



COMITE PERMANENT INTER-ETATS DE LUTTE CONTRE LA SECHERESSE DANS LE SAHEL  
PERMANENT INTERSTATE COMMITTEE FOR DROUGHT CONTROL IN THE SAHEL  
COMITÉ PERMANENTE INTER-ESTADOS DE LUTA CONTRA A SECA NO SAHEL  
اللجنة الدائمة المشتركة لمحاربة التصحر في الساحل



## CENTRE REGIONAL AGRHYMET

\*\*\*\*\*

### DEPARTEMENT FORMATION ET RECHERCHE

#### DIVISION FORMATION DE BASE

\*\*\*\*\*

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de :

### MASTER EN GESTION DURABLE DES TERRES

*Promotion : 2016-2017*

Présenté par Mr. Kamarou Din ADEBIYI

**Déterminants de l'adoption de la fumure organique dans un contexte de changement climatique au Nord Bénin: cas des producteurs de maïs des communes de Bembéréké et de Sinendé**

**Soutenu publiquement le 5 Janvier 2017 devant un jury composé de :**

**Président :** Pr. BOUZOU Moussa Ibrahim, Université Abdou Moumouni de Niamey

**Membres :** Dr. Mbaye NDIAYE, Centre Régional AGRHYMET

Dr. Moussa WOANGO, Centre Régional AGRHYMET

**Directeur du mémoire :** Dr. Ir. Afouda Jacob YABI, Université de Parakou

**Co-Directrice du mémoire :** Dr. Stéphanie Maïga-Yaleu Batchakoue, Université

Ouaga I Professeur Joseph Ki-Zerbo

**Maître de stage :** Ir. Arzouma SOUFIANOU, Responsable du Développement Rural  
de Sinendé

SECRETARIAT EXECUTIF : 03 BP 7049 Ouagadougou 03, Burkina Faso –Tél (+226) 25 37 41 25/26 - 25 49 96 00 - Fax (+226) 25 37 41 32

Courriel: cilss.se@cilss.bf - [www.cilss.bf](http://www.cilss.bf)

CENTRE REGIONAL AGRHYMET : BP 11011 Niamey, Niger - Tél (+227) 20 31 53 16 / 20 31 54 36 - Fax (+227) 20 31 59 79 –

Courriel : admin@agrhyment.ne - [www.agrhyment.ne](http://www.agrhyment.ne)

INSTITUT DU SAHEL : BP 1530 Bamako, Mali - Tél (+223) 20.22.21.48 / 20.22.30.43 / 20.22.47.06 - Fax: (+223) 20.22.78.31-

Courriel : administration@insah.org - [www.insah.org](http://www.insah.org)

**IN MEMORIAM**

A mon très cher et feu père *Djénadou Sanoussi ADEBIYI*

Les mots ne suffiront jamais pour témoigner ta place dans ma vie. Je te dis simplement : merci papa et repose en paix.

## **DEDICACE**

- ✓ A ma très chère Mère Zaliatou ABOU
- ✓ A mon grand frère Mourtala Agnidé ADEBIYI, et mes sœurs Oussama, Raliétou, Chérifatou, Moulikatou.

## REMERCIEMENTS

L'aboutissement de cette étude n'a été possible que grâce à la contribution de plusieurs personnes à qui nous tenons à exprimer notre profonde gratitude. Ainsi, nos remerciements vont à l'endroit de :

- **Dieu Tout-Puissant** (exalté soit-il), l'Omniscient qui a permis la réalisation de ce travail scientifique ;
- L'administration et au personnel du Secrétariat Exécutif du CILSS à travers le Centre Régional AGRHYMET pour leur souci constant d'œuvrer pour le renforcement des capacités techniques des agents de développement dans les pays membres ;
- L'**Union Européenne** pour le co-financement du Master en Gestion Durable des Terres (GDT) ;
- **Dr. Ir. Afouda Jacob YABI**, Directeur Adjoint de l'Ecole Doctorale 'Sciences Agronomiques et Eau' de l'Université de Parakou pour avoir accepté superviser notre travail en dépit de vos multiples occupations. Nous vous témoignons notre profonde gratitude ;
- **Dr. Stéphanie Maïga-Yaleu Batchakoue**, Enseignant-chercheur à l'Université de Ouaga I Professeur Joseph Ki-Zerbo, qui de par sa disponibilité et simplicité, n'a ménagé aucun effort pour la Co-supervision de ce travail. Vos nombreux conseils, avis et observations m'ont permis d'améliorer ce mémoire.
- **Monsieur Arzouma SOUFIANOU**, Ingénieur Agronome, Responsable du Développement Rural (RDR) de Sinendé pour nous avoir donné l'opportunité d'effectuer notre stage au sein de votre structure. Recevez ici l'expression de notre profonde reconnaissance ;
- **Dr Maguette KAIRE**, Coordonnateur du Master Gestion Durables des Terres (GDT) pour ses appuis multiformes ;
- L'ensemble du corps enseignant du Master GDT qui a su donner le meilleur d'eux-mêmes pour la réussite de notre formation. Que ce travail leurs procure satisfaction et fierté.
- Des agents des SCDA de Bembéréké et de Sinendé,
- Tous les amis (es) qui m'ont soutenu notamment : Ir. Moudachirou AYENA, Ir. Benoît ODJOUGBELE, Ir. Abdou Waliou ABIOLA, Florent MEHOU-LOKO, Ir. Razack KOTCHONI, Cédric GOUSSANOU.

Nos sincères remerciements vont également :

- A mes tantes Sadia ADAM ADEBIYI, Naïmatou Sanoussi, Rahinatou ATTI. Que Dieu vous bénisse et qu'il vous comble de ses grâces et vous accorde longévité.
- A mon frère Bassarou MOUMOUNI, ma cousine Déodath BALLE pour tout leur soutien;
- Aux collègues de la 3<sup>ème</sup> promotion du Master GDT du Centre Régional AGRHYMET, singulièrement à Ibitoyé BIAH pour le soutien et aussi pour l'ambiance fraternelle qui a régné durant tout notre séjour à Niamey.

Enfin, à tous ceux qui ont participé d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce travail et qui n'ont pas été cités dans ce document, nous disons profondément merci.

## **Liste des tableaux**

Tableau 1: Répartition des enquêtés par village.....	23
Tableau 2: Variables utilisées dans le modèle.....	27
Tableau 3: Caractéristiques démographiques et socio- économiques des producteurs enquêtés .....	30
Tableau 4: Perceptions paysannes des effets directs et indirects des changements climatiques sur le sol .....	31
Tableau 5: Stratégies d'adaptation face à la baisse de la fertilité des sols .....	31
Tableau 6: Résultats d'estimation du modèle des déterminants .....	33

## **Liste des figures**

Figure 1: Présentation de la zone d'étude .....	20
Figure 2: Variation interannuelle des pluies à la station de Bembéréké de 1921 à 2014.....	21
Figure 3: Variation interannuelle des pluies à la station du SCDA de Sinendé de 1985 à 2014 .....	21

## **Liste des photographies**

Photo 1: Fumier de parc d'hivernage .....	14
Photo 2: Fabrication du compost dans une fosse à compost .....	16
Photo 3: Fabrication du compost en andain .....	16



## Liste des sigles et abréviations

<b>CEC</b>	: Capacité d'Echange Cationique
<b>CIRAD</b>	: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
<b>CRA</b>	: Centre Régional AGRHYMET
<b>CRA-Nord</b>	: Centre de Recherche Agricole Nord
<b>FA</b>	: Faculté d'Agronomie
<b>GIEC</b>	: Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat
<b>GIFS</b>	: Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols
<b>IFDC</b>	: Centre International pour la fertilité du sol et le Développement Agricole
<b>IGN</b>	: Institut Géographique National
<b>IPCC</b>	: Intergovernmental Panel on Climate Change
<b>ITAB</b>	: Institut Technique de l'Agriculture Biologique
<b>MAEP</b>	: Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche
<b>ONG</b>	: Organisation Non Gouvernementale
<b>PANA</b>	: Programme d'Action Nationale d'Adaptation au Changement Climatique
<b>ProSol</b>	: Programme de Protection et de Réhabilitation des Sols pour améliorer la sécurité alimentaire
<b>RECA</b>	: Réseau National des Chambres d'Agriculture
<b>RGPH 4</b>	: Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation
<b>SCDA</b>	: Secteur Communal pour le Développement Agricole
<b>SPSS</b>	: Statistical Package for the Social Sciences

## **Table des matières**

IN MEMORIAM.....	i
DEDICACE.....	ii
REMERCIEMENTS .....	iii
Liste des tableaux .....	v
Liste des figures .....	vi
Liste des photographies .....	vii
Liste des sigles et abréviations .....	viii
Résumé.....	3
Abstract .....	4
INTRODUCTION.....	5
CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE .....	9
1.1. Définitions des concepts.....	9
1.1.1. La variabilité climatique et les changements climatiques.....	9
1.1.2. La perception et l’adaptation .....	9
1.1.3. La fertilité du sol.....	10
1.1.4. Rôle de la matière organique .....	10
1.2. Impact des changements climatiques et des conditions de production sur les cultures du maïs.....	11
1.2.1. Effets de la variabilité climatique .....	11
1.2.2. La baisse de la fertilité des sols.....	12
1.2.3. Contraintes biotiques.....	12
1.3. Gestion intégrée de la fertilité des sols .....	13
1.3.1. Principe de la GIFS .....	13
1.3.2. Pratiques et techniques de gestion de la fertilité des sols à base de la fumure organique.....	13
Conclusion partielle .....	17

CHAPITRE 2 : CADRE METHODOLOGIQUE .....	18
2.1. Cadre théorique.....	18
2.1.1. Théorie sur l'adoption d'une innovation.....	18
2.1.2. Modélisation des déterminants de l'adoption .....	19
2.2. Approche méthodologique de l'étude.....	19
2.2.1. Présentation de la zone d'étude.....	19
2.2.2. Les différentes étapes de l'étude .....	22
2.2.3. Echantillonnage.....	23
2.2.4. Outils d'analyse des données .....	24
CHAPITRE 3 : RESULTATS.....	29
3.1. Caractéristiques démographiques et socio-économiques des producteurs enquêtés .....	29
3.2. Perception des effets du changement climatique sur les sols .....	30
3.3. Stratégies d'adaptation des agriculteurs face à la baisse de la fertilité des sols .....	31
3.3.1. Association/ Rotation des cultures impliquant les légumineuses .....	31
3.3.2. Usage des engrais chimiques .....	32
3.3.3. L'utilisation de la fumure organique.....	32
3.4. Déterminants de l'adoption de la fumure organique .....	32
CHAPITRE 4 : DISCUSSION.....	36
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....	40
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	42
ANNEXES .....	I
Annexe 1 : Fiche d'enquête individuelle.....	I
Annexe 2 : Guide d'entretien pour personnes ressources .....	VII
Annexe 3 : Guide d'entretien pour focus groupe .....	VIII

## Résumé

L'agriculture béninoise occupe 70% de la population active. Dans le Nord du pays, l'un des problèmes majeurs qui affectent la production agricole est la baisse de la fertilité des sols. Les causes de ce phénomène sont entre autre les mauvaises pratiques culturales et les risques climatiques. Ces derniers ont un impact remarquable sur la qualité des sols qui se traduit par la baisse des rendements. L'objectif de cette étude est de promouvoir des stratégies efficaces d'adaptation à la baisse de la fertilité des sols, afin d'assurer la sécurité alimentaire dans les communes de Bembéréké et de Sinendé. Pour ce faire, la perception des agriculteurs sur les effets des changements climatiques sur la fertilité des sols, les stratégies d'adaptation, et les facteurs socio-économiques qui influencent l'utilisation de la fumure organique comme stratégie d'adaptation ont été identifiés. Au total 230 producteurs de maïs ont été échantillonnés et interviewés. Le modèle *Logit* a été utilisé pour isoler les variables affectant la décision d'utiliser la fumure organique pour corriger la baisse de fertilité. D'une manière générale, les producteurs perçoivent les effets des changements climatiques sur les sols à travers : la baisse de la fertilité, la modification de la couleur des terres, l'accroissement de l'érosion et la destruction de la structure du sol. Ils s'y adaptent à travers plusieurs stratégies dont l'utilisation de la fumure organique. Les résultats du modèle montrent que, les variables telles que l'âge, le nombre de bœufs de trait, le niveau d'instruction formelle; le contact avec un agent de vulgarisation; l'expérience en production de maïs; la distance séparant le champ du producteur de sa maison sont les facteurs qui influencent de façon significative l'adoption de la fumure organique. D'autres variables à priori pertinentes présentes dans le modèle n'ont aucun effet significatif sur le choix des agriculteurs, bien que ces variables influencent positivement ou négativement le choix de la stratégie d'adaptation. Il s'agit notamment de la superficie de champs de maïs emblavée, la taille du ménage, et l'appartenance à une organisation de producteurs.

**Mots clés :** *changements climatiques, fumure organique, modèle logit, céréales, Bénin.*

## **Abstract**

The percentage of active population involved in agriculture in Benin is 70. In the northern part of country, declining soil fertility is one of the most important problems affecting agricultural production. The causes of this phenomenon include insuited farming practices and climatic risks. These have a remarkable impacts on soil quality resulting in lower yields. The objective of this study is to promote effective strategies in face of declining soil fertility in order to ensure food security in the municipal areas of Bembereke and Sinende. Accordingly, farmers' perceptions of the effects of climate change on soil fertility, adaptation strategies, and socio-economic factors that influence the use of organic manure as an adaptation strategy have been identified. A total of 230 farmers producing maize were sampled and interviewed. The *Logit* model was used to isolate the variables affecting the decision to use organic fertilizer to correct the decline in fertility. Generally, producers perceive climate change effects on soils through: decreased fertility, changes in color of soil, increased erosion and destruction of soil structure. They adapt themselves through several strategies among which the use of organic fertilizer. Model results show a correlation between socio-economic variables and the use of organic manure. Thus, variables such as age of farmer, number of draft oxen, level of formal education; contact with agricultural extension services, experience in maize production; distance between the producer's field and home, are factors that significantly influence the adoption of organic manure. Other variables like: area of maize sown, family size, and organization membership have no significant effect on the choice of farmers, although these variables influence positively or negatively the choice of adaptation strategy.

**Keywords:** *climate change, organic manure, Logit model, cereals, Benin.*

## INTRODUCTION

Les changements climatiques et leurs impacts constituent de nos jours l'un des sujets les plus préoccupants pour la communauté scientifique internationale. Le continent africain est soumis à un climat fortement variable et imprévisible, ce qui fragilise les systèmes agricoles qui ne répondent plus aux pressions actuelles du climat (Yegbemey *et al.*, 2014). Au cours de ces dernières années, le nombre d'incidents climatiques violents dans certaines sous-régions d'Afrique et le nombre de personnes victimes des sécheresses et des inondations ont enregistré une forte augmentation (Kieken, 2007). Les sociétés ouest-africaines ont historiquement été affectées par la variabilité climatique (Sarr *et al.*, 2015).

Les changements climatiques et la dégradation des terres constituent des menaces pour la survie et les moyens de subsistance de millions de personnes en Afrique subsaharienne (Sultan, 2011). La forte dépendance des économies et des populations rurales vis-à-vis de l'agriculture non irriguée, la pauvreté et l'insécurité alimentaire, ainsi que le faible développement des capacités institutionnelles et des infrastructures sont tels que l'adaptation à la variabilité naturelle du climat est un défi toujours d'actualité (Sultan, 2011 ; Berg *et al.*, 2012).

Le Bénin, à l'instar de la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest, a une économie essentiellement basée sur l'agriculture. Elle emploie 70% de la population active, et représente 36 % du PIB et 88 % des exportations totales (Djibril, 2014). Les activités de ce secteur sont dominées par la production végétale marquée par une gamme de cultures vivrières. Ces dernières constituent la base de la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations au Bénin et sont dominées par les céréales. Le maïs (*Zea mays* L.), largement cultivé sur toute l'étendue du territoire, occupe la première place avec près de 70 % des superficies céréalières emblavées (MAEP, 2010). Cependant, la baisse de fertilité des terres, la faible diversification de la production agricole, sont entre autres d'énormes difficultés auxquelles la production agricole est confrontée (SCRIP, 2007). L'acuité de ce problème varie d'une localité à une autre sur l'ensemble du territoire national. Dans le Nord du pays, il constitue l'un des problèmes majeurs qui affectent l'agriculture (Alohou et Agossou, 1998 ; Yabi *et al.*, 2012). Si les causes du phénomène comprennent notamment les pratiques culturales inappropriées (agriculture extensive sur brûlis, courtes jachères, mauvaises rotations culturales, etc.), l'érosion et le surpâturage (Houndékon et Gogan, 1996; Adegbola *et al.*, 1998 ; Aholou et Agossou 1998; Wennink *et al.*, 1999), il n'en demeure pas moins que les risques climatiques tels que les longues séquences sèches, les fortes chutes de pluie et les vents violents apparaissent comme des contraintes supplémentaires à même d'accentuer les problèmes rencontrés au niveau de la fertilité des sols, surtout dans le contexte d'un climat changeant ( PANA-Bénin 2008).

