les options d'adaptation se révèlent être des stratégies les plus efficaces dans un contexte de la variabilité climatique.

VI. RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES :

❖ Recommandations

Pour sortir l'agriculture du centre Bénin et principalement celle de la commune de Dassa-Zoumè de sa dépendance à la variabilité climatique et sécuriser le revenu des producteurs, nous recommandons de :

- Mettre en place des politiques agricoles rendant plus rentables l'agriculture pour les producteurs. Il s'agit principalement du crédit agricole dont le taux d'intérêt actuel (24%) semble très élevé et devrait être revu à la baisse pour que l'accès au crédit soit plus aisé aux producteurs. Les subventions sur les intrants agricoles et leur acquisition à crédit contre redevance à la fin de la campagne. La mécanisation du secteur avec des matériels simples à manipuler et à réparer en cas de panne.
- D'introduire la prévision saisonnière dans la politique de gestion des campagnes agricoles. Cette idée est déjà mise sur pied de façon embryonnaire dans l'exécution des activités du PARBCC à travers les **SPAM**. Ces informations agro-climatiques doivent être vulgarisées en alimentant les banques de données agricoles des communes et ensuite les unités villageoises. Aussi l'état pourrait contribuer en prenant des dispositions pour assister les producteurs à travers les agents techniques des CeCPA dans le but de sécuriser la production en mauvaise année.
- Mobiliser la ressource en eau (eaux de ruissellement) à travers la construction des retenues d'eau pour l'irrigation. Les études pour l'implantation des retenues doivent être bien menées, afin qu'elles soient positionnées sur des sites favorables au recueil des eaux de ruissellement. Cette option ne serait que la bienvenue pour les producteurs dans le cas où les acteurs de développement se chargeront de mobiliser les ressources financières pour la construction de ces retenues et aux producteurs de payer les redevances pour l'entretien des réseaux d'irrigation.
- D'intégrer l'élevage à grande échelle à l'agriculture. Ceci permettrait aux producteurs, surtout en mauvaise année, de hausser leurs revenus. Les conséquences issues de cette recommandation comme les conflits entre agriculteurs et éleveurs seront réglés par un organisme de gestion des conflits mis sur pied dans la commune et composé de chefs villages et des personnes extérieures mais expert en matière de gestion des conflits.

- Renforcer la capacité d'adaptation des producteurs à la variabilité climatique. Les options d'adaptation doivent être expérimentées avec les producteurs à travers les CEP, afin qu'ils déduisent d'eux même celles concluantes et à vulgariser.

❖ *Perspectives :*

- La modélisation étant un outil d'aide à la décision, la présente étude pourrait être complétée par la prise en compte d'autres paramètres (fertilisation du sol, érosion, techniques culturales) pour améliorer les résultats afin qu'elle soit vraiment utile aux acteurs de développement.
- Une étude économique doit être menée afin de fixer le taux d'intérêt à un pourcentage qui serait à la fois viable aux producteurs et aux IMF.
- L'acquisition des engins de mécanisation reviendrait très coûteuse et constituerait de lourdes charges aux producteurs. Dans ce cas, une étude technique doit être menée pour fixer le prix préférentiel de location de ces engins aux producteurs par l'état sous couvert le CeCPA de Dassa-Zoumè.

VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

ADIDEHOU, Y. A. (2004). *ECONOMIE DES SYSTEMES DE PRODUCTION INTEGRANT LA CULTURE DE L'IGNAME EN ZONE COTONNIERE : UNE ANALYSE DES CONTRAINTES PAR UN MODELE DE PROGRAMMATION LINEAIRE. Etude de cas du village Alawénonsa (commune de Glazoué).*

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

Atlas mondial de l'économie et de géopolitique, 2006. Bénin.

BAD. (2006). *NOTE SUR L'EXPERIENCE DE LA BANQUE AFRICAINE DE DEVELOPPEMENT SUR LE CREDIT AGRICOLE ET LA MICRO-FINANCE. Annexe 12.*

BAKER, L. J. (2000). *Evaluation de l'impact des projets de développement sur la pauvreté. Manuel à l'intention de décideurs. Banque Mondiale Washington, D.C.*

BARBIER, B., & BENOÎT-CATTIN, M. (1997, Mai-Juin). Viabilité à court et à long terme d'un système agricole villageois d'Afrique Soudano-sahélien. *Economie rurale, N° 239*, pp. 30-39.

