Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines (FLASH)

Université d'Abomey- Calavi

Faculté des Sciences et Techniques (FAST)

Ecole Doctorale Pluridisciplinaire : Espace, Culture et Développement (EDP)

Thèse de Doctorat Unique présentée par :
Afouda Marius AKPO

Pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université d'Abomey-Calavi
Option : Géographie et Gestion de l'Environnement

Spécialité : Géosciences de l'Environnement et Aménagement de l'espace

N° d'enregistrement: /……. /EDP/FLASH/UAC





SAVOIRS LOCAUX ET GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS CHEZ LES PRODUCTEURS AGRICOLES DANS LE BASSIN DE LA RIVIERE OKPARA AU BENIN

Directeur de Thèse

Dr Léon Bani BIO BIGOU
Maître de Conférences des Universités du (CAMES)
Enseignant-Chercheur DGAT/FLASH/UAC

Soutenu publiquement devant le jury composé de :

Président : **Monsieur TENTE Brice**, Professeur Titulaire à l'Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
Rapporteur : **Monsieur BIO BIGOU Léon Bani**, Maître de Conférences à l'Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
Examinateur : **Moniseur LARE Lallé Yendoukoa**, Professeur Titulaire à l'Université de Lomé (Togo)
Examinateur : **Monsieur SOKEMAWU Koudzo**, Maître de Conférences à l'Université de Lomé (Togo)
Examinateur : **Monsieur SAÏDOU Aliou,** Maître de Conférences à l'Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
Examinateur : **Monsieur YABI Ibouraïma**, Maître de Conférences à l'Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Date de soutenance : le 27 Janvier 2017

Mention : Très Honorable avec les félicitations du Jury

Sommaire

Remerciements……..4
Liste des sigles et acronymes……...6
Résumé……..7
Abstract…….....8
Introduction générale……9
CHAPITRE I : PROBLEMATIQUE, CLARIFICATION DES CONCEPTS ET REVUE DE LA LITTERATURE…….12
1.1- Problématique……..12
1.2- Objectifs de recherche…….....14
CHAPITRE II : CONTEXTE GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE ET STRATEGIE DE RECHERCHE…….....38
2.1- Fondements géographique de l'étude……..38
CHAPITRE III: APPROCHE METHODOLOGIQUE…….....68
3.1- Matériel de collecte de données……..68
3.2- Etude des indicateurs paysans de reconnaissance de l'état de fertilité des sols dans le bassin de l'Okpara……..69
CHAPITRE IV : PRATIQUES PAYSANNES D'APPRECIATION ET DE GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS…….98
4.1- Indicateurs paysans d'appréciation de la qualité des sols dans le bassin de l'Okpara au Bénin……...98
4.2- Pratiques de restauration de la fertilité des sols…….104
CHAPITRE V : GESTION DE LA TENURE FONCIERE ET DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DES SOLS ……..120
5.1- Statuts fonciers et mode d'accès à la terre ……120
5.2 Typologie des transactions foncières……..121
5.3 Etats de l'occupation du sol dans le bassin de l'okpara au Bénin en 1990, 2000 et 2014……...124
5.4- Dynamique des unités d'occupation du sol entre 1990 et 2014…….....129
5.5- Synthèse de la conversion de l'occupation du sol de 1990 à 2014……132
CHAPITRE VI : PERCEPTIONS LOCALES ET DISCUSSION GENERALE…….141
6.1- Perceptions locales sur les facteurs de dégradation des terres agricoles……...141
6.2- Pratiques culturales et leur impact sur la gestion de la fertilité du sol……..142
6.3- Discussion générale……...147
Conclusion générale et perspectives…….159
Références bibliographiques……161
Annexes 1…….174
Annexe 2……...177
Annexe 3 : Données de terrain utilisées pour le modèle Spacelle……....183

Dédicace

A

- Tous les scientifiques passionnés des sciences du sol et de la gestion durable des ressources naturelles
- Yêba Olayêmi

Nous habitons sur la terre et nous vivons du sol !

Remerciements

Au terme de ce travail, je voudrais témoigner toute ma gratitude à tous ceux qui m'ont encouragé à me lancer dans cette entreprise et en particulier :

- Dr. Léon Bani BIO BIGOU (Maître de Conférences du CAMES, Enseignement-Chercheur au Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Spécialiste de la géographie humaine et économique et Secrétaire Général de l'Université d'Abomey-Calavi), pour ses exhortations depuis plusieurs années et aussi pour avoir accepté diriger le présent travail.

- Dr. Ir. Aliou SAIDOU (Maître de Conférences du CAMES et Responsable de l'Unité de Recherche Gestion Intégrée des Sols et des Cultures à la Faculté des Sciences Agronomiques), à la fin de mon DEA, où vous aviez accepté de co-encadrer cette thèse de doctorat, vous aviez marqué ma carrière de chercheur d'une empreinte indélébile. Durant ces trois années, malgré vos multiples occupations, vous avez fait preuve d'une attention particulière et d'un grand sens de responsabilité qui forcent mon admiration. Cher Professeur, je me souviens des séances de travail qu'on tenait dans votre bureau au début de cette thèse, où vous aviez plusieurs fois insisté sur les questions scientifiques de la thèse. Vos hautes expériences scientifiques et rigueurs ont fortement contribué à l'aboutissement de ce travail. Recevez mes sincères remerciements.

- Tous les membres du comité de thèse pour leur contribution appréciable au présent travail : Dr. Ir. Mouinou Igué (Directeur de Recherche à l'INRAB), Professeur Brice Agossou TENTE (Professeur Titulaire du CAMES, Enseignant-Chercheur au DGAT/FLASH/UAC) et Professeur Christophe Sègbè HOUSSOU (Professeur Titulaire du CAMES, Enseignant-Chercheur au DGAT/FLASH/UAC).

- Professeur Gauthier BIAOU (Professeur Titulaire du CAMES, Enseignant-Chercheur à la FSA et Recteur de l'Université Nationale d'Agriculture de Porto-Novo) pour ses multiples conseils. Qu'il trouve ici le témoignage de mon admiration et de mon sincère attachement.

- Que Dr. Ibouraïma YABI (Maître de Conférences du CAMES, Enseignant-Chercheur au DGAT/FLASH/UAC), trouve ici l'expression de ma profonde gratitude pour les appuis techniques et les conseils méthodologiques lors de la conduite de ce travail.

- Dr Benjamin ALLAGBE (Maître Assistant du CAMES, Enseignant-Chercheur au DGAT/FLASH/UAC), pour son précieux soutien, qu'il reçoit ma profonde reconnaissance !

Je me fais un devoir de saluer ici, Dr. Ibouraïman BALOGOUN et Monsieur Daouda BELLO pour leurs concours.

J’exprime ma gratitude à Madame Eléonore LADEKAN YAYI, Enseignant-Chercheur à la Faculté des Sciences et Techniques de l’Université d’Abomey-Calavi (FAST/UAC) pour ses multiples conseils et soutiens indéfectibles pour mon inscription en 3ème cycle universitaire.

Je remercie mes collègues Alfred AITCHEOU, Rachade DJINADOU et Azaria OLADJIDE, pour la collaboration et la bonne ambiance de travail.

J’adresse mes sincères remerciements à mon père Symphorien AKPO et à ma mère Soubératou YABI, pour tous leurs soutiens. Recevez ce travail comme une récompense pour les énormes sacrifices consentis pour mon éducation et ma réussite. Que Dieu vous accorde longue vie afin de jouir des fruits. Je remercie mes chers sœurs (Christelle, Hermine et Nadège) et frères (Hospice, Christian, Achille, Franck et Roméo), pour les soutiens spirituel, moral et matériel. Que Dieu vous le rende au centuple.

Mes sincères remerciements vont également à l’endroit de mes collègues qui sont en même temps des frères et des amis, Alfred Yotto IROTORI et Boris AZONHE, pour leur collaboration, leurs conseils et leurs soutiens. Que Dieu nous unisse davantage.

J’ai une pensée particulière à Damien Boni YABI pour son soutien.

Je remercie très sincèrement tous les paysans en particulier les propriétaires des parcelles ayant abrité nos essais, pour leur collaboration et leurs soutiens durant les travaux de collecte de terrain.

Je suis reconnaissant de l’hospitalité que me réservent Innocent YABI et Mohamed OROU à Gninsy et à Yaoui pendant mes séjours sur le terrain. Je remercie également les Fulani (Peulh) de Gninsy particulièrement Aloum DODO.

Roselyne, tu devais certainement te demander quand aurais-tu ton nom dans ce manuscrit. Et bien voilà ; j’ai gardé le meilleur pour la fin ! Merci pour ton soutien et tous ces moments de sacrifices.

Enfin, j'ai une pensée forte et pleine d'émotion pour ma fille Yêba Olayêmi. Que ce travail soit pour toi un exemple à dépasser.

Mes vifs et sincères remerciements à l’endroit de ceux qui de près ou de loin, ont participé à l’élaboration de cette thèse et dont les noms n’ont pas été cités.

Liste des sigles et acronymes

ASECNA : Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar

CENATEL : Centre National de Télédétection

CeRPA : Centre Régional de Promotion Agricole

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

CPCS : Commission de Pédologie et Cartographie des Sols

DGAT : Département de Géographie et Aménagement du Territoire

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation

INRAB : Institut National des Recherches Agricoles du Bénin

INSAE : Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique

LACEEDE : Laboratoire Pierre PAGNEY Climat, Eau, Ecosystème et Développement

LEDUR : Laboratoire d'Etudes des Dynamiques Urbaines et Régionales

LSSEE : Laboratoire des Sciences du Sol, Eaux et Environnement

MAEP : Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche

PIB : Produit Intérieur Brut

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitation

SCDA : Secteur Communal de Développement Agricole

SIG : Systèmes d'Information Géographique

SONAPRA : Société Nationale pour la Production Agricole

TM : Thematic Mapper

WRB : World Reference Base for Soil Resources

Résumé

Au Bénin, la fertilité des sols est soumise à rude épreuve avec l'augmentation démographique et le développement de la culture cotonnière (extension des surfaces cultivées, réduction du temps de mise en jachère, passage progressif à la culture continue). Les modèles agronomiques proposés par la recherche ont été peu adoptés par les paysans faiblement impliqués dans leur élaboration. L'objectif général de la thèse est d'analyser les pratiques de gestion de la fertilité des sols afin de mieux comprendre la logique des paysans, leurs contraintes et leurs objectifs et ainsi de construire des propositions techniques qui répondent à leurs besoins. Pour atteindre cet objectif, il a été réalisé des recherches documentaires, des enquêtes sociales, le suivi des systèmes de culture en milieu réel ainsi que les analyses statistiques des données collectées. Pour l'analyse prospective de la dynamique des différentes unités d'occupation du sol, le modèle Spacelle a été utilisé.

Les résultats des enquêtes socio-anthropologiques menées auprès de 1048 producteurs dont 183 femmes et 865 montrent que les indicateurs d'appréciation de la qualité des sols varient selon les groupes socio-culturels. Quatre (04) principaux critères d'appréciation de la fertilité des sols ont été identifiés, notamment les caractéristiques de la végétation (83,13 % des personnes enquêtées), les caractéristiques physiques du sol (89,76 % des personnes enquêtées), la présence de la pédofaune (44,2 % des personnes enquêtées) et le niveau de rendement des précédentes cultures (94,75 % des personnes enquêtées). Les principales stratégies endogènes de restauration de la fertilité des sols sont : la rotation culturale, la jachère naturelle de longue durée, la jachère comportant les cultures pérennes, en particulier l'anacardier, la jachère manioc, les associations culturales céréale et légumineuse et l'utilisation des engrais minéraux et organiques. L'usage d'engrais minéral et organique sont les systèmes de culture ayant donné les meilleurs rendements à la campagne agricole 2014-2015. A la campagne de 2015-2016, le système de culture jachère de 0-4 ans et l'usage d'engrais organique ont induit un meilleur rendement. L'étude de la dynamique d'occupation du sol a montré le recul du couvert végétal, la dégradation du sol et le comblement des cours et plans d'eaux du bassin de l'Okpara au Bénin.

Mots clés : Bassin de l'Okpara, pratiques agricoles, occupation des sols, fertilité des sols, systèmes de culture.

Abstract

To Benin, the fertility of soils is submitted to rough test with the demographic increase and the development of the cotton culture (cultivated surface extension, reduction in the days of fallow stake, progressive passage to the continuous culture). The agronomic models proposed by research have been adopted little by the peasants weakly implied in their development. The general objective of the thesis is to analyze the practices of management of the fertility of soils in order to understand the logic of the peasants, their constraints and their objectives better and so to construct the technical propositions that answer their needs. To reach this objective, he/it has been achieved of the documentary research, of the social investigations, the follow-up of the culture systems in real environment as well as the statistical analyses of the data collected. For the prospective analysis of the dynamics of the different units of soil occupation, the Spacelle model has been used.

The socio - anthropological investigation results led by 1048 producers of which 183 women and 891 show that the indicators of appreciation of the quality of soils vary according to the socio - cultural groups. Four (04) main criterias of appreciation of the fertility of soils have been identified, notably features of vegetation (83,13% of people investigated), the physical features of soil (89,76% of people investigated), the presence of the pédofaune (44,2% of people investigated) and the level of output of the previous cultures (94,75% of people investigated). The main endogenous strategies of restoration of the fertility of soils are: the rotation culturale, the fallow natural of long length, the fallow including the cultures pérennes, in particular the cashew tree, fallow cassava, the associations culturales cereal and legume and the use of the mineral and organic manures. The mineral and organic manure use is the systems of culture having given the best outputs in the agricultural country 2014-2015. To the campaign of 2015-2016, the system of culture fallow of 0-4 years and the organic manure use a better output misled. The survey of the dynamics of soil occupation showed the receding of the plant table setting, the deterioration of soil and the comblement of the courses and plans of waters of the basin of the Okpara in Benin.

Key words : Convenient agricultural, occupation of soils, fertility of soils, systems of culture, basin of the Okpara.

Introduction générale

« La terre, nous ne l'avons pas héritée de nos ancêtres, mais nous l'avons empruntée à nos enfants » (Badiane et Szempruch, 2000).

Les questions liées à la gestion de la fertilité des sols occupent le centre des débats sur la durabilité des systèmes de production agricole en Afrique, et particulièrement en Afrique au sud du Sahara. Les agriculteurs s'inquiètent par rapport à la "fatigue des sols", les éleveurs par rapport à la faible productivité des pâturages. Les techniciens s'interrogent sur les raisons de la baisse des rendements et sur les capacités du système en cours de satisfaire les besoins actuels et ceux croissants des générations futures. Cette inquiétude des uns et des autres est bien illustrée par Gray III cité par Kanté (2001) qui dit : "Quand un sol est pauvre, les gens qui l'exploitent sont également pauvres".

Le Sommet mondial sur le développement durable à Johannesburg en 2002 a défini ses objectifs comme suit :

"*La lutte contre la pauvreté, la modification des modes de production et de consommation qui n'assure ni leur reproduction ni la protection et la gestion des ressources naturelles, indispensables au développement économique et social, sont les objectifs ultimes et les conditions essentielles du développement durable*".

Dans ce cadre, il a été notamment recommandé d'accroître sensiblement la productivité agricole en vue de garantir la sécurité alimentaire, afin d'atteindre les objectifs de développement figurant dans la Déclaration du millénaire. Un des objectifs est de réduire de moitié d'ici 2015 la proportion de la population souffrant de la faim dans le monde. Cela comprend également toutes les initiatives prises pour développer le secteur agricole, car l'agriculture apporte la principale contribution à la satisfaction des besoins nutritionnels d'une population mondiale croissante.

L'agriculture béninoise contribue pour près de 35 % au PIB, emploie 70 % de la population active et participe pour plus de 60 % aux recettes d'exportation (Honlonkou, 1999 cité par Azontondé, 2004). Cette couche contribue, pour près de 40 %, au produit intérieur brut du pays (Biaou, 1998) à travers l'agriculture. Mais force est de constater que l'agriculture béninoise fait face à d'importants problèmes de dégradation des sols suite à une intensification des pratiques culturales avec très peu d'utilisation d'intrant et de facteurs de production (Saïdou et *al.*, 2006 ; Azontondé, 2004). Elle est due à la forte poussée démographique, doublée d'une extension rapide de la culture cotonnière (Saïdou et *al.*, 2012). Face à son aggravation et au faible taux d'adoption (environ 7 %) (Douthwaite et *al..*, 2002)

des technologies proposées par les services de vulgarisation, les paysans développent des stratégies faiblement connues du monde scientifique. L'une d'elles est la « jachère manioc » (Saïdou et *al.*, 2004 ; Adjei-Nsiah et *al.*, 2007 ; Fermont et *al.*, 2008 ; Saïdou et *al.*, 2008), que l'on rencontre au sud et au centre Bénin et un peu partout en Afrique de l'Ouest, et dont les effets sur la fertilité du sol opposent producteurs et scientifiques (Saïdou, 2006).

Les savoirs, accumulés par les sociétés paysannes depuis des millénaires sur les sols qu'elles cultivent, représentent une somme considérable d'informations, dont la sauvegarde est parfois urgente et la prise en compte souvent essentielle (Barrera-Bassols et Zinck, 2000). Pour y parvenir, une gestion durable des terres agricoles s'avère nécessaire. S'il est établi un constat indéniable, que le Bénin se trouve dans une situation de pauvreté et de précarité avec une économie fondée principalement sur les secteurs de l'agriculture et de l'élevage, il n'en demeure pas moins que la sécurité foncière est le plus souvent posée comme un facteur contraignant les investissements sur les unités de production, donc un frein à l'adoption des technologies de gestion durables des terres agricoles qui, aujourd'hui sont incontournables pour une meilleure production agricole. De ce point de vue, elle s'impose comme une condition indispensable à la modernisation de l'agriculture alors même que d'une manière générale, les acteurs au niveau rural se trouvent dans une situation de précarité foncière.

Le choix du bassin de l'Okpara se justifie principalement par le fait qu'il est une zone de colonisation agricole depuis les années 1970 (Oloukoï, 2012). De cette colonisation agricole découle une rupture démographique où les producteurs agricoles de la zone sont majoritairement des migrants. De plus, une grande partie des migrants n'ont plus de `liens" forts avec leurs villages d'origine, soit parce qu'ils n'y repartent plus, ou soit, ils sont descendants et qui sont aux yeux des autochtones comme des « éternels étrangers ». Leur mode d'accès constitue un frein à l'adoption des pratiques durables de gestion de la fertilité des sols.

C'est à la connaissance de ces savoirs techniques locaux et la gestion de la fertilité des sols chez les producteurs agricoles dans le bassin de la rivière Okpara, au Bénin, que la présente thèse apporte sa modeste contribution dans la perspective du développement des paquets technologiques pour une production durable en vue de la protection de l'environnement en général.

Cette thèse structurée en six (06) chapitres, est une contribution aux débats actuels sur la gestion de la fertilité des sols au Bénin.

Le chapitre premier présente la problématique, les objectifs et hypothèses et examine la littérature relative au sujet de cette thèse. Le deuxième chapitre expose, de façon générale, les

fondements physiques et socio-économiques, principaux déterminants de la fertilité des sols. Le troisième chapitre présente la méthodologie de la recherche. Dans le quatrième chapitre, les pratiques paysannes d'appréciation et de gestion de la fertilité des sols ont été analysées. Le cinquième chapitre traite de la gestion de la tenure foncière et la dynamique de l'occupation du sol.

Enfin, le sixième chapitre aborde les perceptions locales des facteurs de dégradation des sols ainsi que la discussion des différents résultats obtenus et présente une perspective pour les recherches futures.

CHAPITRE I :
PROBLEMATIQUE, CLARIFICATION DES CONCEPTS ET REVUE DE LA LITTERATURE

Ce chapitre aborde la problématique, le point des connaissances sur les savoirs locaux de gestion de la fertilité des sols ainsi que leurs implications sur la dynamique de l'occupation du sol d'une part et la clarification de quelques concepts opératoires utilisés pour faciliter la compréhension de la présente thèse d'autre part.

1.1- Problématique

L'économie béninoise est tributaire de ses ressources en terres agricoles et de leur potentiel de production. Malheureusement, ces terres sont sujettes à de fortes dégradations du fait notamment de mauvaises pratiques culturales (Azontondé, 2004). En effet, les terres cultivées s'épuisent à un rythme accéléré et les rendements des cultures baissent continuellement (Mele, 2009) en raison de l'accroissement de la population et du raccourcissement des périodes de jachère qui autrefois permettait un renouvellement de la qualité des sols (Saïdou et *al.*, 2008). Ce qui compromet dangereusement la productivité et la durabilité de tout le système de production agricole.

Le taux de croissance démographique au nord et au Centre du Bénin évoluant à un rythme inquiétant et pour faire face à la demande sans cesse croissante de produits agricoles, les agriculteurs intensifient leur production en raccourcissant les périodes de jachères. Cette situation amenuise fortement la capacité naturelle de régénération de la fertilité des sols. De plus, les surfaces cultivées se sont étendues, réduisant les espaces sylvopastoraux, pourtant considérés comme le pilier de la régénérescence de la fertilité des terres cultivées (mise en jachère, maintien de l'élevage, approvisionnement en bois,…) (Pieri, 1989).

La terre et les autres ressources naturelles constituent sans doute un capital très important pour l'exercice et la réussite de ces activités (Somé, 2002). Or, avec les contraintes climatiques, la croissance démographique très élevée et à l'augmentation du cheptel, on constate nettement la dégradation accélérée de ces ressources, surtout dans le centre Bénin. Cette situation a placé sur le chemin de la migration un grand nombre d'agriculteurs et de pasteurs. Cette migration s'est faite d'une part, vers les grandes villes, les centres urbains (exode rural), et d'autre part, vers d'autres zones rurales à la recherche de meilleures terres et du pâturage. Comme quoi, l'homme veille toujours à s'installer dans les meilleurs écosystèmes, car vivre, c'est satisfaire un ensemble de besoins essentiels. Et la satisfaction de

ces besoins nécessite inéluctablement la disponibilité en qualité et en quantité suffisante des ressources en terres cultivables.

C'est dans un tel contexte que le bassin de l'Okpara au Bénin, a subit sans heurt la « descente » des populations du nord-ouest, du sud du Bénin et les éleveurs venus du Nigeria. L'accès à un espace d'exploitation agricole est strictement lié à l'accès à l'espace foncier. C'est dire que l'acquisition de l'espace foncier constitue un élément très déterminant dans les conditions d'installation et d'exploitation des ressources naturelles dans la zone. Cette acquisition peut être appréciée à travers, notamment les modes d'appropriation (individuels et collectifs) mis en œuvre et les règles de succession par lesquelles les droits d'usage ou de propriété sont transférés à travers les générations. La migration ainsi développée est un phénomène social qui pose avec une certaine acuité la question de la nécessité de l'organisation de la propriété foncière, de l'exploitation et de la gestion durables des terres agricoles en particulier, et en général des ressources naturelles du bassin de l'Okpara. Elle a entraîné de profondes mutations au niveau de la région qui se sont traduites par une rupture démographique et une recomposition de l'espace social. A cela, il faut ajouter l'essor de la culture cotonnière très poussée et de certaines cultures de rentes (soja, le riz et les cultures maraîchères) avec l'adoption de nouvelles techniques et pratiques culturales.

La conjugaison de ces facteurs a engendré une transformation des systèmes agraires et de production agricole : course effrénée de l'espace foncier et surexploitation concurrentielle des ressources naturelles. De cette situation, il en découle des constats désolant : dégradation très avancée des ressources naturelles, saturation démographique, rupture sociale avec l'éclatement des unités d'exploitation, saturation de l'espace foncier, la « *brousse est finie* ».