En effet, en examinant l'évolution des facteurs climatiques entre 1960 et 2008 des trois zones climatiques du Bénin, Gnanglè *et al.* (2011) ont décelé une augmentation significative de la température moyenne (plus de 1 °C), une diminution perceptible de la pluviométrie (- 5,5 mm/an en moyenne) et du nombre moyen annuel de jours de pluie. Des études réalisés en 2001 ont indiqué que les précipitations resteront plus ou moins stables (+ 0,2 %) dans le sud du pays, mais seront réduites de 13 à 15 % dans le nord à l'horizon 2100 (MEHU, 2011). Selon la même source, il est prévu une augmentation de la température entre + 2,6 °C et + 3,2 °C d'ici 2100. Sous ces scénarios, les cultures installées dans les différentes zones agro écologique du Nord Bénin, connues comme grenier du pays, subiront plus les effets des variations climatiques, avec pour corollaire des baisses de rendement (Yegbemey *et al.*, 2014). Le maïs qui constitue l'aliment de base de milliers de populations béninoises sera particulièrement affecté par ce phénomène. Selon Agbossou (2010), le maïs est classé comme culture vivrière la plus sensible avec un coefficient d'exposition de 83 % aux effets de changement du climat.

De plus, en étudiant les relations entre les conditions climatiques futures et les productions agricoles au Bénin, Paeth *et al.* (2008) ont prédit des diminutions de rendements variant de 5 à 20 %, avec pour conséquence un risque plus élevé d'insécurité alimentaire. Ces changements ne feront vraisemblablement qu'accentuer les problèmes rencontrés au niveau de la fertilité des sols. Les changements de climat et de composition de l'atmosphère vont entraîner des déséquilibres avec des changements de certaines caractéristiques du sol principalement de la réserve organique, des éléments nutritifs et de l'acidité, des conditions d'oxydo-réduction et des caractéristiques hydriques et physiques (Michel, 1999). De ce fait, la baisse de fertilité des sols requiert donc des solutions susceptibles de répondre systématiquement et de manière intégrée à ce défi crucial pour l'agriculture.

Cependant, il existe des pratiques traditionnelles et modernes qui peuvent contribuer à améliorer la fertilité des sols et aider les agriculteurs à rendre leurs fermes plus résilientes et résistantes aux changements climatiques. Ainsi dans les communes de Bembéréké et Sinendé au Nord du Bénin par exemple, en plus des pratiques endogènes de gestion de la fertilité des sols (jachère, parcage des bœufs dans les champs, rotation et association de cultures, utilisation des résidus de récoltes, etc.), plusieurs autres pratiques ont été introduites par divers programmes et projets de protection de l'environnement. Au nombre de ces dernières on peut citer: les systèmes agro forestiers basés sur des légumineuses pérennes (*Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Acacia auriculiformis*, *Cacia siamae* etc) et des plantes de couverture (*Mucuna spp*, *Aeshinomena histrix*, etc), la production et l'utilisation de la fumure organique (le fumier et le compost), le recyclage des résidus de récolte (paillage,

enfouissement), les mesures antiérosives. Plusieurs travaux de recherche sur les perceptions paysannes et les mesures d'adaptation aux changements climatiques ont été réalisés. Mais très peu mettent l'accent sur la perception des impacts du changement climatique sur la qualité des sols. A notre connaissance aucune étude n'a été conduite au Bénin sur les déterminants de l'adoption de la fumure organique comme mesure d'adaptation, et c'est ce qui justifie la présente étude intitulée: « Déterminants de l'adoption de la fumure organique dans un contexte de changement climatique au Nord Bénin: cas des producteurs de maïs des communes de Bembéréké et de Sinendé ».

L'objectif global de cette étude est de promouvoir des stratégies efficaces d'adaptation à la baisse de la fertilité des sols, afin d'assurer la sécurité alimentaire dans les communes de Bembéréké et de Sinendé au Nord du Bénin. De façon spécifique, il s'agit de :

- analyser la perception des agriculteurs sur les effets des changements climatiques vis-à-vis de la fertilité des sols,
- identifier les stratégies d'adaptation développées par les producteurs face à la baisse de la fertilité des sols,
- déterminer les facteurs influençant l'adoption de la fumure organique dans les systèmes de production du maïs.

Des différents objectifs sus cités découlent les hypothèses de recherches suivantes :

**H1** : les producteurs ont de bonnes connaissances des effets du changement climatique sur les sols ;

**H2** : la rotation/association cultures impliquant les légumineuses, l'utilisation de la fumure minérale, l'usage de la fumure organique, l'enfouissement des résidus de récolte, sont les principales stratégies d'adaptation utilisées par les producteurs de maïs face à la baisse de la fertilité des sols au Nord Bénin;

**H3** : l'adoption de la fumure organique par les producteurs de maïs est influencée par certaines variables socio démographiques des producteurs telles que : l'âge, le niveau d'instruction, la taille du ménage, l'expérience en agriculture, le contact des producteurs avec les agents d'encadrement agricole, le nombre total de bœufs de trait, la distance séparant le champ du producteur de son domicile et l'appartenance à une organisation de producteurs.

Le présent mémoire est structuré en quatre chapitres et se termine par une conclusion et les recommandations. Le premier chapitre est relatif à la synthèse bibliographique et traite des considérations générales, les impacts des changements climatiques et des conditions de production sur la culture du maïs, et les pratiques et techniques de gestion de la fertilité des sols à base de la fumure organique. Le second expose le cadre méthodologique utilisé dans cette



étude. Et enfin les deux derniers chapitres portent sur la présentation des résultats et leur discussion à la lumière d'autres travaux scientifiques.

## **CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

### **1.1. Définitions des concepts**

#### **1.1.1. La variabilité climatique et les changements climatiques**

La variabilité climatique et les changements climatiques sont deux notions qui prêtent souvent à confusion. Bien qu'elles nous renseignent toutes sur l'évolution du climat, elles n'ont pas les mêmes significations.

En général, la variabilité climatique est la caractéristique inhérente au climat qui exprime les variations naturelles intra et interannuelles de l'état moyen des variables climatiques sur une période très courte (IPCC, 2007). Selon la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC., 1992), les changements climatiques sont tous changements attribuables directement ou indirectement aux activités humaines qui affectent la composition de l'air atmosphérique et qui s'ajoutent à la variabilité naturelle du climat. D'autre part, les changements climatiques sont définis selon le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat (GIEC, 2007), comme une variation statistiquement significative (à long terme) de l'état moyen du climat qui peut être due à la variabilité naturelle ou aux activités humaines.

Compte tenu de la difficulté de distinguer les aléas climatiques relatifs à la variabilité climatique naturelle de ceux liés aux changements climatiques, la notion de changement climatique qui sera utilisée dans cette étude fait référence à tout changement climatique dans le temps, qu'il provienne de la variabilité naturelle ou qu'il soit le résultat de l'activité humaine.

#### **1.1.2. La perception et l'adaptation**

Selon Lalonde (1985) la perception est l'acte par lequel un individu tout en organisant ses sensations, en les interprétant et les complétant par des images et des souvenirs, se représente un objet qu'il juge spontanément distinct de lui, réel ou actuellement connu de lui. En ce sens, Ban et Hawkins (2000), estiment que la perception est le processus par lequel nous recevons des informations et des stimuli de notre environnement et les transformons en actes psychologiques conscients.

Dans le modèle de la perception humaine se distinguent deux types de perception : la perception psychique liée à la situation psychologique de l'individu et la perception sensorielle qui est liée aux sens. Ce modèle d'analyse de la perception s'applique bien au changement climatique en ceci que les producteurs ne s'adaptent pas directement au changement climatique mais selon la manière dont ils l'ont conçu, donc perçu (Yegbemey *et al.*, 2014).

En définitive, la perception peut désigner une interprétation d'un stimulus sensoriel sur la base de nos connaissances antérieures. Dans le cadre de ce travail, la perception des effets du changement climatique sur le sol désigne l'interprétation que les producteurs font des stimuli climatiques actuels (au moment de l'enquête) par rapport à ceux antérieurs.

L'adaptation est définie comme l'ajustement des systèmes naturels et humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs, ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques (GIEC, 2001). En d'autres termes, c'est l'ensemble des initiatives et mesures visant à réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains contre les effets réels ou prévus des changements climatiques (GIEC, 2007).

### **1.1.3. La fertilité du sol**

Le concept de la fertilité des sols est très ancien et très complexe. La définition de la fertilité du sol a évolué avec le temps. Autrefois, elle était perçue comme une conséquence directe de la qualité de la terre décrite parce qu'on peut observer, sans mesures chimiques: la texture essentiellement (Delville, 1996). Selon cet auteur, la notion de fertilité est donc ambiguë. Elle renvoie à la fois aux caractéristiques du sol et à ce qu'en fait l'agriculteur (cultures et techniques). Ainsi selon le RECA (2010), la fertilité du sol pour un agriculteur, c'est sa capacité à fournir aux plantes cultivées les éléments nutritifs dont elle a besoin pour se développer et donner des graines, des fruits, des tubercules ou des feuilles en quantités importantes. Pour Maliki (2012), la fertilité d'un sol peut être définie comme l'ensemble des caractéristiques physico-chimiques (structure du sol, matière organique, éléments minéraux) et biologiques d'un sol (organismes vivants) qui interagissent dans le temps et dans l'espace selon les conditions pédoclimatiques et de gestion. La fertilité est donc la résultante de facteurs physiques, chimiques et biologiques qui dépendent des conditions du milieu (matériau parental, climat...) mais aussi, et surtout, de la conduite des activités humaines, en particulier des pratiques agricoles et sylvicoles (Soltner, 2003 ; Génot *et al.*, 2009).

### **1.1.4. Rôle de la matière organique**

La fertilisation organique est l'utilisation de la matière organique comme fertilisant dans la production agricole. Elle est vivement recommandée pour améliorer les propriétés physiques et chimiques du sol (Sadio, 2007). La maîtrise de la fertilisation organique est un enjeu particulièrement important en agriculture car les produits que l'on regroupe sous le terme générique de «fertilisants organiques», permettent d'apporter les différents éléments minéraux nécessaires aux cultures (Leclerc, 2009). La matière organique est considérée comme le paramètre fondamental de la fertilité du sol à court et à long terme. A long terme, elle représente

un stock d'éléments chimiques véritable réserve d'éléments nutritifs qui conditionne significativement la fertilité à venir. A court terme, elle est la source quasi exclusive du flux de nutriments, qui contraint fortement la croissance des plantes à chaque instant (Nacro, 1997).

Les travaux de nombreux auteurs (Wambeke, 1974 ; Ehlers, 1996 ; Greenland, 1996 ; Mando, 1998 ; Ouédraogo *et al.*, 2001 ; Bot et Benites, 2005 ; Ouédraogo *et al.*, 2007) ont montré que les ressources organiques en plus de fournir des nutriments, permettent d'amender le sol. En effet, elles améliorent la capacité de rétention en eau, réduisent l'érosion et augmentent l'infiltration et améliorent le taux de recouvrement à travers leur impact sur la Capacité d'Echange Cationique (CEC), la pénétration des racines et sur les organismes du sol. L'apport de ressources organiques permet une utilisation efficiente des nutriments apportés sous forme d'engrais. La matière organique contribue au maintien de la productivité agricole et à la qualité de l'environnement. Les types de fertilisants organiques utilisés dans la fertilisation des sols sont de nature et de formes variées.

## **1.2. Impact des changements climatiques et des conditions de production sur les cultures du maïs**

La culture du maïs occupe plus de 70% de la superficie des terres céréalières (MAEP, 2010). Cette activité agricole est très sensible aux aléas du climat, aux conditions pédologiques et aux contraintes phytopathologiques.

### **1.2.1. Effets de la variabilité climatique**

La culture est sensible aux aléas climatiques liés à la variabilité et aux extrêmes pluviométriques. En effet, la variabilité des pluies est souvent conjuguée à des événements climatiques extrêmes (inondations, sécheresses et températures chaudes) qui ont des conséquences désastreuses sur la production agricole et les revenus des populations. Il est bien connu qu'un stress causé par les températures élevées, résultera en un taux de développement rapide et par conséquent une période de croissance linéaire courte, un faible rendement en biomasse et en grain. En effet, la production de biomasse est très sensible aux variations de rayonnement intercepté et la vitesse de développement du maïs est étroitement déterminée par les conditions de températures (Wey, 1998).

Le maïs est une culture qui présente une grande sensibilité à la fois au déficit hydrique et à l'excès d'eau (Sarr *et al.*, 2011). Les périodes critiques de déficit hydrique pour le maïs sont la floraison et la formation de grains (Deumier *et al.*, 1990).

### 1.2.2. La baisse de la fertilité des sols

La baisse de la fertilité du sol est due à une diminution de la matière organique du sol entraînant une perte en éléments nutritifs. Elle est aussi la conséquence de l'érosion à travers la perte du couvert végétal. Il est évident que cette baisse de fertilité entraîne une baisse des rendements. De nombreuses études ont montré que les déficiences les plus connues en éléments nutritifs dans les sols tropicaux sont : le phosphore et l'azote (CIMMYT, 1990 ; Bationo *et al.*, 1991; Jansen, 1992). L'azote (N) occupe une place de choix dans la fertilisation des céréales. Il est la clé déterminante de la qualité de la matière organique, pivot de la fertilité du sol (Sedogo *et al.*, 1994; Nacro, 1997).

Les pays de l'Afrique subsaharienne figurent parmi ceux qui enregistrent les taux d'épuisement des nutriments les plus élevés dans le sol (Stoorvogel et Smaling, 1990). Après les récoltes, les résidus de récolte sont principalement consommés durant la saison sèche par les animaux transhumants, ce qui correspond à une exportation d'éléments nutritifs des champs. En général, les compensations faites sont inférieures à la perte d'éléments nutritifs engendrée par ce processus (Vander Pol, 1994 ; Boko et Kpagbin, 1996). Cette exploitation « minière » des sols ne peut donc garantir une exploitation durable des terres agricoles. De plus, la diminution de la durée des jachères dont leur plus faible productivité en biomasse constituent un autre facteur de perte de fertilité des sols.

### 1.2.3. Contraintes biotiques

La production du maïs est affectée par beaucoup de facteurs biotiques tels que les plantes parasites (*Striga sp.*), les insectes ravageurs, les rongeurs et les maladies (Fakorede *et al.*, 2003).

- ***Insectes ravageurs***

Les insectes attaquent les cultures soit au champ entraînant des dégâts sur les tiges (il s'agit des borers), les racines (root worms), les feuilles (aphides, criquets) ; soit à la post production rendant parfois inutilisables les grains en entrepôt.

Au Bénin, parmi les mineurs d'épi, *Mussidia nigrivenella* Ragonot est celui qui cause le plus de dégâts sur le maïs (IITA, 1993). Les principaux ravageurs des stocks sont : *Sitophilus zeamais* Motschulsky, le Grand Capucin du Maïs (GCM), *Prostephanus truncatus* Horn. En dehors des dégâts physiques et des pertes de rendements occasionnés au maïs, ces ravageurs créent aussi un milieu favorable à l'établissement de la microflore à l'intérieur des organes attaqués par leurs activités métaboliques (Baba-Moussa, 1998).

- **Micro-organismes pathogènes du maïs**

Diverses maladies causées par des champignons, des bactéries, des virus entraînent d'importantes pertes de rendement au champ. Quelques-unes des plus importantes sont: les pourritures des épis dues aux champignons comme *Aspergillus niger* ou *Fusarium moniliforme*, le mildiou du maïs, la rouille américaine, le charbon, les brûlures des feuilles, la striure du maïs.

### **1.3. Gestion intégrée de la fertilité des sols**

#### **1.3.1. Principe de la GIFS**

La gestion intégrée de la fertilité des sols (GIFS), préconise l'utilisation maximale des ressources localement disponibles et l'application combinée des intrants organiques et minéraux, économiquement et socialement acceptable (Vanlauwe, 2004). La GIFS qui est une composante de l'intensification intégrée, vise à accroître la productivité des sols grâce à une restauration et à une amélioration économique de leur fertilité par l'utilisation rentable des engrais organiques et minéraux, accompagnée par les techniques de conservation des eaux et des sols (Breman, 1997 ; Breman et Debrah, 1999 et Dudal, 2002). Une masse croissante d'analyses économiques confirment les effets positifs de la gestion intégrée de la fertilité des sols (GIFS) sur les rendements et les revenus (Kelly *et al.*, 2003). La GIFS permet non seulement de préserver les ressources environnementales pour la communauté toute entière, mais aussi et surtout d'optimiser les coûts de production et les rendements au niveau de l'entreprise agricole individuelle (Steichen, 1994).

De nombreuses expérimentations de longue durée ont montré qu'une gestion rationnelle des engrais minéraux et des amendements organiques permettait d'augmenter les rendements des cultures et de maintenir durablement la fertilité des sols (Bationo et Mkwunye, 1991 ; Sedogo, 1993 ; Bado *et al.*, 1997). Ainsi, l'utilisation de la fumure organique s'avère être une stratégie incontournable dans la gestion intégrée de la fertilité du sol, et la quantité de matière organique présente dans le sol détermine l'efficacité des engrais minéraux.