BOKO, M. (1988). *Climats et communautés rurales au Bénin: Rythmes climatiques et rythmes de développement, Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Bourgogne, Dijon (Vol. 2). Centre de recherches de climatologie.*

BOUSSARD, J.-M. (1970). *Programmation mathématique et théorie de la production agricole. Marchés et structures agricoles. (Cujas, Éd.)*

BRICQUET, J., BAMBA, F., MAHE, G., TOURE, M., & OLIVRY, J.-C. (1997). *Variabilité des ressources en eau de l'Afrique Atlantique.*

CSAO/OCDE, & CEDEAO. (2008). *Le climat et les changements climatiques. Atlas de l'Intégration Sous-régionale en Afrique de l'Ouest, série environnement. Récupéré sur http://www.fao.org/nr/clim/docs/clim_080502_fr.pdf.*

DAKUO.D. (1997). *La fertilisation du cotonnier dans les systèmes de culture : justification agronomique et économique. Bobo-Dioulasso, Burkina-Faso: INERA, Programme Coton,.*

DEMBELE, N. (2001). « Sécurité Alimentaire en Afrique sub-saharienne : Quelle stratégie de réalisation ? » PASIDMA? document de travail n°1, Chambre de commerce du Mali.

DG-EAU. (2008). *Atlas hydrographique du Bénin.*

DISSOU, Y. (1986). *Evolution de la production de quelques cultures dans la province de l'Ouémé de 1960 à 1984 et essai de simulation de la production de quatre cultures par un modèle de programmation linéaire. Thèse d'ingénieur agronome. FSA/UNB. 102 pages.*

FANOU, L. (2008). *Rentabilité financière et économique des systèmes de production maraîchers au Sud-Benin: une application de la Matrice d'Analyse des Politiques.*

FAO. (2005). Consulté le Septembre 1er, 2011, sur www.fao.org/nr/water/aquastat/countries-regions/benin/indexfra.stm.

FAO. (1997). Agriculture et le changement climatique: le rôle de la FAO. *L'Actualité* , 3p.

FAO. (1996). Global climate change and agricultural production: direct and indirect effects of changing hydrological, pedological and plant physiological processes.

FIDA. (2008, octobre 1er). *FIDA et le changement climatique*. Consulté le Aout 2011, sur www.ifad.org, www.ruralpovertyportal.org.

FLICHMAN, G. (1986). "Type d'exploitation agricole, alternatives productives et compétitive". *Communication présentée au colloque "Diversification des modèles de développement rural"* , 9p. Paris: Min. de la Recherche et de la Technologie.

FLICHMAN, G., & JACQUET, F. (2001). *Le couplage des modèles agronomiques et économiques : intérêt pour l'analyse des politiques*, 22p.

GIEC. (2007). *Bilan 2007 des changements climatiques*. Genève, Suisse.

GIEC. (Novembre 1997). *Incidences de l'évolution du climat dans les régions*.

HOUNDENOU, C. (1999). *Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide : l'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation*. Thèse de Doctorat de géographie. Université de Bourgogne, Dijon: Centre de recherches de climatologie.

HUBERT, P., CARBONEL, J., & CHAUCHE, A. (1989). Segmentation des séries hydrométéorologiques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'ouest. *Journal of Hydrology* , 110p.

JACQUET, F., & FLICHMAN, G. (1988). Intensification et efficacité en agriculture "Economie Rurale" 183.

KAERE, A. B. (2009). le niveau de vulnérabilité alimentaire des pays africains. *Tiempo Afrique 02* , 3-7p.

KHASA, D., & MAVINGA, H. (1998). Calendrier Agricole du Bas- Fleuve. (C. V. Agricole, Éd.) Kinshasa.