Les résultats de nombreuses études (Saïdou et *al.,* 2004 ; Saïdou, 2006 ; Saïdou et *al.,* 2008) démontrent que les producteurs, vis-à-vis de cette situation permanente et persistante de dégradation des sols, développent des stratégies de conservation du sol, de l'eau et de restauration de la fertilité des sols. La plupart de ces pratiques visent essentiellement l'amélioration du rendement des cultures. Ces stratégies locales permettent aux producteurs dans une certaine mesure de satisfaire leurs besoins d'existence et de subsistance.

Selon Mele (2009), l'appréciation du niveau de fertilité du sol est fonction de l'appartenance socioculturelle des producteurs agricoles du centre Bénin. D'où, les savoirs endogènes de fertilité des sols varient selon les groupes socioculturels.

Le bassin de l'Okpara est le plus grand sous-bassin de l'Ouémé et constitue la principale source d'approvisionnement en eau des populations de la ville de Parakou et de ses environs à travers la retenue d'eau de l'Okpara. Au-delà de l'alimentation en eau que ce bassin sert à

cette région, elle est le lieu où se pratique l'agriculture et regroupe plusieurs groupes socioculturels.

Mieux, ce bassin est inclut dans la zone cotonnière du centre Bénin où les systèmes de production s'appuient tout d'abord sur les vivriers de consommation traditionnelle où la production du maïs occupe une place importante. De plus, au Bénin, le maïs fait également l'objet de diverses transactions économiques et représente de ce fait une source de revenus non négligeable pour les producteurs et les commerçants (Saïdou et *al*., 2012).

Les savoirs techniques, déterminants des pratiques, et le changement technique ont été pris en compte par beaucoup de travaux anthropologiques. Aujourd'hui, avec les nouvelles postures de la recherche-intervention, il paraît indispensable d'étudier les savoirs paysans relatifs à la gestion de la fertilité des et leurs implications sur l'occupation des terres. De ce problème, il découle les interrogations suivantes :

- quels sont les indicateurs de reconnaissance de la qualité des sols chez les différents groupes socio-culturels ?
- quelles sont les méthodes endogènes de restauration de la fertilité des sols dans le bassin de l'Okpara ?
- quel est le niveau d'efficacité des savoirs paysans en matière de restauration des sols dans le milieu d'étude ?
- quels sont les modes de gestion de la tenure foncière ainsi que leur implication sur la dynamique de l'occupation des sols dans le bassin de l'Okpara ?

Les éléments de réponse à ces questions permettent d'alimenter les réflexions sur les savoirs endogènes et la gestion de la fertilité des sols dans le bassin de l'Okpara au Bénin.

1.2- Objectifs de recherche

L'objectif principal de cette recherche est d'appréhender les savoirs paysans relatifs à la gestion de la fertilité des sols dans le bassin de l'Okpara.

De façon spécifique, il s'agit :

- d'étudier les indicateurs paysans de reconnaissance de l'état de fertilité des sols dans le bassin de l'Okpara ;
- d'analyser les méthodes de gestion de la fertilité des sols dans le milieu d'étude ;
- d'évaluer la performance des pratiques de restauration de la fertilité des sols au regard des connaissances scientifiques ;
- d'étudier le mode d'accès à la terre et le mode d'occupation des terres et leur implication sur la dynamique de l'occupation des sols dans le milieu d'étude.

1.3- Hypothèses de travail

Dans le but d'appréhender les questions posées par la présente thématique, les hypothèses suivantes sont formulées.

H_1 : Les indicateurs paysans de reconnaissance de l'état de fertilité des sols varient selon les groupes socioculturels.

H_2 : La gestion de la fertilité des sols combine les méthodes de restauration naturelle et l'apport de fertilisants chez les producteurs du milieu d'étude.

H_3 : L'essentiel des savoirs et pratiques endogènes de reconnaissance et de gestion de la fertilité des sols se justifie scientifiquement.

H_4 : Le choix des pratiques de restauration de la fertilité des sols dépend du mode d'accès à la terre et du mode d'occupation du sol.

1.4- Clarification des concepts et points des connaissances

La clarification des concepts est un exercice indispensable à la compréhension du texte. Elle est effectuée à la lumière de la littérature scientifique.

1.4.1- Clarification des concepts

1.4.1.1- Savoirs locaux et connaissances endogènes

Les savoirs locaux peuvent être définis comme le fonds commun des connaissances d'une population donnée. Tous les membres de cette population possèdent une partie variable de ce fonds commun suivant leur place dans la société (âge, sexe, situation familiale, profession, situation économique…). Les acteurs des savoirs sont les détenteurs, les praticiens ou utilisateurs et les conservateurs. Il y a donc des personnes détentrices de savoirs spécifiques ou thématiques (Blanchard, 2010).

Les savoirs locaux prennent diverses formes d'expression. Ils peuvent être oraux comme les histoires, les contes ou les chants, prendre une forme écrite plus formelle ou correspondre à des gestes, des habitudes ou des savoirs faire.

Les savoirs locaux sont multiples. Ils touchent tous les aspects de la société : la santé humaine et animale, l'agriculture, l'élevage et l'environnement, l'organisation sociale et la gestion économique… (Grenier, 1998 ; Olivier de Sardan, 1995) cité par (Blanchard, 2010). Les savoirs locaux ont longtemps été étudiés à travers les thèmes de santé humaine avec de nombreuses études en ethnomédecine et ethnobotanique. Il existe donc de nombreuses définitions faisant référence à la médecine et beaucoup moins en sciences agronomiques.

Chambers (1990) rappelle que le savoir local n'est pas toujours valide et utile et Dupré (1991) qu'il n'est pas « *la panacée universelle propre à résoudre toutes les misères* ». Dans les sociétés européennes, la société civile se donne pour rôle de suivre les avancées des sciences pour en mesurer également la portée, afin d'équilibrer les pouvoirs.

Pour (Djenontin et *al*., 2002), la gestion de l'eau pour mieux tirer profit de la terre est la connaissance la plus ancienne utilisée dans le nord-Bénin. Ainsi, pour une nouvelle défriche, l'infiltration des eaux des premières pluies dans le sol est nécessaire avant le labour suivi immédiatement du semis alors que pour les sols manifestant une tendance de baisse de production, le labour et le semis ont lieu dès les premières pluies. Le parcage rotatif direct du troupeau bovin autour de l'habitat est une pratique des éleveurs peulhs qui leur permet de restaurer leurs champs de céréales.

Selon le même auteur, le contrat de parcage est issu de la pratique des peulhs et permet aux agriculteurs de restaurer la fertilité de leurs champs avec les troupeaux des éleveurs peulhs.

(Lévi Strauss, 1962) affirme que, les études sur les savoirs locaux ont débuté, dans les années 60, avec des travaux d'anthropologues et d'ethnologues américains en particulier. Les connaissances des peuples sur l'environnement, la médecine ou les modes de vie étaient les principaux sujets d'étude. Dès cette période, les sciences agronomiques s'intéressent également aux connaissances des peuples autour de la production agricole avec les travaux d'un agronome français Dabin (1951 cité par Diallo, 1995).

Dans les années 80, suite à un bilan mitigé sur l'adoption des nouvelles techniques agricoles proposées par la recherche, les modes d'intervention de la recherche-développement sont remis en cause et la participation paysanne à toute intervention est largement soutenue par les décideurs et les bailleurs (Lecomte, 1996). La recherche d'approche favorisant la participation des paysans aux processus de recherche et de développement fait naitre la nécessité de prise en compte des savoirs techniques locaux en tant « qu'élément central du système global d'information » (Röling cité par Diallo et Keita, 1995). Les études sur les savoirs locaux se multiplient et s'insèrent dans l'idéologie sur la reconnaissance des peuples autochtones. Dans le contexte de la crise de la fertilité annoncée des sols de l'Afrique de l'Ouest, l'adaptation des techniques agricoles à la diversité des paysans et des milieux est recherchée. Les recherches s'attachent à reconnaître les types de sols paysans pour définir des nouvelles organisations de l'espace qui aient du sens pour les paysans. Elles devaient asseoir les recommandations techniques.

1.4.1.2- Connaissances scientifiques

Les connaissances scientifiques et techniques permettent de viser l'exhaustivité des connaissances avec une entière rationalité et impartialité. Les connaissances scientifiques et techniques se sont ainsi vues conférer une position de suprématie sur les savoirs locaux, empiriques ayant une portée localisée et une efficacité jugée peu concluante (Grenier, 1998). Il est admis un certain pouvoir du « *savant* » face au « *citoyen* », souvent appelé profane (Blanchard, 2010). Pour (Kissou et *al.*, 2012), les connaissances scientifiques sont développées à travers des expérimentations conduites dans des stations de recherche ou en milieu réel. Cette définition est celle de Kissou citéé ci-dessus.

1.4.1.3- Fertilité des sols

La fertilité des sols est une notion assez complexe, qui intègre à la fois les propriétés des sols et leurs états physiques, chimiques et biologiques (Mele, 2009). A l'égard des cultures, le sol doit en effet être en même temps :

- un support favorable au développement des racines, cela implique qu'il soit meuble, aéré, perméable, etc. ;
- une réserve alimentaire, renfermant, en quantité suffisante tous les éléments minéraux nutritifs dont la plante a besoin pour constituer ses organes, et également une réserve hydrique permettant aux cultures de puiser, en période de sécheresse le maximum d'eau ;
- un milieu biologique favorable à l'activité alimentaire des racines, notamment grâce à la vie microbienne dont il est normalement le siège.

Selon Pichot (1993), on peut définir la fertilité d'un sol comme son aptitude à satisfaire durablement les besoins des populations aux travers des systèmes de production et d'aménagement qu'elles mettent en œuvre. Vue sous cet angle, la fertilité est le résultat d'une interaction entre l'homme et son milieu et une construction sociale évolutive.

Il convient par conséquent de distinguer :

- la notion de richesse d'un sol en tel ou tel élément, valeur définie par l'analyse.
- la notion de fertilité, aptitude du sol à telle ou telle production, valeur beaucoup plus complexe.

Dans le cadre de cette thèse, on peut retenir que la fertilité du sol est l'aptitude d'un sol à assurer de manière régulière, sous un climat donné et dans des conditions normales de production de bonnes conditions de croissance des cultures et permettre au producteur d'avoir de bons rendements.

1.4.1.4- Technologie agricole

Selon INRAB (1996) l'adoption d'une technologie est tributaire de nombreux facteurs parmi lesquels on cite généralement :

- la complexité de la technologie ;
- la mise en place de fonds initial indispensable ;
- le bénéfice net escompté ;
- les possibilités d'intégration de la technologie dans le schéma socio-culturel de l'exploitant agricole.

Selon Honlonkou (1999), on peut regrouper les facteurs susceptibles d'agir sur l'adoption d'une technologie en quatre catégories à savoir : les facteurs propres au producteur, les facteurs liés à la technologie, les facteurs institutionnels liés au marché et ceux liés aux caractéristiques de la parcelle devant recevoir l'innovation.

Ainsi, dans la catégorie des facteurs liés au producteur, on peut citer l'éducation et l'expérience comme des facteurs indicateurs du capital humain, l'âge, le genre, le niveau de richesse, la taille de l'exploitation, la disponibilité en main-d'œuvre, le degré d'aversion au risque. Parmi les facteurs liés à la technologie, on cite les fonctions économiques et alimentaires du produit, la complexité de la technologie, le coût relatif de l'innovation par rapport aux innovations substituts, le délai de récupération de l'investissement et la susceptibilité de la technologie aux maladies. On classe parmi les facteurs institutionnels, l'accès aux organismes d'octroi de crédit, la tenure foncière, la disponibilité et l'accessibilité des marchés des produits et des facteurs, la disponibilité et la qualité de l'information sur les technologies et le développement des activités para et extra-agricoles. En ce qui concerne les facteurs biophysiques, ils sont liés à la parcelle et à l'environnement naturel et comprennent les caractéristiques des parcelles de culture (type de sol, pente, degré de fertilité initial), les types d'adventices et le climat.

Dans le cadre de cette thèse, les technologies agricoles désignent l'ensemble des pratiques endogènes et modernes de gestion de la fertilité des sols.

1.4.1.5- Théorie de la performance

Il est question dans la présence étude d'axer notre argumentation sur la théorie de la performance des savoirs locaux en matière de gestion de la fertilité des sols. La finalité de l'analyse des pratiques est l'intervention sur les exploitations agricoles, les systèmes de production ou les systèmes agraires.

La théorie de la performance peut avoir comme objectif une meilleure efficacité des pratiques (amélioration de la production céréalière, réduction des conséquences de l'agriculture sur les

nappes phréatiques) ou la recherche de la meilleure opportunité d'une pratique innovante. L'analyse de la diversité de fonctionnement des exploitations agricoles permet de caractériser le fonctionnement des exploitations agricoles d'une région donnée en groupes cohérents. Sa représentation opérationnelle est la typologie des exploitations qui peut être un outil essentiel de la recherche et du développement agricole.

Les recommandations techniques doivent être adaptées à la structure et au fonctionnement des exploitations ciblées. La recherche et l'encadrement doivent donc avoir une vision suffisamment fine du réel mais qui reste opérationnelle.

La démarche de la théorie de la performance sur les pratiques agricoles se base sur l'élaboration d'un diagnostic agraire qui permet d'identifier des thèmes d'intervention technique pour l'amélioration des systèmes de production. Les typologies des pratiques agricoles permettent de caractériser les exploitations et d'ajuster les thèmes techniques choisis selon le fonctionnement de chaque type d'exploitation. Enfin, le conseil technique vise l'adoption de recommandations techniques ou organisationnelles par les exploitations agricoles.

Pour Ferraton et Touzard (2009), évaluer la performance des systèmes de culture revient à étudier la performance technique et la performance économique. La performance technique des systèmes de culture fait appel aux quantités de culture produites, aux rendements et au maintien de la fertilité des parcelles qui abritent les cultures. Pendant la performance économique regroupe les paramètres tels que : le produit brut, les consommations intermédiaires et le calcul de la valeur ajoutée brute. Dans le cadre de cette thèse, c'est la performance technique des systèmes de culture qui a été considérée.

1.4.1.6- Perception paysanne et construction sociale de la réalité versus réalité scientifique

Pour Hountondji (1994), on appelle savoir endogène dans une configuration culturelle donnée, une connaissance vécue par la société comme partie intégrante de son héritage, par opposition aux savoirs exogènes qui sont perçus, à ce stade au moins, comme des éléments d'un autre système de valeurs.

Ainsi, les paysans connaissent bien les types de sol qu'ils exploitent, et en dressent une classification pragmatique à partir de laquelle ils développent des techniques écologiquement pertinentes et adaptées à la conservation de leurs sols (Dialla, 2001 ; Gyampoh et *al*., 2010). A l'opposé des classifications scientifiques, la classification locale est pragmatique et tournée vers la gestion durable des sols (Thiombiano, 1995). Cette classification se fonde sur les

caractères morphologiques du sol : texture, couleur, rétention en eau, topographie (Schutjes and van Driel, 1994 ; Barrera-Bassol and Zink, 2000).

1.4.1.7- Système de culture

Le sytème de culture tel que définit par Sebilotte (1974, 1990), cité par Huat (2008) est l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitées de manière homogène. Chaque système se définit par :

- la nature des cultures et leur ordre de sucession ;

- les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures, ce qui inclut le choix des variétés pour les cultures retenues.

Dans le cadre de cette thèse, les systèmes de cultures désignent les pratiques de restauration et de maintien de la fertilité des sols adoptées par les différents par les producteurs.

1.4.1.8- Systèmes de production

Un système est un ensemble formé de plusieurs éléments qui s'influencent mutuellement ou qui sont inter-liés (Norman et *al.*, cité par Kodjo, 2000). De ce point de vue, l'agriculture constitue un système : le système agricole (Kodjo, 2000). Le système de production est l'outil de base qui permet de décrire l'exploitation agricole et d'en comprendre le fonctionnement (Adégbidi, 1994). A l'échelle de l'exploitation agricole, le système de production peut être défini comme la combinaison dans le temps et dans l'espace, des ressources disponibles et des productions elles-mêmes : végétales et animales (Dufumier, 1996). Adégbidi (1994) définit le système de production comme un ensemble organisé et combiné de sous-systèmes de cultures, d'élevage et des ressources en terre, en moyens de production et en force de travail permettant la mise en œuvre de ces sous-systèmes.

Comme tout système, le système de production comprend un certain nombre de sous-systèmes dont le système de cultures, le système d'élevage et le système de premières transformations des produits.

Le système de culture qui intéresse dans le cadre de ce travail se définit par une surface de terrain traitée de manière homogène par des cultures avec leur ordre de succession et par les itinéraires techniques qui leur sont appliqués (Adégbidi, 1994 ; Dufumier, 1996).

Selon (Ogouwalé, 2013), le système de production dans le bassin du fleuve Okpara concerne l'assolement, rotation et le respect des itinéraires techniques des cultures. Ensuite, vient le matériel végétal : il prend en compte les semences et production semencière. Il a également

évoqué la gestion de la fertilité des sols. Il s'agit des fumures organiques et chimiques. Le même auteur présente d'autres facteurs de production qu'est la force de travail, et l'envergure de la production.

Dans le cadre de cette thèse, le système de production est un mode de combinaison entre terre, force et moyens de travail à des fins de production végétale et animale, commun à un ensemble d'exploitations.

1.4.1.9- Dégradation de l'environnement

Selon le CIRAD (1999) et Biaou (2000), la pression humaine sur les milieux et les ressources prend une importance croissante. En effet, la pression démographique des dernières décennies a mis à mal la durabilité des ressources naturelles. Ainsi, sous les tropiques, après seulement un demi-siècle d'exploitation intense, les forêts répertoriées comme naturelles ne couvraient plus que 10 % des massifs (CIRAD, 1999). Les pays sous-développés sont victimes de la dégradation de l'environnement à cause de la méconnaissance de son impact sur le développement. Ainsi, nombre de pratiques économiques et culturelles sont dommageables à l'environnement.

Pour Houédjissin (2004), dans les années 70, les forêts étaient bien développées d'animaux. Mais à partir de 1995 avec la pression sur les sols, la végétation régresse de plus en plus, même s'éclaircit. En effet, le potentiel forestier se réduit considérablement au jour le jour du fait des feux de végétation, de la récolte de bois-énergie, de l'agriculture extensive et du déboisement. Pour Kissira (2010), les superficies agricoles augmentent au détriment du couvert végétal. Ce déboisement se traduit selon Agbahungba (2005), par une régression du couvert végétal, une destruction des habitats et une réduction de la biodiversité. Cette dégradation a atteint un stade critique à tel point que les ressources naturelles forestières ont du mal à se reconstituer de façon naturelle. La pression sur les savanes boisées, les forêts claires et les galeries forestières se trouve accentuée par la culture d igname qui vient en tête de rotation sur les terres nouvellement défrichées dans les zones où elle est cultivée. Le déséquilibre écologique résulte entre autres de l'effet néfaste des feux de végétation, de l'exploitation forestière et du braconnage.

1.4.1.10- Gestion des ressources naturelles

Les ressources naturelles sont les moyens matériels que les hommes peuvent tirer des actifs naturels. On peut les qualifier de biens environnementaux. Selon Durand **(**1993**)**, « *les ressources naturelles sont des éléments du milieu physique qui sont exploités par les hommes*

pour satisfaire leurs besoins ; c'est l'ensemble des éléments : eau, sols, faune, flore, disponibles dans un terroir donné ».

Dans le contexte africain, et plus particulièrement sahélien, les ressources naturelles comprennent également la terre, richesse naturelle pour laquelle les préoccupations concernant l'environnement et celles concernant l'économie sont strictement liées. Dans la présente étude nous retiendrons essentiellement comme ressources naturelles l'ensemble des éléments de l'environnement : la terre, l'eau, la flore (végétation), à partir desquelles les producteurs se servent et les transforment dans le but d'améliorer leurs conditions d'existence.

Selon le dictionnaire le Petit Larousse (2001), le terme gestion vient du latin *`'gestio''* et se réfère à l'action ou à la manière de gérer ou d'organiser, d'administrer, de diriger quelque chose. Pour l'ONAT/ACOPAM (1996), gérer du latin *`'gerere''*, c'est tirer profit, c'est - à- dire exploiter des ressources existantes, tout en assurant le développement futur de cette ressource (...), en garantissant le maintien de des ressources. En outre, selon la conception du PNGT, la gestion des terroirs «concerne les actions relatives à l'usage des ressources renouvelables sur des espaces maîtrisés socialement par des habitants d'un village **(**PNGT, 1999**).**

La gestion des ressources naturelles est entendue dans le présent travail comme l'utilisation rationnelle et durable des ressources en terres, en eau, en flore et en faune et soucieuse de garantir le futur. Cette gestion passe par l'adoption effective des techniques de conservation, de revégétalisation, de restauration dans l'optique de permettre une meilleure production agricole et pastorale.

1.4.1.11- Migration

Selon Vinakur et Fouquet (1990), la migration est définie comme « un ensemble de déplacement ayant pour effet de transférer la résidence des intéressés d'un certain lieu d'origine ou de lieu de départ à un certain lieu de destination ou lieu d'arrivée ». L'INSD (1996) y ajoute l'aspect temporel.

Les migrations se différencient généralement soit par le fait de franchir ou non les limites territoriales d'une unité administrative de référence (le découpage administratif interne à un pays ou le pays lui-même.) soit par le caractère temporaire ou définitif du séjour, soit encore par la référence à une période donnée de l'année au cours de laquelle s'effectue le déplacement, etc.

Dans le cadre de cette recherche la migration est perçue comme un mouvement de population d'une zone donnée comme point de départ, vers une autre, point d'arrivée et souvent servant de localité d'établissement. A partir de là, la migration prend plusieurs formes. On distingue

dans l'émigration et l'immigration. Mais l'immigration interne sera considérée, et surtout celle rurale et agricole pour besoins évidents de notre étude.

1.4.1.12- Tenure foncière

Le foncier est un concept polysémique. Il fait appel à plusieurs approches qui tentent de lui donner un contenu. C'est un concept issu du latin `'fundus" qui veut dire `'fonds de terre". Selon le collectif d'auteurs (Le Bris et *al.*, 1991), la tenure foncière est l'ensemble des règles définissant les droits d'accès, d'exploitation et de contrôle concernant la terre et les ressources naturelles ».

Pour Sawadogo (1994), le foncier est un rapport déterminé par l'appropriation de l'espace. Le foncier est constitué par la terre et les autres ressources naturelles (l'eau, la faune, la fertilité ...) comme capital physique et facteur de production et par l'ensemble des relations sociales entre les individus et groupe sociaux pour l'appropriation de la terre.

Dans le cadre de la présente étude, la tenure foncière désigne l'organisation de l'accès à la terre et aux ressources naturelles qui sont fixées sur le sol. Elle détermine l'ensemble organisé, formé de règles, les normes, les principes, régissant les rapports des hommes à la terre et aux autres ressources naturelles, et les rapports des hommes entre eux par rapport à la terre.

1.4.1.14- Matrice de transition

La matrice de transition est un tableau synthétique qui récapitule, en termes de superficies, les différentes transformations subies par les formations végétales et les autres unités d'occupation du sol entre deux dates.

1.4.1.15- Modèle et modélisation

Hagett (1973) cité par Donou (2015), définit le modèle comme une représentation idéalisée de la réalité, afin de faire apparaître certaines de ses propriétés. Le recours aux modèles est rendu nécessaire par la complexité de la réalité. Ils fournissent une image de la réalité simplifiée et apparemment rationnelle et sont, pour le chercheur, une source d'hypothèses de travail à mettre à l'épreuve de la réalité. Baud et *al.,* (2008) complètent qu'il s'agit d'une construction transposable qui identifie les éléments le constituant et examine leurs relations et leur interdépendance. Pour Brunet (2000), un modèle est une structure formalisée utilisée pour rendre compte d'un ensemble de phénomènes qui possèdent entre eux certaines relations. Il

peut aussi être défini comme une représentation formelle et épurée du réel ou d'un système de relation (Brunet, 1992).