#### **1.3.2. Pratiques et techniques de gestion de la fertilité des sols à base de la fumure organique**

##### **1.3.2.1. Les principaux fertilisants organiques**

###### **1.3.2.1.1. Le fumier**

Le fumier est le produit de la fermentation d'un mélange de pailles plus ou moins piétinées et de déjections animales, qui permet un recyclage efficace des éléments minéraux plus concentrés et plus assimilables que dans les résidus de départ (CIRAD et GRET, 2005). Le fumier solide

correspond aux déjections des animaux (bovins, petits ruminants) et de la volaille lorsqu'ils sont en stabulation au niveau des concessions (enclos, poulailler, cours, ou simplement attachés aux piquets) (Bazié, 1995). Pour Barnett (1982), le fumier est l'excrément d'animaux contenant approximativement 2/3 d'excrément et 1/3 de litière, et qui ont subi des fermentations plus ou moins avancées à l'étable ou en tas. L'apport de fumier a des effets bénéfiques sur le sol. En effet, les travaux de plusieurs auteurs (Barnett, 1982 ; Fuchs, 2011) ont montré que le fumier, en plus de sa contribution à la réduction des pertes de sol par érosion, augmente la fertilité et le pH, améliore la structure du sol en le rendant plus meuble. Aussi, le sol avec fumier présente des teneurs plus élevées en C et N que le sol ayant reçu des engrais minéraux (N'Dayegamiyé *et al.*, 1997). Ainsi, le fumier (Photo 1) présente des valeurs fertilisantes positives et non négligeables les trois années suivant l'apport. Il stimule en quantité et en qualité l'activité la biomasse du sol, et augmentent la minéralisation de l'azote. En effet, l'activité des micro-organismes (activité enzymatique) et le niveau de minéralisation de l'azote sont favorisés (Huber et Schaub, 2011).

Mais l'apport excessif du fumier peut avoir des conséquences défavorables pour le sol et les plantes. Selon Barnett (1982), en fonction du taux de graisse et de sel contenu dans le fumier et du type de sol, le fumier peut réduire l'infiltration et accroître le ruissellement. Il soutient aussi qu'à cause des sels tels que les chlorures de sodium (NaCl) et de potassium (KCl), le fumier peut provoquer la salinité à des doses de 50 à 100 t/ha ; chez les plantes, un excès de fumier (>300 kg/ha d'N soit un apport de 53 t de fumier/ha) peut provoquer la toxicité ammoniacale et celle des nitrates.



**Photo 1:** Fumier de parc d'hivernage

**Source :** Cissé (2013)

#### **1.3.2.1.2. Les lisiers**

Les lisiers sont des mélanges liquides de fèces et d'urines avec quelques déchets de litière ou d'aliments. On distingue les lisiers liquides, dont le taux de matière sèche est inférieur à 13%, et les lisiers pailleux, qui contiennent une quantité variable de litière et dont le taux de matière sèche moyen varie de 10 à 20 % (Znaïdi, 2002). Les lisiers liquides jouent un rôle fertilisant mais ne contribuent pas à la formation de la réserve organique du sol (Petit et Jobin, 2005).

#### **1.3.2.1.3 Les purins**

Ce sont des exsudats liquides provenant du stockage des fumiers, comprenant éventuellement des urines (moins de 3% de matière sèche), ou constitués d'eau de pluies souillées lors de leur passage sur, ou à travers du tas de fumier (ITAB, 2001). Les purins jouent un rôle majeur dans la fertilisation des plantes. Ils apportent aussi aux micro-organismes une nourriture facilement disponible qui encourage le développement d'une activité biologique intense dans les sols (Petit et Jobin, 2005).

#### **1.3.2.1.4 Le compost**

Pour Houot *et al.* (2001), le compostage est la transformation de la matière organique très instable, fortement biodégradable en une matière organique stable. Leclerc (2001), le définit comme un processus contrôlé de dégradation des constituants organiques d'origine végétale et animale, par une succession de communautés microbiennes évoluant en condition aérobie, entraînant une montée de température, et conduisant à l'élaboration d'une matière organique humifiée et stabilisée. Le produit ainsi obtenu est appelé compost. C'est donc le produit de la décomposition de la matière organique avec libération d'éléments minéraux et fabrication de l'humus (IFDC-Catalist, 2010). En théorie, tout déchet organique biodégradable est compostable (Francou, 2003). Ainsi peuvent être compostés des déchets ménagers et des déchets d'origine agricole qui sont des déchets animaux auxquels sont ajoutés des résidus végétaux (Berger, 1996), le tout enrichi par des apports minéraux tels que le phosphate naturel, les cendres, la dolomie (Bazié, 1984).

Le compost se fabrique de deux manières : dans une fosse ou en andain (en tas) (photos 2 et 3). Le compostage en tas est une technique qui consiste à réaliser un conditionnement des matières premières qui assurent une fermentation aérobie rapide sans aucun investissement en équipement (Bazié, 1995). Le compostage en fosse consiste à réaliser une fermentation plus ou moins aérobie des résidus végétaux et animaux dans une fosse creusée dans le sol ou construite en partie ou en totalité au-dessus du niveau du sol (photo 2).





**Photo 2:** Fabrication du compost dans une fosse à compost



**Photo 3:** Fabrication du compost en andain

**Source :** Dagbénonbakin (2012)

#### ***1.3.2.1.5 Les déchets urbains et industriels***

Les villes produisent beaucoup de déchets. En général, les éléments nutritifs contenus dans ces déchets sont recyclés comme fertilisant dans l'agriculture urbaine et périurbaine par les producteurs, le plus souvent en application directe, car la proportion compostée reste faible (CIRAD et GRET, 2005; Kaboré *et al.*, 2011). Les déchets ont des teneurs élevées en éléments nutritifs et en métaux lourds sous des formes avec une disponibilité très variées, mais les risques de pollution des sols et de la nappe phréatique et aussi de contamination de la chaîne alimentaire à long terme existent (Compaoré et Nanéma, 2010).

Certains sous-produits de l'agro-industrie, incorporés au sol, sont une source appréciable de fumure organique. Dans le contexte du nord-Bénin on utilise surtout les graines de coton et leurs tourteaux comme fertilisant organique. Si à travers la diffusion d'un certain nombre de techniques telles que le compostage, les fosses fumières, la recherche agricole a apporté sa contribution à l'augmentation de la teneur en matière organique des sols, il n'en demeure pas moins que certaines pratiques paysannes très anciennes sont également sources de matière organique.

#### ***1.3.2.2 Les pratiques paysannes***

##### ***1.3.2.2.1. La jachère***

Selon Wedum *et al.* (1996), la jachère se définit par une alternance de cultures et de période de « repos » des surfaces emblavées. La durée de la jachère est un élément important du système d'exploitation. Elle peut varier dans de grandes proportions en fonction de nombreux facteurs :

la densité démographique, les types de cultures, la nature des terroirs (forets ou savane), la richesse des sols. Pendant la phase de jachère, les éléments minéraux s'accumulent dans la matière végétale. Les éléments entraînés en profondeur sous culture sont remontés par les racines profondes.

#### ***1.3.2.2.2. Le paillage***

Le paillage consiste à recouvrir le sol, avant semis, d'herbes fauchées en brousse ou des tiges de sorgho, mil ou maïs, quelques fois sur pieds dans le champ. Il a pour rôle de réduire l'évaporation de l'eau du sol, d'enrichir le sol en éléments nutritifs libérés par la décomposition des pailles, d'étouffer les mauvaises herbes, et de limiter l'effet « splash » qui est une forme d'érosion consécutive à l'effet de gouttelettes d'eau de pluie qui tombe sur le sol et qui peuvent décaper les horizons superficiels.

#### ***1.3.2.2.3 Le parcage direct***

Les parcs de nuit mobiles sont le moyen privilégié utilisé en saison sèche pour la fertilisation des champs. Ce système consiste à se mettre en accord avec un berger pour immobiliser les animaux la nuit sur les parcelles après la récolte en les attachant par les cornes à un piquet ou parfois à un arbre (Landais et Lhoste, 1993). Le parc est transféré d'une parcelle à l'autre, à un rythme variable (de quelques jours à une quinzaine de jours maximum) de manière à répartir les déjections dans tout le champ.

En saison pluvieuse, le parcage est moins systématique. Les troupeaux sont amenés en dehors des zones de culture et parqués dans des parcours boisés, ou dans des clairières. Ce qui permet de limiter les risques de dégâts sur les cultures environnantes (Diabagaté, 2006).

Au nord du Bénin, les techniques les plus pratiquées dans le cadre de la production de maïs sont : le parcage des bœufs, l'utilisation de fumier des parcs ou des fosses, l'enfouissement des résidus de récolte.

### **Conclusion partielle**

L'épuisement de la fertilité des sols dans les exploitations agricoles dû à la dégradation de la matière organique constitue la principale cause de la baisse de la production. Le recours à la fumure organique est une option déterminante pour l'amélioration à long terme de la fertilité des sols surtout dans un contexte de changement climatique.

## **CHAPITRE 2 : CADRE METHODOLOGIQUE**

### **2.1. Cadre théorique**

#### **2.1.1. Théorie sur l'adoption d'une innovation**

Selon Adams (1982), l'innovation est une idée, des pratiques ou des objets perçus comme nouveau dans la société. Cette définition se complète par celle de Treillon (1992), qui définit l'innovation technologique comme une pratique ou une idée qui permet à la fois de raccourcir le processus de production et d'augmenter de façon durable, la productivité. L'innovation permet ainsi aux producteurs d'augmenter leurs revenus agricoles et d'améliorer leurs bien-être et ceux de leurs ménages (Hansen et Prescott, 2002; Lucas, 1998; Gallor et Weill, 1999). La première définition paraît plus générale et la seconde s'adresse à un domaine précis. Ainsi, on peut avoir des innovations spécifiques au domaine auquel on s'intéresse, avec des aboutissements précis.

L'adoption d'une nouvelle technique quant à elle, peut être définie comme l'application totale de l'ensemble de la technologie (CIMMYT, 1993). Les producteurs abandonnent leurs pratiques anciennes et adoptent d'autres qu'ils pensent rationnelles pour leurs systèmes de production (McDonald et Brown, 2000; Soule *et al.*, 2000). Pour Featherstone *et al.* (1997), l'adoption est définie comme l'ouverture du producteur à une technologie à propos de laquelle il a suffisamment d'informations sur ses potentialités au bout d'une certaine période. La diffusion d'une innovation commence à un moment donné dans le temps quand celle-ci est prête pour être appliquée. Selon Rogers (1962), l'adoption n'est donc pas un fait, mais plutôt un état qui évolue. Il s'agit d'un processus mental qui commence à partir du moment où l'individu est informé d'une innovation jusqu'au moment où il la pratique ou la rejette.

Par ailleurs, Tornatzky et Klein (1982), ont réalisé une méta-analyse de la littérature portant sur la théorie de la diffusion de l'innovation et ont démontré que trois caractéristiques influençaient davantage l'adoption d'une innovation. En effet, la compatibilité et les avantages relatifs seraient positivement liés à l'adoption tandis que la complexité y serait négativement liée. En résumé, on peut retenir que la décision d'un producteur d'adopter ou de rejeter une innovation, est influencée par plusieurs facteurs intrinsèques tant au producteur qu'à l'innovation. Ainsi, la valeur perçue d'une innovation par les utilisateurs influence la vitesse à laquelle elle se diffusera dans la société. Cette valeur dépend elle-même de facteurs qui peuvent être endogènes à l'innovation (avantage relatif, compatibilité avec les valeurs et pratiques existantes, simplicité d'utilisation, coût d'acquisition, possibilité de l'essayer et visibilité/qualité des résultats), ou exogènes à l'innovation (taille de la base installée et disponibilité de biens complémentaires, capacité des adoptants potentiels à l'accepter, leur perception sur l'innovation).

La présente étude se base sur ces théories et considère l'utilisation de la fumure organique comme étant une nouvelle idée face à la baisse de la fertilité des sols suite aux changements climatiques ; et dont l'adoption dépend de sa simplicité, son coût d'utilisation, et le profit qu'il peut procurer aux producteurs.

### **2.1.2. Modélisation des déterminants de l'adoption**

Dans la littérature, plusieurs modèles théoriques ont été élaborés pour étudier l'adoption ou le choix entre les technologies agricoles. Les modèles les plus couramment utilisés sont les modèles *Tobit*, *Logit* et *Probit*. Les deux derniers sont les plus rencontrés dans la mise en exergue des relations entre la probabilité d'adoption et les déterminants de celle-ci. Ils sont d'ailleurs très proches du point de vue des caractéristiques. A cet effet, Gourieroux (1989), affirme que les modèles *Logit* ont été initialement introduits comme approximation des modèles *Probit*, permettant des calculs plus simples. En réalité, il n'y a pas de différence significative entre *Logit* et *Probit* en ce qui concerne la qualité des estimations faites. De ce fait, le choix de l'un ou l'autre se fait par préférence ou convenance.

## **2.2. Approche méthodologique de l'étude**

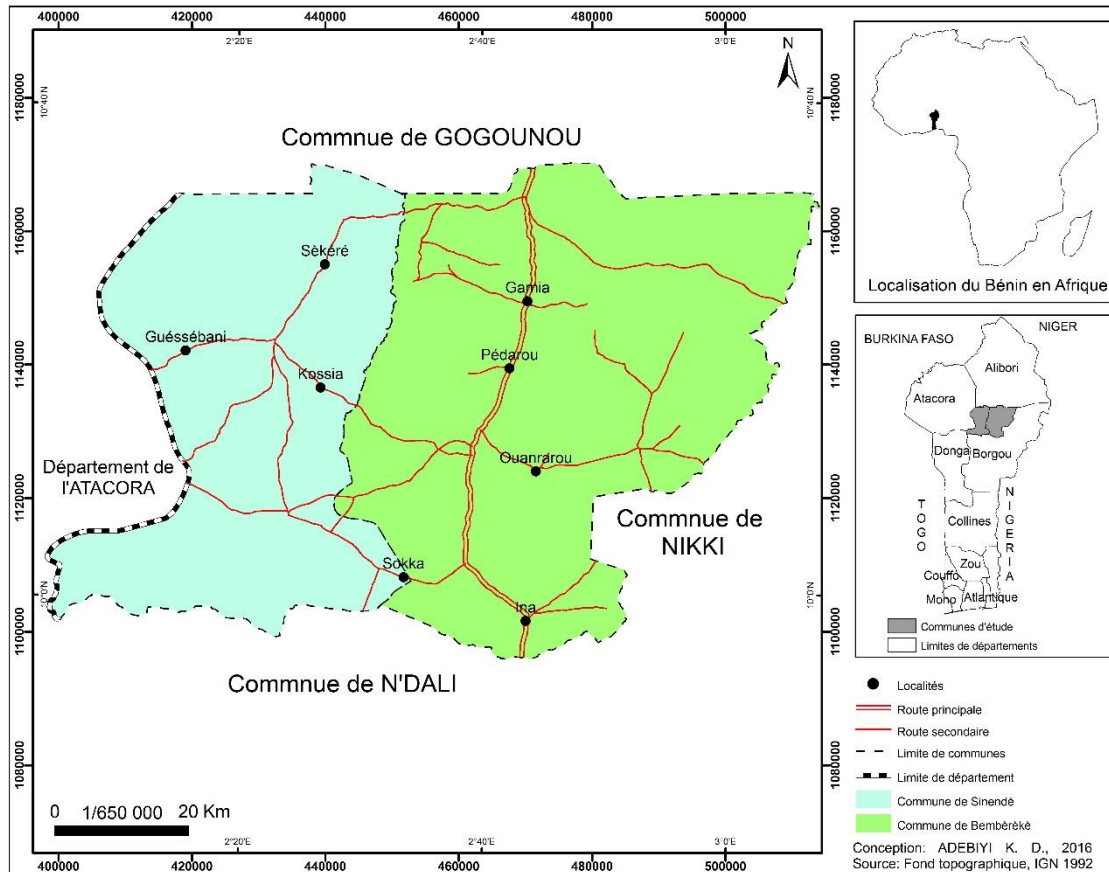
### **2.2.1. Présentation de la zone d'étude**

#### **2.2.1.1. Situation géographique**

Les travaux de recherche ont été conduits dans les communes de Bembéréké et Sinendé département du Borgou au Nord Bénin. Ces deux communes se situent entre les parallèles 10° et 11° Nord de latitude et les méridiens 2° et 3° Est de longitude (Figure 1).

La commune de Bembéréké est limitée au Nord par la commune de Gogounou, au Sud par la commune de N'Dali, à l'Ouest par la commune de Sinendé et à l'Est par les communes de Nikki et de Kalalé respectivement situés dans sa partie Sud-Est et Nord-Est.

Sinendé est limitée au nord par la commune de Gogounou, au Sud par celle de N'Dali, à l'est par Bembèrèké et à l'Ouest par les communes de Ouassa-Péhunco et Djougou. Elle est à 623 km de Cotonou (capitale économique du Bénin) et à environ 150 km de Parakou, chef-lieu du département.