KHOUMA, M. (2009). les actions à privilégier afin de rendre l'agriculture sénégalaise moins vulnérable aux changements climatiques. *Tiempo Afrique 02* , 14-19p.

LABROUSSE, J. (2006). Consulté le juin 15, 2011, sur <http://www.clubdesargonautes.org/faq/climat1.php>.

LACOSTE, A., & SALANON, R. (1969). *Eléments de biogéographie et d'écologie*. Paris: Fernand Nathan, 189p.

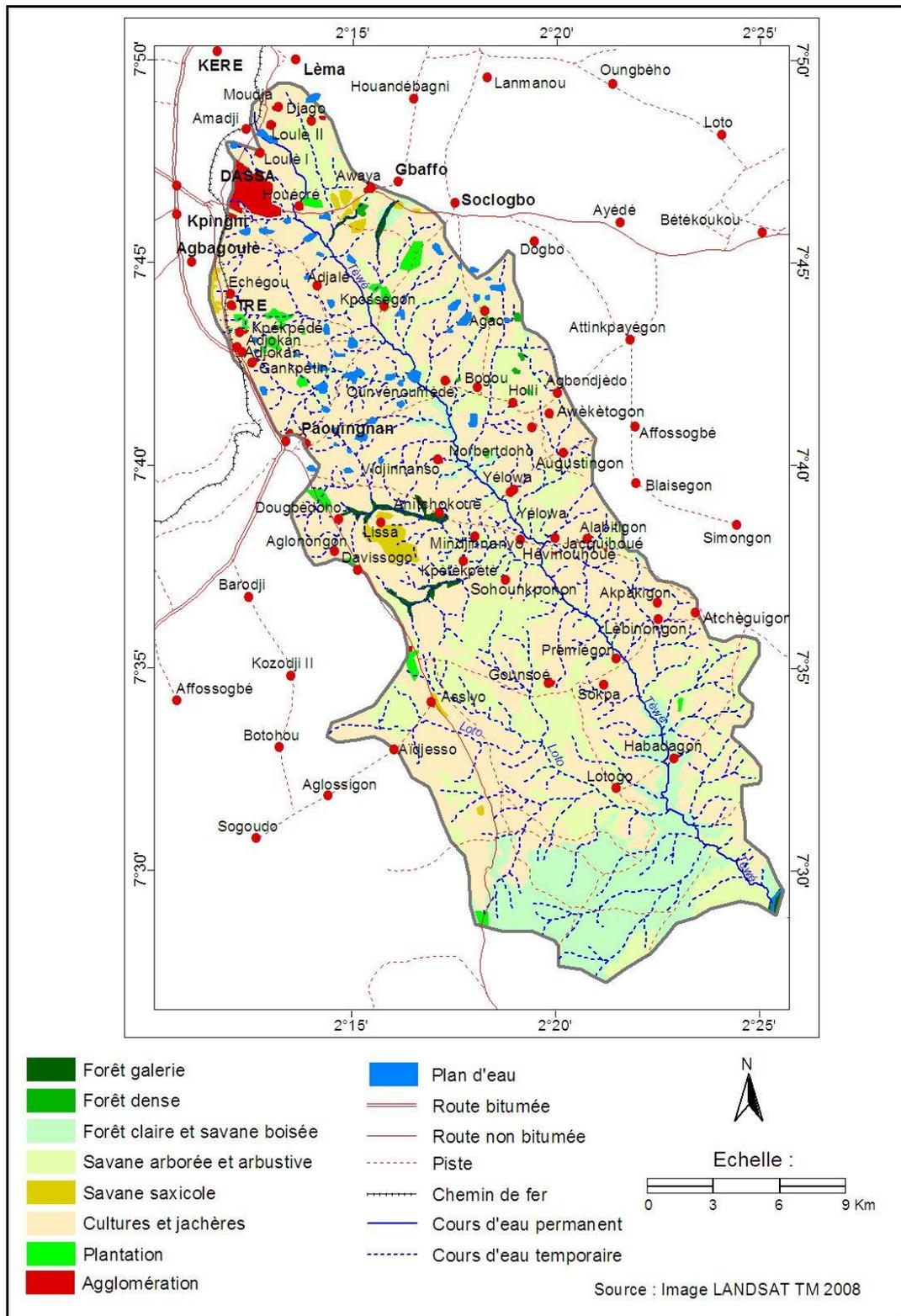
LIPPERT, S.-A. (2007). *Les stations de sports d'hiver face au changement climatique*. Université Joseph Fourier - Institut Géographie Alpine, Grenoble.