Ackoff (1962) cité par Ogouwalé (2013), propose une classification des modèles en trois catégories. Du moins abstrait au plus abstrait, il distingue : les modèles iconiques, les modèles analogiques et les modèles symboliques. L'objectif du modèle est de permettre une meilleure structuration de la pensée. Il existe quatre types de modèles (Brunet, 2000) : les modèles littéraires qui décrivent et délimitent les problèmes ; les modèles statistiques qui permettent de déterminer les liens entre les différents éléments d'un système ; les modèles mathématiques qui décrivent des relations qui peuvent être des plus simples jusqu'à une analyse systémique complexe ; les modèles conceptuels, qui favorisent la structuration de la pensée et de la reconnaissance du problème.

La représentation de la réalité par un modèle passe par plusieurs filtres, qui ont chacun leurs subtilités qui doivent être prises en compte: la perception du phénomène; sa représentation; la construction d'un modèle; l'interprétation du sens de ce modèle; la capacité du modèle à rendre compte du phénomène. Pour Boko (2013), un modèle est une sorte de construction mentale, qui simplifie la réalité, afin de mieux comprendre certains fonctionnements, certaines logiques sous-jacentes à la réalité. Pour l'auteur, la modélisation en géographie commence par deux questions inévitables et associées: où sommes-nous ? Qu'est-ce qui a des chances d'être en jeu ?

Dans le cadre de cette thèse, le modèle est un outil proactif qui permet de se faire une idée de l'évolution des différentes composantes environnementales, notamment la végétation et le sol au regard des différentes pressions qui s'exercent sur ces dernières, afin de proposer des mesures d'une gestion durable de l'environnement dans le bassin de la rivière Okpara au Bénin.

De ce fait, la modélisation peut être définie comme le processus qui consiste à ramener un phénomène sous la forme d'un modèle. Modéliser c'est rechercher quelle composition de modèles rend le mieux compte d'une organisation régionale ou locale, d'une configuration de champ ou de réseau, ou d'une distribution spatiale. C'est aussi, le cas échéant, proposer quelque modèle nouveau au stock d'informations dont on dispose déjà, si besoin est, c'est-à-dire si le stock semble révéler quelque lacune (Brunet, 2000). La modélisation est une procédure de recherche. Comme telle, elle appelle des règles de rigueur et de bon usage. Dans le cadre de la présente thèse, c'est le modèle Spacelle qui est utilisé. Ce modèle est un outil qui permet de faire une analyse prospective des différentes unités d'occupation du sol.

L'analsye du cadre théorique de cette thèse revèle qu'il existe assez d'auteurs qui ont pris à cœur la question de la gestion de l'environnement. Pour la plupart des auteurs, l'homme est le principal acteur dans la dégradation de son environnement, à travers l'utilisation irrationnelle des ressources naturelles (sol, végétation, eau, etc.). De ce fait, il est utilisé une approche méthodologique basée sur la recherche documentaire et les enquêtes de terrain, avec le support de plusieurs outils et techniques pour la collecte en milieu réel. Cette approche a permis de mieux appréhender les principaux facteurs de la dynamique environnementale, de même que les mesures de gestion pour une durabilité environnementale.

1.4.1.16- Scénario

A l' origine, les scénarii ont été définis comme des séquences hypothétiques des événements identifiés, afin de focaliser l'attention sur les processus causaux et les points décisionnels (Kahn et Saucisse, 1967 ; Totin, 2005). L'importance de considérer les scénarii comme les cours des événements réside en ce qu'ils permettent de définir des stratégies d'adaptation alternatives et de cerner dans quelles mesures les actions anthropiques vont, de manière significative affecter le futur.

Pour Ogouwalé (2001), un scénario est la description plus ou moins détaillée de quelques uns des futurs possibles dans un univers de tendances. Il sert à clarifier les décisions et à faciliter les choix majeurs. Il décrit une situation telle qu'elle pourrait être. Il part des faits et des données actuelles pour mettre en relief des situations plausibles, et ce, dans un contexte donné et en fonction de ce que l'on sait des tendances évolutives des principaux éléments du système étudié. Un scénario est une description plausible de ce que peut être l'avenir, d'après un ensemble cohérent et intrinsèquement logique d'hypothèses sur les relations clés et les forces motrices (IPCC, 2007 ; Ogouwalé, 2013). C'est une description cohérente, structurée et plausible d'un état futur possible du monde (Smith et Hulme, 1998 ; Ogouwalé, 2006).

Par ailleurs, le scénario diffère de la prédiction et constitue la justification de la prospective en raison de sa probabilité et de la part d'incertitude qui le caractérise (Issa, 2012).

Dans le cadre de cette étude, il s'agit des différents scénarii de gestion de l'environnement dans le bassin de l'Okpara. Ces scénarii servent à une prospection scientifique de la dynamique environnementale. En effet, il s'agit de la description plus ou moins détaillée de l'état actuel et futur des composantes environnementales, au regard des différentes pressions qui s'exercent sur les ressources naturelles dans le secteur d'étude.

1.4.1.17- Occupation du sol / Utilisation du sol

Dans la littérature anglophone il existe une distinction très claire entre *land use* (utilisation du sol) et *land cover* (occupation du sol). Malgré cette distinction, Jansen (2006 ; cité par Boko, 2013) affirme qu'il n'existe pas une définition universellement acceptée de l'occupation du sol, mais reconnaît que plusieurs tentatives ont été faites dans ce sens, notamment par l'Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO).

La notion d'occupation du sol se réfère à la couverture physique et biologique du sol, incluant l'eau, la végétation, les espaces nus et les structures artificielles (Encyclopédie de la Terre, http://www.eoearth.org).

Pour Marage (2004), l'occupation du sol est l'état biophysique de la surface de la Terre ainsi que de l'environnement sous-jacente de cette surface. En d'autres mots, il s'agit de l'état physique de la surface de la Terre sous la forme de montagne, ou forêts.. Moser (1996) précise qu'à l'origine, le terme désignait le type de végétation couvrant le sol, mais le sens a été élargi par la suite pour inclure les installations humaines, telles que les bâtiments et les routes, et d'autres aspects physiques de l'environnement comme les sols, les éléments de la biodiversité et les cours d'eau de surface et souterrains.

Le concept de « l'utilisation du sol » possède différentes significations selon les disciplines et implique de ce fait un certain nombre de paramètres pour la plupart non identifiés. Mais cela n'empêche pas ces différentes significations d'être toutes valables. L'Encyclopédie de la Terre (op. cit.) précise qu'il s'agit d'un terme plus complexe. En sciences naturelles, il est défini en termes de syndromes des actions humaines telles que l'agriculture, la foresterie et les constructions qui altèrent les processus à la surface du sol, y compris la biogéochimie, l'hydrologie et la biodiversité. Pour les spécialistes de l'aménagement et des sciences sociales, le concept a un sens plus large et comprend les contextes et objectifs socioéconomiques dans et pour lesquels l'espace est utilisé (ou non), tels que agriculture de rente versus agriculture de subsistance, espace public ou privé, etc.

Abondant dans le même sens, Arouna (2012) affirme que l'utilisation du sol est la manière et l'objectif selon lesquels les êtres humains utilisent la terre et ses ressources. A cet effet, l'utilisation du sol est l'usage humain d'une forme d'occupation du sol, les moyens par lesquels l'activité humaine s'approprie les résultats d'une production primaire nette, déterminée par des facteurs socioéconomiques complexes. Pour Dubois (2008), l'utilisation du sol désigne le type d'activité humaine ayant lieu à la surface ou proche de la surface du sol. Pour la FAO (1997) l'utilisation du sol concerne la fonction ou le but dans lequel le sol est utilisée par la population humaine locale et peut être définie comme les activités humaines

directement liées à la terre via l'utilisation de ses ressources ou ayant un impact sur cette dernière.

Lambin *et al.* (1999), pour leur part, indiquent que l'utilisation du sol est déterminée par des facteurs naturels, socioéconomiques, institutionnels, culturels et légaux. Elle est limitée par les contraintes biophysiques qui incluent le climat, la topographie, les sols, le substratum géologique, le couvert végétal et la disponibilité ou non de l'eau.

Dans le cadre de cette thèse, on retient que l'utilisation du sol est l'usage fait d'un espace par les êtres humains dans le cadre de différentes activités déterminées par un contexte et des facteurs spécifiques.

1.4.1.18- Pression démographique

D'une manière générale, le mot pression désigne la force exercée sur une surface donnée (Gnanho, 2011). En physique, cette force par unité de surface est exprimée en unité Pascal. Quant à la démographie, elle est la science qui s'occupe de l'étude quantitative des populations humaines, leur évolution et leur mouvement. Elle est en fonction des naissances et des décès enregistrés sur une période donnée surtout à l'échelle annuelle. De ces deux définitions, il faut retenir que la pression démographique est la force qu'exerce l'homme sur son milieu.

De surcroît, la pression sera davantage forte au fur et à mesure que la population augmente. C'est ainsi, que Malthus (1798), dans sa théorie sur la population estime que la population ferait sans cesse pression sur les moyens de subsistance, c'est-à-dire qu'elle tendrait constamment à croître jusqu'au maximum compatible avec les ressources vivrières dont elle dispose. Tout ceci entraînerait à coup sûr des conséquences néfastes sur l'environnement.

Dans le cadre de cette thèse, la pression démographique désigne celle que l'homme exerce sur le sol, les formations végétales etc., dans le but de satisfaire ses besoins. Cette pression est caractérisée par l'intensification des pratiques agricoles, l'extension des habitations source de la destruction de la végétation, la pollution des eaux et la dégrasation de sol.

1.4.1.19- Croisance démographique

Selon Balanchet (1989), la croissance démographique est la résultante des naissances, des décès et des migrations au sein de la population entre deux dates consécutives. Lorsqu'il s'agit d'une population qui n'a aucun échange migratoire avec l'extérieur, sa croissance dans le temps est exclusivement due à la dynamique des mouvements naturels (naissance, décès). Pour Wokou (2014), la croissance démographique est l'augementation d'une population sous

l'effet de l'excédent des naissances sur les décès et les entrées des migrants sur les sorties. En effet, l'effictif d'une population augmente lorque les naissances dépassent les décès (solde naturel) et des entrées de migrants sur les sorties (solde migratoire).

Gnimadi (2012), pour sa part, estime que la croissance démographique et l'urbanisation sont les principaux facteurs de la dynamique de l'environnement.

Dans le cadre de cette thèse, la croissance démographique est l'augementation sans cesse croissante de la population dans le bassin de la rivière Okpara. Cette croissance est due à la forte natalité et le nombre important des migrants à la recherche des terres cultivables et d'habitation.

1.4.2- Revue de littérature

1.4.2.1- Indicateurs de reconnaissance de la qualité des sols

La caractérisation de la fertilité du sol peut se faire en fonction des herbes présentes (M'Biandoun et *al.,* 2006). Le niveau de fertilité d'un sol peut s'évaluer par l'identification de deux groupes d'adventices : les herbes guides, non discriminantes mais dont l'importance oriente le diagnostic et les herbes indicatrices, dont la présence/absence est discriminante. La présence ou l'absence de ces espèces, permet aux paysans de déterminer si les parcelles sont fertiles ou à l'inverse dégradées. A partir de là, ils décident d'exploiter le champ ou de le mettre en jachère.

Pour les mêmes auteurs, les paysans du nord du Cameroun utilisent quatre groupes de critères pour déterminer le niveau de fertilité des terres :

- les mauvaises herbes présentes ;
- l'état biophysique du sol, qui comprend la macrofaune présente, la texture et la couleur du sol ;
- la productivité du travail ;
- le rendement par hectare, variable d'une culture à une autre pour une même terre.

Ainsi, lorsque les paysans ont obtenu des informations sur ces quatre critères pour une même terre, ils peuvent estimer son niveau de fertilité et les cultures qui peuvent y réussir.

Selon Kissou et *al* (2014), les critères paysans de classification sont fondés sur la topographie, les caractères morphologiques des sols et la végétation au Burkina-Faso. La fertilité des sols s'apprécie sur la base de la couleur et de la végétation.

Quant à Somé et *al* (1998), des espèces, essentiellement herbacées, sont utilisées par les paysans pour définir un itinéraire technique à appliquer aux parcelles en culture. L'abandon et la remise en culture d'une parcelle dépendraient donc de la germination de certaines plantes

qui, pour le paysan, marquent des seuils dans l'évolution progressive ou régressive des terres. En effet, pour le paysan de la zone soudanienne, la « fertilité » d'une terre n'apparaît pas comme un vague concept, mais comme une réalité physique traduite par l'aspect du sol ou par sa production, mais surtout par la présence d'une espèce végétale ou d'un groupe d'espèces végétales.

De plus, Genot et *al* (2007), affirme que les sociétés humaines sont largement dépendantes des sols car ceux-ci, au-delà de leur rôle comme support de la production végétale, produisent, contiennent et accumulent la plupart des éléments nutritifs indispensables à la vie. La gestion durable des sols agricoles et forestiers implique une évaluation continue de leur état par la mesure d'indicateurs de la fertilité. Cette dernière est perçue comme l'aptitude du sol à assurer, de façon durable, la production de biomasse végétale. Elle résulte de facteurs physiques, chimiques et biologiques qui dépendent des conditions de milieu (matériau parental, climat, etc.) mais aussi et surtout de la conduite des activités humaines, en particulier des pratiques agricoles et sylvicoles.

Au Bénin, Saïdou (2006), a indiqué que la présence de certaines herbes spécifiques, la texture et la couleur du sol, la facilité à être travaillé et l'activité de la faune édaphique en particulier, la présence des terricules de vers de terre sont les indicateurs utilisés par les producteurs pour apprécier la qualité du sol.

1.4.2.2- Pratiques endogènes de la fertilité des sols

L'avenir de l'agriculture des savanes africaines repose en grande partie sur une gestion rationnelle des ressources naturelles renouvelables. L'accroissement démographique et l'intégration croissante des exploitations agricoles au marché ont fortement modifié les systèmes agraires et les systèmes de production ces vingt dernières années (Dugué et *al*., 2002).

Selon Chambers (1990), le savoir des populations rurales n'est pas toujours valable ou utile. Il faut éviter de prêter à toute pratique traditionnelle un rôle important dans le maintien de l'environnement et de la diversité génétique. Il existe des bonnes et des mauvaises pratiques, qu'elles soient traditionnelles ou modernes. C'est pour cela qu'« il faut se garder d'un fétichisme qui doterait les savoirs paysans de toutes les vertus qui leur étaient refusées autrefois : ils ne sont pas une panacée universelle propre à résoudre toutes les misères » (Dupré, 1991).

L'argument le plus souvent avancé pour louer sans réserve les mérites des savoirs des sociétés paysannes est qu'ils résultent d'une longue expérience du milieu et qu'ils représentent une

adaptation parfaite à leur environnement. Mais c'est oublier que les sociétés migrantes changent d'environnement de même que l'environnement d'une société se modifie sans cesse. Pour l'illustrer, Baco et *al*. (2007), ont pris l'exemple du nord Bénin, où les paysans Berba et Lokpa, migrent de nos jours de l'est vers l'ouest à la recherche de terres fertiles. Ces nouveaux migrants ne maîtrisent par les milieux colonisés et il parait incohérent de compter sur eux pour conserver la diversité variétale. Ils adoptent de façon précaire et provisoire les pratiques des communautés qui les accueillent. De même, les Peuls, anciennement éleveurs et convertis récemment à l'agriculture, ne disposent pas de pratiques avérées permettant de gérer durablement la terre. C'est à juste titre que Nacro et *al*. (2010), ont comparé les pratiques paysannes et les bonnes pratiques agricoles de gestion de la fertilité des sols au Burkina Faso. Les pratiques paysannes (jachère à pois d'angole, jachère à manioc) affectent significativement le taux de matière organique et de phosphore assimilable. Les bonnes pratiques agricoles (apport de matière organique et d'engrais minéral) permettent d'améliorer les teneurs des sols en matière organique, en azote et en phosphore assimilable par rapport aux pratiques paysannes.

En Côte d'Ivoire, trois principaux mécanismes d'exploitation des ressources naturelles mis en œuvre par les agriculteurs de cette région ainsi que les dysfonctionnements éventuels : i) l'agriculture reposant sur l'alternance de périodes de culture et de jachère avec présence ou non de cultures pérennes (anacardier) ; ii) l'intensification des systèmes de production dans les espaces agricoles périurbains et les bas-fonds ; iii) le développement rapide d'une agriculture de front pionnier, basée essentiellement sur les systèmes de culture à base de coton et l'utilisation de la traction animale (Dugué et *al*., 2002).

Igué et *al.* (2013), affirme que la restauration de la fertilité des sols des régions Sud et Centre du Bénin devra se baser sur le choix des systèmes de cultures appropriées à chaque zone agro-socio-écologique. Dans ce cadre, les systèmes de production durables et à faibles intrants sont les plus indiqués. De nombreux systèmes de culture sont disponibles. Il s'agit par exemple de la pratique du labour minimum, du système de production agroforestière y compris les cultures intercalaires ou en couloirs, de l'utilisation des plantes améliorantes de la fertilité des sols, de la pratique du paillis, de l'utilisation d'autres matières organiques comme le fumier, le compost, les résidus des récoltes. Plusieurs stratégies locales contribuant au maintien ou à l'accroissement des rendements culturaux ont été inventoriées. Ces stratégies incluent les déjections animales, la fumure inorganique, les rotations/assolements des cultures, les jachères de courte durée (cinq ans), la jachère manioc ou la culture extensive de goussi (*Citrullus sp*. et *Lagenaria sp*.) (Saïdou, 2006).

Pour Djènontin et *al.* (2002), la situation actuelle de la gestion de la fertilité des sols n'est pas satisfaisante. Les solutions mises en œuvre demeurent partielles. Les nouvelles technologies introduites par la vulgarisation sont peu adoptées, car leurs conditions de réalisation ne sont pas remplies. Le transport de la litière et du fumier et la sédentarisation des exploitations constituent les principaux freins à leur adoption. Il faut développer des modèles qui tiennent compte des systèmes de production en cours, en résolvant les problèmes de transport, du lieu d'implantation du parc et de la période de production du fumier.

1.4.2.3- Migration agricole et dynamique de l'occupation et de l'utilisation des terres

Selon Domenach et *al*. (2002), l'influence des facteurs environnementaux peut être interprété comme des déterminants des migrations, et réciproquement les conséquences des déplacements des populations sur l'environnement tant pour les zones sources que pour les zones d'accueil. En effet, les déplacements de populations sont suivis de bouleversements socio-économiques et environnementaux, qui peuvent entraîner de graves déséquilibres écologiques. La migration est un déplacement de populations d'un lieu à un autre. La migration rurale est un phénomène spatial caractérisé par le déplacement des populations d'une région agricole vers une autre. Aussi convient-il de la distinguer par rapport à la colonisation agricole. La colonisation agricole est une des formes de la migration rurale. Elle implique un déplacement, une migration, c'est-à-dire un départ, une arrivée et une installation. Ce phénomène renvoie à plusieurs faits et actions qui peuvent être classés en plusieurs étapes fondamentales. Il s'agit d'une situation initiale, dans laquelle un élément, généralement extérieur au monde du paysan, joue le rôle de catalyseur, ensuite trois étapes actives : le départ, l'arrivée dans la région de colonisation et, enfin, la mise en valeur agricole d'une parcelle de terrain (Déry, 1999). Les départs et les arrivées temporaires ou permanents des populations remettent en cause les fonctionnements des sociétés et affectent les modes d'utilisation de l'espace et de gestion des ressources. Compris sous cet angle, la dégradation des milieux est souvent un phénomène dont les causes sont à rechercher dans le fonctionnement et l'organisation des sociétés, dont les migrations en sont la traduction première. A l'instar de plusieurs pays Africains, le Bénin est confronté à une dégradation de son écosystème dont l'action de l'Homme constitue l'une des grandes causes.

D'importants mouvements migratoires avaient été notés depuis les années 1970, particulièrement au Centre du Bénin. Selon Gbesseleman (1988) depuis plus d'une décennie, le Sud-Bénin est confronté à une crise agraire due à la pression démographique caractérisée par un morcellement des exploitations agricoles, leur dispersion dans l'espace, la dégradation

des sols et le déboisement. Cette pression démographique renforcée par les densités rurales très élevées observées dans les départements de l'Atlantique, avait eu pour conséquence le manque d'espace et l'épuisement des terres.

La dégradation du sol avec pour conséquence la baisse du rendement des cultures et la tenure foncière ont été identifiés comme contraintes principales entravant la durabilité des systèmes de production (Saïdou, 2006). Pour le même auteur, l'insécurité foncière empêche les migrants d'investir dans les pratiques de long terme de restauration de la fertilité des sols. Pour une gestion durable de la fertilité des sols, il a suggéré d'établir un climat de confiance mutuelle par 1'experimentation avec les différents groupes d'intérêt pour un arrangement alternatif de tenure foncière prenant en compte les intérêts de chacune des parties (migrants et propriétaires terriens) en présence. Adjei-Nsiah et *al*. (2007), ont expliqué que la migration des populations agricoles de l'Atacora-Donga et du plateau d'Abomey vers le bassin de l'Okpara n'est pas du seulement aux conditions environnementales favorables des lieux d'accueil mais également par la présence de marchés où la demande pour les produits agricoles est importante. Le besoin en main d'œuvre a été comblé par ces migrants qui, à l'époque, pouvaient facilement avoir accès à la terre en faisant des dons symboliques en guise de présents pour les rituelles (noix de colas, bouteilles d'alcool et argent). Mais de nos jours ; avec la monétisation croissante du foncier, l'accès à la terres repose désormais sur divers contrats qui à long termes compromet la durabilité des terres. Cette monétisation du foncier a contribué à la dégradation du climat de paix qui autrefois caractérisait les relations autochtones-migrants. Les rentes foncières à payer par les migrants devenant de plus en plus élevées. Cette situation créant une insécurité foncière, le migrant n'a aucune assurance de voir son bail foncier renouvelé à la fin de la saison. Comme conséquence directe, le migrant ne peut investir dans une bonne pratique de gestion de la fertilité des terres qui doit s'appréhender à long terme. L'instauration d'un climat d'entente entre les principaux acteurs (autochtones-migrants) par la proposition de techniques innovantes pourra assurer une durabilité des terres (Saïdou, 2005). Sambieni et *al.* (2005) a démontré que monétisation du foncier a contribué à la dégradation du climat de paix qui autrefois caractérisait les relations autochtones-migrants. Les rentes foncières à payer par les migrants devenant de plus en plus élevées. Cette situation créant une insécurité foncière, le migrant n'a aucune assurance de voir son bail foncier renouvelé à la fin de la saison. Comme conséquence directe, le migrant ne peut investir dans une bonne pratique de gestion de la fertilité des terres qui doit s'appréhender à long terme. L'instauration d'un climat d'entente entre les principaux acteurs

(autochtones-migrants) par la proposition de techniques innovantes pourra assurer une durabilité des terres.

1.4.2.4- Dynamique de la population et gestion des ressources naturelles

Le débat sur le rapport entre population et ressources est très ancien. Il remonte aux années 1770 avec l'analyse de la pensée économique sur les interrelations population /développement/ environnement (Somé, 2002). A cet effet, deux thèses principales ont été développées : la thèse des malthusiens et des néo-malthusiens et la celle des populationnistes. Un troisième courant appelé la théorie de la population optimale essaie de faire la synthèse de ces deux théories.

- La thèse des malthusiens et des néo-malthusiens

Pour les adeptes malthusiens et ceux des néo-malthusiens, la tendance constante de tous les humains est l'accroissement de leur espèce au-delà des ressources de nourriture dont ils peuvent disposer. Pour eux, les ressources naturelles croissent à un rythme arithmétique alors que la population a tendance à croître selon une progression géométrique. Cette thèse développée par Malthus et ses poursuivants a été revue et corrigée par d'autres pense, qui ont eux aussi, abouti à la conclusion que l'accroissement de la population provoque inévitablement l'abaissement de la productivité car plus la même terre est cultivée, plus sa fertilité baisse et aussi son rendement. Cette théorie a été, dans les débuts des années 1980, fortement influencée par la thèse des populationnistes (Biaou, 1991).