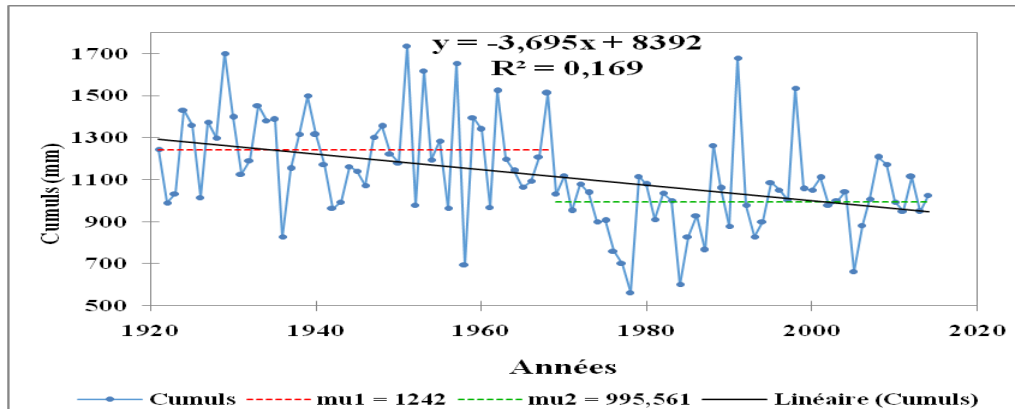
**Figure 1:** Présentation de la zone d'étude

### 2.2.1.2. Caractéristiques physiques du milieu

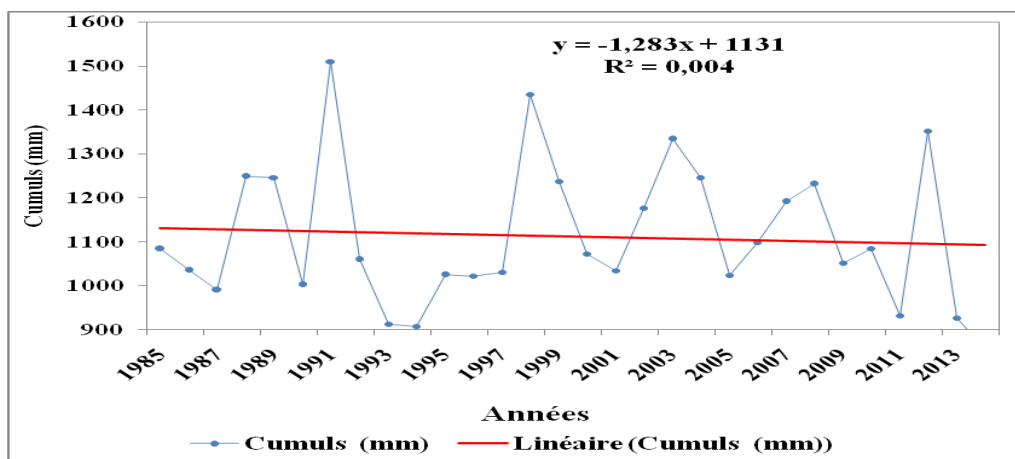
Les deux communes sont dans la zone vivrière du Sud Borgou avec un climat soudano guinéen à deux saisons ; la saison sèche allant de novembre à avril et la saison pluvieuse de mai à octobre. Les précipitations enregistrées dans ces localités fluctuent entre 1000 et 1200 mm d'eau par an et la température entre 24,2°C (septembre) et 29,5 °C (Mars) soit une amplitude thermique de 5,3 °C (ACC., 2011). Les cumuls annuels des pluies à Bembéréké et à Sinendé présentent une tendance globale à la baisse (Figures 2 et 3). Le test d'homogénéité de Pettitt au seuil de 1% montre qu'à Bembéréké une rupture est survenue en 1968. La moyenne annuelle des cumuls de 1921 à 1968 est de 1242 mm et de 1969 à 2014 elle a chuté à 995,6 mm, soit une baisse de 246,4mm (Figure 2).

La commune de Sinendé s'étend sur une superficie de 2289 km<sup>2</sup>, elle est dominée par des sols de type ferrugineux tropicaux lessivés. Sa végétation est constituée de savane boisée avec vestiges de forêts le long des cours d'eau dégradée par endroit par l'homme. On y trouve également une mosaïque de cultures, des aires de pâturage et de la jachère. Non loin des zones cultivées, se maintient une savane parc à espèces protégées. Il s'agit essentiellement du karité

(*Vitellaria paradoxa*), du néré (*Parkia biglobosa*) et du baobab (*Adansonia digitata*) (ACC., 2011). La population de Sinendé s'est accrue de 63373 à 88383 habitants entre 2002 et 2013 (RGPH 4) soit un taux de croissance de 3 %.



**Figure 2:** Variation interannuelle des pluies à la station de Bembéréké de 1921 à 2014



**Figure 3:** Variation interannuelle des pluies à la station du SCDA de Sinendé de 1985 à 2014

**Source :** Odjougbèlè (2016)

Bembéréké couvre une superficie de 3348 km<sup>2</sup>, son relief est une vaste pénélaine, granito-gneissique avec des vallonnements et des chaînons de collines anguleux Nord-sud formant la montagne du Borgou. La végétation est constituée de forêts classées, forêts galeries le long des cours d'eaux, forêts claires correspondant à la savane arborée et forêts arbustives avec des empreintes d'activités humaines bien notable. Entre 2002 et 2013 la population de Bembéréké est passée de 94580 à 125 465 habitants, le taux de croissance est de 2,54 % (RGPH 4).

Dans les deux communes d'étude les activités agricoles sont menées autour des spéculations coton, maïs, sorgho, igname et mil. Il s'y pratique aussi l'élevage des bovins, caprins, ovins, et les volailles ; la pisciculture à Bembéréké. (Kora et Guidibi, 2006 ; Houngihin et Guidibi, 2006).

Au-delà de leur importance dans la production agricole (notamment de maïs), deux principales raisons ont motivé le choix des communes de Bembéréké et de Sinendé pour la présente étude. L'étude diagnostic menée par le ProSol (2015) a révélé que les communes de Bembéréké et de Sinendé sont les deux premières communes du Borgou ayant un niveau élevé de dégradation de leurs sols. Aussi ont-elles été identifiées dans les travaux du PANA comme des zones où le déficit de la recharge de la nappe atteint un taux de 60 % par rapport à 1970 et le déficit de la pluviométrie y est supérieur à 20 % en conséquence à la variabilité et au changement climatiques (PANA., 2008).

Dans chaque commune, quatre villages ont été choisis avec l'aide des agents des SCDA, en fonction de leur importance en termes de production de maïs et de leur accessibilité. Il s'agissait des villages de Ina, Pédarou, Gamia, Wanrarou dans la commune de Bembéréké ; et de Sèkèrè, Kossia, Guessou-Bani et Sokka dans la commune de Sinendé.

## **2.2.2. Les différentes étapes de l'étude**

### ***2.2.2.1. Phase préparatoire***

Cette phase a consisté essentiellement à la recherche documentaire dans le but de constituer une base non négligeable pour justifier la pertinence du sujet d'étude d'une part, et l'identification de l'approche méthodologique appropriée d'autre part. La recherche documentaire a été faite à travers l'exploitation des données issues de différentes entités et centres de recherche (bibliothèque, SCDA, ProSol, FA, CRA-Nord, CRA, sites internet). Les différentes informations recueillies nous ont permis d'élaborer le questionnaire (Annexe 1) et les guides d'entretien (Annexes 2 et 3) pour la phase d'enquête fine.

### ***2.2.2.2. La Phase d'enquête fine***

Elle a permis de collecter les données primaires tant quantitatives que qualitatives requises pour la vérification des hypothèses d'étude. Un questionnaire structuré (Annexe 1) dont les grandes lignes sont relatives aux caractéristiques socio-économiques des producteurs, leurs perceptions des principaux effets du changement climatique sur la fertilité du sol et les stratégies d'adaptation développées par eux, a été administré à chaque producteur. En complément, des entretiens semi-structurés, des focus-groupes ont été organisés pour collecter d'autres données qualitatives. Enfin, des observations participatives et la triangulation des informations nous ont permis de vérifier la véracité des données collectées.

### 2.2.2.3. Collecte de données secondaires

Deux catégories de données secondaires: les données édaphiques (types de sol, et leur niveau de dégradation), et les données cartographiques (pour la représentation de la carte de la zone d'étude), ont été collectées respectivement au Secteur Communal pour le Développement Agricole (SCDA) des dites communes et à l'Institut de Géographie Nationale (IGN).

### 2.2.3. Echantillonnage

Les unités d'observation sont les exploitations agricoles de maïs représentées par le chef d'exploitation. La taille de l'échantillon prévu est de 278 enquêtés. Elle a été déterminée grâce à la formule de Slovin :

$$n = \frac{N}{1 + N \times e^2}$$

n= taille de l'échantillon (278), e = niveau de précision (0,06) et N= Nombre de ménages agricoles (2227).

En appliquant le taux de proportionnalité de la taille de chaque commune à celle de l'échantillon, il revenait à enquêter 116 producteurs à Bembéréké et 162 producteurs à Sinendé. Un réajustement a été fait compte tenu de la disponibilité des producteurs et des contraintes de temps. C'est ainsi que finalement seulement 230 producteurs ont été enquêtés comme l'indique le tableau 1:

**Tableau 1:** Répartition des enquêtés par village

Communes	Villages	Ménage agricole totale	Taux d'échantillonnage (%)	Taille de l'échantillon	
				Prévu	Enquêté
<b>Bembéréké</b> (115 enquêtés)	Ina 1	296	13,29	37	37
	Gamia ouest	340	15,26	42	42
	Wanrarou	149	6,70	20	18
	Pédarou	144	6,46	18	18
<b>Sinendé</b> (115 enquêtés)	Sèkèrè	580	26,04	72	30
	Kossia	138	06,20	17	17
	Guessou-Bani	451	20,25	56	52
	Sokka	129	5,80	16	16
<b>Total</b>		<b>2227</b>	<b>100</b>	<b>278</b>	<b>230</b>



## **2.2.4. Outils d'analyse des données**

### **2.2.4.1. Analyse des perceptions des stratégies d'adaptation**

Les perceptions et adaptations des producteurs face aux principaux effets des changements climatiques sur la fertilité des sols ont été ressorties grâce aux analyses des discours enregistrés lors des entretiens individuels et des focus groupes par village. A cet effet, pour l'hypothèse H1 : les producteurs ont de bonnes connaissances des effets du changement climatique sur les sols : un producteur a été considéré comme ayant perçu les effets du changement climatique sur le sol si et seulement si : 1) il a perçu au moins une modification du sol due au changement d'au moins un facteur climatique sur les dix dernières années, et 2) il a pu décrire la (es) modification (s) qu'il a perçu (es). Ce faisant, la variable « perception des effets des changements climatiques sur les sols » a été plus tard traitée comme une variable dichotomique muette prenant la valeur de 1 si le producteur a perçu les effets du changement climatique et la valeur 0 autrement.

Il en a été de même pour l'hypothèse H2 : la rotation/association cultures impliquant les légumineuses, l'utilisation de la fumure minérale, l'usage de la fumure organique, l'enfouissement des résidus de récolte, sont les principales stratégies d'adaptation utilisées par les producteurs de maïs face à la baisse de la fertilité des sols au Nord Bénin: un producteur a été considéré comme s'adaptant au changement climatique si et seulement si : 1) il a ajusté une ou plusieurs de ses pratiques de gestion de la fertilité des sols, dans le but d'adapter son système de production au (x) précédent (s) changement (s) qu'il aurait mentionné (s) et 2) il a adopté au moins une stratégie d'adaptation. La variable « stratégies d'adaptation face à la baisse de la fertilité des sols » a été plus tard traitée comme une variable dichotomique muette prenant la valeur de 1 si le producteur s'adapte et la valeur 0 si non.

Pour tester l'hypothèse H3, nous avons introduit les différentes variables concernées dans un modèle de régression logistique.

### **2.2.4.2. Spécification du modèle de régression utilisé**

Nous faisons l'hypothèse selon laquelle les variables socio-économiques influencent l'utilisation de la fumure organique face à la baisse de la fertilité des sols suite aux changements climatiques au Nord du Bénin. Nous avons donc opté pour une modélisation de type *Logit*, compte tenu du fait qu'elle facilite la manipulation des résultats (Hurlin, 2003 cité par Salé *et al.*, 2014). Le principe fondamental du modèle *Logit* est basé sur la probabilité pour un individu de choisir ou non une stratégie ou le produit qui lui est proposé (Maddala, 1983, cité par Adésina *et al.*, 2000 ; Varian, 2006 Salé *et al.*, 2014). Selon ces auteurs, les paramètres de ce modèle *Logit* sont estimés par la méthode du maximum de vraisemblance. En effet, deux propriétés

font l'intérêt de la fonction de répartition logistique dans la modélisation des choix discrets. Il s'agit notamment de son intervalle qui se réduit à [0, 1] et de la possibilité d'être linéarisée par une transformation logarithmique. Dans ce modèle, on définit une variable  $y^*$  comme suit :

$$y^*_i = \alpha + x_i \beta + \varepsilon_i \quad \text{où}$$

$Y^*_i$  représente le bénéfice ou l'intérêt retiré par l'exploitant de son engagement dans le choix d'utiliser la fumure organique dans son exploitation ;  $X_i$  est une variable qui peut influencer la pratique ;  $\beta$  les coefficients associés aux différentes variables du modèle et  $\varepsilon_i$  l'erreur associée à la variable. La variable  $Y^*_i$  n'étant pas observable, il est nécessaire de générer une variable observable exprimant le choix d'une stratégie par l'exploitant :

- ~  $y = 1$ , si le producteur utilise la fumure organique face à la baisse de la fertilité des sols et,
- ~  $y = 0$ , si le producteur n'utilise pas la fumure organique face à la baisse de la fertilité des sols.

Selon Hurlin (2003), la régression du modèle *Logit* caractérisant le choix par un échantillon d'exploitant est spécifié comme suit :

$$P_i = E(y_i) = F(\alpha + x_i \beta) = \frac{1}{[1 + e^{-(\alpha + x_i \beta)}]}$$

où l'indice « i » indique la ième observation dans l'échantillon,  $P_i$  est la probabilité qu'un individu fasse un choix donné,  $Y_i$  est la base du logarithme népérien,  $x_i$  est un vecteur des variables exogènes,  $\alpha$  est une constante et  $\beta_i$  sont des coefficients associés à chaque variable explicative  $X_i$  à estimer. "Il convient de noter que les coefficients estimés n'indiquent pas directement l'effet du changement des variables explicatives correspondantes sur la probabilité (p) de l'occurrence des résultats. Un coefficient positif signifie que la probabilité augmente avec l'accroissement de la variable indépendante correspondante (Neupane *et al.*, 2002). Les coefficients  $\alpha$  et  $\beta$  dans la régression logistique sont estimés en utilisant la méthode du maximum de vraisemblance" (Salé *et al.*, 2014). Ainsi, le *Logit* est basé sur la notion de maximum de vraisemblance dont la fonction est :

$$\prod_{i=0}^n \prod_{j=0}^k [Exp(\beta_j x_{ij}) / Exp(\beta_j x_{ij})]^{N_{ij}}$$

où N représente le nombre d'observations en dehors de celles pour lesquelles Y prend la valeur j.

### 2.2.4.3. Définition des variables du modèle

Les différentes variables utilisées dans le modèle, leur description ainsi que leur type sont présentés dans le tableau 2.

**L'âge du producteur (AGE) :** Les producteurs âgés plus expérimentés peuvent adopter plus facilement une stratégie d'adaptation que les moins âgés.

**Le niveau d'instruction formelle (INSTRUC) :** L'instruction facilite une meilleure compréhension et une ouverture d'esprit ; ce qui accroît l'habileté du producteur à rechercher les connaissances sur les technologies nouvelles et à en évaluer la pertinence. Elle indique aussi la capacité du producteur à vite décrypter les informations relatives à l'environnement économique et aux changements climatiques. Les producteurs éduqués ont de meilleures aptitudes à appliquer et à diffuser les instructions des services de vulgarisation (Kébédé *et al.*, 1990 cité par Folefack *et al.*, 2012). En plus selon Salé *et al.* (2014), l'éducation formelle détermine positivement le revenu agricole.

**L'expérience dans la production de maïs (EXP):** Plusieurs études empiriques ont inclus cette variable dans les modèles d'adoption. Le nombre d'années d'expérience du producteur peut influencer positivement ou négativement l'adoption (Zegeye *et al.*, 2001). Avec l'expérience, les producteurs peuvent devenir plus réticents ou plus ouverts aux innovations.

Mais, selon CIMMYT (1993), l'expérience devrait influencer positivement l'adoption des nouvelles technologies. Nous espérons donc une relation positive entre cette variable et l'adoption de la fumure organique.

**Le contact des producteurs avec les agents d'encadrement agricole (EXTENS)** leur donne accès aux informations relatives au climat, aux technologies agricoles et des conseils sur les stratégies bénéfiques qui facilitent l'adaptation au changement climatique.

**La taille du ménage (EFMNAG):** un ménage plus nombreux doit développer des stratégies adaptatives précises pour les besoins alimentaires et monétaires du ménage. Elle favorisera une augmentation de la production et donc des recettes. Le signe prédit est alors positif.