LUKANDA, M. (2005). Notes de cours d'hydrologie générale. DES en gestion de l'environnement.

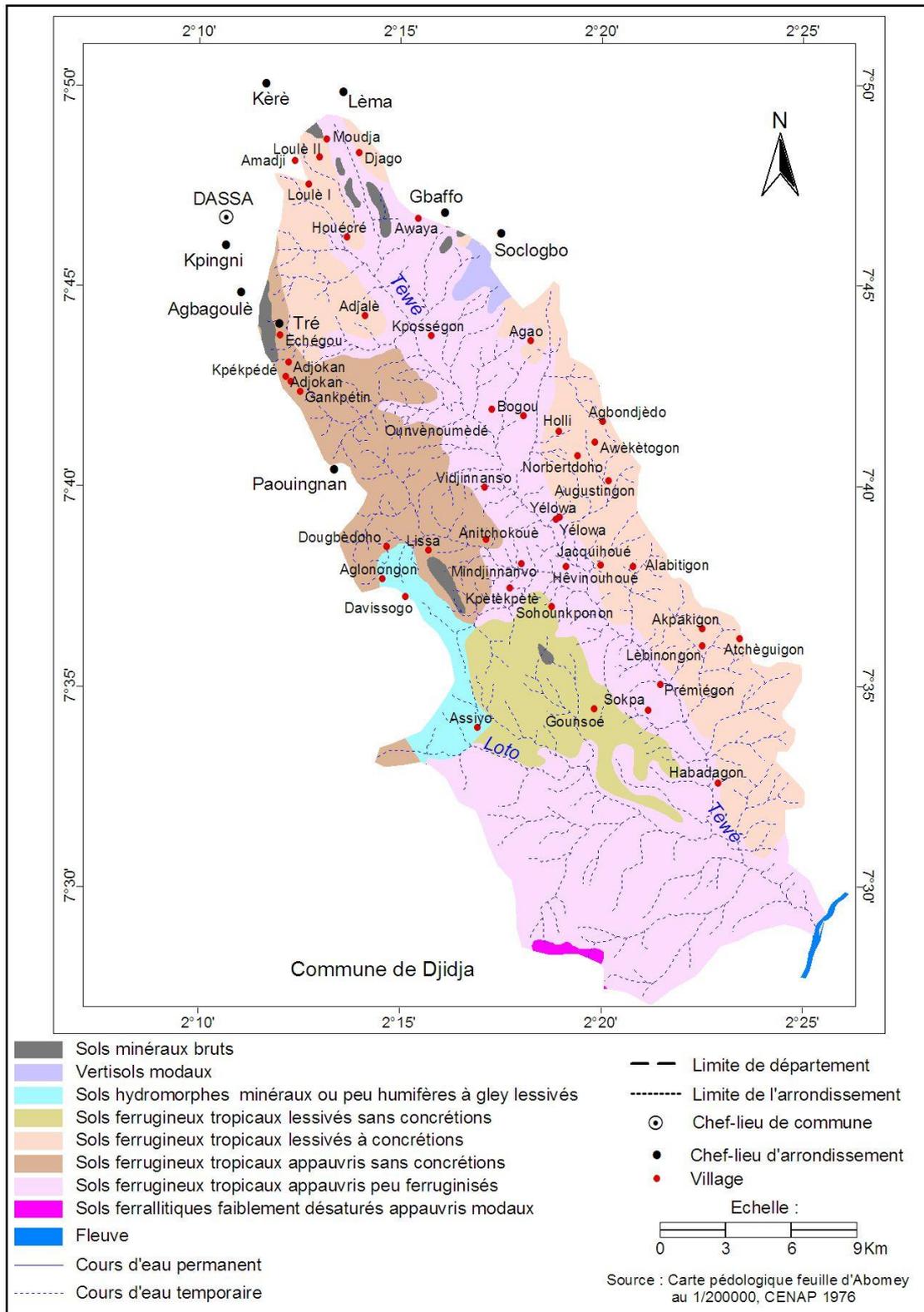
- MAHE, G., & OLIVRY, J.-C. (1995). *Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'ouest et centrale de 1951 à 1989*.
- Mairie. (2011). *Plan de Développement Communal de Dassa-Zoumè 2011-2015*.
- MEPN. (2008). Programme d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques du BENIN (PANA-BENIN). 81p. cotonou, Bénin.
- NDAO, A. (2009). *Cultures maraîchères et dynamiques socio-economiques et spatiales dans la communauté rurale de Ndiob (département de Fatik)*. Sénégal: Université Gaston Berger de Saint-Louis - Master II.
- NIASSE.M, AFOUDA.A, & AMANI.A. (2004). *Réduire la vulnérabilité de l'Afrique de l'Ouest aux impacts du climat sur les ressources en eau, les zones humides et la désertification : éléments de stratégie régionale de préparation et d'adaptation* . (UICN, Éd.)
- NORRANT, C. (2007). VARIABILITE CLIMATIQUE PASSEE, CHANGEMENT CLIMATIQUE FUTUR, QUE PEUT-ON REELLEMENT OBSERVER? *Variabilité du climat* , 8p.
- OGO UWALE, E. (2004). *Changements climatiques et sécurité alimentaire dans le Bénin méridional: mémoire de DEA*. UAC/EDP/FLASH.119p.
- OGO UWALE, E. (2001). *Vulnérabilité/Adaptation de l'agriculture aux changements climatiques dans le Département des Collines*. mémoire de maîtrise en géographie.UAC/FLASH.DGAT.119P.
- OGO UWALE, E., NANASTA, D., & BOKO, M. (2009). les résultats d' une étude sur l' agriculture face aux changements climatiques au Bénin. *Tiempo Afrique 02* , 08-12p.
- ROBERT, P. *LE PETIT ROBERT 1 (Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française)*. Paris- Xle.
- SAGNA, C. A. (2005). *L'impact des Systèmes Financiers Décentralisés sur l'Economie du Sénégal*. Université Chéikh Anta DIOP - Master 1 (Maîtrise).
- SERVAT.E, PATUREL, J.-E., LUBES-NIEL, H., KOUAME, B., MASSON, J., TRAVAGLIO.M, et al. (1999). De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'ouest et centrale non sahélienne. *Revue des sciences de l'eau* .
- VAYSSIERES, J., GUERRIN, F., PAILLAT, J., & LECOMTE, P. (2009). *GAMEDE: A global activity model for evaluating the sustainability of dairy enterprises Part I – Whole-farm dynamic model*.Agric. Syst.
- WANE, A. (2009). *Exploitation et gestion des ressources naturelles dans l'ile à Morphil. Etude de cas: l'arrondissement de Cas-Cas (département de Podor)*. Université Cheikh Anta Diop de Dakar - Maîtrise, Dakar.