- La thèse des populationnistes

Les populationnistes refusent de croire que la croissance de la population retarde l'élévation des revenus individuels et vont jusqu'à soutenir qu'elle en est bénéfique. Les défenseurs de cette thèse sont surtout Clark (1999) et Boserup (1970) qui trouvent que la relation terre/homme est le déterminant décisif dans tout le système agricole. En effet, ce ratio critique influence les méthodes culturales et détermine le choix des outils à un moment donné de l'évolution d'une société. De ce fait, pour les populationnistes, la croissance démographique peut renforcer l'élévation des revenus individuels en suscitant une évolution technique et un accroissement de la demande d'investissement qui ouvre la voie des économies d'échelles et encouragent le changement (changement d'ordre technologique et institutionnel bénéfique au développement).

- La théorie de la population optimale

Cette théorie qui fait la synthèse des deux thèses estime pour sa part que chaque pays dispose de ressources (autre que le travail) et d'un seuil chiffre de population pour assurer la maximisation des revenus individuels. C'est dire que, quand les niveaux démographiques n'atteignent pas l'optimum, le niveau de revenu individuel est inférieur au niveau qu'il pourrait atteindre car les actifs ne sont pas suffisamment nombreux pour tirer efficacement partie des ressources autres que le travail disponible. En d'autre terme, n'étant pas en situation d'insuffisance de ressources, les populations ne chercheront pas à améliorer les moyens de production, ni les rendements. Par contre, lorsque les niveaux démographiques dépassent l'optimum, le revenu individuel diminue également en raison du nombre excessif d'actifs et de la baisse des rendements. Cette dernière analyse est à relativiser si l'on la rapproche à la théorie du capital humain développée par l'économiste américain Becker (1964) qui estime pour sa part que le capital humain doit être définit comme l'ensemble des capacités productives qu'un individu acquiert par accumulation de connaissances générales ou spécifiques, de savoir-faire, etc. Et la notion de capital exprime l'idée que c'est un stock immatériel imputé à une personne (c'est-à-dire idiosyncratique) pouvant être accumulé, s'user. Il est un choix individuel, un investissement personnel. Comme tout investissement, il s'évalue par la différence entre des dépenses initiales, le coût des dépenses d'éducation et les dépenses afférentes (achat de livres...), le coût d'opportunité, c'est-à-dire le salaire qu'il recevrait s'il était entré dans la vie active, et ses revenus futurs actualisés. L'individu fait donc un arbitrage entre travailler et suivre une formation qui lui permettra de percevoir des revenus futurs plus élevés qu'aujourd'hui. Est pris en compte aussi le maintien en état de son capital physique (santé, nourriture, etc.). Il optimise ses capacités en évitant qu'elles ne se déprécient trop du fait soit de la dévalorisation de ses connaissances générales et spécifiques ou de la de la dégradation de sa santé physique et morale. Il investit de façon à augmenter sa productivité future et ses revenus. Comme tous les investissements, l'individu doit faire face à loi des rendements décroissants et au caractère irréversible de ces dépenses.

1.4.2.5- Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres

La modélisation est une représentation ou une abstraction de la réalité sous forme de modèle. Un modèle est une représentation abstraite, conceptuelle des connaissances ou processus d'un système. La modélisation est un mode d'approche analytique privilégiée en géographie, depuis la fin du 19ème siècle avec les travaux de Weber et Von Thünen. Cette démarche s'inscrit dans l'émergence d'un paradigme géographique qui se développe à partir des années 1930. Il s'agit de l'analyse spatiale. Selon Chamussy et *al*. (1998), l'analyse spatiale

est l'étude formalisée de la configuration et des propriétés de l'espace produit et vécu par les sociétés humaines ; elle se consacre à la localisation et à l'étude d'un phénomène dans l'espace à des fins de description, d'explication ou de modélisation.

Dans les études portant sur la modélisation de la dynamique de l'occupation et de l'utilisation des terres, deux niveaux d'analyse sont généralement utilisés (Corgne, 2004) :

- le niveau « micro-échelle » : les comportements individuels sont étudiés et mis en relation avec les changements d'occupation du sol. Ce niveau privilégie les approches socio-économiques et psychologiques. Les espaces d'analyse sont de taille relativement réduite et font appel à des techniques d'analyse de type quantitatif et qualitatif ;
- le niveau « macro-échelle » : les changements d'occupation du sol sont examinés d'un point de vue géographique afin d'identifier les dynamiques spatiales qui motivent ces changements. Dans ce cas, les espaces d'étude sont beaucoup plus vastes, et peuvent atteindre l'échelle continentale avec l'aide des outils de la télédétection.

Plusieurs approches de modélisation de la dynamique de l'occupation du sol ont été développées ces dernières années. Selon Kameni et *al*. (2012), la modélisation dynamique est un moyen approprié qui est de plus en plus utilisé pour apporter des éléments de compréhension, de solution ou d'aide à la décision pour la gestion des systèmes complexes. Le modèle d'acteurs construit est ensuite traduit en un modèle à base d'agents qui permet de se focaliser sur les causes sociales des problèmes environnementaux en prenant en compte les causes physiques. Cette approche est appliquée pour expliquer le processus de déboisement et analyser les scénarios d'une gestion plus rationnelle de l'espace autour de la réserve forestière de Laf située dans la région du Nord Cameroun.

Les modèles de simulation sont des outils appropriés pour l'étude des systèmes complexes. Les modèles dynamiques peuvent permettre de saisir la complexité qui émerge des systèmes d'utilisation de l'espace et analyser les trajectoires d'évolution possibles en offrant la possibilité de tester la sensibilité de la structure et la stabilité de l'ensemble du système face aux changements des facteurs déterminants. Ces modèles fournissent ainsi des informations qui peuvent permettre d'évaluer des options d'aménagement et de gestion de l'espace, d'apprécier les impacts des changements d'utilisation de l'espace sur l'environnement naturel, sur les conditions socio-culturelle, économique ou politique et inversement. Une très large gamme de modèles appliqués à l'utilisation de l'espace a été développée pour répondre à une diversité de besoins (Fotsing, 2013). Le modèle simule la compétition entre différentes

catégories d'utilisation de l'espace en prenant en compte l'influence d'un ensemble de facteurs biophysiques, socio-démographiques et géoéconomiques. On distingue trois principaux modules. Le module de simulation dynamique combine les résultats des modules d'analyse spatiale et de prédiction. Les résultats de simulation pour chaque scénario permettent d'identifier des zones où s'opèrent les changements. Le modèle développé constitue ainsi un outil de recherche exploratoire et un support de connaissances utilisable pour la planification de l'utilisation de l'espace.

Au Bénin, beaucoup de travaux ont abordé la modélisation de la dynamique de l'occupation du et ces travaux ont débouché sur beaucoup de résultats pertinents et exploitables. C'est le cas de Oloukoï (2012), qui dans une approche intégrée a utilisé le modèle Spacelle « Système de production d'Automate Cellulaire Environnemental » pour faire des projections et simulations sur l'occupation du sol.

Orekan (2007) a implémenté un modèle de la dynamique de l'utilisation du sol à l'échelle locale, le modèle CLUE-s (Conversion of Land use and its effects), en utilisant les données socio-économiques combinées aux données de télédétection, dans le bassin de l'Ouémé supérieur. Les potentialités de ce modèle à prédire les dynamiques spatiales à l'échelle locale ont été mises en exergue. L'auteur a par ailleurs spécifié que les résultats issus de la validation de ce modèle peuvent être valorisés dans la mise en place d'un système d'aide à la décision en vue d'une gestion durable des plans d'aménagement.

Arouna (2012), quant à lui, a utilisé le programme « Land Change Modeler » pour prédire les changements spatio-temporels de la végétation dans la commune de Djidja au Bénin. L'évolution probable de la végétation a été estimée à partir de la matrice des probabilités de transition suivant les chaînes de Markov intégrées dans le programme "Land Change Modeler". Les chaînes de Markov étudient à partir des probabilités de transition, le processus d'évolution d'un ensemble d'états évoluant dans le domaine spatio-temporel. Un processus est dit markovien si la probabilité d'observation de l'état est tributaire d'un nombre fini de ses voisins, qu'ils soient de type spatial ou temporel (Ben Arfa, 2006). Les chaînes de Markov intégrées dans le programme "Land Change Modeler" sont donc bien adaptées à la modélisation prédictive de la végétation.

Enfin, Toko Mouhamadou (2014) a fait usage du Modèle Maxent pour la prédiction les déterminants de la fragmentation des écosystèmes forestiers dans les forêts denses sèches de la forêt classée des Monts Kouffè et de sa périphérie au Bénin.

Au total, il importe de retenir que la dynamique de l'occupation des terres est une réalité mondiale qui mobilise l'attention des chercheurs tant à l'échelle globale que régionale et

locale. Une commission interdisciplinaire du centre des données EROS (Earth Resources Observation and Science) de United State Geological Surveys (USGS) en collaboration avec les chercheurs du centre régional AGRHYMET, a identifié la dynamique de l'occupation et de l'utilisation du sol comme un domaine de recherche qui posera des défis dans les trente prochaines années en Afrique de l'Ouest (Oloukoï, 2012).

CHAPITRE II

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET HUMAINES BASSIN DE L'OKPARA

Ce chapitre présente les caractéristiques climatiques, pédologiques, géographiques et démographiques du bassin de la rivière Okpara qui a abrité les travaux de cette thèse.

2.1- Situation géographique du bassin de l'Okpara

Le bassin de l'Okpara au Bénin est situé entre 8°13' et 9°57' de latitude Nord et entre 2°31' et 3°25' de longitude Est. Il s'étend sur une superficie de 9461 km^2 soit 8,24 % de la superficie totale du pays (114763 km^2) (figure 1).

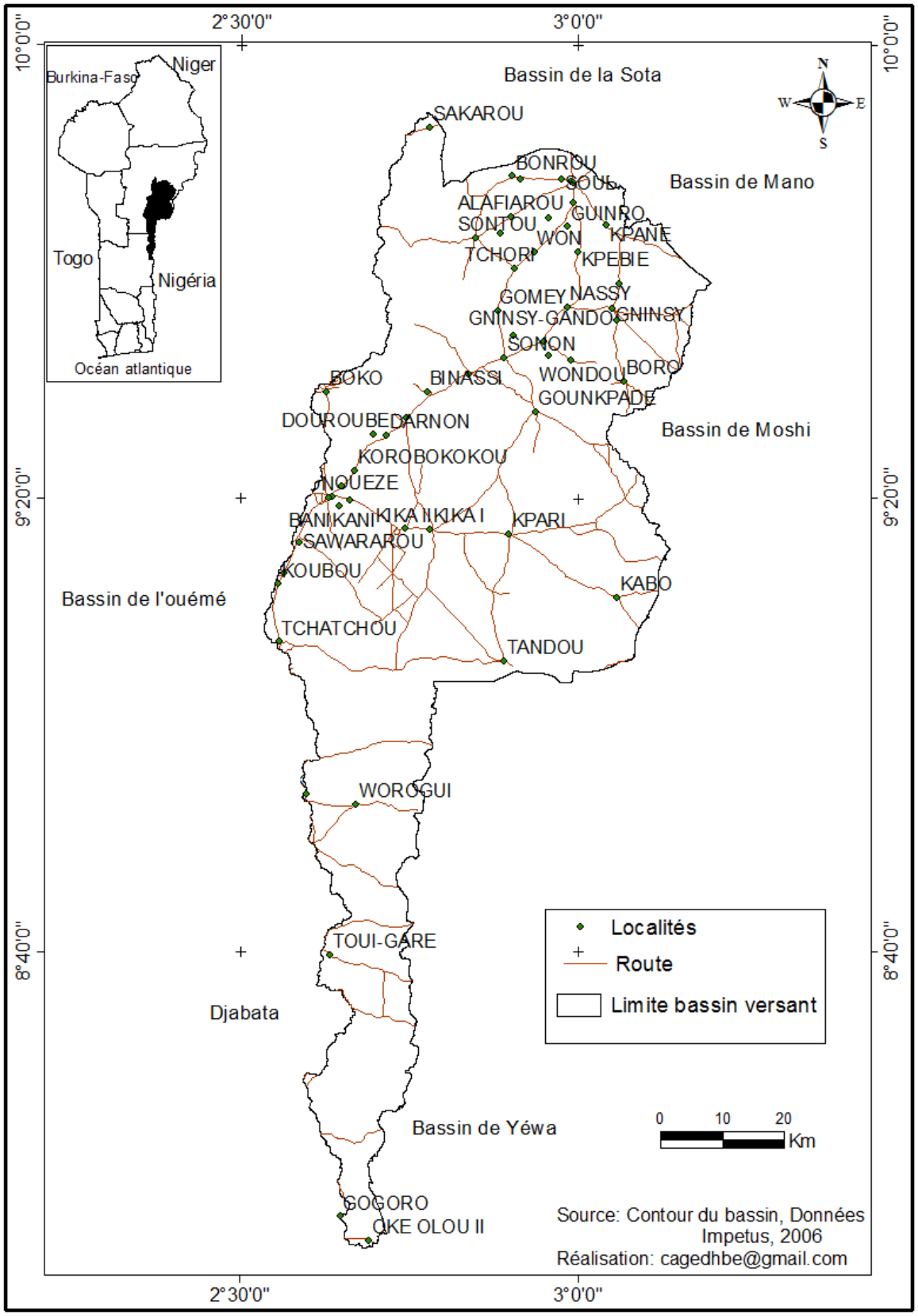


Figure 1 : Situation géographique du bassin de l'Okpara au Bénin

Il couvre les départements des Collines et du Borgou. Il s'agit de la commune de N'Dali au nord-ouest du bassin, les communes de Nikki et Pèrèrè au Nord Est, les communes de

Parakou et Tchaourou au Centre, les communes de Ouèssè et Savè au Sud. Signalons que tout le Sud Est du bassin et une partie du Centre sont situés dans le Nigeria (environ 40 % de la superficie totale du bassin).

2.2- Caractéristiques biophysiques du bassin de la rivière Okpara au Bénin

Les éléments du milieu tels que le relief, les sols, la végétation, le climat et l'hydrographie sont les principaux facteurs pouvant influer favorablement ou non la fertilité des sols dans le bassin de l'Okpara au Bénin.

2.2.1- Caractéristiques climatiques

Le bassin de l'Okpara présente, dans sa partie sud, un climat subéquatorial caractérisé par deux (02) saisons pluvieuses : une grande (mars à juillet) et une petite (septembre à octobre) et deux (02) saisons sèches : une grande (novembre à mars) et une petite (juillet à septembre). Mais depuis une dizaine d'années, ce climat a laissé place à un climat tropical de type soudanien marqué par une saison pluvieuse (de avril à octobre) et une saison sèche (de novembre à avril). Les hauteurs moyennes des pluies sont de 1 100 mm par an (Ogouwalé, 2009).

Les parties centrale et septentrionale du bassin présentent un climat soudanien caractérisé par l'alternance d'une saison pluvieuse et d'une saison sèche. Les pluviométries moyennes annuelles varient de 1100 à 1200 mm pour les communes de Tchaourou, Parakou et de 1200 à 1500 mm pour les communes de Nikki, Pèrèrè et N'Dali situées au Nord du bassin.

Les données climatiques utilisées pour caractériser le régime climatique sont celles de la station météorologique de Savè et de Parakou, car elles sont les plus proches du secteur d'étude. Les précipitations, l'évapotranspiration et la température constituent des éléments du climat qui peuvent avoir d'influence sur la fertilité des sols.

La figure 2 présente la pluviosité inter-annuelle du secteur d'étude de 1980 à 2010, soit une période de 30 ans.

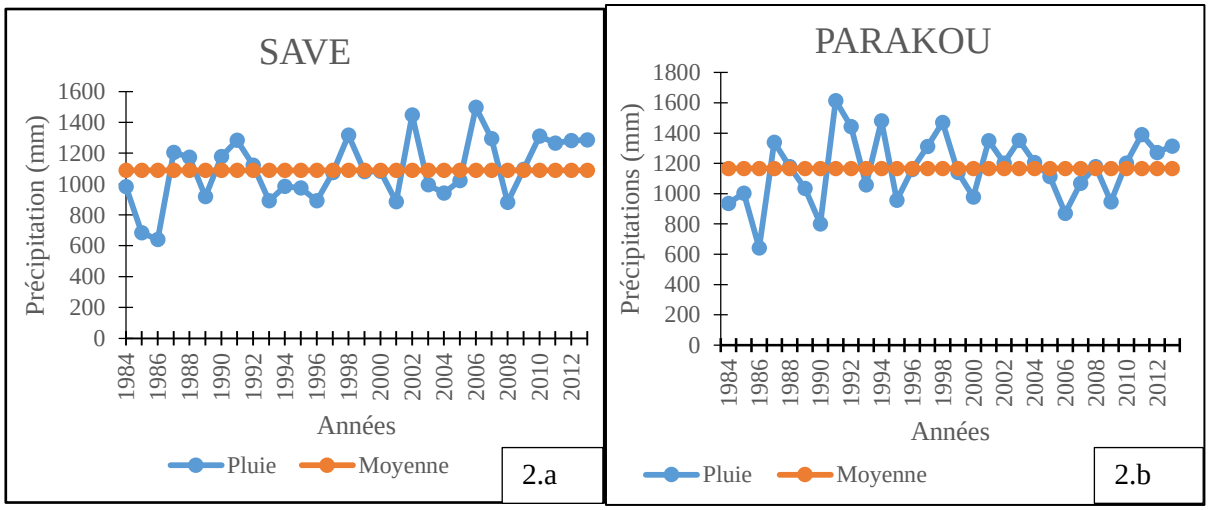


Figure 2 : Evolution inter annuelle de la pluviométrie dans le bassin de l'Okpara
Source des données: ASECNA Cotonou, 2014

L'examen de la figure 2.a montre que les valeurs maximales (1496,8 mm) et minimale (640,2 mm) sont respectivement enregistrées en 1987 et 2007. La moyenne inter-annuelle de la précipitation est de 10,89 mm. La pluviosité totale annuelle dans le secteur est comprise entre 685 et 1702 mm, (ASECNA, 2014). Ces variations influent sur la durée de la saison et la réserve en eau du sol dont dépend le développement des activités agricoles.

L'analyse de la figure 2.b révèle que la pluviométrie interannuelle est de 1151,40 mm et varie selon les années. L'étalement des pluies permet aux producteurs d'avoir un seul calendrier agricole. Bien que pendant les périodes de pluies, les activités d'exploitation du bois ralentissent, ces précipitations favorisent le développement des ressources ligneuses.

- **Bilan climatique**

Les figures 3 et 4 présentent la pluviométrie (P) et l'évapotranspiration potentielle (ETP). Les points d'insertion entre les courbes de pluviométrie et celles de l'ETP déterminent la position des évènements de nature purement climatique (Franquin, 1969).

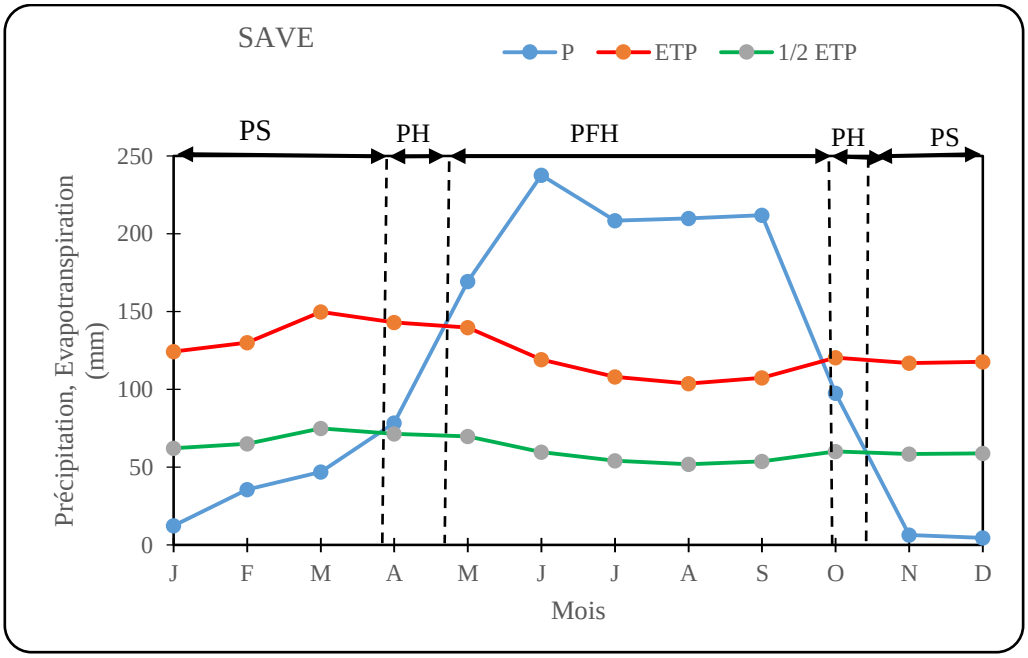


Figure 3 : Diagramme climatique de Savè (1984-2013)

Source des données : ASECNA Cotonou, 2014

Légende : **PS** : Période Sèche ; **PH** : Période Humide ; **PFH** : Période Franchement Humide.

L'analyse de la figure 3 révèle que :

- La période pré-humide s'étend de début mars à la 2ème décade d'avril (½ ETP < P < ETP). Elle correspond à la période avant la saison pluvieuse proprement dite. Les premières pluies sont enregistrées et la végétation pousse à peine. C'est la période pendant laquelle les producteurs préparent leur champ pour la grande saison pluvieuse.

- La période franchement humide (pluvieuse) s'étend de la 2ème décade d'avril à fin septembre (P > ETP). Durant cette période, la végétation ne souffre d'aucune limite pour son alimentation hydrique et minérale. Cette période est la plus pluvieuse et les maximas des précipitations sont atteints en juillet et en septembre. Dans cette période les producteurs font le semis et plusieurs autres activités sont exécutées pendant notamment le repiquage, la récolte de la grande saison pluvieuse, le sarclage et la préparation des champs pour la culture de la petite saison sèche.

- La période post- humide s'étend de fin septembre à mi - octobre (P > ½ ETP). Pendant cette période les retenues d'eau et les mares ne sont pas encore asséchées. L'eau est disponible et la végétation atteint sa phase de maturité. Elle est la phase intermédiaire entre la fin des pluies et la saison sèche. Les dernières récoltes sont faites pendant cette période.

- La période sèche (saison sèche) s'étend de mi- octobre à début mars ; période pendant laquelle la pluviosité est pratiquement nulle (P < ½ ETP). Elle est marquée par le

flétrissement de certains ligneux. C'est la période de l'année où les paysans font les dernières récoltes et font les semis de l'igname.