**L'appartenance à une organisation de producteurs (APORG) :** les partenaires du développement par le biais des organisations non gouvernementales (ONG), des projets et programmes de développement agricole, organisent des formations à l'intention des associations de producteurs. A travers ces structures, les producteurs sont sensibilisés au changement actuel du climat ainsi qu'aux conséquences présentes et futures sur la fertilité du sol et la production agricole, de même que les stratégies d'adaptation. L'appartenance à une organisation facilite donc l'accès à l'information et à des pratiques ou techniques.

**Le nombre total de bœufs de trait (NBOVT):** les déjections de ces animaux représentent la principale matière organique. Leur présence est donc nécessaire pour la production du fumier. On s'attend donc à ce que les producteurs ayant des bœufs de trait utilisent la fumure organique.

**La superficie de maïs emblavée (SUPMAIS) :** Il est question ici d'explorer le lien entre la superficie de maïs et l'adoption de la fumure organique. En général, les producteurs qui affectent de grandes superficies à une culture particulière s'orientent vers le marché. Les gros producteurs qui visent le marché adoptent la fumure organique. Cette adoption est une stratégie utilisée pour accroître leur revenu agricole.

**La distance entre la résidence et le champ de maïs (DISTCHAMP):** les producteurs ayant leur habitation non loin des champs auraient plus de facilité à utiliser la fumure organique à cause de la réduction des coûts de transport. Ceci favoriserait aussi une meilleure surveillance des animaux parqués.

**Tableau 2:** Variables utilisées dans le modèle

<b>Variables</b>	<b>Description</b>	<b>Type de variable</b>
<b>ADOPTFO</b>	Adoption de la fumure organique (1 s'il l'utilise et 0 si non)	Qualitative
<b>AGE</b>	Age de l'enquêté (années)	Quantitative
<b>INSTRUC</b>	Niveau d'instruction formelle	Qualitative
<b>EXP</b>	Expérience dans la production de maïs (années)	Quantitative
<b>EXTENS</b>	Contact des producteurs avec les agents d'encadrement agricole (1=oui et 0 si non)	Qualitative
<b>EFMNAG</b>	Taille du ménage	Quantitative
<b>APORG</b>	Appartenance à une organisation de producteurs (1=oui et 0= non)	Qualitative
<b>NBOVT</b>	Nombre de bœufs de trait	Quantitative
<b>SUPMAIS</b>	Superficie de maïs emblavée	Quantitative
<b>DISTCHAMP</b>	Distance entre la résidence et le champ de maïs	Quantitative

**Source :** Résultats d'enquête Octobre 2016

#### **2.2.4.4. Analyses statistiques**

Pour l'analyse des données qualitatives et quantitatives, les logiciels Excel et SPSS. 20 ont été utilisés. La représentation de la carte de la zone d'étude a été faite par la version 2.10.1 du

logiciel Quantum GIS. Le logiciel Microsoft Word 2013 a été utilisé pour la rédaction du document.

## CHAPITRE 3 : RESULTATS

### 3.1. Caractéristiques démographiques et socio-économiques des producteurs enquêtés

Les caractéristiques démographiques et socio-économiques des producteurs interrogés sont résumées dans le tableau 3.

Quatre-vingt-cinq virgule sept pour cent des personnes interrogées sont des hommes. La majorité de ces populations est mariée (90,9%). Quant à leur âge, il varie entre 27 et 57 ans avec une moyenne de 42 ans. Les Baribas constituent le groupe ethnique dominant (70,4%) des deux communes ; on y rencontre aussi des Gandos (13%), des Dendis (7%), des Peulhs (1,7) des Nagots, des Fons, etc. Plus de la moitié des personnes interrogées (54,3 %) ont reçu une éducation formelle, correspondant pour la plupart à un niveau primaire. Quant à ce qui concerne l'alphabétisation, la tendance est à l'inverse avec un taux d'analphabétisme de 67%. L'agriculture est l'activité principale de 84,8% des personnes interrogées. En plus de l'agriculture, 60,4 % des producteurs interrogés possèdent une activité secondaire. L'élevage, le commerce et les petits métiers sont les activités secondaires les plus exercées. Le taux moyennement élevé d'accès des producteurs au crédit (64,3%) est principalement dû à l'amélioration des conditions d'accès des structures d'octroi de prêts aux agriculteurs. Quatre-vingt-deux virgule six pour cent des personnes interrogées (82,6 %) appartiennent à une organisation villageoise. L'appartenance aux organisations, notamment celles des producteurs de coton, favorise l'accès aux intrants (engrais et pesticides du coton), au crédit agricole et aux formations données par les agents de vulgarisation de la localité. Le contact personnel avec ces derniers est mentionné par 73 % des personnes interrogées. Les modes de faire-valoir de la terre dans la zone d'étude sont l'héritage, le don, l'achat, l'emprunt et la location. La superficie moyenne des emblavures de maïs cette saison est de 7,67 ( $\pm 9,175$ ) hectares.

Enfin, la taille du ménage et l'expérience moyenne dans l'agriculture sont respectivement de 11 ( $\pm 8$ ) personnes et 12 ( $\pm 7$ ) ans.

**Tableau 3:** Caractéristiques démographiques et socio- économiques des producteurs enquêtés

Variables qualitatives	Bembéréké		Sinendé		Ensemble	
	Effectifs	Fréquences (%)	Effectifs	Fréquences (%)	Effectifs	Fréquences (%)
Sexe	-	-	-	-	-	-
Masculin	97	84,3	100	87	197	85,7
Féminin	18	15,7	15	13	33	14,3
Situation matrimoniale (Mariés)	100	87	109	94,8	209	90,9
Ethnie (Baribas)	82	71,3	80	68,6	162	70,4
Instruction	63	54,8	62	53,9	125	54,3
Alphabétisation	34	29,6	42	36,5	76	33
Activité secondaire	81	35,2	58	25,2	139	60,4
Accès au crédit	83	72,2	65	56,5	148	64,3
Appartenance à une organisation	93	80,9	97	84,3	190	82,6
Contact avec structures d'encadrement	81	70,4	87	75,7	168	73
Variables quantitatives	Moyennes	Ecart Types	Moyennes	Ecart Types	Moyennes	Ecart Types
Age	42,42	6,424	42,17	6,832	42,29	6,618
Superficie maïs	7,18	7,18	8,14	10,017	7,67	9,175
Taille du ménage	10,29	6,242	12,17	10,314	11,24	8,584
Expérience dans l'agriculture	12,29	7,363	13,11	7,616	12,71	7,486

**Source :** Résultats d'enquête Octobre 2016

### 3.2. Perception des effets du changement climatique sur les sols

La quasi-totalité des producteurs interrogés dans la zone d'étude (99,1 %) a perçu des changements des facteurs climatiques de 2006 à 2016. Ces changements climatiques perçus se manifestent principalement par les variations des précipitations, le décalage des saisons avec une tendance de la réduction de la saison pluvieuse, la sécheresse, les vagues de chaleur, et les vents violents. Cependant seulement 54,3% parmi eux perçoivent divers effets des changements climatiques sur les sols (tableau 4). Ceux-ci perçoivent tous, la baisse de la fertilité du sol se manifestant par une baisse des rendements. Viennent ensuite : la modification de la couleur des sols (36,7% des producteurs enquêtés), l'accroissement de l'érosion hydrique (28,7%), la destruction de la structure du sol (6,1%).

**Tableau 4:** Perceptions paysannes des effets directs et indirects des changements climatiques sur le sol

Effets perçus par les producteurs	Effectifs	Pourcentage (%)
Baisse de la fertilité du sol	125	54,3
Modification de la couleur du sol	82	36,7
Accroissement de l'érosion	66	28,7
Destruction de la structure du sol	14	6,1

**Source :** Résultats d'enquête Octobre 2016

### 3.3. Stratégies d'adaptation des agriculteurs face à la baisse de la fertilité des sols

Quatre-vingt-quatre pour cent des producteurs interrogés ayant perçu les impacts des changements climatiques sur le sol ont développé une gamme très variée de stratégies d'adaptation. Il s'agit de l'association et la rotation des cultures impliquant les légumineuses (27,4% des personnes interrogées), l'utilisation de la fumure minérale (26,5% des personnes interrogées), l'utilisation de la fumure organique (20% des personnes interrogées), et l'enfouissement des résidus de récolte (17,4%) (Tableau 5). D'autres stratégies telles que l'agroforesterie, le travail superficiel du sol, la plantation des arbres et l'abandon de la parcelle, sont mentionnées par 26,5% des personnes interrogées.

**Tableau 5:** Stratégies d'adaptation face à la baisse de la fertilité des sols

Stratégies d'adaptation	Effectifs	Pourcentage (%)
Rotation/Association cultures impliquant légumineuses	63	27,4
Utilisation de la fumure minérale	61	26,5
Utilisation de la fumure organique	46	20
Enfouissement des résidus de récolte	40	17,4
Autres stratégies d'adaptation (agroforesterie, travail superficiel du sol, plantation des arbres et abandon de la parcelle)	61	26,5

**Source :** Résultats d'enquête Octobre 2016

#### 3.3.1. Association/ Rotation des cultures impliquant les légumineuses

Le soja, l'arachide, et le niébé sont les légumineuses couramment associées à la culture de maïs. Certains (mais en proportion très marginale) utilisent les plantes fertilisantes (*Mucuna spp*, *Aeschynomene histrix*, ou *Cajanus cajan*). Les plantes fertilisantes ont l'avantage non



seulement de protéger les sols contre l'effet direct du soleil, l'érosion mais surtout améliorent la structure du sol en lui apportant la matière organique et des éléments fertilisants.

### **3.3.2. Usage des engrais chimiques**

Cette mesure d'adaptation consiste ici à aller au-delà de la dose recommandée par les services de vulgarisation. Les producteurs profitent de la culture cotonnière pour s'approvisionner en engrais NPK et urée qui sont davantage utilisés. C'est ainsi qu'on a pu recenser des producteurs utilisant jusqu'à 250Kg de NPK et 100Kg d'urée à l'hectare, en lieu et place de 150Kg de NPK et 50Kg d'urée recommandée par l'encadrement technique pour la culture du maïs au Bénin.

### **3.3.3. L'utilisation de la fumure organique**

La fumure organique est apportée aux sols pauvres à travers deux techniques à savoir le parage et la production de fumier. Le parage direct est une forme de fertilisation endogène des sols régie par des contrats entre agriculteurs et éleveurs, permettant de fertiliser les champs grâce aux fèces et urines déposées par les bœufs. Le berger fait paître le bétail chaque jour et à la fin de la journée ils passent la nuit sur la même aire pendant une dizaine de jours dans le champ et se déplacent ensuite sur une autre aire jusqu'à couvrir tout le champ. A la fin de l'exercice, les bœufs sont ramenés au lieu où ils passaient habituellement la nuit. Dans la zone d'étude les agro-éleveurs produisent leur fumier ou conduisent leurs bétails dans leurs propres champs après les récoltes. D'autres quant à eux s'entendent avec les peulhs qui transhument à partir du mois de Janvier. Chez les paysans qui utilisent cette technique, les superficies recevant la fumure organique sont encore très faibles. Elles varient entre 0,25 hectare et 5 hectares avec une moyenne de  $1,30 \pm 0,987$  hectare. Pour la quasi-totalité des producteurs enquêtés, la dose de fumier sur la surface couverte, est inférieure au référentiel technique recommandé par les services d'encadrement qui est de 5 à 6 tonnes/ha fractionnés sur deux ans. Les apports sont localisés aux parcelles jugées trop pauvres et dégradées. Le rendement moyen cependant obtenu est de  $3,11 \pm 0,845$  tonnes, ce qui est supérieur à celui obtenu par la simple fertilisation chimique (2,5 tonnes).

### **3.4. Déterminants de l'adoption de la fumure organique**

Rappelons ici que la variable expliquée est représentée par l'utilisation de la fumure organique pour s'adapter à la baisse de la fertilité induite par les changements climatiques. Les résultats d'estimation du modèle *Logit* sont consignés dans le Tableau 6.

De l'analyse de ce tableau, il ressort que le modèle est globalement significatif au seuil de 1%. De plus  $R^2=0,704$ , ce qui signifie que 70,4% des variations de la variable dépendante (adoption

de la fumure organique) sont expliquées par la variation des variables introduites dans le modèle.

**Tableau 6:** Résultats d'estimation du modèle des déterminants

<b>Variabes</b>	<b>Estimation</b>	<b>Ecart type</b>	<b>Wald</b>	<b>Significativité</b>
Constante	-1,723	1,687	1,044	0,307
AGE	0,043	0,043	10,38	0,008***
INSTRUC	0,4	0,413	5,37	0,033**
EFMNAG	-0,051	0,029	3,129	0,077
EXTENS	0,473	0,601	7,19	0,01**
EXP	0,024	0,038	6,01	0,026**
SUPMAIS	0,034	0,029	1,363	0,243
DISTCHAM	-0,03	0,057	8,272	0,02**
NBOVT	0,02	0,106	11,037	0,007***
APORG	-0,357	0,651	0,302	0,583
Nombre d'observations				230
Log-vraisemblance				-161,317
Pseudo R2				0,704
Khi 2				20,067
Prob				0,000

**Source :** Résultats d'enquête Octobre 2016

\*\*\* Significatif à 1% ; \*\* Significatif à 5%

L'estimation du modèle *Logit* a permis de constater que les variables socio-économiques telles que l'âge (AGE) et le nombre de bœufs de trait (NBOVT) détenu par le producteur ont une influence significative sur la probabilité d'utilisation de la fumure organique face à la baisse de la fertilité due aux changements climatiques au seuil de 1%, et le niveau d'instruction formelle (INSTRUC); le contact avec un agent de vulgarisation (EXTENS) ; l'expérience en production de maïs (EXP); la distance séparant le champ du producteur de sa maison (DISTCHAM) au seuil de 5%.

**L'âge des producteurs (AGE)** influence significativement et positivement au seuil de 1% la probabilité d'utiliser la fumure organique face à la baisse de la fertilité. Les agriculteurs les plus âgés ont tendance à plus adopté cette stratégie que les plus jeunes. Ce qui se justifie par le fait

que les producteurs plus âgés comprennent plus les risques et les enjeux de la baisse de la fertilité dans les exploitations. Ils connaissent également mieux l'importance de l'usage de la fumure organique pour l'amélioration de la fertilité des sols. En plus ils disposent aussi plus de ressources que les jeunes pour faire face aux coûts liés à la technologie.

**Le niveau d'instruction (INSTRUC)** influence positivement le choix de cette stratégie au seuil de 5%. Plus le niveau des agriculteurs est élevé, plus ils auront tendance à adopter cette stratégie d'adaptation face à la baisse de la fertilité. Les producteurs ayant un niveau d'éducation élevé sont mieux informés et plus aptes à utiliser les technologies diffusées par la recherche. Ils perçoivent donc la nécessité de gérer autrement la fertilité de leurs sols même à travers des techniques relativement contraignantes.

**Le contact des producteurs avec les agents d'encadrement agricole (EXTENS)** est positivement significatif au seuil de 5%. Par conséquent, un producteur en contact avec les agents d'encadrement agricole a de fortes chances d'adopter l'utilisation de la fumure organique. Les services de vulgarisation apportent aux producteurs des conseils techniques sur la fabrication du fumier de ferme, l'usage de la poudrette de parc de même que les conditions de réussite d'un bon parage. Les paysans qui ne sont pas en contact avec les services d'encadrement ignorent les avantages de la stratégie et leur existence et/ou les techniques d'utilisation. D'où l'effet positif du contact avec l'encadrement sur la probabilité de choix de cette stratégie.

**L'expérience du producteur dans la production de maïs (EXP)** est positivement et significativement corrélée au seuil statistique de 5%. Ce qui signifie que les producteurs plus expérimentés sont plus réceptifs à l'idée d'utiliser la fumure organique. Ils connaissent également mieux l'importance de l'usage de la fumure organique pour l'amélioration de la fertilité des sols. En effet le nombre d'années passées dans l'exercice de l'activité agricole permet de vite comprendre les risques et les enjeux de la baisse de la fertilité dans les exploitations.

**Le nombre total de bœufs de trait (NBOVT)** est positivement corrélé avec la variable dépendante au seuil de 1%. C'est-à-dire qu'un plus grand nombre de bœufs de trait dans l'exploitation affecte positivement la probabilité d'utilisation de la stratégie. Ce qui s'explique aisément par le fait que les bœufs constituent l'élément capital dans la fourniture de la fumure organique. De plus, les bovins constituent l'une des composantes de la richesse d'un ménage d'après les producteurs des deux communes. Ce qui voudra dire que leur possession suppose une certaine capacité d'investissement.

**La distance entre le champ du producteur et son domicile (DISTCHAM)** : est négativement corrélée avec la variable dépendante. Ce qui signifie que, plus le champ du producteur est éloigné de son domicile, moins la probabilité d'utiliser la fumure organique est grande. La limite à l'utilisation de la fumure organique réside ici dans son transport vers le lieu d'utilisation. Ce transport exige des coûts supplémentaires aux quels bon nombre de producteurs ne sont pas prêts à faire face. Les champs bénéficiant de la fumure organique sont ceux qui sont très proches des résidences et des campements peulhs. Ceci permet aussi de mieux surveiller les animaux parqués et éviter les cas de vol.