VIII. ANNEXES :

Annexes N°1 : Carte d'occupation du sol



Annexes N°2 : Carte pédologique de la zone d'étude



Annexes N°3 : Guide d'entretien

Chapitre I : Analyse de la performance économique des exploitations

Identification de l'exploitant

N°	Caractéristiques	Modalités	Inscrire la réponse
Q1	Nom de l'enquêté		
Q2	Prénoms		
Q3	Sexe	(1): 1=Masculin ; 2=Féminin	
Q4	Age		
Q5	Niveau d'instruction	(2): 0=nul ; 1=Alphabétisé ; 2=Primaire ; 3=Secondaire 1 ^{er} cycle ; 4= Secondaire 2 nd cycle ; 5= Niveau supérieur	
Q6	Statut matrimonial	(3): 1= marié, 2= célibataire, 3= veuf/veuve, 4= divorcé	
Q7	Ethnie	(4) :1= idaatcha, 2=Mahi, 3= Fon, 4=Yoruba	
Q8	Village		
Q9	Date de l'entretien	...../07/2011	
Q10	Nombre de personnes à charge		
Q11	Nombre d'actif		
Q12	Campagne	2011-2012	
Q13	Activité principale	(5): 1= agriculture, 2= élevage 3= commerce,	
Q14	Activité secondaire ou activité menée en saison sèche	(6) : 1=Commerce ,2= Concassage de pierres, 3= transformation de gari, 4= autres (à mentionner)	