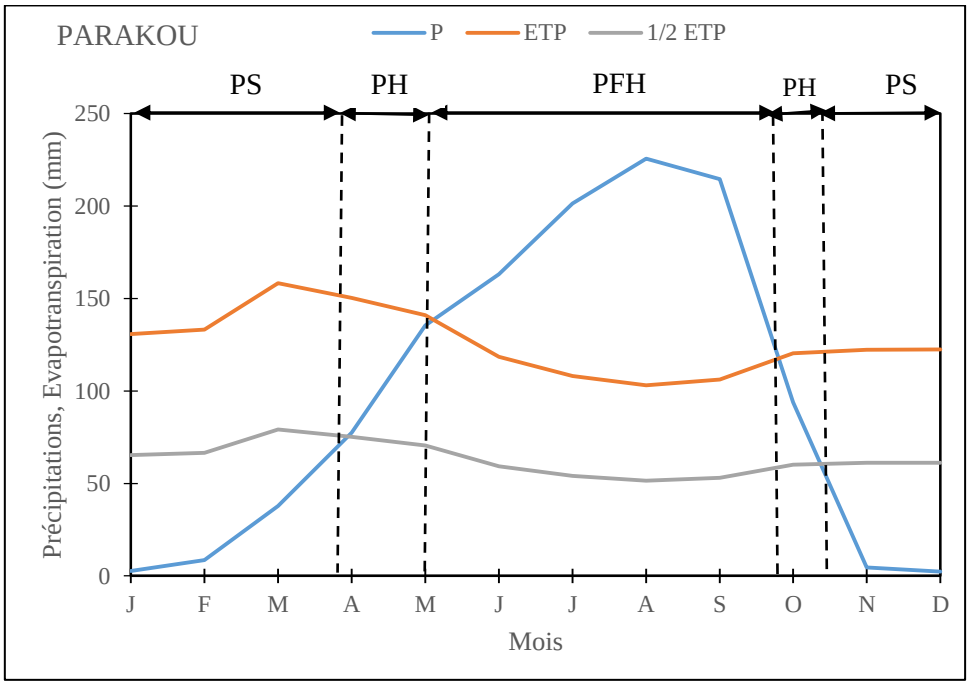


Figure 4 : Diagramme climatique de Parakou (1984-2013)
Source : ASECNA Cotonou, 2014

Légende : **PS** : Période Sèche ; **PH** : Période Humide ; **PFH** : Période Franchement Humide.

L'analyse du diagramme 4 montre que :

- de fin avril à fin octobre, la pluviométrie est supérieure à la moitié de l'ETP. C'est la période humide qui se subdivise en :

• fin avril à juin : période pré-humide qui correspond à la période de semis sans aléas car dès fin avril, le sol reconstitue son stock d'eau utile pour l'installation des premières cultures.

• juin-octobre : période humide qui favorise le développement des cultures. Au cours de cette période, la végétation est abondante dans le bassin, l'alimentation du bétail est aisée.

• Début octobre à fin octobre : période post-humide qui correspond à la période de fructification et de maturation des cultures. Au cours de cette période, la végétation est abondante mais très lignifiée et non appréciée par le cheptel. C'est la période de récolte des cultures de la dernière saison.

- de novembre à avril, la pluviométrie est inférieure à la moitié de l'ETP. C'est la période sèche au cours de laquelle, sans l'irrigation, aucune production végétale n'est possible dans le bassin versant. Durant cette période, le bétail est nourri avec des sous-produits agricoles et des ligneux fourragers.

Le contexte climatique du bassin de l'Okpara au Bénin est favorable au développement des activités, même si la variabilité pluviométrique observée ces dernières années a induit quelques contraintes. Ces variations ont amené les paysans à des mesures d'adaptation telles que la technique de resemis, l'adoption des variétés culturales à cycle court, l'attente effective de la saison pluvieuse avant les semis et l'orientation progressive du front agricole vers l'exploitation des zones humides.

La baisse pluviométrique, depuis les années 1970 à nos jours du fait des changements climatiques est préjudiciable aux activités agricoles et pastorales qui accélèrent la déforestation. En fait, le retard dans l'installation de la saison des pluies provoque le plus souvent une récession pluviométrique à laquelle les paysans doivent adapter la modification permanente du système agraire. En outre, l'installation tardive et la précocité de la fin de la saison pluvieuse ont des effets négatifs sur les rendements agricoles et par conséquent sur le revenu des ménages.

En dehors de la baisse de la pluviométrie pendant la période sèche, il importe de constater que la température fait partie des paramètres météorologiques qui influent non seulement sur la teneur en eau des végétaux mais encore, constituent des facteurs naturels de production agricole.

- **Température**

Les températures maximales varient en moyenne entre 29°C en août et 36,7°C en février. La température maximale suit un rythme annuel bimodal avec deux pics, en février (36,9°C) et en novembre (34,8°C). Cette situation s'explique par une forte radiation directe et par la faible nébulosité. Les plus faibles valeurs de la température maximale sont enregistrées en juillet-août. En effet, l'humidité du sol au cœur de la saison pluvieuse diminue le flux de chaleur sensible en augmentant le flux de chaleur latente. Les plus fortes valeurs s'établissent entre 33 °C et 37°C de novembre à mai. Les températures minimales mensuelles varient entre 21,5°C en décembre et 23,8°C en mars. Le rythme annuel de la température minimale est pratiquement unimodal. La première pointe s'observe en mars, suivie d'un fléchissement peu net de mai à juillet en raison de la faible insolation et de la forte humidité du sol. La seconde pointe est à peine perceptible et se situe en septembre.

2.2.2- Hydrographie

S'agissant de l'hydrographie, le bassin de l'Okpara est arrosé la rivière Okpara et plusieurs affluents dont Oye, Niessi, Nioré, Sabi, Nianrou, Wuru, Kobo et Gbotabon (Figure 5).

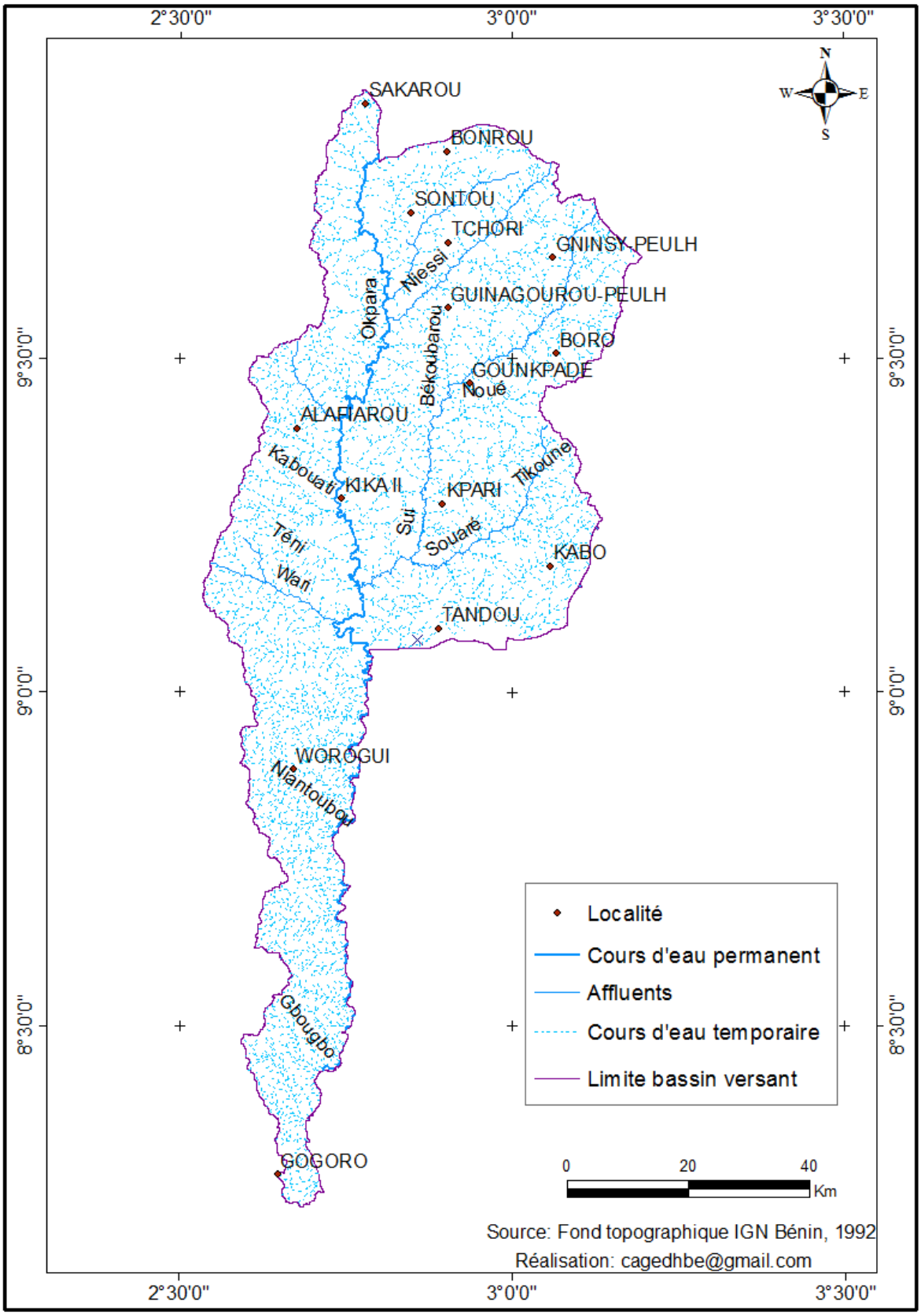


Figure 5 : Réseau hydrographique du bassin de l'Okpara au Bénin

Délimité en suivant la ligne de crête ou ligne de partage des eaux, le bassin de l'Okpara a un périmètre de 647,136 km. La portion du cours d'eau de l'Okpara qui traverse ce domaine a environ 211 km de long. A ce segment du cours d'eau, viennent s'ajouter les principaux affluents : Oye, Niessi, Nioré, Sabi, Nianrou, Wuru, Kobo et Gbotabon qui ont respectivement pour longueur 49,20 km ; 41,5 km ; 32 km ; 18 km ; 11,93 km ; 35,92 km ; 34,84 km et 15,25 km. Ces ramifications ont donné un réseau hydrographique assez dense qui collecte une quantité importante d'eau pour la rivière. (Dossou-Yovo, 2009). Mentionnons que le long des cours d'eau tarissables où s'étendent des forêts galeries, les populations font le maraîchage à petite échelle et produisent de l'igname, du maïs. Toutes ces cultures bénéficient de l'humidité du sol après le retrait de l'eau.

2.2.3- Relief du bassin de l'Okpara

Le bassin de l'Okpara s'étend sur le socle cristallin constitué de roches magmatiques et métamorphiques imperméables (Le Barbé et *al*., 1993 ; Adam et Boko, 1993).

Dans ce bassin, il se distingue également des formations du socle granito-gneissique précambrien comprenant essentiellement : gneiss, migmatites, micaschistes, diorites et quelques quartzites accompagnés localement de granites (Le Barbé, 1993 ; Gbatcho, 1992). Ces formations géologiques expliquent la nature et les propriétés des sols du bassin.

Dans l'ensemble, le bassin a un relief favorable à la production agricole.

Sur ce relief se répartissent, en général plusieurs groupes de sols qui restent les principaux supports de la production agricole.

- **Potentialités pédologiques**

Le secteur d'étude est dominé par des sols ferrugineux entrecoupés par des sols ferralitiques, des sols hydromorphes et quelques îlots de sols peu évolués, de sols bruns, de vertisols et des sols minéraux bruts (Figure 6) (Igué et *al*., 2013).

Les sols sont d'une importance particulière du fait de leur rôle de réservoirs susceptibles de retenir de l'eau capable d'alimenter le régime d'un cours d'eau, le développement et la nature de la végétation. Selon Le Barbé (1993) et Vissin (2007), les sols des bassins du centre-Bénin résultent essentiellement de processus de ferrallitisation et de ferruginisation.

Diverses variétés de sol sont observées dans le bassin de l'Okpara en rapport avec le substratum géologique, mais également des formes topographiques. Ces types de sol résultent de l'altération des roches granitiques et gneissiques sous l'action des agents climatiques et biologiques. Globalement, il s'agit de sols peu profonds où la roche mère se trouve à une

profondeur qui varie entre 1 et 3 m. Les différents types de sol se distinguent par le degré d'individualisation des hydroxydes, le lessivage dans le profil et le mode d'altération. Fondamentalement, les types de sol souvent identifiés sont constitués de sols à sesquioxydes de fer et de manganèse (eux-mêmes repartis en plusieurs sous-classes), de sols ferrallitiques et de sols hydromorphes, etc. (Volkoff, 1963).

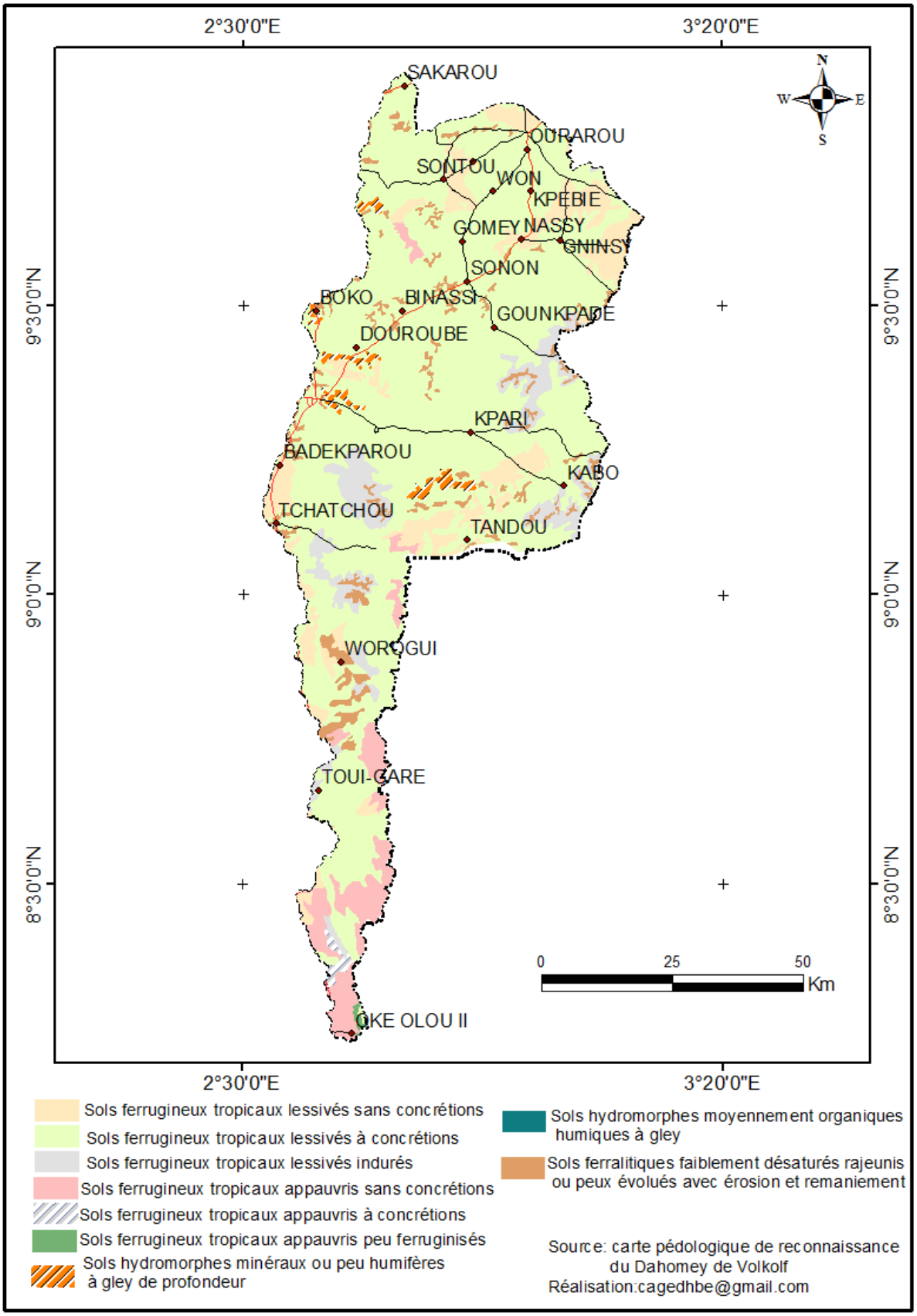


Figure 6 : Formations pédologiques du bassin de l'Okpara

L'analyse de la Figure 6 montre les types de sol suivants :

- **Sols ferrugineux tropicaux**

Ils couvrent la presque totalité de la région et offrent une grande diversité de sols. Ces derniers se développent sous une végétation de savane arborée où la litière, principalement graminéenne, donne des résidus très rapidement décomposés et minéralisés ou le plus souvent brûlés (Dubroeucq, 1977). Ces sols sont caractérisés par une altération forte mais moins poussée que dans le cas des sols ferralitiques avec une géochimie caractérisée par l'accumulation d'hydrates ferriques associés à peu d'oxydes aluminiques (Agossou, 1993). Ils dominent le secteur d'étude et se présentent sous diverses formes à savoir les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion ou sans concrétion, les sols tropicaux peu lessivés hydromorphes ou jeunes, les sols ferrugineux tropicaux appauvris avec concrétion ou sans concrétion. Les caractéristiques agronomiques des sols ferrugineux sont très variables et souvent hétérogène. Ils s'agit dans l'ensemble des sols à terre fine argilo-sableuse d'une profondeur utile moyenne limitée par la discontinuité d'un horizon concrétionné parfois massif. Les réserves en eau utilisable sont faibles. Ils sont faiblement acides avec une capacité d'échange moyenne mais les réserves minérales sont faibles (déficiences phosphorées et potassiques). Comparés aux sols ferralitiques, ils ont une meilleure fertilité chimique.

Ces sols présentent une aptitude culturale élevée pour les cultures annuelles si les carences minérales sont corrigées et le volume utile de sol augmenté par des techniques culturales appropriées. Certains de ces sols abritent de larges plantations d'arbres fruitiers et de beaux peuplements forestiers, surtout lorsqu'ils sont suffisamment profonds et leur texture adaptée.

- **Sols ferrallitiques**

Ces sols sont caractérisés par une altération très poussée des minéraux primaires par des eaux chaudes et diluées qui arrivent sur un matériau primitif dans un milieu à drainage élevé. Ils constituent dans l'ensemble, un mélange de matières organiques, de kaolin, de squelettes quartzeux et d'oxydes hydratés (Agossou, 1993).

Les sols ferralitiques du secteur d'étude sont ceux du socle granito-gneissique, et présentent de bonnes propriétés physiques. Mais souvent, ces propriétés sont limitées par l'existence d'un niveau concrétionné ou compact entraînant un drainage quelque peu déficient.

Dans le secteur d'étude, les sols ferralitiques se rencontrent en de nombreux endroits, mais n'ont globalement qu'une faible extension. Ils occupent les parties les plus élevées des reliefs

et conservent, en général, un couvert arboré de forêt claire avec des arbres de haute taille. Ils se caractérisent généralement par une grande profondeur d'environ 10 m ou plus, et par une altération poussée des minéraux primaires (sauf le quartz) et par un contenu minéralogique où les argiles sont exclusivement de type kaolinite (Dubroeucq, 1977). Ces sols se subdivisent en sous-catégories que sont les sols ferralitiques faiblement désaturés et les sols ferralitiques moyennement désaturés.

- **Sols hydromorphes**

Ce sont des sols formés ou évoluant dans une ambiance physico-chimique qui favorisent des phénomènes d'oxydo-réduction (Agossou, 1993). La durée de l'engorgement commande l'utilisation de ces sols qu'on rencontre dans les vallées alluviales de l'Okpara et de quelques rivières ou ruisseaux. Ils se retrouvent sur les versants, les bas de pente, dans les dépressions et surtout dans les bas-fonds.

- **Sols minéraux bruts et sols peu évolués**

Les sols minéraux bruts ont une faible extension spatiale. Ils se retrouvent dans la partie Ouest de la zone d'étude et couvrent les sommets des interfluves d'aspect tabulaire qui sont développés sur des roches riches en minéraux ferromagnésiens avec une présence remarquée des embréchites et du granito-gneiss (Dubroeucq, 1977). Les sols minéraux bruts ne présentent que des caractères défavorables à l'agriculture : faible épaisseur, texture légère, forte pierrosité, réserves minérales et hydriques faibles, fort risque d'érosion.
Les sols peu évolués présentent aussi une extension assez réduite et supportent une végétation arborée chétive. Ils sont localisés dans les zones des Monts de Koda, Agbassa, et Sobirigbérou, dans la partie Nord de la zone d'étude.

- **Sols bruns et vertisols**

De couleur brune et d'horizon peu profonds, les sols bruns sont peu répandus dans le secteur d'étude. Ils ne se rencontrent qu'en bordure et à l'intérieur d'un massif de microgranites hyper-alcalins orienté nord-sud dans la région de Gobé et au sud de la commune de Savè. Ces sols conviennent aux cultures annuelles à cause de leur fertilité témoignée par la forte densité des aires culturales. Les vertisols sont faits d'argiles gonflantes qui présentent des faces de glissement ou de friction et de larges fentes de dessiccation, à certaines périodes de l'année. Le mot vertisols dérive du latin verto qui signifie « tourné ». L'alternance de la période d'humectation et de dessiccation est nécessaire pour la réalisation de cette

pédoturbation. Ils présentent un taux d'humidité assez élevé, ce qui les rend très mécanisables. De même, ils recèlent un potentiel de fertilité élevé qui se trouverait augmenté dans les vertisols hydromorphes.

Au total, il importe de retenir que la zone d'étude possède une variété de sols avec des aptitudes culturales appréciables. Les sols ferrugineux dominent le bassin de l'Okpara au Bénin, suivi des sols ferralitiques. La diversité de ces sols explique aussi la variabilité observée au niveau du paysage agricole et aussi l'hétérogénéité observée dans le paysage végétal du milieu avec une prédominance de formations boiseuses.

2.2.4- Formations végétales

Les conditions écologiques du bassin de l'Okpara au ont entrainé la présence d'une gamme variée de formations végétales allant des formations denses aux mosaïques de cultures et de jachères. Le paysage est fortement dominé par la savane arborée et arbustive (à plus de 50 %), suivi des champs et jachères et de la forêt claire et savane boisée (figure 7).

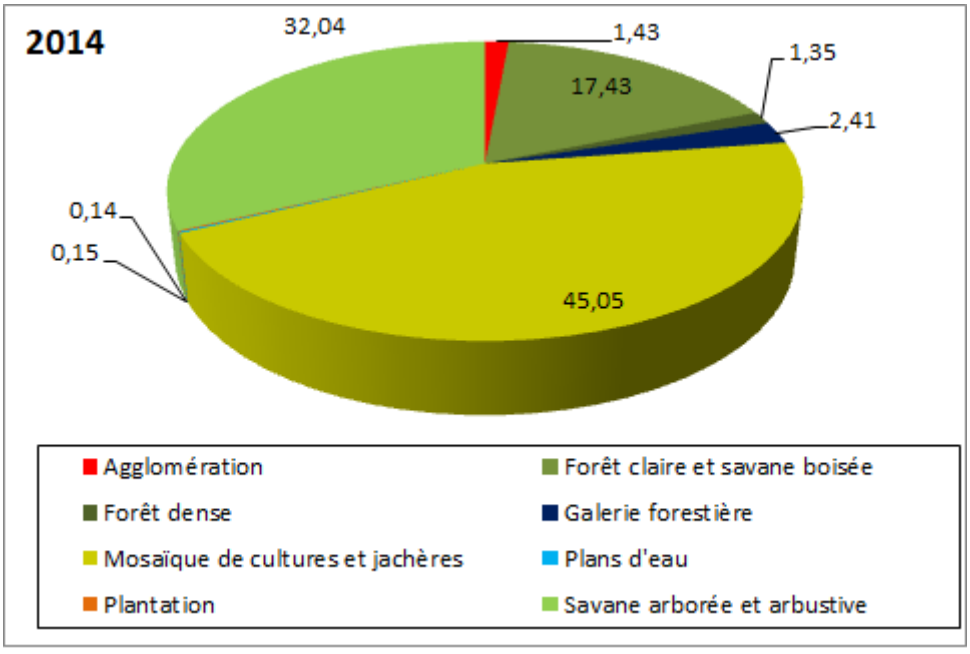


Figure 7 : Importance des formations végétales dans le bassin de l'Okpara au Bénin

La diversité floristique du secteur d'étude provient de la combinaison des facteurs naturels et anthropiques. Le paysage végétal est le reflet du climat de transition soudano-guinéenne expliquant la présence des savanes arborées et arbustives, des forêts claires et savanes boisées et de quelques îlots de forêts denses. A ces dernières s'ajoutent les formations anthropiques (champs, jachères, plantations, etc.). Prenant appui sur Yangambi (1956) et Aubréville (1957),

les travaux de l'Inventaire Forestier National ont retenu environ six unités de l'occupation des terres que sont : la forêt dense, la forêt galerie, la forêt claire et savane boisée, la savane arborée et arbustive, les plantations et les mosaïques de cultures et jachères.