Notons enfin que, d'autres variables à priori pertinentes présentes dans le modèle n'ont aucun effet significatif sur le choix des agriculteurs, bien que ces variables influencent positivement ou négativement le choix de la stratégie d'adaptation. Il s'agit notamment de la superficie de maïs emblavée (SUPMAIS), la taille du ménage (EFMNAG), et l'appartenance à une organisation de producteurs (APORG).

## CHAPITRE 4 : DISCUSSION

Le changement climatique impacte les terres agricoles qui représentent le principal moyen de subsistance de la population rurale. Tous les effets perçus sont liés entre eux d'une part et directement ou indirectement liés aux changements climatiques d'autre part. En effet, le caractère orageux et torrentiel des pluies, accentue l'érosion hydrique. Les fortes températures activent l'activité microbienne et favorisent ainsi la dégradation de la matière organique, réduisant les chances de son accumulation au bénéfice de la fertilité du sol pour la nutrition des plantes. En ce qui concerne le vent, son action est principalement néfaste pendant la saison sèche (particulièrement pendant l'harmattan) et lors des grands vents qui précèdent les pluies du début de la saison pluvieuse, lorsque le sol est particulièrement nu. Les effets combinés du caractère orageux et torrentiel des pluies, de la hausse de température et de la vitesse importante du vent provoquent une intense évaporation qui se traduit par une réduction des stocks d'eau et de la matière organique dans les sols, les rendant ainsi moins fertiles, légers et moins foncés.

Les perceptions des effets directs et indirects des changements climatiques sur les sols obtenues dans la zone d'étude ont confirmé ceux de Sabaï *et al.* (2014) qui ont observé à Banikoara dans le nord du Bénin que les populations locales percevaient la baisse de la fertilité et la destruction de la structure du sol comme manifestation du changement climatique. Les résultats obtenus ont par ailleurs corroboré ceux de Mapfumo (2008), Sana (2010), Sanogo (2012) ; Folefack *et al.* (2012) ; Salé *et al.* (2014) qui révèlent que le principal effet des changements climatiques sur les sols relevé par les paysans dans chacune de leurs régions respectives est la baisse de la fertilité des sols. Les deux derniers auteurs ont mentionné qu'en dehors de la baisse de la fertilité et de l'induration des sols qui étaient des phénomènes plus facilement perceptibles par les agriculteurs surtout lors des périodes des semis (induration des sols) et des récoltes (baisse de la fertilité), tous les autres effets étaient perçus par une petite minorité.

Différentes stratégies ont été donc développées pour faire face aux risques climatiques. Ces stratégies (la rotation/association cultures impliquant les légumineuses, l'usage de la fumure organique à travers le parage, l'enfouissement des résidus de récolte,) à l'origine endogènes sont déjà mentionnées par d'autres études au Bénin (Sabaï *et al.*, 2014, Oujougèlè, 2016) et en Afrique (Folefack *et al.*, 2012, Salé *et al.*, 2014 ).

L'importance des légumineuses dans l'amélioration de la fertilité des sols est largement connue des producteurs. Les services de vulgarisation par le passé ont largement diffusé cette technique et c'est ce qui justifie le premier rang qu'elle occupe comme mesure d'adaptation. L'augmentation des doses d'engrais minéraux pour l'amélioration des rendements agricoles est mentionnée par 26,6% producteurs enquêtés. Cette faible proportion des paysans utilisant cette

technique peut se justifier par la pauvreté des agriculteurs et les coûts d'accès aux engrais chimiques élevés.

L'utilisation de la fumure organique dans les champs de maïs comme stratégies d'adaptation à la baisse de la fertilité des sols induite par les changements climatiques, est d'une importance capitale pour la durabilité de la production agricole. Elle consiste en un apport de fertilisants organiques en l'occurrence le fumier. Certains paysans parquent les bovins dans leurs champs pour profiter des déjections et de l'urine. Dans ce mode de fertilisation, les éléments nutritifs nécessaires à la bonne croissance du maïs sont importants et accessibles. En effet, les producteurs enquêtés ont mentionné des rendements moyens de  $3,11 \pm 0,845$  tonnes. Ces résultats ont confirmé ceux de CIPCRE (1996), Djenontin *et al.* (2003), Adjogboto (2013) qui ont signalé des améliorations significatives de rendement en maïs grain et du coton avec des techniques de parage rotatif de bovins au champ et des applications de fumier transporté complétées par des demi-doses d'engrais minéraux vulgarisées.

Les résultats ont montré cependant que le taux d'adoption de cette stratégie reste très faible (20%). Selon Baco (2003), en moyenne un animal peut fumer 250 m<sup>2</sup> pendant cinq mois. Pour fumer un hectare, il faut faire circuler un troupeau de bœufs de 30 à 40 têtes pendant environ quatre à cinq mois. Le grand nombre d'animaux qu'exige cette forme de fertilisation justifie la faible proportion des adoptants. A cela, il faut aussi ajouter les risques élevés de dégâts causés par les animaux dans les champs voisins. Seuls les producteurs ayant un certain statut social négocient avec les peulh transhumants. Le taux d'adoption de 20% enregistré dans le milieu d'étude est proche de celui trouvé par Ouédraogo *et al.* (2010). D'après cet auteur, ce taux variait inversement avec le gradient des précipitations (39% en zone sahélienne, 28% en zone soudano-sahélienne et 13% en zone soudanienne). Ce faible taux s'explique aussi par le manque ou l'insuffisance de connaissances techniques. Les populations des communes de Bembéréké et de Sinendé estiment qu'il n'y avait aucune structure étatique ou non ayant déjà entrepris des actions directement liées à l'adaptation au changement climatique dans leurs localités. Ce n'est qu'en début de cette année que le ProSol a commencé par œuvrer dans ce sens mais en promouvant la culture des légumineuses et des plantes fertilisantes. Les producteurs ne développant aucune stratégie d'adaptation ont également mentionné, les contraintes financières comme principales barrières à l'adaptation. Ces résultats ont corroboré les observations faites par Deressa *et al.* (2009), Yegbemey *et al.* (2014) et Sabai *et al.* (2014).

Par ailleurs, différents facteurs influençant la probabilité d'adoption de la fumure organique, ont été mieux cernés. Les principales variables identifiées par le modèle *logit* sont: l'âge (AGE), le niveau d'instruction (INSTRUC), le contact des producteurs avec les agents d'encadrement

agricole (EXTENS), l'expérience du producteur en agriculture (EXP), le nombre total de bœufs de trait (NBOVT), et la distance séparant le champ du producteur de son domicile (DISTCHAM).

Le niveau d'instruction (INSTRUC) est un facteur affectant positivement l'adoption de la stratégie. Dans la zone, ce sont les producteurs les mieux instruits qui utilisent la fumure organique. Ce résultat a confirmé ceux de Affomassè *et al.* (2004), Azontondé (2004) ; mais a contredit ceux de Folefack *et al.* (2012) et de Salé *et al.* (2014). Ces deux auteurs dans une étude similaire conduite respectivement en zone sahélienne du Cameroun et en zone semi-aride du Kenya ont mentionné que : « plus le niveau des agriculteurs est élevé, moins ils auront tendance à adopter cette stratégie d'adaptation face à la baisse de la fertilité ». Un fait qu'ils expliquent par le statut socio professionnel des producteurs instruits, qui ne leur permet pas de consacrer assez de temps à une technique contraignante. La diversité de leurs sources d'information leur permet d'utiliser d'autres stratégies d'adaptation pour améliorer leur production agricole.

Plusieurs auteurs dont Alohoun et Wennink (2001), Girard (2010), et Cissé (2013) ont mentionné aussi le transport comme l'une des contraintes dans la production et l'utilisation du fumier. C'est ce qui fait que cette stratégie est orientée aux producteurs qui disposent des bœufs et aux champs de case. CIRAD et GRET (2005) résumant la difficulté de production du fumier en ces termes: « il ne peut être produit en quantité importante que si l'on a en même temps des animaux, des pailles, des moyens de transport et de la main-d'œuvre. C'est pourquoi, malgré toutes les qualités du fumier, son usage est loin d'être général dans les pays tropicaux ». Ces résultats ont été aussi confirmés par la présente étude.

Introduits dans le modèle, la taille du ménage (EFMNAG), et l'appartenance à une organisation de producteurs (APORG) ne sont pas significativement corrélées avec l'adoption de la fumure organique. Cela s'explique aisément car les ménages plus nombreux devraient développer des stratégies adaptatives précises pour couvrir les besoins alimentaires et monétaires. Mais dans la zone d'étude, les chefs d'exploitation ayant à charge plusieurs personnes ont d'autres sources de revenus leur permettant de s'acheter assez d'engrais pour fumer leur champ. Du coup ils ne jugent plus important d'utiliser la fumure organique. De plus les membres du ménage sont beaucoup plus des personnes à charge que des actifs agricoles.

Quant à l'appartenance à une organisation de producteurs (APORG), nos résultats ont montré que ce paramètre n'a pas un impact significatif sur l'utilisation de la fumure organique. Néanmoins, on observe que plus le producteur est membre d'une organisation paysanne, moins il a la chance d'utiliser la fumure organique. Ce qui ne devrait pas être le cas, en réalité au Bénin, la filière agricole la mieux organisée est le coton ; et la production cotonnière des

communes de Bembéréké et de Sinendé pour le compte du département du Borgou ne sont pas à négliger. Les membres des coopératives villageoises de producteurs de coton (CVPC) sont privilégiés lors de la vente des engrais minéraux. Donc un producteur membre d'une CVPC a plus de chance d'avoir de l'engrais pour son champ de maïs et moins il utilisera la fumure organique. C'est ce qui justifie le signe négatif de son coefficient.



## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La présente étude a permis d'identifier les facteurs socio-économiques qui influencent l'utilisation de la fumure organique face à la baisse de la fertilité des sols, dans un contexte de changements climatiques dans deux communes situées au nord du Bénin. Les effets des changements climatiques sur la qualité des sols sont perçus de diverses manières par les producteurs de maïs; et ils développent plusieurs stratégies pour s'y adapter. Les perceptions concernent principalement la baisse de la fertilité du sol, la modification de la couleur du sol, l'accroissement de l'érosion hydrique, et la destruction de la structure du sol. Les mesures d'adaptation développées les plus importantes sont la rotation et l'association des cultures impliquant les légumineuses, l'utilisation des engrais chimiques et l'utilisation de la fumure organique. Cependant le problème de fertilité des sols demeure parce qu'on note une faible adoption de ces stratégies.

Le modèle *Logit* a été utilisé pour cerner la corrélation qu'il existe entre les variables socio-économiques et l'utilisation de la fumure organique face à la baisse de la fertilité des sols due aux changements climatiques. Ainsi au niveau des paramètres estimés, on trouve globalement six (6) variables ayant une influence significative sur la probabilité d'adoption de la fumure organique face à la baisse de la fertilité. Ces variables sont entre autres : l'âge du producteur, le niveau d'instruction formelle; le contact avec un agent de vulgarisation; l'expérience dans la production de maïs; le nombre de bœufs de trait, et la distance entre le champ du producteur et sa maison. D'autres variables a priori pertinentes présentes dans le modèle n'ont aucun effet significatif sur le choix des agriculteurs. Il s'agit notamment de la superficie de maïs emblavée, la taille du ménage, et l'appartenance à une organisation de producteurs.

Afin d'améliorer efficacement la résilience des producteurs de maïs aux changements climatiques à travers une meilleure utilisation de la fumure organique, une attention particulière devrait être accordée à ces différents déterminants. Nous suggérons donc qu'il faut :

- améliorer l'accès des agriculteurs aux structures d'encadrement agricole ; pour qu'ils puissent bénéficier des sessions de formation, d'échange et de partage de connaissances relatives aux risques climatiques et aux techniques de gestion durable des terres agricoles ;
- instaurer de meilleures relations sociales entre les agriculteurs et les éleveurs peulhs afin d'encourager la pratique de parcage des bœufs ;
- sensibiliser les producteurs sur l'importance de l'utilisation de la fumure organique ;

- faciliter l'accès au crédit aux producteurs pour la couverture des charges supplémentaires dues à l'adoption de la nouvelle stratégie.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**ACC., 2011.** Plan de Développement Communal 2011-2015. AFRICAN CONSULTING COMPANY. 97p.

**Adams M.E., 1982.** Agricultural extension in developing countries. Intermediate Tropical Agriculture Series. Longman groupe LTD 1982.

**Adegbola P., et Vlaar J., 1998.** Expériences des cultures en couloirs et de l'agroforesterie au Sud-Bénin. Compte rendu d'atelier tenu à Cotonou les 2 et 3 Février 1998, INRAB, Cotonou, Bénin.

**Adjogboto A., 2013.** Productivité de l'eau de différentes pratiques paysannes de gestion intégrée des nutriments sous culture de maïs au Nord Bénin. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme d'étude approfondie (DEA) en Aménagement et Gestion Durable des Ressources Naturelles, Université de Parakou. 87 p.

**Affomassè D., Arouna A., Adégbola P., 2004.** Facteurs socio-économiques déterminant l'adoption des technologies de gestion durable de la fertilité des sols par différents types d'exploitations agricoles des régions Centre et Nord du Bénin. Communication à la première édition (2004) de l'Atelier Scientifique National. 18 p.

**Agbossou E.K., 2010.** Correspondance entre savoirs locaux et scientifiques : Perceptions des changements climatiques et adaptations au Bénin. ISDA 2010, Montpellier, 1-12.

**Alohou E., Agossou V., 1998.** Diagnostic sur la gestion des sols : cas de Kokey et de Bensékou. Centre de Recherche Agricole Nord (CRA-Nord) ; 12 p.

**Azontondé R.P.E., 2004.** Impact économique de l'adoption des pratiques de la gestion intégrée de la fertilité des sols (GIFS) au Sud-Bénin : cas d'Ahououé (Commune de Klouékanmè) et de Banigbé (Commune d'Ifangni).Thèse pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome ; 126 p.

**Baba-Moussa A.A.M.T., 1998.** La microflore associée aux dégâts des lépidoptères foreurs de tiges et de mineurs d'épis de maïs (*Zea mays* L.) dans la région du Sud Bénin avec référence spéciale à *Fusarium moniliforme*. Mémoire d'ingénieur agronome. ESA/ UB, Togo, 93 p.

**Baco N.M., Djenontin J.A., Amidou A., 2003.** Gestion de la fertilité des sols dans le nord du Bénin et incidences économiques pour les exploitations agricoles. Jean-Yves Jamin, L. Seiny Boukar, Christian Floret. 2003, Cirad - Prasac, 7 p.

- Bado R.V., Sedogo M.P., Cescas M.P., Lompo F., et Bationo A., 1997.** Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso. *Cahiers Agricultures* 6 (6): 571 - 575.
- Ban A.W., Hawkins H.S., 2000.** *Agricultural Extension*, Second edition, Oxford : Blackwell Science.
- Barnett M. G., 1982.** Utilisation des fumiers et des lisiers sur les cultures : les conséquences agronomiques, in *Rapport de colloque sur les fumiers*, Québec, Canada, 83 p.
- Bationo A., et Mkwunye A.U., 1991.** Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa: The experience of the Sahel. In: *Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa*. A. Mkwunye (ed). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 195-215.
- Bationo A., Ndunguru R.J., Ntare R.R., Chrietierson C.R., et Mkwunye A.D., 1991.** Fertilizer management strategies for legume-based cropping systems in the West African Semi-Arid Tropics. In: *Phosphorous nutrition of grain legumes in the semi-arid tropics*. Johansen, C., Lee, K.K., and Sahrawat, K. L. eds, 213-226. ICRSAT, Patancheru, A. P. 502324, India.
- Bazié G., 1995.** Analyse agro-économique des activités de fertilisation: utilisation du Burkina-Phosphate et de "l'engrais coton" sur l'arachide et utilisation de la fumure organique sur les cultures. Cas de quelques exploitations du village de Yakin dans la province du Zoundwéogo. Mémoire d'Ingénieur, option Agronomie. Institut du Développement Rural, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 122 p.
- Bazié Y., 1984.** Valorisation des résidus cultureux dans la zone du plateau mossi: amélioration de la qualité des composts (Station agronomique de SARIA). Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur du développement rural, option Agronomie de l'IDR/UPB, Bobo Dioulasso, 104 p.
- Bekunda M., 1999.** Farmers' responses to soil fertility decline in banana-based cropping systems of Uganda. *Managing Africa's Soils* No.4. IIED-Drylands Programme, 4 Hanover Street, EH2 2EN Edinburgh, United Kingdom.
- Berg A., Noblet-Ducoudré N., Sultan B., Lengaigne M., Guimberteau M., 2012.** Projections of climate change impacts on potential crop productivity over tropical regions. *Agricultural and Forest Meteorology*, doi:10.1016/j.agrformet. 2011.12.003.