Capital d'exploitation

Q15 : Moyens matériels :

Nature	Nombre	Nombre renouvelé/an	Coût	Mode d'acquisition

Q16 : Ressources humaines :

Type de MO	Nbre de travailleurs	Durée de travail par jour (h)	Nbre de jours de repos /semaine	Début des travaux (mois)	Fin des travaux (mois)
Familiale	Hommes.....	Hommes.....	Hommes.....	Hommes.....	Hommes.....
	Femmes.....	Femmes.....	Femmes.....	Femmes.....	Femmes.....
	Enfants ⁽¹⁾	Enfants.....	Enfants.....	Enfants.....	Enfants.....
S. journalière	Hommes.....	Hommes.....	Hommes.....	Hommes.....	Hommes.....
	Femmes.....	Femmes.....	Femmes.....	Femmes.....	Femmes.....
	Enfants.....	Enfants.....	Enfants.....	Enfants.....	Enfants.....
S. permanente					

Enfants ⁽¹⁾ : moins de 15 ans

Les systèmes de cultures et les superficies cultivables

1. Superficies cultivables

1.1. Superficie totale de l'exploitation Q17

Superficie totale mis en culture Q18

Superficie en jachère Q19

1.1. Statut foncier des parcelles

N°	Caractéristiques	Modalités	Inscrire la réponse
Q20	Statut foncier des parcelles	(7) : 1=Héritage, 2=Don, 3=location, 4=achat	

Si achat : Coût de revientannée d'acquisition de la parcelle

Si location : coût de location.....

2. Intrans agricole :

2.1. Crédit

N°	Caractéristiques	Modalités	Inscrire la réponse
Q21	Bénéficiez- vous de crédit ?	(8) : 1=Oui, 2=Non,	
Q22	Si oui, à quelle	(9) :	

	hauteur ?		
Q23	Nombre d'année de remboursement	(10) :	

Quel est le taux d'intérêt ?.....

2.2. Semence

N°	Caractéristiques	Modalités	Inscrire la réponse
Q24	Utilisez-vous de semence ?	(11) : 1=où , 2= non	
Q25	Type de semence utilisé	(12) : 1=semence améliorée, 2=réserves de récolte	
Q26	Utilisez-vous d'engrais ?	(13) : 1=où , 2= non	
Q27	Type d'engrais utilisé	(14) : 1=NPK, 2= urée,	
Q28	Subventions pour l'achat des engrais	(15) : 1=où , 2=non,	

Désignation	Quantité	Prix unitaire	Mode d'acquisition		Hauteur de subvention	Source d'approvisionnement (ONG, producteurs, com. privé,.....)
			Crédit	Comptant		
Semence améliorée						
NPK
Urée						
Herbicides (nom commercial)						
Insecticides (nom com.)						

3. Quels sont les différents types de cultures à l'échelle de l'exploitation ?

N°	Caractéristiques	Modalités	Inscrire la réponse
Q29	Différents types de cultures	(16) : 1=maïs, 2=riz, 3=manioc ,4=haricot, 5=arachide, 6=coton, 7=anacarde 8=soja, 9=patate douce, 10= , 11=	

4. Production au niveau de l'exploitation

Type de spécltn	Supficie emblvée (ha)	Production (t)			Qté vendue (t)			Qté cons (t)	Prix de vente (F) A la récolte			Prix de vente (F) Après la récolte		
		BP	M	MP	BP	M	MP		BP	M	MP	BP	M	MP

BP : bonne pluviométrie

M : pluviométrie moyenne

MP : mauvaise pluviométrie

Type de spécltn	Superficie emblvée (ha)					Production (t)				
	2010	2009	2008	2007	2006	2010	2009	2008	2007	2006

Les activités secondaires

2. Elevage

- Association de l'agriculture à l'élevage

Type d'animaux	effectif	Mode d'acquisition	Prix d'achat unitaire	Besoin en fourrage/an (kg)	Suivi sanitaire/an	Nbre vendu/an	Prix de vente

3. Commerce

Quels sont les articles vendus ?.....