- Forêt dense

La forêt dense est caractéristique des aires protégées et des forêts sacrées. Elle se retrouve sous forme de forêts reliques, éparpillées en îlots ça et là à travers le secteur d'étude. Elle présente un degré de couverture du sol généralement supérieure à 50 % (Yangambi, 1956). Les espèces végétales constituant cette formation sont : *Afzelia africana, Milicia excelsa, Triplochiton scleroxylon, Ceiba pentandra, Khaya senegalensis, Celtis spp., Cola spp., Antiaris africana*. Les formations denses du secteur d'étude sont de plus en plus dégradées et éclaircies à cause d'intenses activités de production de charbon de bois et de l'exploitation forestière à outrance.

- Forêt galerie

Il s'agit des formations de forme linéaire installées le long des cours d'eau. Elle se présente généralement en quatre strates distinctes (Planche 1) :

- la strate arborescente supérieure composée d'arbres de plus de 20 m de haut, avec un tronc de 50 à 80 cm de diamètre, très droit et lisse, sans branches basses ;
- la strate arborescente inférieure (15-20 m) composée de gros arbres ayant une écorce rugueuse ;
- la strate arbustive, plus riche en espèces, parmi lesquelles on retrouve des palmiers ;
- la strate herbacée développée surtout dans le lit majeur où s'accumulent des alluvions.

La galerie forestière, malgré l'importance du réseau hydrographique occupe une faible proportion spatiale. Les galeries forestières de la zone d'étude présentent l'aspect de forêts ombrophiles et sont constituées de plusieurs espèces végétales dont les plus caractéristiques sont : *Triplochiton scleroxylon, Diospyros mespiliformis, Ficus spp., Khaya senegalensis, Anogeissus leiocarpa, Cola cardifolia, Ceiba pentandra, Berlinia grandifolia, Vitex doniana* et *Elaeis guineensis*. Tout comme les îlots de formations denses, les galeries forestières subissent une dégradation par endroits suite aux activités humaines.



Planche 1 : Galerie forestière sur les berges de la rivière Okpara

Prise de vue : Akpo, 2016

- Forêt claire et savane boisée

Les forêts claires et les savanes boisées sont des formations plus ou moins ouvertes à peuplement ligneux diversifié (Planche 2). Ces formations végétales sont issues de la dégradation de la forêt dense et se présentent en trois strates distinctes :

- la strate arborée de 12 à 15 m de hauteur en moyenne ;
- la strate arbustive, composée d'arbustes de 4 à 7 m de hauteur en moyenne contenant les essences au tronc tortueux avec une épaisse écorce ;
- la strate herbacée dominée par les graminées pouvant atteindre 2 m de hauteur en moyenne. Pendant la saison séche, la végétation de cette strate est complètement consumée par les feux de brousse.

La forêt claire et savane boisée sont parmi les formations les plus importantes de la zone d'étude. Elles présentent un degré de couverture entre 30 et 50 % et se retrouvent plus à l'est, au nord de Savè, à l'ouest de Ouèssè, dans la Commune de Tchaourou et de Pèrèrè. Aussi, elles se retrouvent en îlots dans la Commune de N'dali et de Bembèrèkè (Ogouwalé, 2013). Les espèces forestières rencontrées sont *Anogeissus leiocarpa*, *Vitellaria paradoxa*, *Daniella oliveri*, *Isoberlinia doka*, *Parkia biglobosa*, *Ceiba pentandra*, *Milicia excelsa* et *Combretum spp*.



Planche 2 : Savane boisée dans la commune de Pèrèrè
Prise de vue : Akpo, 2016

- Savane arborée et arbustive

La savane arborée et arbustive est une formation issue de la dégradation des forêts claires. Elle se retrouve aussi sur les collines et sur les affleurements rocheux (Photo 1).



Photo 1 : Formation saxicole dans la localité de Yaoui
Prise de vue : Akpo, 2016

Elle est une formation plus ou moins ouverte à peuplement ligneux peu diversifié, se présentant en deux strates :

- la strate arborée de 5 à 12 m de hauteur en moyenne.
- la strate herbacée, physionomiquement définie par les graminées est composée d'arbustes et d'arbrisseaux atteignant parfois 3 m de hauteur en moyenne.

Cette formation est la plus étendue dans le bassin de l'Okpara. Elle domine les Communes de, Savè, Nikki, Ouèssè, Tchaourou et Pèrèrè. Les spèces végétales caractéristiques de ces formations sont *Daniella oliveri*, *Pterocarpus erinaceus*, *Isoberlinia doka*, *Vitellaria*

paradoxa, Combretum spp., Adansonia digitata, Prosopis africana, Burkea africana, Pterocarpus erinaceus, Detarium microcarpum.

- Plantation

Les plantations sont d'une envergure spatiale limitée et se présente sous une forme géometrique plus ou moins régulière. Elles occupent une superficie de plus d'une dizaine de milliers d'hectares, soit environ 2 % de la partie centrale du bassin. Ce sont généralement des plantations d'*Anacardium occidentale, Mangifera Indica, Tectona grandis,* etc (Planche 3).



Planche 3 : Plantation d'anacardier et de teck dans les localités de Yaoui et de Kika

Prise de vue : Akpo, 2016

- Mosaïques de cultures et de jachères

Les champs de cultures sont constitués de cultures annuelles (maïs, manioc, igname, arachide, coton etc.) et quelquefois semées en association avec l'anacardier, le néré ou le karité (FAO, 2001 ; Akouègninou, 2004). La planche 4 présente respectivement un champ de maïs et d'igname dans les localités de Gninsy et de Diguidirou (Commune de Pèrèrè).



Planche 4 : Champs de maïs à Gninsy et champs d'igname à Diguidirou

Prise de vue : Akpo, 2016

Ces espèces végétales constituent des indicateurs qui permettent aux paysans de reconnaitre la qualité du sol sur lequel ils veulent s'intaller.

2.3- Population et activités économiques dans le secteur de l'étude

La connaissance des facteurs socio-démographiques permet de mieux apprécier les systèmes d'exploitation agricoles.

2.3.1- Peuplement et état de la population

L'homme, pris individuellement ou collectivement, constitue un acteur déterminant de l'exploitation des ressources naturelles notamment le sol. Il est donc important d'analyser l'évolution démographique de la population des différentes localités du bassin et de présenter les groupes socio-culturels rencontrés.

La population de ce bassin a évolué de façon continue comme l'indique la figure 8 entre 1979, 2002 et 2013.

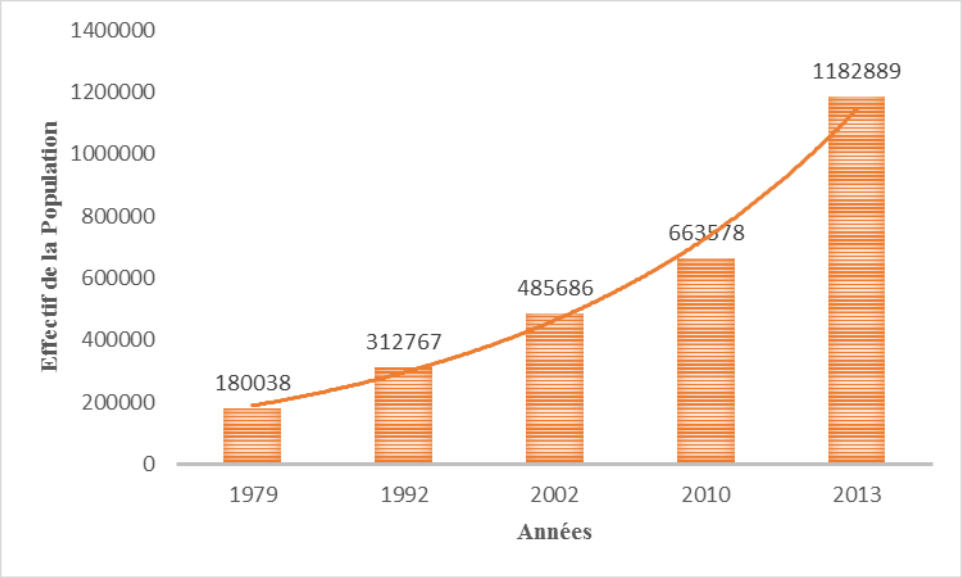


Figure 8 : Evolution de la population entre 1979 et 2013 dans le bassin de l'Okpara

La figure 8 montre que la population du bassin de l'Okpara est passée de 312767 habitants à 663578 habitants en 2012 avec un taux d'accroissement de 3,74 % en 1992. Son taux d'accroissement a atteint 4,62 % en 2002. Cette même population est passée à 1182889 habitants en 2013.

L'Islam constitue la religion dominante (48,34 %) suivi du Catholicisme (22,84 %), de l'animisme (11,6 %), du protestantisme (5,72 %).

La population du bassin de l'Okpara est confrontée au deux flux migratoires. En effet, la recherche d'un emploi et l'attrait des villes amènent les jeunes, les uns vers les centres urbains

(exode rural), les autres vers les pays voisins autrefois la Côte d'Ivoire et aujourd'hui le Nigeria. Mais le bassin connaît une forte immigration des populations venant des autres départements de l'extrême nord (Atacora, Alibori) et du Sud (Couffo et Zou). Cette forme d'immigration domine l'émigration et elle se rencontre surtout dans les milieux ruraux du bassin. En effet, ces immigrants sont à la recherche des terres fertiles pour la production agricole. A côté de ces mouvements migratoires, se trouve la transhumance pratiquée par les peuhls en quête d'eau et de pâturage pour leurs animaux.

Par exemple, dans les communes de Savè et de Ouèssè, il a été recensé plus d'une centaine d'établissements ou de campements créés par des colons agricoles entre 1974 et 2001. Le taux de création de ces établissements et hameaux était de 11,6 % entre 1974 et 1988. Ce taux a été évalué à 2 % entre 1988 et 2001 car le nombre d'établissements et de campements crées au cours de cette période a baissé. Si cette tendance était maintenue, le nombre d'établissements crées serait passé de 142 en 2001 à 167 en 2010 avec un rythme de création annuel de 2 % (Tableau I).

Tableau I : Ampleur de l'immigration des colons agricoles dans le bassin de l'Okpara

Génération	Nombres d'établissements/Campements	Rythme annuel	Groupes socio-culturels dominants
1ère génération avant 1974	21		Daatcha, Fulani (Peulh), Lokpa Bètamaribè
2ème génération 1975 à 2001	86	11,6 %	Fon, Adja, Yom, Berba, Lokpa, Bètamaribè
3ème génération de 1989 à 2001	35	2 %	Fon, Yom, Bètamaribè Berba, Lokpa
Projection entre 2001 et 2020	25	2 %	Fon, Yom, Bètamaribè Berba, Lokpa
Total	167		Fon, Yom, Bètamaribè Berba, Lokpa, Fulani (Peulh), Daatcha

Sources : Chabi (1997), Yabi (2001), projection faite sur 2020 sur la base des observations faites sur le terrain

Il ressort du tableau I, que l'immigration dans le Centre du Bénin a pris de l'ampleur entre 1975 et 1989. A partir des années 1990, il est noté une baisse de création de fermes et de hameaux mais une extension de ceux existants car l'effectif des colons agricoles a évolué (Yabi, 2001). Selon Mama (2002), les migrants viennent des zones densément peuplées du Nord et du Sud du pays. Environ 59 % viennent du Nord Ouest (Donga et Atacora) tandis que 37 % viennent du Sud du pays.

Cette dynamique de la population ne serait pas sans conséquence sur les ressources naturelles en général et sur les sols en particulier de ce bassin, qui sont déjà fortement impactées par les pratiques socio-économiques. Ces pratiques sont caractérisées par des pratiques agricoles intensives et extensives.

2.3.2- Groupes socio-culturels

Le secteur d'étude présente une diversité socio-culturelle liée à la répartition spatiale de la population. On y note une forte hétérogénéité sociale et la répartition géographique de la population se trouve marquée par une base ethnique. De façon générale, les groupes socioculturels rencontrés sont les suivants :

- le groupe des Yoruba et apparentés : ce groupe est composé des Tchabè (présents dans les Communes de Savè, Ouèssè, Tchaourou et Parakou), des Idaïtcha qui peuplent la commune de Savè ;
- le groupe des Fon et apparentés : dans ce groupe, l'on retrouve les Mahi des communes de Savè et de Ouèssè. De même, il y a aussi les Fon (venu du plateau d'Abomey) qui sont présents sur toute l'étendue de la région notamment à Savè et Ouèssè etc., en quête des terres fertiles pour l'agriculture. Ce sont en réalité des ''colons agricoles'' qui quittent de plus en plus le sud pour migrer vers le bassin de l'Okpara. C'est le second groupe le plus important du secteur d'étude (environ 32 %) du point de vue du poids démographique ;
- le troisième groupe est constitué des Baatombu et sont majoritairement présents dans les Communes de Tchaourou, de Pèrèrè, de Nikki, de Bembèrèkè, de N'dali et de la ville de Parakou. La production agricole, notamment la culture de l'anacardier en association avec les cultures saisonnières dont le coton, constitue l'essentiel de leurs activités économiques (Yabi, 2007) ;
- les autres groupes sont constitués de colons agricoles qui s'adonnent essentiellement aux cultures annuelles. Ce sont les Fulbé (Peulh), les Yoa (Yom), les Lokpa, les Gua, les Adja, les Dendi et apparentés.

Ces différents groupes socio-culturels ont pour activité principale, l'agriculture qui est la base de l'économie dans le bassin de l'Okpara. Aussi, cette diversité socio-culturelle et socio-linguistique a-t-elle introduit de nouvelles formes d'occupation et d'utilisation des terres qui contrastent plus ou moins avec les réalités traditionnelles du milieu notamment en ce qui concerne les pratiques agricoles. Ces groupes socio-culturels présentent différentes techniques culturales qui affectent différemment les ressources environnementales. Cependant, ils contribuent pour une large part au développement économique du milieu.

2.3.3- Caractéristiques de l'économie du bassin de l'Okpara

L'économie du secteur d'étude repose essentiellement sur l'agriculture. Les principales cultures pratiquées sont : *Zea mays* (maïs), *Arachis hypogaea* (arachide), *Manihot esculenta* (manioc), *Vigna unguiculata* (voandzou), *Sorghum bicolor* (sorgho), *Anacardium occidentale* (anacardier) et *Oriza sativa* (riz) cultivé dans les bas-fonds avec l'appui des grands programmes de développement agricole proposés par le gouvernement. Les populations du Centre Bénin se consacrent essentiellement à l'agriculture à près de 79 % et au commerce (environ 20 %) (INSAE, 2015).

Environ 94 % des personnes interrogées considèrent que l'agriculture constitue leur principale activité économique. Cette activité constitue la première source de revenu de plus de 63 % des personnes enquêtées. Plus de 6 % s'adonnent aux autres activités telles que le commerce, la transformation, l'élevage, la pêche et l'artisanat.

Le commerce repose surtout sur la distribution de denrées alimentaires, de produits manufacturés et de produits d'exportation tels que les noix d'anacarde et le piment.

Le marché de Glazoué constitue le plus important marché d'écoulement des produits et aussi l'un des plus grands marchés du Bénin. Ce marché, véritable carrefour de vente des produits vivriers de toute nature est fréquenté par les commerçants aussi bien nationaux qu'étrangers (notamment du Niger et du Togo). Les activités commerciales concernent la vente des produits agricoles d'une part et la vente d'articles importés d'autre part. Tout le secteur entretient des échanges commerciaux avec le Nigeria notamment avec la vente de l'essence frelatée communément appelée « Kpayo » mais aussi dans la friperie, la vente des tissus et aussi des produits électroniques venant du même pays.

L'élevage reste peu développé et se pratique toujours à l'état traditionnel. Les espèces d'élevage rencontrées sont les bovins et ovins, les caprins, les porcins et la volaille. On y rencontre des troupeaux transhumants et semi-nomades venant généralement du Nigeria. Ces troupeaux arrivent pendant la saison sêche, séjournent temporairement dans le secteur d'étude précisément dans les localités de Konkondji (Savalou), le long des cours d'eau Ouémé, Zou et Okpara. Selon les enquêtes de terrain, l'élevage occupe plus de 13 % des personnes interrogées.

L'artisanat est encore à l'état informel. On retrouve des artisans du cuivre, des sculpteurs. Aussi, existe-t-il des centres de métiers comme le tissage, la couture et de nombreuses unités de transformation des produits agricoles, etc.

La pêche est peu développée et se pratique le long du cours d'eau de la rivière Okpara.

Quant au secteur industriel, il reste encore très modeste malgré la présence de quelques unités de productions et de transformation telles que les usines d'égrenage du coton et la SUCOBE (Savè).

L'exploitation forestière a pris de l'ampleur ces dernières années dans le bassin de l'Okpara, avec pour cible principale, les réserves forestières dans la zone du confluent de l'Okpara et les forêts classées de la zone. Ainsi, les forêts villageoises sont exploitées pour la production du bois d'oeuvre, du bois de chauffe et la production du charbon de bois (Edea, 2002). Ces produits sont destinés à la vente dans les grands marchés locaux, mais surtout les grands marchés urbains du sud, notamment Bohicon et Cotonou (Oloukoï, 2012). La figure 9 présente le profil économique du bassin de l'Okpara, indiquant l'importance des populations dans chaque catégorie d'activité économique (Figure 9).

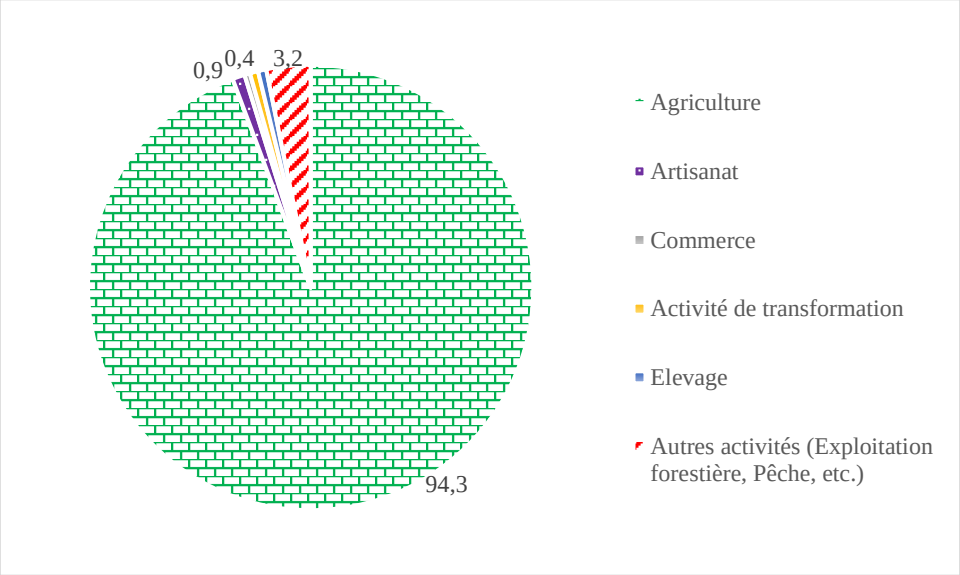


Figure 9 : Importance (%) de la population dans les différents secteurs économiques dans le bassin de l'Okpara au Bénin
Source : Enquêtes de Terrain, 2014

Il importe de retenir que le secteur économique regroupe l'agriculture, l'élevage, la pêche, la pisciculture, le commerce, les mines, l'industrie, l'artisanat, les ressources naturelles et le tourisme. Avec toutes les politiques et les programmes de développement proposés et mis en application par les différents régimes politiques jusqu'à nos jours, l'agriculture a occupé une place de choix. Les populations ont été à un moment donné, portées vers les cultures de subsistance qui leur permettent de répondre aux exigences de l'auto alimentation de leurs différents ménages. De nos jours, en conservant toujours cet objectif de l'autosuffisance alimentaire, les paysans orientent une partie de leur production vers les cultures de rente que sont *Gossypum arboreum*, *Anacardium occidentale*, etc. Ce faisant, ils sont soumis aux

réalités mondiales qui ne leur facilitent pas toujours l'existence à cause des fluctuations régulières observées sur le marché international et dont le pays n'a pas le contrôle. En dehors de ces problèmes structurels dont ils sont victimes, les systèmes de culture restent toujours problématiques pour l'environnement en ce sens qu'ils sont consommateurs d'espace, du fait de la technique de l'agriculture itinérante sur brûlis. Ces pratiques occupent une part importante dans la dynamique de l'occupation des terres.

2.3.3.1- Production végétale

La production végétale est dominée par les cultures vivrières et constitue la principale source de revenus pour la majeure partie de la population du bassin de la rivière Okpara au Bénin. Il est important de rappeler que les superficies emblavées varient d'une culture à l'autre et d'une saison culturale à une autre. Les figures 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 et 17 montrent respectivement l'évolution des superficies emblavées pour les principales cultures dans le bassin de l'Okpara entre 1995 et 2014.

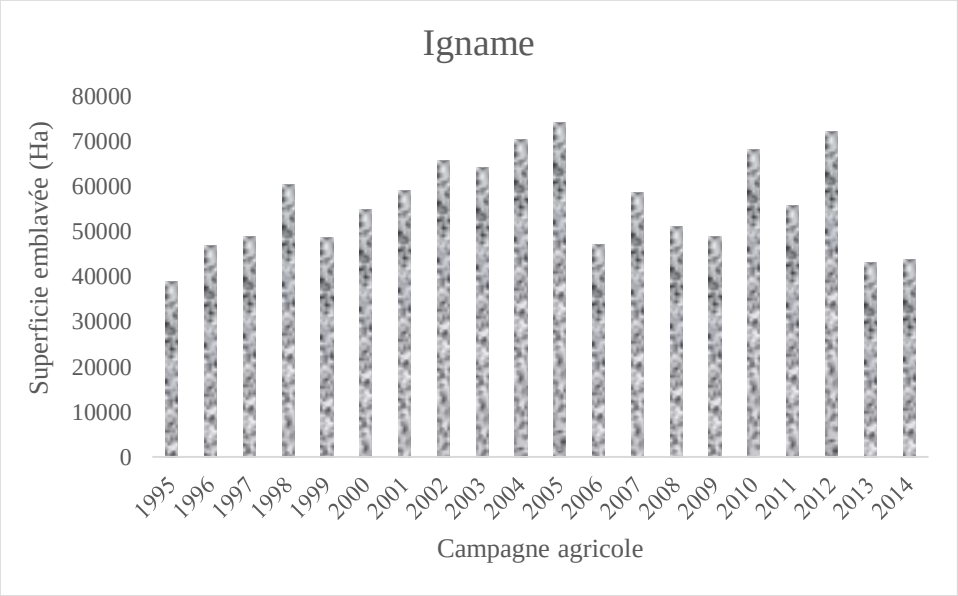


Figure 10 : Evolution des superficies emblavées pour l'igname entre 1995 et 2014

Source des données : MAEP, 2015

L'observation de la figure 10, montre que, sur la période de l'étude, les emblavures pour la culture d'igname ont connu une baisse en 2013 et 2014. Les années 2004, 2005, 2010 et 2012 sont les années qui ont connu une hausse en matière d'emblavure. Globalement, les superficies emblavées n'ont pas connu un grand changement dans le temps à cause de son caractère de culture de subsistence dans le secteur d'étude. Cependant, il convient de noter que la superficie moyenne emblavée par an est d'environ 56029 hectares, ce qui constitue une

véritable source de destruction de la végétation et expose le sol aux différents types d'érosions.