- Berger M., 1996.** L'amélioration de la fumure organique en Afrique soudano-sahélienne, collection Agriculture et développement, n° hors-série fiches 1- 8.
- Boko A., Kpagbin A.G., 1997.** Bilan des éléments nutritifs du sol dans la Sous /préfecture de Banikoara, Rapport annuel CENAP/INRAB.
- Bot A., and Benites J., 2005.** The importance of soil organic matter: key to drought-resistant soil and sustained food production. FAO soils bulletin 80. FAO, Rome, Italy.
- Breman H., 1997.** Amélioration de la fertilité des sols en Afrique de l'Ouest: contraintes et perspectives. In: Renard G.; Neef A.; Becker K., et von M.,Oppen (éds). Soil fertility management in West African land use systems. Margraf-Verlag, Weikersheim, pp. 7-20.
- Breman H., Debrah S.K., 1999.** Agricultural intensification within sustainable production systems, In: Soil Fertility Initiative for Sub-Saharan Africa, Proceedings SFIIFAO Consultation, World Soil Resources Reports 85, FAO, Rome. Pp.54-55.
- Breman H., Debrah S.K., 2003.** Improving African Food Security. *SAIS Review*, vol.XXIII No.1 (*Winter-Spring* 2003), pp.153-170.
- Breman H., Groot J.J.R., et Vankeulen H., 2001.** Agriculture. In: Global Environmental Resource limitations In Sahelian Change 11(2001) 59-68.
- CCNUCC., 1992.** Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques; articles et définitions, NU, New York. 25p. ([unfccc.int/resource/docs/convkp/convfr.pdf](http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convfr.pdf)).
- CIMMYT, 1990.** Le potentiel maïsicole de l'Afrique Subsaharienne. 77 p.
- CIPCRE et SLF 1996.** Survey Report of the Night Paddock Manuring Technique. Bamenda, Cam, 24 p.
- CIRAD, 1991.** Mémento de l'agronome, *Ministère Français de la Coopération*, 4<sup>ème</sup> éd., 1635 p.
- CIRAD-GRET, 2002.** Mémento de l'agronome, CIRAD-GRET –*Ministère Français des Affaires étrangères*, 5<sup>ème</sup> éd., 1691p (avec annexe).
- Cissé D., 2013.** Effet du mode de gestion des résidus de récolte sur le sol et les rendements du coton, du maïs et du sorgho au Burkina Faso. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master en Gestion Durable des Terres, Centre Régional AGRHYMET Niamey. 62 p.
- Compaoré E., et Nanéma L.S., 2010.** Compostage et qualité du compost de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso *Tropicultura* (28), 4: 232-237.

**Dagbénonbakin G.D., Djenontin A.J., Ahoyo Adjovi N., Igue M.A., Mensah G.A., 2012.** Fiche technique : Production et utilisation de compost et gestion des résidus de récolte. Dépôt légal N°6529 du 18/01/2013, 1er trimestre 2013, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin.

**Delville P. L., 1996.** Gérer la fertilité des terres dans les pays du Sahel. « *Diagnostic et conseil aux paysans* ». Collection “le point Sur” .GRET. Ministère Français de la Coopération. CTA. 397 p.

**Deressa T.T., Hassan R.M., Ringler C., 2011.** Perception of and adaptation to climate change by farmers in the Nile basin of Ethiopia. *Journal of Agricultural Science* 149: 23-31.

**Deumier J.M., Lacroix B., et Bouthier A., 1990.** Alimentation et production du maïs en période de préfloraison et élaboration du rendement en grain, In *Physiologie du maïs*: INRA, Colloque de Pau 1315/11/90, pp.359-366.

**Diabagaté A., 2006.** Déterminants de la qualité agronomique de la fumure organique utilisée dans la zone soudano-sahélienne: cas du terroir de Ziga dans la province de Yatenga au Burkina Faso. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme d'Etude Spécialisées d'Agriculture (DESA) en Protection de l'Environnement et Amélioration des Systèmes Agraires Sahéliens. FA/CRESA, Université Abdou Moumouni de Niamey. 72 p.

**Djenontin J. A., Amidou M., Wennink B., 2003.** Valorisation des résidus de récolte dans l'exploitation agricole au nord du Bénin : production de fumier dans le parc de stabulation des bœufs. In Jamin J. Y., Seiny Boukar L., Floret C., (éditeur scientifique). *Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis*. Actes du colloque, Garoua, Cameroun (Mai 2002) 8 p.

**Djibril A. F., 2014.** Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche (MAEP), Table ronde des partenaires pour le financement du développement du Bénin : Le secteur agricole au Bénin. 19 p.

**Drabo J., 2009.** Evaluation participative de la capacité nutritive des sols et des bilans minéraux dans les exploitations agricoles du micro bassin versant du Zondoma, dans le nord du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), Institut du Développement Rural (IDR), Burkina Faso, 49 p.

**Dudal R., 2002.** Four years of soil fertility work in sub-Saharan Africa. In: Vanlauwe, B., Diels, J., Sanginga, N., Merckx, R. (Eds.), *Integrated Plant Nutrient Management in sub-Saharan Africa: From Concept to Practice*. CAB International, Wallingford, UK.

**Ehlers W., 1996.** Wasser in Boden und Pflanze. Dynamik des Wasserhaushaltes als Grundlage von Pflanzenwachstum und Ertrag; Ulmer; 272 p.

**EI-Ansary et Coughlan A.T., 1996.** Marketing channels, 5th Edition. Prentice Hall International, Inc. Kelly V.A., Crawford K.W., et Jayne T.S., 2003. Agricultural input use and market development in Africa: Recent perspectives and insights. *MSU Policy Synthesis No. 70, USAID Africa Bureau Office of Sustainable Development.*

**Fakorede M.A.B., Badu-Apraku B., Kamara A.Y., Menkir A., and Ajola S.O., 2003.** Maize revolution in west and Central Africa. An Overview. In Badu-Apraku, B., Bibliographie Fakorede, M.A.B., Ouédraogo, M., Carsky, R.J. and Menkir, A. (2003). Maize Revolution in west and Central Africa.

**Folefack D.P., Salé A., Wakponou A., 2012.** Facteurs affectant l'utilisation de la fumure organique dans les exploitations agricoles en zone sahéenne du Cameroun. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 8(2): 22-33.

**Francou, C., 2003.** Stabilisation de la matière organique au cours du compostage des déchets urbains : influence de la nature des déchets et du procédé de compostage. Recherche d'indicateurs pertinents. Thèse de Doctorat de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, Décembre 2003, 242 p.

**Gnanglè C.P., Glèlè Kakai R., Assogbadjo A.E., Vodounnon S., Yabi J.A., Sokpon N., 2011.** Tendances climatiques passées, modélisation, perceptions et adaptations locales au Bénin. *Climatologie* 8 : 27-40.

**Genot V., Colinet G., Brahy V., Bock L., 2009.** L'état de fertilité des terres agricoles et forestières en région wallonne (adapté du chapitre 4 - sol 1 de « L'État de l'Environnement wallon 2006-2007 »), *Biotech. Agron. Soc. Envir.* 13(1) : 121-138.

**GIEC., 2007.** Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, Genève, Suisse. 103 p.

**Girard P., 2010.** Analyse de la durabilité des systèmes de production à l'UGCPA-BM et proposition d'un plan d'action agro-environnemental. FARM/UGCPA\_BM, 61 p.

**Gourieroux C., 1989.** Econométrie des variables qualitatives, In Collection « Economie et statistiques avancées » 2ème Edition d'Economica, Paris. 430 p.

**Greenland D.J., 1996.** Choyez la terre: Aménagement des sols pour une agriculture durable et la protection de l'environnement sous les tropiques, FAO, Rome 1996.

**Houndekon V., Gogan A., 1996.** Adoption d'une technologie nouvelle de jachère courte à base de mucuna. Cas du département du Mono-Couffo dans le Sud-Bénin. INRAB IITA, Bénin in Ag et NRM. Michigan State University Working paper N°241. Michigan. USA.

**Houot, S., Francou, C., and Vergé-Leviel, C., 2001.** Gestion de la maturité des composts : conséquences sur leur valeur agronomique et leur innocuité. Les nouveaux défis de la fertilisation raisonnée. *Actes des 5èmes rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de la terre. Palais des congrès de Blois. 27-29 novembre 2001.* Ed G.Thevernet (Comifer) et A. Joubert (Gemias).

**Huber G., et Schaub C., 2011.** La fertilité des sols : L'importance de la matière organique. Agriculture et Territoire, Chambre d'agriculture BAS-RHIN, France, 46 p.

**IFDC-Catalist, 2010.** La gestion de la matière organique du sol, fiche technique n°8, IFDC, Kigali, Rwanda, 24 p.

**IPCC, 1996.** Climate change 1995. The Science of Climate Change. Contribution of working group I to the second assessment Report of the IPCC. Press. Cavelli, California, 572 p.

**ITAB, 2001.** « Guide des matières organiques », tome 1, 87 p.

**Janssen R.H., Guiking F.C.T., Braakhekke W.G., Dohme P.A.E., 1992.** Quantitative evaluation of soil fertility and the response to fertilizers. Wageningen Agricultural University, Wageningen, the Netherlands, 36 p.

**Kabore T.W., 2010.** Amélioration de la valorisation agricole des déchets urbains après compostage : Influence de la nature et des proportions des substrats initiaux sur les valeurs amendantes et fertilisantes des composts. Thèse unique du grade de Docteur. Université de Ouagadougou IUFV SVT, 240 p.

**Kaboré T.W., Hien E., Zombré P., Coulibaly A., Houot S. et Masse D., 2011.** Valorisation de substrats organiques divers dans l'agriculture péri-urbaine de Ouagadougou (Burkina Faso) pour l'amendement et la fertilisation des sols : acteurs et pratiques. *Biotech. Agron. Soc. Envir.* **15(2)** : 271-286

**Kieken H., 2007.** Changements climatiques: prévenir, s'adapter, changer les politiques de développement? *Grain de Sel*, 38 : 32-33.



**Kwesiga F.R., Izac A.N., Ndiritu C.G., Woomer P.L., 1997.** Soil fertility replenishment in Africa: An investment in natural resource capital. In: Buresh R.J., Sanchez P.A. (éd.). Replenishing soil fertility in Africa. Madison, USA, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, SSSA Special Publication.

**Lalande A., 1985.** Vocabulaire technique et critique de la philosophie. Paris : PUP.

**Leclerc, B., 2001.** Guide des matières organiques. *eds. Guides techniques de l'ITAB.*

**Leclerc B., 2009.** La fertilisation organique en agriculture biologique. Agronomie, fiche n°6 ,4 p.

**MAEP, 2010.** Office National de Soutien des revenus agricoles. Rapport d'étude du prix du plancher du maïs au titre de la campagne 2010-2011, Bénin, 46 p.

**Maliki R., 2012.** Gestion de la fertilité des sols pour une meilleure productivité dans les systèmes de culture à base d'igname au Bénin. Thèse de doctorat unique ès-Sciences agronomiques, Spécialité : Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles. Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 246.p.

**Mapfumo P., 2008.** Farmers' perceptions lead to experimentation and learning. LEISA-Magazine on Low External Input and Sustainable Agriculture. Décembre 2008, Volume 24, Numéro 4. Editions ILEIA. (2008) : 30-31.

**McDonal L.M., et Brown K., 2000.** Soil and water conservation projects and rural livelihoods: options for design and research to enhance adoption and adaptation. *Land Degrad Development*, (11): 343-361.

**MEHU., 2011.** Deuxième communication nationale de la république du Bénin sur les changements climatiques. Direction Générale de l'Environnement, Cotonou, Bénin. 165 p

**Michel R., 1999.** Effets potentiels des changements climatiques sur les sols. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement/DGAD/SRAE <http://www.v1.agora21.org/mies/chan-clim10.html>. Consulté le 10/06/2016 à 13h.

**N'Dayegamiyé A., Goulet M., et Laverdière M.R., 1997.** Effet à long terme d'apports d'engrais minéraux et de fumier sur les teneurs en C et en N des fractions densimétriques et des agrégats du loam limoneux .Le Bras. Canada. Journal. Soil Science. (77) : 351–358.

**Nacro H.B., 1997.** Hétérogénéité fonctionnelle de la matière organique dans un sol de savane humide (LAMTÜ, Côte-d'Ivoire) : Caractérisation chimique et étude, in vitro, des activités

microbiennes de minéralisation du carbone et de l'azote. Thèse de Doctorat, Spécialité Ecologie Générale. Université Pierre et Marie Curie, Paris, 302 p.

**Odjougblè O.B., 2016.** Analyse des stratégies d'adaptation des petites exploitations agricoles aux changements climatiques dans le Nord Bénin : cas des communes de Bembéréké et de Sinendé. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master en Changement Climatique et Développement Durable ; Centre Régional AGRHYMET Niamey. 55 p.

**Ouédraogo M., Dembélé Y., Somé L., 2010.** Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations : cas des paysans du Burkina Faso. *Science et Changements Planétaires / Sécheresse*, 21(2): 87-96.

**Ouédraogo S., 2005.** Les déterminants de la sécurité alimentaire dans le Plateau Central du Burkina Faso. *Ph.D. Thesis, Centre for Development Studies, University of Groningen*.

**Paeth H., Capo-Chichi A., Endlicher W., 2008.** Climate change and food security in tropical West Africa a dynamic–statistical modeling approach. *Erdkunde* 62 : 101-15.

**PANA., 2008.** Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Programme d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques du Bénin (PANA-Bénin), MEPN, Cotonou, Bénin. 81 p.

**Petit J., et Jobin P., 2005.** La fertilisation organique des cultures: *Les bases*. Fédération d'agriculture biologique du Québec, Québec Canada, 52 p.

**Poisot A., Zoundi J.S., 2004.** Systèmes agraires durables, vulnérabilité et bonnes pratiques agricoles dans l'Ouest du Burkina Faso. Actes de l'atelier FAO-INERA sur les Bonnes Pratiques Agricoles Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 18-20 Mars 2004, 34.p.

**RECA, 2010.** La fertilité des sols. Bulletin trimestriel d'information du Réseau National des Chambres d'Agricultures du Niger. N°07 Janvier 2010. [www.recanifler.org/IMG/pdf/RECA\\_Inf07\\_article\\_fertilité\\_sols.pdf](http://www.recanifler.org/IMG/pdf/RECA_Inf07_article_fertilité_sols.pdf) Consulté le 20/07/2016.

**Sabaï K., Dagbénonbakin G. D., Agbangba C. E., de Souza J. F., Kpagbin G., Azontondé A., Ogouwolé E., Tinté S., Sinsin B., 2014.** Perceptions locales de la manifestation des changements climatiques et mesures d'adaptation dans la gestion de la fertilité des sols dans la Commune de Banikoara au Nord-Bénin. *Journal of Applied Biosciences* (82) :7418 – 7435. ISSN 1997–5902.

**Sadio S., 2007.** Techniques de conservation des sols et de gestion intégrée de la fertilité en appui au programme de sécurité alimentaire, guide pratique de terrain. FAO, Rome, Italie, 96p.

**Salé A., Folefack D.P., Obwoyere G.O., Lenah Wati N., Lenzemo W.V., et Wakponou A., 2014.** Changements climatiques et déterminants d'adoption de la fumure organique dans la région semi-aride de Kibwezi au Kenya. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(2): 680-694. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print).

**SANA Mali, 2010.** Analyse de la situation et estimation des besoins (aseb) en santé et environnement au mali dans le cadre de la mise en œuvre de la déclaration de Libreville. 136p.

**Sanchez P.A., Shepherd K.D., Soule M.J., Place F.M., Mkwunye A.U., Buresh R.J., Kwesiga F.R., Izac A.N., Ndiritu C.G., Woome P.L., 1997.** Soil fertility replenishment in Africa: An investment in natural resource capital. In: Buresh R.J., Sanchez P.A. (éd.). *Replenishing soil fertility in Africa*. Madison, USA, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, SSSA Special Publication.

**Sanogo M.K., 2012.** Capitalisation des bonnes pratiques de gestion durable des terres pour l'adaptation à la variabilité et au changement climatique au Mali : analyse d'impacts agronomiques environnementaux et socio-économiques. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master en Gestion Durable des Terres, Centre Régional AGRHYMET Niamey. 55 p.

**Sarr B., Atta S., Ly M., Salack S., Ourback T., Subsol S., George D. A., 2015.** Adapting to climate variability and change in smallholder communities farming: A case study from Burkina-Faso, Chad and Niger. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, Vol.7 (1), pp.16-27.

**Sarr B., Kafando L., et Atta S., 2011.** Identification des risques climatiques de la culture du maïs au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(4): 1659-1675, August 2011, ISSN 1991-8631.

**SCRIP 2007.** Stratégies de Croissance pour la Réduction de la Pauvreté. Gouvernement du Bénin, Cotonou, Bénin. 117 p.

**Sébilotte 1976.** La jachère, élément pour une théorie. Conférence prononcée au « centenaire de l'Institut National Agronomique » le 05 /07/1976 à Paris, *Rapp. Mult.*, 26 p.

**Sedogo P.M., 1993.** Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture: incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de Doctorat Es-Sciences. Université National de Côte d'Ivoire, 295 p.