Le prix d'achat de ces articles ?.....

Le prix de vente de ces articles ?.....

Les charges liées à cette activité s'élève à combien ?.....

4. Concassage de pierres

Avec quels matériels faites-vous le concassage ?.....

N°	Caractéristiques	Modalités	Inscrire la réponse
Q30	Matériels utilisés	(17) : 1=bassine, 2=marteau, 3=,4=	

Nature	Nombre	Nombre renouvelé/an	Coût	Mode d'acquisition

La bassine de pierre s'achète à combien ?.....

Après concassage vous obtenez combien de bassines dans une bassine de pierre achetée?.....

.....

La bassine de pierre concassée se vend à combien ?.....

5. transformation de gari

Les matériels utilisés pour la transformation ?.....

.....

Nature	Nombre	Nombre renouvelé/an	Coût	Mode d'acquisition

A combien achetez- vous une bassine de manioc ?

Combien de bassines de gari obtenez-vous avec une bassine de manioc ?.....

Combien de bassine de gari obtenez-vous en une semaine.....ou en un mois..... ?

La bassine de gari se vend en moyenne à combien ?.....

Chapitre N°2 : Main d'œuvre

1. Rémunération journalière (par jour de travail).....mensuel.....
2. Estimation de la prise en charge (nourriture, autres) des ouvriers
3. Main d'œuvre nécessaire pour la Réalisation des tâches

Nature de l'opération culturale	Répartition des tâches	Source d'énergie (man, att, mot)	MO intervenue (n personnes)			Nbre de jours de travail effectué			Rémunération des salariés/ jour
			MOF	MOS.J	MOS.P	MOF	MOS.J	MOS.P	
Labour	Hommes	
	Femmes	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	Enfants	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Semis	Hommes	
	Femmes	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	Enfants	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Sarclage	Hommes	
	Femmes	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	Enfants	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Buttage	Hommes	
	Femmes	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	Enfants	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Récolte	Hommes	
	Femmes	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	Enfants	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Herbicides	Hommes	
	Femmes	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	Enfants	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Epannage	Hommes	
	Femmes	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	Enfants	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

MOF : Main d'œuvre familiale

MOS.J : Main d'œuvre salarié journalière

MOS.P : Main d'œuvre salarié permanente

Chapitre N°3 : Gestion des ressources naturelles de l'exploitation

N°	Caractéristiques	Modalités	Inscrire la réponse
Q31	Origine de l'exploitant	(18): 1= autochtones,2= allochtone	
Q32	Que pensez-vous de la pluviométrie de ces dernières années?	(19) : 1= déficitaire, 2= abondante, 3= normale, 4= retard des pluies	
Q33	Que pensez-vous de la température de ces dernières années ?	(20): 1= normal ; 2=augmentation, 3= diminution	
Q34	Que pensez-vous du vent de ces dernières années	(21): 1=normal ; 2=violent ; 3=	
Q35	les stratégies développées à l'échelle de l'exploitation pour faire face à la variation climatique	(22): 1= néant, 2= utilisation de signe annonciateur de pluie, 3= technique de CES, 4= amendement organique	
Q36	Que faites-vous l'année qui suit un déficit de pluviométrie ?	(23) :1= rien, 2=diminution de la superficie emblavée des cultures, 3= ,4=	
Q37	Que faites-vous l'année suivant une année excédentaire ?	(24) :1= rien, 2=diminution de la superficie emblavée des cultures, 3= ,4=	
Q38	Pensez-vous qu'une retenue d'eau pourrait vous aider dans vos activités agricoles ?	(25) : 1=oui, 2=non	
Q39	Si oui, comment ?	(26) : 1= irrigation de complément, 2= maraichage,	
Q40	constatez- vous une dégradation qui affecte les ressources naturelles (terre, eau)	(27) : 1=oui, 2=non	
Q41	Si, oui quelles sont les causes ?	(28) : 1= surexploitation des terres, 2=érosion des sols, 3= ruissellement et infiltration ,4=inondation	