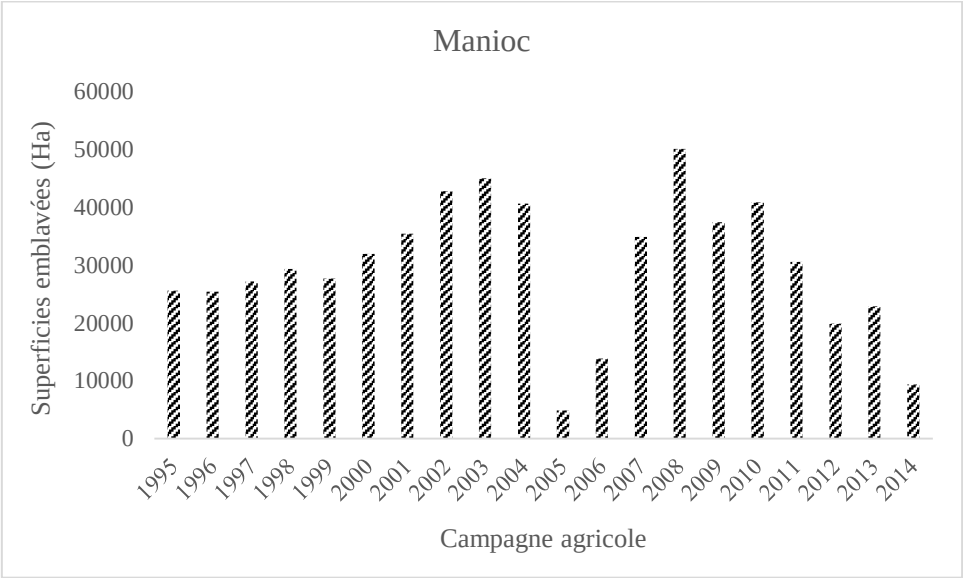


Figure 11 : Evolution des superficies emblavées pour le manioc entre 1995 et 2014

Source des données : MAEP, 2015

La figure 11 révèle que les emblavures pour la culture du manioc ont connu une tendance à la hausse entre 2000 et 2004 avant de chuter en 2005. A partir de 2007, les superficies emblavées ont commencé par augmenter jusqu'en 2010 avant de connaître à nouveau une tendance à la baisse jusqu'en 2014. Il ressort des investigations en milieu réel que c'est une culture qui permet de restaurer la fertilité des sols et très cultivée par les groupes socio-culturels Tchabè, Lokpa et Ditamari.

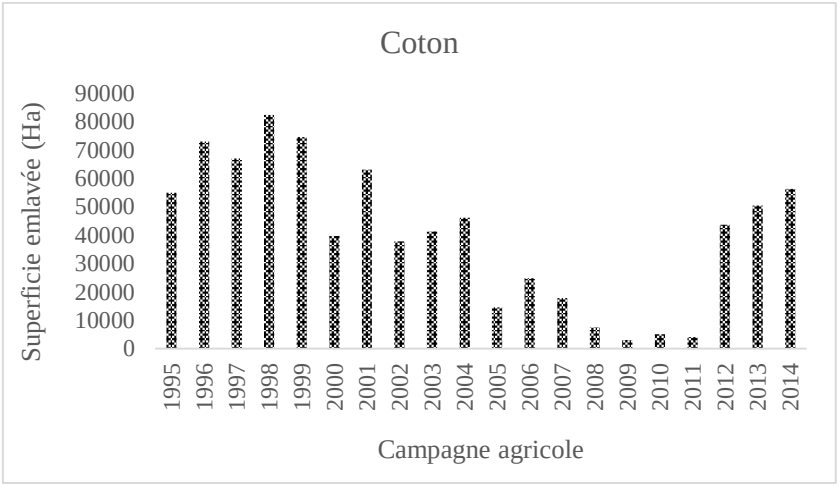


Figure 12 : Evolution des superficies emblavées pour le coton entre 1995 et 2014

Source des données : MAEP, 2015

L’analyse de la Figure 12 révèle que, entre 1995 et 1999, les emblavures réalisées pour la culture du coton sont restées presque constantes. Mais à partir des années 2000, les emblavures ont connu une évolution à la baisse jusqu’en 2011 avant de connaître une hausse à partir de 2012. Cette chute libre constatée observée est due à la crise qu’a connue la filière coton, ce qui n’a pas motivé les producteurs.

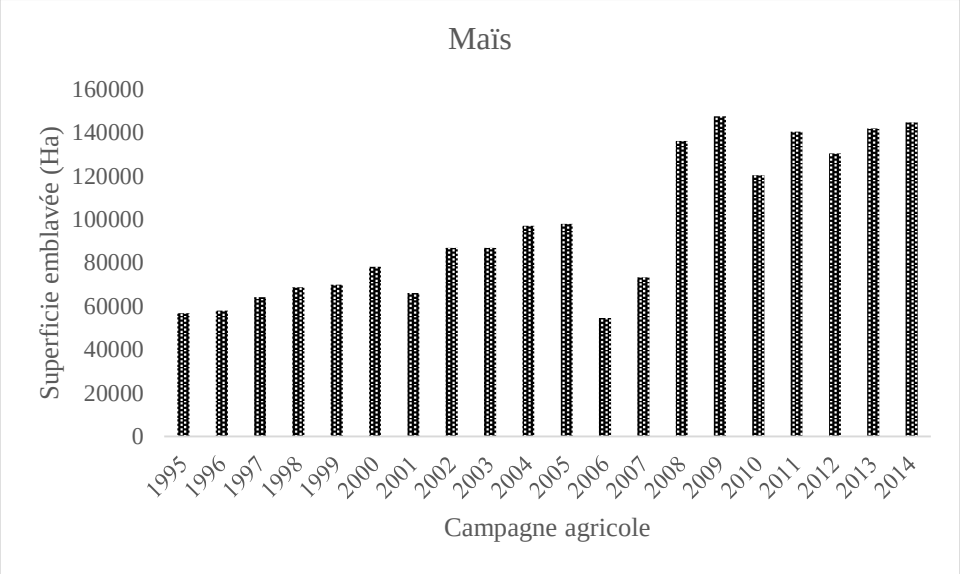


Figure 13 : Evolution des superficies emblavées pour le maïs entre 1995 et 2014

Source des données : MAEP, 2015

L’analyse de la Figure 13 revèle que, les superficies emblavées pour la culture du maïs ont connu une hausse de 1995 à 2014. Cette évolution traduit l’intérêt qu’acoorde les producteurs à cette culture. Elle est à la fois une culture de rente et vivrière pour les producteurs du bassin de l’Okpara.

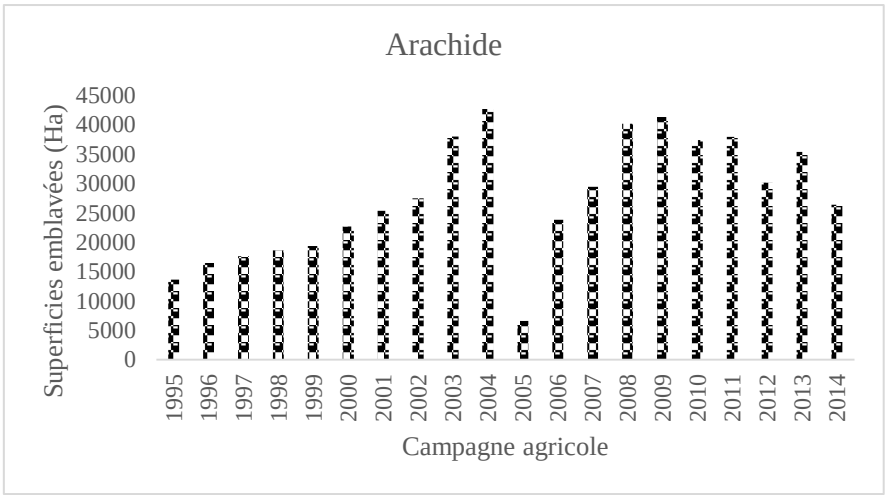


Figure 14 : Evolution des superficies emblavées pour l’arachide entre 1995 et 2014

Source des données : MAEP, 2015

La Figure 14 montre que, les emblavures pour la culture de l'arachide ont connu une tendance à la hausse de 1995 à 2014. Cette culture très pratiquée dans les communes de Ouèssè et de Savè. Elle est également une culture de rente.

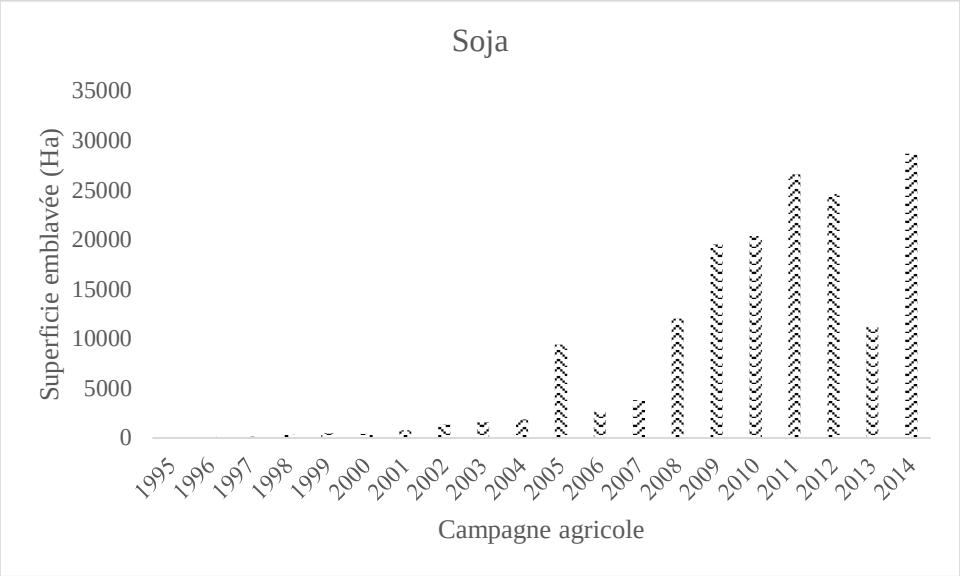


Figure 15 : Evolution des superficies emblavées pour le soja entre 1995 et 2014

Source des données : MAEP, 2015

La Figure 15 montre que la production du soja à commencer dans la région à partir des années 2000. Mais les fortes emblavures ont démarré à partir des années 2008. Cette culture est pratiquée majoritairement par les migrants. Selon ces derniers les feuilles du soja permettent de restaurer la fertilité des sols dégradés.

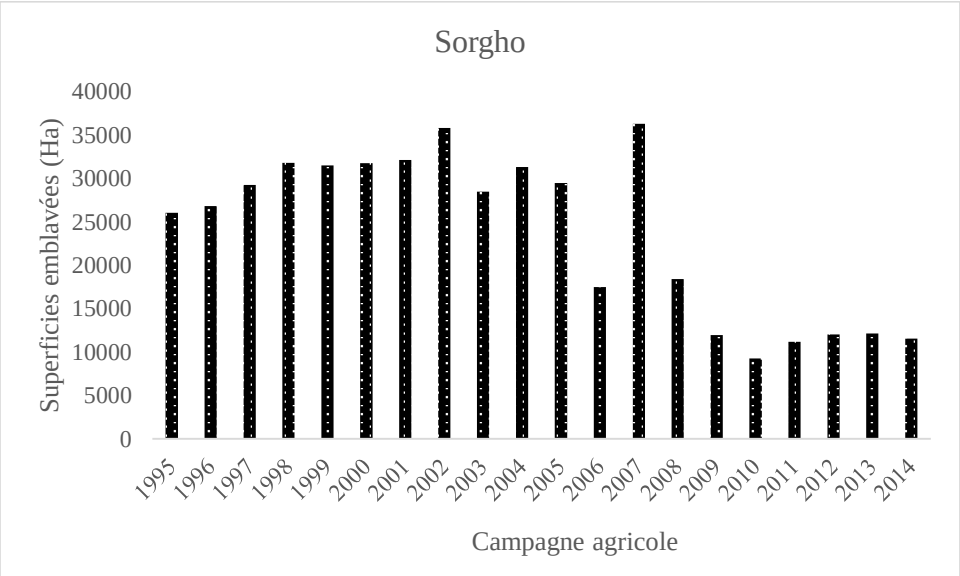


Figure 16 : Evolution des superficies emblavées pour le sorgho entre 1995 et 2014

Source des données : MAEP, 2015

Il ressort de l'analyse de la Figure 16 que, les emblavures pour la culture du sorgho ont connu une baisse à partir des années 2008. Cette culture très appréciée par les Baatonu (Bariba) et les Fulani (Peulh). Elle est pratiquée en association avec le maïs ou la culture de l'igname.

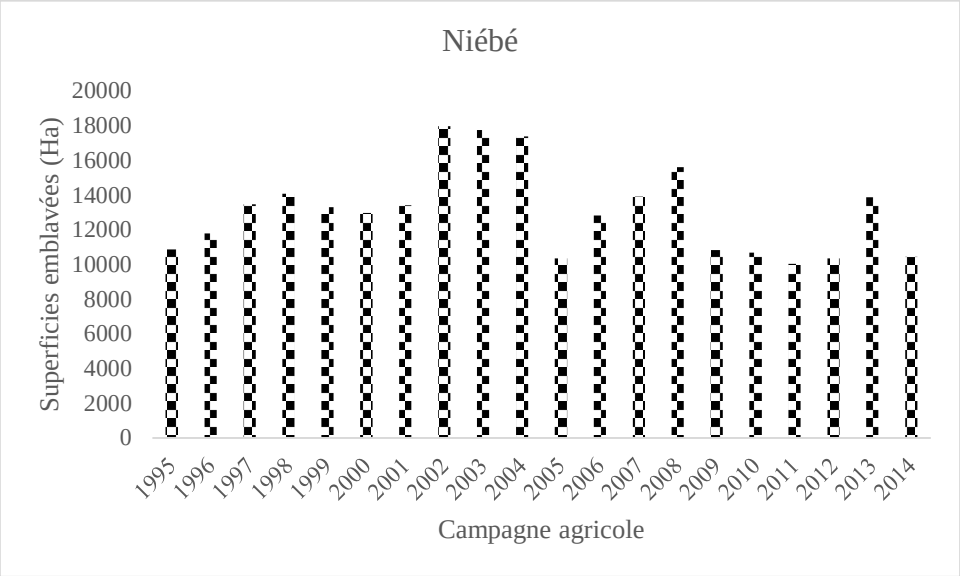


Figure 17 : Evolution des superficies emblavées pour le niébé entre 1995 et 2014

Source des données : MAEP, 2015

La figure 17 montre que, les superficies emlavées pour le niébé n'a pas connu une grande variation de 1995 à 2014. Elle est produite majoritairement par les groupes socio-culturels Mahi et apparentés, les Lokpa et les Ditamari.

2.3.3.2- Production animale

La production animale constitue une activité génératrice de revenus pour une partie importante de la population dans tout le bassin de l'Okpara. Elle est dominée par l'aviculture, l'élevage des petits ruminants, de caprins et de porcins.

Les abeilles, les lapins et les aulacodes sont également élevés dans certaines communes. On rencontre parfois chez les Fulani (Peulh) transhumants des ânes qui servent dans le transport des bagages lors du déplacement du troupeau bovin.

Il existe deux types d'élevage dans le bassin : l'élevage traditionnel et l'élevage moderne surtout du domaine de l'aviculture. Si non, le mode d'élevage est en général de type traditionnel où le cheptel est livré à lui-même sans enclos.

En ce qui concerne le bétail, le pâturage naturel constitue la principale source d'alimentation. Il est très abondant surtout en saison pluvieuse mais devient plus rare en saison sèche. L'abreuvement des animaux est assuré par les marigots, les mares, les cours d'eau et retenues

d'eau. L'inexistence de couloirs de passage, de zones délimitées de pâturage et la transhumance occasionnent de fréquents conflits ouverts entre agriculteurs et éleveurs.

Au total, le milieu biophysique constitue l'assiette ou le support de l'occupation des terres et influence cette dernière tandis que le milieu socio-économique est le creuset des déterminants anthropiques qui exercent une pression remarquable sur le milieu (figure 18).

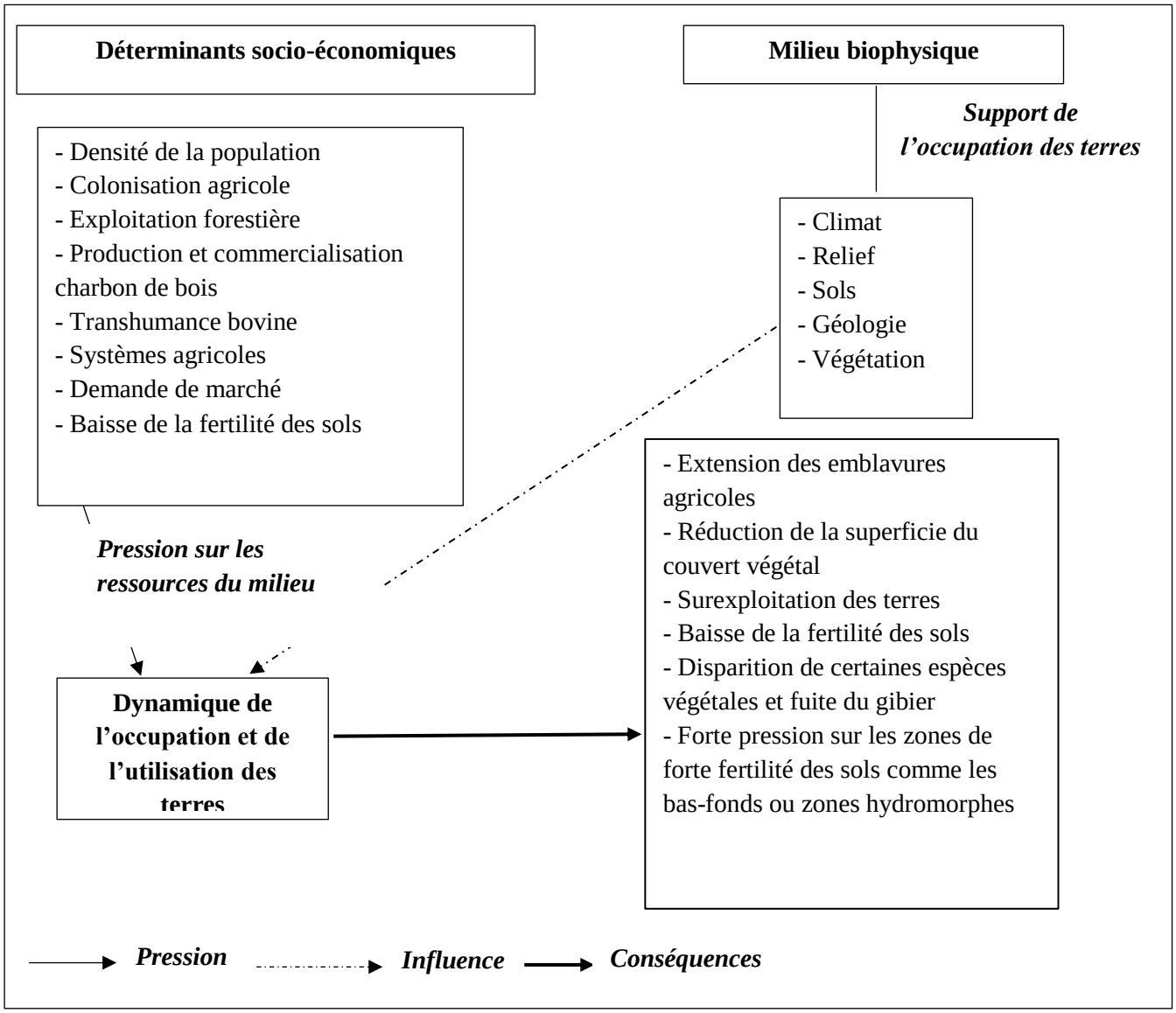


Figure 18 : Diagramme systémique des facteurs de la dynamique de l'occupation des terres

Le milieu socio-économique exerce une pression sur les ressources du milieu et participe de ce fait à la dynamique du paysage avec pour conséquence majeure la dégradation des ressources naturelles du milieu dont essentiellement la végétation.

Conclusion partielle

Ce deuxième chapitre a permis de décrire les composantes environnementales et socio-culturelles du bassin de la rivière Okpara au Bénin. Le diagnostic qui en est établi a conduit à la mise en exergue des fondements qui interviennent dans la gestion de la fertilité des sols et leurs implications sur la dégradation des ressources naturelles. Les activités humaines occupent une place importante dans ce processus. Il a également permis d'orienter les caractéristiques biophysiques et socio-économiques du secteur d'étude vers les différentes approches méthodologiques qui vont suivre.

CHAPITRE III
APPROCHE METHODOLOGIQUE

L'approche méthodologique adoptée dans le présent travail de recherche repose sur l'acquisition et le traitement des données puis l'analyse des résultats obtenus sur la base des principes de l'ethno pédologie combinés aux investigations socio-économiques. Cette stratégie de recherche adoptée afin de pouvoir effectuer ces travaux selon le chronogramme de la thèse et les méthodes d'investigation identifiées est décrite dans ce troisième chapitre. Elle comporte deux sous-sections : une première sous-section qui présente les grandes étapes de l'étude et une deuxième sous-section qui résume les différentes méthodes utilisées pour vérifier les hypothèses de recherche.

3.1- Matériel de collecte de données

Pour la collecte des données, les matériels ci-après ont été utilisés.

3.1.1- Matériel de terrain

- les cartes : il s'agit des données les plus importantes de ce travail puisqu'elles fournissent les informations nécessaires qui ont servi aussi de support de sortie aux différents résultats. Il a été question de réaliser les cartes de la zone d'étude, la carte pédologique et de l'occupation du sol à partir des images aérospatiales multi-temporelles de 1990, 2000 et 2014 du bassin de la rivière Okpara au Bénin ;
- les fiches d'observation : elles ont été utilisées pour décrire les facettes paysagiques autour des sols dans les différents secteurs ;
- un questionnaire pour la collecte des données socio-anthropologiques ;
- des guides d'entretien : ils ont servi à interviewer les organisations paysannes sur l'état actuel des sols agricoles et à connaître les stratégies mises en œuvre pour leur gestion de la fertilité desdits sols ;
- des papiers journaux pour constituer le herbier ;
- l'appareil photographique utilisé pour les prises de vue instantanées ;
- un GPS Garmin pour les prises de coordonnées devant permettre le géo-référencement des informations ;
- un décamètre pour installer les carrés de rendements dans les exploitations agricoles ;
- des sachets pour contenir les échantillons de sols prélevés ;
- une tarière hollandaise pour prélever les échantillons de sols ayant fait objet d'analyse au laboratoire.

3.1.2- Matériels de laboratoire

Un distillateur de Kjedhal de marque BÜCHI B-324 pour le dosage de l'azote total ; un pH-mètre pour la lecture du pH ; des tamis à mailles 2 mm ,425 µm, et 32 µm pour le tamisage du sol et enfin des réactifs chimiques appropriés pour les analyses de sol.

3.2- Etude des indicateurs paysans de reconnaissance de l'état de fertilité des sols dans le bassin de l'Okpara

3.2.1- Choix des villages d'étude

L'étude a été conduite dans les communes traversées par la rivière Okpara en mettant l'accent sur la diversité des groupes socioculturels et l'importance de la production agricole. Ainsi, les communes de Pèrèrè (nord-est du bassin), N'dali (nord-ouest du bassin), Tchaourou (centre du bassin), et Ouèssè (sud du bassin) ont été échantillonnées.

Le choix des sites d'étude a reposé sur leur représentativité (importance des ménages agricoles) dans la commune, le niveau de la production agricole des principales spéculations (maïs, coton, igname, sorgho, arachide, niébé), l'accessibilité aux localités et aux champs en toutes saisons. Sur cette base, 25 villages au total ont été sélectionnés (Tableau II).