- Sedogo P.M., Hien V., Lompo F., 1994.** Gestion de la fertilité des sols au Burkina Faso. Bilan et perspectives pour la promotion de systèmes agricoles durables dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne ; Séminaire régional, Dakar, Sénégal FAG/CIRAD, pp712.
- Slovin E., 1960.** Slovin's Formula. Site Web : [http://www statisticshowto.com/](http://www.statisticshowto.com/) Consulté le 12/06/2016
- Smithers J., et Smit B., 1997.** Human adaptation to climatic variability and change. *Global Environmental Change*, (7): 129-46.
- Soltner D., 2003.** Les bases de la production végétale. Tome 1. Le sol et son alimentation. Collection Sciences et techniques agricoles. 23e édition. 472 p.
- Soule L.M., Tegene A., et Wiebe D.K., 2000.** Land tenure and the adoption of soil conservation practices. *Americal. Journal. Agricultural Economies*, 82 (4) : 9931005.
- Steichen R., 1994.** Communication au forum sur "L'agriculture intégrée, base d'une agriculture durable en Europe". In: *Fertilizer Focus*, Août 1994, Stern, L.W., A.I. 38 p.
- Stoorvogel J.J., and Smaling E., 1990.** Assesment of soil nutrient depletion in sub-Saharan Africa, 1983-2000. VoU Main Report 28, DLO. The Winang Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research (SC-DLO), Wageningen, the Netherlands, 137 p.
- Sultan B. 2011.** L'étude des variations et du changement climatique en Afrique de l'Ouest et ses retombées sociétales. Habilitation à diriger des recherches, Université Pierre et Marie Curie, 137 p.
- Tornatzky L., et Klein J., 1982.** Innovation Characteristics and Innovation Adoption Implementation: A Meta-Analysis of finding. 16 p
- Treillon, R., 1992.** L'innovation technologique dans les pays du sud : Cas de l'agro-alimentaire. ACCT-CTA-Karthala. Université de Cocody/l'UFR STRM, .254 p.
- Van Den Ban A.W., Hawkins H.S., Brauwers J.H.A.M, Boon CAM, 1994.** La vulgarisation rurale en Afrique. Paris; Wageningen (The Netherlands): Smithers J, Smit B, 1997. Human adaptation to climatic variability and change. *Global Environmental Change* (7) : 129-46.Karthala ; CTA.
- Van Der Pol F., 1994.** Quelques réflexions sur la dynamique des systèmes de production. Communication présentée à l'atelier-bilan sur la recherche-développement dans le Borgou : acquis et perspectives, 12-16 décembre 1994, Parakou, Bénin.

- Van Wambeke A., 1974.** Management Properties of Ferralsols. FAO Soils Bulletin 23; Rome.
- Vanlauwe B., Giller K.E., 2006.** Popular myths around soil fertility management in SubSaharan Africa. Elsevier. Agriculture, Ecosystems and Environment 116 (2006) 34-46.
- Wennink B., Dagbenonbakin G., Agossou V., 1999.** Expériences avec une approche participative de gestion intégrée de la fertilité des sols en recherche-développement au Bénin. Cas des villages de Kokey (Bassin cotonnier de Banikoara) et d’Ahohoué (Plateau adja), INRAB-CRANRD, Parakou, 1999.
- Wey J., 1998.** Etude de la variabilité du rendement du maïs au Burkina Faso. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy. 200 p.
- Yabi A.J., Paraïso A., Ayena R.L., et Yegbemey R., 2012.** Rentabilité économique de production agricole sous pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols dans la commune de Ouaké au nord-ouest du Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques* 16 (2) : 229-242, 2012 ISSN 1659-5009.
- Yegbemey R. N., Yabi J. A., Aïhounon G. B., Paraïso A., 2014.** Modélisation simultanée de la perception et de l’adaptation au changement climatique : cas des producteurs de maïs du Nord Bénin (Afrique de l’Ouest). *Cah Agric* 23 : 177-87. doi : 10.1684/agr.2014.0697.
- Youl S., 2009.** Dynamique et modélisation de la dynamique du carbone dans un agrosystème de savane de l’Ouest du Burkina Faso. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso: Option: Gestion Intégrée des Ressources Naturelles; Spécialité: Science du sol. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 193.p.

## ANNEXES

### Annexe 1 : Fiche d'enquête individuelle

#### QUESTIONNAIRE D'ENQUETE

##### Déclaration devant être lue avant l'entretien:

Bonjour. Je m'appelle (nom de l'enquêteur). Je travaille pour (nom de l'organisation). Nous menons une enquête sur les « *déterminants de l'adoption de la fumure organique dans un contexte de changement climatique au Nord Bénin: cas des producteurs de maïs des communes de Bembéréké et de Sinendé* ». Les renseignements que vous offrirez seront traités de manière entièrement confidentielle et ne seront livrés en aucun cas à une tierce partie. L'information est collectée seulement à des fins de recherche, pour nous aider à faire des propositions afin d'améliorer efficacement la résilience des agriculteurs face aux changements climatiques. S'il vous plaît, soyez franc et honnête dans vos réponses. Nous regarderons seulement les réponses collectives de tous les répondants.

#### Identification

Nom de l'enquêteur...../...../

Date de l'enquête...../\_\_\_/\_\_\_/\_\_\_/      Fiche N°/...../

Langue d'animation...../...../

Nom du Contrôleur...../...../

Observations

.....  
.....  
.....

#### Zone d'étude

Rubriques	Modalités	Réponses
Départements (DEP)	Borgou	
Communes (COM)	1= Bembéréké; 2= Sinendé	
Villages (VIL)	1= Ina, 2= Gamia ouest, 3= Wanrarou 4= Pédarou, 5= Sèkèrè, 6=Kossia, 7=Guessou bani, 8= Sokka	

#### 1- Généralités sur le producteur

Rubriques	Code	Réponse
1.1. Nom de l'enquêté (NENQ)	/...../ —	
1.2. Age de l'enquêté (AGE)	Inscrire l'âge (an)	/...../
1.3. Sexe de l'enquêté (SEXENQ)	0=Féminin    1= Masculin	/...../

1.4. Situation matrimoniale (SIMAT)	1= Célibataire ; 2= Marié ; 3= Veuf (ve) ; 4= Divorcé		
1.5. Ethnie (ETHN)	1=Bariba ; 2= Dendi ; 3=peulh ; 4= gando ; 5= autres (à préciser)		
1.6. Religion (RELIG)	1= musulman ; 2= chrétien ; 3= animiste ; 4= autre (à préciser)		
1.7. Avez-vous reçu une éducation formelle ? (INSTRUC)	1= Oui, 0= Non	/_____/	
1.8. Niveau d'instruction de l'enquêté (NIVINSTRUC)	1= Primaire, 2= Secondaire 1 <sup>er</sup> cycle, 3= secondaire 2 <sup>nd</sup> cycle, 4= Universitaire		
1.9. Alphabétisation de l'enquêté (ALPHAB)	1= Oui, 0= Non	/_____/	
1.10. Que savez-vous faire ? (NALPHAB)	1= Lire, 2= Ecrire, 3= Lire et Ecrire		
1.11. Quelle est la taille de votre ménage ?			
1.12. Nombre de membres actifs du ménage travaillant en permanence avec vous y compris chef de ménage lui-même (FTRAV)		Fem	Hom
	9-14ans		
	15-55ans		
1.13. La main d'œuvre (familiale comme salariée) est-elle disponible ?(DISPMO)	0 = non, 1 = oui		
1.14. Pourquoi n'est-elle pas disponible ?			
1.15. Avez-vous de contacts avec une ONG ou structures d'encadrement ? (EXTENS)	0 = non, 1 = oui	/_____/	
	Si oui, laquelle		
	Fréquence de visites (FEXTENS)		
	De quoi discutez-vous ? (OBEXTENS)		
1.15. Nombre d'année d'expérience en production du maïs (EXP)	Inscrire le nombre d'année		
1.16. Superficie de maïs emblavée cette saison ?(SUPMAIS)	Inscrire le nombre d'année		
1.17. La distance entre votre résidence et champ de maïs ? (DISTCHAM)	Inscrire la distance		
1.18. Comment avez-vous acquis votre parcelle ?(MODACQUI)	1 = héritage ; 2 =Achat ; 3= dont ; 4 = gage ; 5 = location ; 6= Autre (à préciser)		
1.19. Pratiquez-vous plusieurs activités ? (DIVACT)	0 = non, 1 = oui		
1.20. Quelle est la principale ? (ACTPRIN)	1 = Agriculture ; 2 =Elevage ; 3= Commerce ; 4 = Artisanat ; 5 = Transformation ; 6= fonctionnaire ; 7= Autre (à préciser)		
1.21. Quelles sont les secondaires ? (ACTSEC) (possibilité de choisir plusieurs)	1 = Agriculture ; 2 =Elevage ; 3= Commerce ; 4 = Artisanat ; 5 = Transformation ; 6= fonctionnaire ; 7= Autre (à préciser)		
1.22. Une partie de votre production est-elle destinée à la vente ? (Accès au marché) (ACMACH)	1= Oui, 0= Non		

1.23. Disposez-vous d'un téléphone portable, d'une radio ou d'une télévision ? (ACINFO)	1= Oui, 0= Non	
1.24. Nombre total de bœufs de trait (NBOVT)	Inscrire le nombre de bovins	
1.25. Nombre total de bœufs d'élevage (NBOVE)	Inscrire le nombre de bovins	
1.26. Nombre total de petits ruminants ? (NPERU)	Inscrire le nombre de petits ruminants	
1.27. Nombre de charrettes, (NCHRET),	Inscrire le nombre de charrettes	
1.28. Nombre de charrues (NCHRU)	Inscrire le nombre de charrues	
1.29. Possession de tracteur (POTARC)	1= Oui, 0= Non	
1.30. Nombre de motos tricyles ? (MOTO)	Inscrire le nombre	
1.29. Etes-vous membre d'une organisation de producteurs (APORG)	1= Oui, 0= Non	
1.30. Fonctions de l'organisation de producteurs (FORG)	1= Marketing des produits agricoles, 2 = Accès aux moyens de production 3= Production de semences ; 4= Groupe de recherche paysan 5= Epargne et crédit	/_____/
1.31. Bénéficiez-vous du crédit ? (ACRED)	1= oui ; 0= non	
	Si oui, auprès de qui ? (STRUCTFIN)	
	Montant bénéficié (FCFA) (MTANT)	

## 2. Perception paysanne des effets des changements climatiques sur les sols

Modalités	Réponses
2.1. Sur les dix (10) dernières années, avez-vous perçu des changements d'un ou de plusieurs facteurs climatiques suivants ?	Pluie ? 1= Oui ; 0=Non
	Vent ? 1= Oui ; 0=Non
	Température ? 1= Oui ; 0=Non
2.2. Quelles sont les manifestations de ces différents changements observés ? 1=Variations des précipitations, 2= décalage des saisons avec une tendance de la réduction de la saison pluvieuse, 3= Inondations soudaines et inhabituelles, 4=sécheresse, 5=vagues de chaleur, 6=vents violents, 7= autres	
2.3. Sur les dix (10) dernières années, avez-vous perçu des modifications du sol dues à la variabilité ou changement d'un ou de plusieurs facteurs climatiques (pluie, vent, température)? 1= oui ; 0= non	



<p><b>2.4.</b> Si oui quels sont les effets directs ou indirects de la variabilité ou changement climatiques que vous percevez sur les sols ?</p> <p>1=baisse de la fertilité des sols ,2=Induration de la surface des sols, 3=Modification de la couleur des sols 4=Accroissement de l'érosion des sols, 5= destruction de la structure du sol, 6=Assèchement ou compaction des sols, 7=sols légers, 8= autre à préciser</p>	
<p><b>2.5.</b> Comment ces différents changements affectent-ils la fertilité de vos sols ?</p>	
<p><b>2.6.</b> Comment voyez- vous l'état de dégradation des sols par rapport au passé c'est-à-dire 10 ans en arrière ?</p> <p>1- plus prononcé.....2-Mois prononcé.....3-sans modification</p>	
<p><b>2.7.</b> Comment varie le niveau de fertilité des sols ?</p> <p>il est : 1= en baisse, 0= à la hausse</p>	
<p><b>2.8.</b> Y'a-t-il de plus en plus de ravins / rigoles actuellement par rapport au passé ?</p> <p>1= Oui, 0= Non</p>	

### 3. Stratégies d'adaptation

Modalités	Réponses
<p><b>3.1.</b> Sur les 10 dernières années, avez-vous ajusté une ou plusieurs de vos pratiques de gestion de la fertilité des sols dans le but d'adapter votre système de production à la variabilité ou au changement climatique ?</p> <p>1= oui ; 0= non</p>	

<b>3.2. Quelle (s) stratégie (s) d'adaptation utilisez-vous ?</b> 1= utilisation d'engrais minéraux ; 2= utilisation de la fumure organique, 3= agroforesterie, 4= irrigation, 5=Rotation/association de cultures impliquant des légumineuses, 6= jachère, 7=abandon de la parcelle ; 8=Fertilisation organo minérale, 9= paillage, 10=Semis sous couvert végétal, 11=Travail superficiel du sol, 12= autre à préciser				
<b>3.3. Pourquoi utilisez-vous cette ou ces stratégie (s) parmi tant d'autres ?</b>				
<b>3.4. Quelles sont les modalités d'utilisation de la fumure minérale ?</b>				
Nature	Dose	Mode d'application	Observation	
<b>NPK</b>				
<b>Urée</b>				
<b>Autre</b>				
<b>3.5. Quelle est la source de votre matière organique ?</b> 1= parcage direct ; 2= parcage rotatif ; 3= fumier produit et transporté ; 4= déchets animaliers ; 5= Autres (à préciser)				
<b>3.6. Quel est le mode d'apport de la fumure organique ?</b> 1= localisé et enfouis 2= épandu et enfoui				
<b>3.7. Quel est le nombre d'apport de la fumure organique ?</b> 1=unique 2= fractionné				
<b>3.8. Quelles sont les raisons du nombre d'apport ?</b>				
<b>3.9. Disposez-vous permanemment de fumure organique ?</b> 1= Oui, 0= Non				
<b>3.10. Combien de charrettes de fumier pouvez-vous mobiliser par campagne ? .....</b>				
<b>3.11. Quel est le coût moyen d'un voyage de fumier d'une charrette:.....FCFA</b>				

<b>Source de la MO</b>	<b>quantité mobilisée par campagne (charrette)</b>	<b>Coût de la charrette</b>	
<b>FCFA</b>			
Fumier			
Compost			
Poudrette de parc			
Déchets végétaux			
Déchets animaliers			

## **Annexe 2 : Guide d'entretien pour personnes ressources**

Bonjour. Je m'appelle (nom de l'enquêteur). Je travaille pour (nom de l'organisation). Nous menons une enquête sur les « *déterminants de l'adoption de la fumure organique dans un contexte de changement climatique au Nord Bénin: cas des producteurs de maïs des communes de Bembéréké et de Sinendé* ». Les renseignements que vous offrirez seront traités de manière entièrement confidentielle et ne seront livrés en aucun cas à une tierce partie. L'information est collectée seulement à des fins de recherche, pour nous aider à faire des propositions afin d'améliorer efficacement la résilience des agriculteurs face aux changements climatiques. S'il vous plaît, soyez franc et honnête dans vos réponses.

Date.....

Localité :.....

Responsable enquête.....

Fonction :

.....

1. Quelles sont les contraintes et les risques du secteur agricole dans votre localité ?
2. Que pouvez-vous nous dire de la variabilité et du changement du climat dans votre commune ? (Manifestations et impacts sur la qualité des sols)
3. Quelles sont les bonnes pratiques agricoles que votre structure a diffusées pour la gestion durable des sols?
4. Quelles sont les différentes interventions (projet/programme) que vous aviez menées pour accroître la résilience de vos agriculteurs face au changement climatique ?
5. En quoi ces activités ont-elles été efficaces ? Statistiques ?

### Annexe 3 : Guide d'entretien pour focus groupe

#### I. Généralités

01. Département.....02.Commune de..... 03. Village de.....	
Date de l'enquête / __ / __ / __ / __ / __ / __ / __ / __ / __ /	
Nombre de femmes / __ / Nombre d'hommes / __ / Total / __ /	
Nom de l'enquêteur :	
Langue d'animation :	
Heure de début :	Heure de fin

#### II. Perception paysanne des effets des changements climatiques sur les sols

1. Sur les dix (10) dernières années, avez-vous perçu des changements d'un ou de plusieurs facteurs climatiques (pluie, vent, température)?

Quelles sont les manifestations de ces différents changements observés ?

2. Quels sont les effets directs ou indirects de la variabilité ou changement climatiques que vous percevez sur les sols ?

3. Comment ces différents changements affectent-ils la fertilité de vos sols ?

4. Comment voyez- vous l'état de dégradation, et le niveau de fertilité des sols par rapport au passé c'est-à-dire 10 ans en arrière ?

#### III. Stratégies d'adaptation

5. Quels sont les différents ajustements de vos pratiques de gestion de la fertilité des sols dans le but d'adapter votre système de production à la variabilité ou au changement climatique ?

6. Quantité et coût de la matière organique mobilisée ?

Source de la MO	quantité mobilisée par campagne (charrette)	Coût de la charrette FCFA
Fumier		
Compost		
Poudrette de parc		
Débris végétaux		
Déchets animaliers		
Parcage nocturne		

6. Quelles sont selon vous les contraintes liées à l'adoption de la fumure organique dans le village ?

7. Quelles sont vos perspectives d'avenir pour accroître davantage l'utilisation de la fumure organique ?