Annexes N°4 : Données pluviométriques de 1980-2010

Hauteurs de pluies (mm) Dassa- Zoumè 1980-2010												
Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1980	3.3	35.2	37.2	41.5	131.9	82.7	83.1	129.4	245.7	162.7	8.3	0
1981	42.6	0	67	71.8	130.4	210.8	224.3	134.5	142.1	137.7	0	0
1982	0	0	27.5	174	115.9	86.9	50.2	131.2	133.8	170.8	15.1	0
1983	0	3.4	18.8	71	71	81.2	42.2	103.1	95.9	23.2	24.2	22.2
1984	0	0	115	61.6	184.7	175.6	99.6	120.4	107.1	82.4	0	0
1985	0	0	28.8	139.8	66.6	227	373.4	204	239.9	69.3	0	0.3
1986	0	72.1	83.2	52.1	202.3	158.1	226.2	62.6	103.8	176.3	0	0
1987	0	3.2	196.8	75.7	213.1	164.9	88.1	244.8	175.7	105.2	0	0
1988	0	20.6	93.6	99.8	64.4	117.9	181.8	306.6	106.8	94.2	16.1	74.5
1989	0	3.6	103.9	41.5	55	432.5	193.7	379.5	120.7	163	0	1.7
1990	1.6	12.8	55.3	179.5	93.9	182.3	318.1	36.5	208.4	81.3	0	48.9
1991	1.3	61.4	32.4	137.2	190.9	124.4	520.2	64.8	128.2	96.5	0	0
1992	0	0.4	15.5	159.1	295.4	118.2	220.9	47.4	99999M	51.6	4.6	0
1993	0	25.9	96.3	88.3	72.1	137.3	135.7	194.4	227.8	93.6	4.5	13.3
1994	0.6	51.5	96.6	113.2	19.2	118.4	126.3	74.9	119.5	217.4	40.8	0
1995	0	34.2	19.6	62.6	237.5	99999M	99999M	99999M	99999M	99999M	99999M	99999M

Impacts du crédit agricole et de l'irrigation sur l'agriculture dans le contexte de la variabilité climatique : cas du bassin versant de tèwi

1996	99999M	99999M	99999M	99999M	99999M	99999M	99999M	99999M	99999M	115.3	0	0
1997	1.8	0	128.4	220.1	135.7	161	132.8	182.3	110.5	170.4	0	28.3
1998	0	47.2	2.9	138	149.8	153.7	99.4	251.8	144.2	114.2	26.5	6.7
1999	0.7	102.4	25.6	90.9	173.9	123.3	331.2	238.1	188.5	177.3	2	0
2000	14.3	0	49.7	76.6	69.1	105.8	185.6	99999M	157.5	67.7	0	0
2001	0	25.5	75.4	71.6	110.9	170.3	89	89.8	208.2	61.8	16.4	0
2002	7.9	0	116.8	78.6	116.7	175.7	250.1	56.4	144.2	151.4	0	0
2003	0	15.4	8.5	122.7	64.7	292.9	134.3	111.8	281.8	89.2	99999M	99999M
2004	59.3	99999M	112.1	126	184.6	87.9	189.5	123.5	149.5	160.9	20.4	0
2005	99999M	99999M	48.7	171	205	137.6	47.1	42.1	136.5	76.4	0	99999M
2008	99999M	99999M	32.9	39.5	184.4	150.4	153.3	209.2	227.9	121.8	0	99999M
2009	99999M	119.6	16.1	164.3	83.5	174.6	271.2	136.4	73.1	88.4	5.7	99999M
2010	0	23.5	10.5	105.8	123.1	143.4	217.8	208	185.4	234.7	63.1	99999M

99999M : valeur manquante