Tableau II : Liste des villages échantillonnés par commune et selon les groupes socioculturels

Zones	Communes	Villages	Groupes socioculturels
Nord est	Pèrèrè	Boro	Baatonu
		Diguidirou	Baatonu
		Gninsy	Baatonu et Peulh
		Alafiarou	Baatonu
		Nassy	Baatonu
		Nonsy	Peulh
Nord-ouest	N'Dali	Wari	Baatonu
		Tamarou	Baatonu
		Gbégourou	Baatonu
		Alafiarou	Baatonu
		Maregourou	Baatonu et (Fulani) peulh
		Bori	(Fulani) Peulh
		Kori	(Fulani) Peulh
Centre	Tchaourou	Tchatchou	Baatonu et Tchabè
		Badekparou	Baatonu
		Kika	Baatonu
		Alafiarou	Peulh, Tchabè et Baatonu
		Kpassa	Baatonu et (Fulani) Peulh

Sud	Ouèssè	Ouèssè-Centre	Mahi et Tchabè
		Gbanlin	Mahi
		Vossa	Tchabè
		Kilibo	Tchabè
		Yaoui	Ditamari, Lokpa et Tchabè
		Toui-Centre	Tchabè et Idaasha
		Kèmon	Tchabè et Lokpa

Source : Enquêtes de Terrain, 2014

En préalable à l'enquête, une étude exploratoire avait permis d'avoir une vue d'ensemble sur les réalités culturales.

3.2.2- Méthode d'échantillonnage et conduite des enquêtes

La formule utilisée pour la constitution de l'échantillon est basée sur le principe du tirage exhaustif (Schwartz, 2002) qui se présente comme suit :

$$N = \frac{Z\alpha^2 PQ}{d^2}$$

Où :

N = Taille de l'échantillon par commune

Zα = écart fixé à 1,96 qui correspond à un degré de confiance de 95 %

P = nombre de ménages agricoles de la commune/ nombre de ménages total

Q = 1- P

d = marge d'erreur qui est égale à 5 %

Le mode d'échantillonnage est aléatoire. La taille de l'échantillon est de 1048 producteurs dont 183 femmes et 865 hommes sur les 30656 producteurs agricoles que compte l'ensemble du bassin de l'Okpara au Bénin.

3.2.3- Méthodes et outils de collecte des données

L'étude a été conduite de Septembre à Octobre 2014. Les données ont été collectées à l'aide d'un questionnaire semi structuré comportant des questions ouvertes et fermées pour la collecte des informations au cours des entretiens individuels avec les producteurs. La conduite des enquêtes a été mise sous la responsabilité d'étudiants en fin de formation originaires des différentes localités. Ces étudiants ont été sélectionnés, d'une part, sur la base de leur expérience antérieure dans la conduite des enquêtes sur la gestion des ressources naturelles et, d'autre part, de leur appartenance à l'un des groupes socio-culturels. Ensuite, des discussions de groupes au cours des assemblées villageoises ont été organisées sur des questions

spécifiques et pour la triangulation des informations collectées au cours des entretiens individuels. L'étape de la triangulation des informations collectées est si importante car elle permet de valider les données avec le groupe ainsi constitué afin d'avoir les grandes tendances sur les pratiques culturales en cours dans la localité. Les indicateurs biophysiques (flore adventice, pédofaune, texture et couleur du sol), les systèmes de culture pratiqués, les types de sol reconnus par les groupes socio-culturels et les caractéristiques socioéconomiques des groupes ont été recueillis dans le questionnaire. Les plantes indicatrices de l'état de fertilité des sols ont été collectées à la suite des observations participantes organisées avec un groupe de dix producteurs âgés de 50 ans environ chacun. Les membres de ces groupes ont été sélectionnés avec l'appui des sages de chaque groupe socio-culturel dans les villages. Les noms locaux de chaque plante identifiée par chaque groupe socio-culturel ont été notés sur le terrain, puis des herbiers ont été constitués avec le prélèvement de la plante entière y compris les racines et les fleurs pour une identification à l'herbier national de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université d'Abomey-Calavi. Ces herbiers ont été constitués afin de pouvoir déterminer les noms scientifiques des herbes et arbres indicateurs de l'état de la fertilité des sols qui n'ont pas pu être identifiés directement sur le terrain.

3.2.4- Traitement et analyse des données

Les données quantitatives ont été codifiées et saisies. Le logiciel SPSS (Statistical Package for the Social Sciences version 16.0) a été utilisé pour le calcul des statistiques descriptives (effectifs, pourcentage des modalités). L'analyse factorielle des correspondances (AFC) a été utilisée pour relier les différents groupes socioculturels aux indicateurs d'appréciation de la qualité des sols à l'aide du logiciel Minitab 14.

3.3- Analyse des méthodes de gestion de la fertilité des sols dans le milieu d'étude

3.3.1- Conduite des enquêtes

Les enquêtes de terrain ont été conduites dans les communes traversées par la rivière Okpara en prenant en compte la diversité des groupes socio-culturels et l'importance de la production agricole. Ainsi, les communes de Pèrèrè (nord-est du bassin) de N'Dali (nord-ouest du bassin) de Tchaourou (centre du bassin) et de Ouèssè (sud du bassin) ont été sélectionnées pour la conduite des enquêtes.

Les critères de sélection de ces localités étaient : la représentativité, les superficies emblavées pour les cultures importantes (maïs, coton, manioc et les légumineuses vivrières) à partir des statistiques du ministère de l'agriculture et l'accessibilité en toutes les saisons. Ces critères

ont également servis pour la sélection des villages. Au total, 25 villages ont été sélectionnés (Tableau III) considérant les communes. En prélude à l'enquête sur le terrain, une étude exploratoire, a permis d'avoir des informations générales sur les pratiques culturales.

Tableau III : Liste des villages sélectionnés par commune et les groupes socioculturels dominant

Zones	Communes	Villages	Groupes socio-culturels
Nord est	Pèrèrè	Boro	Baatonu
		Diguidirou	Baatonu
		Gninsy	Baatonu et Fulani (Peulh)
		Alafiarou	Baatonu
		Nassy	Baatonu
		Nonsy	Fulani (Peulh)
Nord-ouest	N'Dali	Wari	Baatonu
		Tamarou	Baatonu
		Gbégourou	Baatonu
		Alafiarou	Baatonu
		Maregourou	Baatonu et Fulani (Peulh)
		Bori	Fulani (Peulh)
		Kori	Fulani (Peulh)
Centre	Tchaourou	Tchatchou	Baatonu et Tchabè
		Badekparou	Baatonu
		Kika	Baatonu
		Alafiarou	Fulani (Peulh), Tchabè et
		Kpassa	Baatonu
			Baatonu et Fulani (Peulh)
Sud	Ouèssè	Ouèssè-Centre	Mahi et Tchabè
		Gbanlin	Mahi
		Vossa	Tchabè
		Kilibo	Tchabè
		Yaoui	Ditamari, Lokpa et Tchabè
		Toui-Centre	Tchabè et Idaasha
		Kèmon	Tchabè et Lokpa

Source : Enquêtes de Terrain, 2014

3.3.2- Taille de l'échantillon

La formule utilisée pour la constitution de l'échantillon est basée sur le principe du tirage exhaustif (Schwartz, 2002) qui se présente comme suit:

$$N = \frac{Z\alpha^2 PQ}{d^2}$$

Où :

N = Taille de l'échantillon par commune

Zα = écart fixé à 1,96 qui correspond à un degré de confiance de 95 %

P = nombre de ménages agricoles de la commune/ nombre de ménages total

Q = 1- P

d = marge d'erreur qui est égale à 5 %

Le mode d'échantillonnage est aléatoire, ce qui permet de juger objectivement de la valeur des estimations. La taille de l'échantillon considéré pour l'étude était estimée à 1048 paysans (Tableau IV).

Tableau IV: Valeurs des paramètres utilisés pour le calcul de la taille de l'échantillon

Zones	Communes	Effectifs ménages agricoles[1)]	$Z\alpha^2$	P	Q (1-P)	D	N
Nord-ouest	N'Dali	6434	3,84	0,76	0,24	0,05	280
Nord-est	Pèrèrè	3914	3,84	0,85	0,14	0,05	182
Sud	Ouèssè	12271	3,84	0,83	0,16	0,05	204
Centre	Tchaourou	8037	3,84	0,53	0,47	0,05	382
Total		30656					1048

Source : INSAE (2015)

3.3.3- Méthodes et outils de collectes des données

Les enquêtes ont été conduites dans la période d'Octobre à Novembre 2015. L'investigation s'est déroulée en trois étapes: entretien individuel avec les différents chefs de ménage en assemblée villageoise au début de l'étude, entretiens semi-structurés dans les exploitations agricoles et assemblée villageoise de restitution des résultats après traitement des informations. Un guide d'entretien a permis de conduire les assemblées villages et les discussions avec les personnes ressources. Le recours aux tableaux croisés et aux images portant sur les technologies endogènes ou améliorées introduites recensées lors des études antérieures a permis des échanges fructueux entre les exploitants agricoles et l'équipe de recherche. Ces échanges ont porté sur les éléments de caractérisation et la rationalité de ces technologies.

3.3.4- Traitement et analyse des données

Les données qualitatives issues des discussions de groupe ont servi de base pour l'analyse des principaux résultats obtenus. Les données issues de l'enquête ont été codifiées puis saisies dans une matrice de gestion de base de données à l'aide du tableur Excel version 2013. Les analyses statistiques ont été faites avec le logiciel SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 21. Ces analyses ont concerné la détermination des statistiques descriptives. L'analyse factorielle des correspondances (AFC) a été effectuée afin de relier les différents groupes socio-culturels aux pratiques de restauration de la fertilité des sols. Le logiciel Minitab version 14 a été utilisé à cet effet.

En ce qui concerne l'appréciation de la performance des technologies de restauration de la fertilité des sols, on s'est contenté de la déclaration des paysans. A cet effet, il leur a été demandé de faire une comparaison entre les rendements obtenus après application de la pratiques de restauration de la fertilité des sols et ceux obtenus lorsque le sol présentait des signes de dégradation. Pour faciliter la comparaison les producteurs devraient dire s'il y avait amélioration ou pas du rendement, si les rendements augmentaient de 25 % ou de 50 % ou 75 % ou de 100 % comparativement aux rendements sur le sol dégradé.

3.4- Evaluation de la performance des pratiques de restauration de la fertilité des sols

3.4.1- Matériel

Le matériel végétal de base utilisée au cours de cette recherche est le maïs (*Zea mays L.*) variété DMR dont le cycle de vie est de 90 jours, avec un rendement moyen de 2 à 4 t/ha et un rendement potentiel de 6 t/ha. Les paysans ont rapporté que les semences de cette variété ont été prises dans les Secteurs Communaux de Développement Agricole (SCDA).

Les fumures minérales et organiques sont celles uilisées par les producteurs. Il s'agit du fumier de parc et des engrais minéraux utilisés pour la production du coton.

3.4.2- Méthodes

3.4.2.1- Méthodes d'enquête et d'évaluation des rendements

Les analyses des pratiques ont porté sur deux campagnes agricoles (2014-2015 et 2015-2016) auprès de 12 paysans. Ces paysans ont été choisis sur la liste des personnes enquêtées à la première enquête socio économique de la recherche. Ce choix a été fait en fonction des groupes socio-culturels et leur influence dans la production agricole dans leur village respectif. Les suivis agronomiques ont concerné 36 carrés de rendement à raison de trois répétitions par système de culture dans les champs paysans.

Au cours des deux campagnes agricoles (2014-2015 et 2015-2016), onze (11) systèmes de culture ont été suivis : six rotations de culture (Manioc-Maïs, Soja-Maïs, Sorgho-Maïs, Coton-Maïs, Arachide-Maïs et Niébé-Maïs), trois (03) types de jachère (0-4 ans, 4-10 ans et 10 ans et plus), le système de parcage de bœufs, l'application d'engrais.

Les superficies des carrés de rendement (placettes) ont été de 25 m^2 (5m x 5m) chacun. Les différentes mesures et observations ont été faites dans les carrés de rendement.

3.4.2.2- Méthodes d'analyse des sols

L'évaluation de la fertilité physique et chimique des sols a porté sur 36 échantillons composites de sols prélevés 0-20 cm de profondeur à l'aide de la tarrière hollandaise (Photo 2).



Photo 2: Prélèvement d'échantillons de sol avec la tarrière hollandaise
Prise de vue : Akpo, juillet 2015

Les analyses des échantillons prélevés ont été effectuées dans le Laboratoire des Sciences du Sol, Eaux et Environnement de l'Institut National de Recherche Agronomique du Bénin (LSSEE/INRAB). Ces analyses ont consisté en la détermination des éléments nutritifs tels que :

- le carbone organique par la méthode de Walkley & Black qui consiste à oxyder la matière organique du sol avec le dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$ 1 N) en milieu acide dans le rapport sol/$K_2Cr_2O_7$ de 0,25/10. La teneur en carbone est déterminée par colorimétrie à la longueur d'onde de 660 nm ;
- l'azote par la méthode de Kjedahl consistant en une digestion acide suivie d'une micro-distillation. Le sol est traité par l'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré dans un rapport sol-solution de 1/20 en présence d'un comprimé de sélénium (servant de catalyseur). La distillation est faite par entraînement de la vapeur en présence de 20 ml de NaOH 1 N. Le distillat est recueilli dans un erlenmeyer qui contient 20 ml d'acide borique (H_3Bo_3) et 4 gouttes d'indicateur à base de rouge de méthyle. Le titrage est fait avec l'acide sulfurique (H_2SO_4) 0,1 N.
- du phosphore assimilable par la solution d'extraction de Bray 1 : La solution d'extraction est composée de NH_4F et de HCl. Le filtrat est coloré par le molybdate d'ammonium en présence

de l'acide ascorbique et l'intensité de la coloration est déterminée par colorimétrie à la longueur d'onde de 660 nm.

- du potassium échangeable par la méthode de Metson à acétate d'ammonium (1 N) à pH = 7. Le dosage du potassium est fait à l'aide du photomètre de flamme ;

- du Magnésium et Calcium échangeables par la titrimétrie EDTA (Acide Ethylène Diamine Tétracétique). L'extraction des bases est faite à l'aide de la solution d'acétate d'ammonium (CH_3COONH_4) à pH 7. Le titrage des deux bases est fait avec la solution de EDTA à 0,02 N.

- du pH (eau) par la méthode potentiométrique dans un rapport sol/eau distillée de 1/2,5.

3.4.2.3- Méthode de mesure des paramètres de croissance

Les paramètres de croissance mesurés sur le terrain au cours de cette étude sont les suivants :

- Hauteur et circonférence au collet des plants

A l'aide d'un pentadécamètre, la hauteur des plants de maïs est prise du collet à la dernière ligule (Photo 3). Par ailleurs, les mesures de la circonférence au collet des plants sont effectuées à l'aide d'un mètre ruban enroulé au collet des plants (Photo 4).



Photo 3 : Mesure de la hauteur d'un plant de maïs



Photo 4 : Mesure de la circonférence au collet

Prise de vue : Akpo, novembre 2016

La longueur et la largeur des plants de maïs ont été mesurées à l'aide d'un mètre ruban (Photo 5).



Photo 5 : Mesure de la longueur et de la largeur des feuilles de maïs
Prise de vue : Akpo, novembre 2016

3.4.2.4- Méthode de mesure du rendement en grain et paille

Les paramètres mesurés, au cours de cette étude sont : le poids des épis, le poids de la paille, la longueur et la circonférence des épis, le pied des épis et paille secs (planche 5).



Planche 5: Mesure des paramètres de rendement

Prise de vue : Akpo, novembre 2016

- ✓ Le poids des épis et de la paille (tiges, feuilles et spathes) est pris par parcelle élémentaire
- ✓ La longueur et la circonférence des épis mesurées à l'aide d'un mètre ruban afin de déterminer la grosseur des épis.
- ✓ Le poids des épis et paille secs est pris au laboratoire, après séchage des échantillons d'épis et pailles à l'étuve à 60 °C pendant 72 heures.
- ✓ Le poids de 1000 grains (P1000). Après la mesure du poids des grains de maïs, 1000 grains ont été comptés et pesés à l'aide de la balance électronique de 40 kg de portée.

3.4.2.5- Estimation des paramètres de performance de maïs

- o Le rendement en grains et en paille du maïs

Après séchage des épis à l'étuve à 60°C pendant 72 heures, ces derniers sont égrenés par unité expérimentale et le poids des grains et celui des rafles sont relevés. Les rendements en grains et en paille ont été estimés suivant la méthode développée par Saïdou (1992) et qui se résume comme suit :

$$Rg = \frac{(1000 \times P \times MS \times n)}{SI}$$

Avec Rg : Rendement en grains (kg MS/ha)

P : Poids total des épis pesés au champ (kg)

MS : Taux de matière sèche des épis

SI : Surface Interprétable (m^2)

n : Rapport poids grains secs de l'échantillon après égrenage sur poids total échantillon épis secs.

$$Rp = \frac{(1000 \times P \times MS)}{SI}$$

Avec Rp : Rendement en paille (kg MS/ha)

P : Poids total de la paille pesée au champ (kg)

MS : Taux de matière sèche de paille

SI : Surface Interprétable (m^2)

3.4.3- Traitements statistiques

Le Taleur Excel a été utilisé pour la saisie et le traitement des données. Ensuite, le logiciel Statistical Analysis System version 9.2 (SAS v. 9.2) a été utilisé pour les analyses statistiques. Ces analyses ont essentiellement consisté en des analyses de variance (à un, et deux facteurs). Les paramètres chimiques ont subi une analyse de variance à un facteur (Système de culture)

tandis que les données de l'expérimentation, ont subi une analyse de variance à deux facteurs (Campagne agricole et Systèmes de culture). Les valeurs moyennes ont été ensuite comparées entre elles à l'aide du test de Student Newman-Keuls au seuil de 5% (Dagnelie, 1998).

3.5- Etude du mode d'accès à la terre et du mode d'occupation des terres considérant les pratiques de gestion durable de la fertilité des sols.

3.5.1- Collecte des données de terrain

3.5.1.1- Choix des localités

Le choix des localités a reposé sur la diversité des groupes socioculturels des colons agricoles, le niveau de la production agricole, l'accessibilité en toute saison. Sur cette base, douze (12) villages ou hameaux au total ont été sélectionnés. En prélude à l'enquête, une étude exploratoire, avait permis d'avoir une vue d'ensemble sur les réalités culturales. Le tableau V présente les villages ou hameaux ainsi que leurs caractéristiques socioculturelles et agricoles.

Tableau V: Caractéristiques des villages ou localités

Communes	Villages/Hameaux	Groupes socioculturels	Ethnies	Production
Ouèssè	Toui-Gare	Migrants	Lokpa/Ditamari	Très forte
	Yaoui	Autochtones – Migrants	Tchabè/Lokpa/Ditamari	Très forte
	Botti	Autochtones – Migrants	Mahi/Fon	Très forte
Savè	Igbodja	Autochtones – Migrants	Mahi/Fon	Très forte
	Boubouhou	Migrants	Ditamari/Lokpa	Très forte
	Tchayagbagba	Migrants	Tchabè/Lokpa	Très forte
Tchaourou	Kpassa	Autochtones – Migrants	Baatonou/Lokpa/Fulani (Peulh)	Très forte
	Badéparou	Migrants	Ditamari/Lokpa	Très forte
	Tchatchou	Autochtones – Migrants	Baatonou/Lokpa/Fulani (Peulh)	Très forte
Pèrèrè	Gninsy	Autochtones – Migrants	Baatonou/Lokpa/Fulani (Peulh)	Très forte
	Nansy	Autochtones – Migrants	Baatonou/Fulani (Peulh)	Très forte
	Diguidirou	Autochtones – Migrants	Baatonou/Fulani (Peulh)	Très forte

Source : Enquêtes de Terrain, 2015

Au total, 120 producteurs ont été enquêtés à raison de 10 par village soit un total de 30 personnes par commune. Elles ont été choisies de manière à couvrir toutes les diversités ethnique, socio-économique et démographique des colons agricoles rencontrés dans les 12 villages ou hameaux étudiés.

3.5.1.2- Données collectées et méthodes de collecte

Dans les douze (12) villages retenus, les informations ont été collectées à partir d'enquêtes individuelles aussi bien auprès des groupes de migrants que des populations autochtones. Ces discussions individuelles ont été suivies d'entretiens de groupes avec des producteurs et des personnes ressources, en particulier les leaders d'opinion. Les principales informations collectées ont concerné : les systèmes de culture, le processus d'accès à la terre et le mode de gestion du foncier, les stratégies de production développées par les différents groupes migrants et autochtones.

3.5.1.3- Traitement des données socioéconomiques et analyse statistique

Deux (02) types de techniques ont été utilisés pour le traitement des données. Il s'agit du traitement manuel et le traitement assisté par ordinateur. Ces deux types de traitement des données sont utilisés de façon complémentaire.

Le traitement manuel est appliqué à l'analyse qualitative et a consisté à lire à plusieurs reprises les notes et les interviews et relever toutes les citations illustratives des opinions livrées par les personnes enquêtées et les catégoriser par thèmes abordés et par statuts sociaux des acteurs. Ces éléments sont utilisés en cas de besoins pour préciser le sens des fréquences quantitatives. A cet effet, nous avons construit une grille de dépouillement sur la base des thèmes abordés et des indicateurs. Ainsi, le contenu des informations obtenues par les guides d'entretien a été analysé suivant les hypothèses et les objectifs de la recherche.

Le tableur Excel a permis de mener les opérations suivantes : codification, la conception du masque de saisie et l'entrée des données. Après ces opérations, les données ont été ensuite transférées sur le logiciel SPSS 21 pour le nettoyage et le redressement, tabulation, test statistique, le tris à plat (tirage des fréquences simples), puis tris croisé de variables sur la base d'une sélection préalable qui a tenu compte de nos questions de recherche, des hypothèses et des objectifs de l'étude et enfin la réalisation des tableaux . C'est à la suite de ces étapes que l'analyse a été faite.

Par ailleurs, une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été réalisée pour décrire les relations entre les groupes socioculturels et les modes d'accès aux terres agricoles chez les producteurs au moyen du logiciel Minitab 14.

3.5.2- Données utilisées et méthodologie de la dynamique de l'occupation du sol

3.5.2.1- Télédetection

La télédétection satellitaire permet le suivi des forêts d'une manière synoptique. Cette approche peut se faire à diverses échelles mais elle reste dépendante en termes d'acquisition de données à des contraintes atmosphériques en rapport avec le type de couverture nuageuse. (Maggi, 2005). Elle est un outil qui fournit des images sur les objets ou phénomènes de façon temporellement répétitive et de qualité constante, ce qui permet de réaliser des études de changement de l'occupation du sol. Ces études sont très utiles pour connaître divers phénomènes comme, par exemple, la déforestation, les variations saisonnières des pâturages, le stress des cultures, le changement climatique, la surveillance des catastrophes, la métropolisation, etc. (Cabral, 2006).

En effet, les images satellitaires sont traitées à partir des performances de logiciels, ici le logiciel Erdas Imagine 9.1 a été utilisé selon les étapes suivantes : extraction de la zone d'étude, composition colorée, amélioration de contraste, calcul du NDVI, classification supervisée, validation de la classification, filtrage et exportation dans le logiciel ArcGIS 9.3.

3.5.2.1.1- Données satellitaire et auxiliaire

Les données de télédetection utilisées au cours de cette recherche sont :

- une image TM de LANDSAT 5 en format Géotiff, du 13/01/1990, scène 192-054, d'une résolution spatiale de 30 m, obtenue sur le site internet de GLCF/USA ;
- une image ETM + de LANDSAT 7 en format Géotiff, scène 192-054 datant du 31/01/2006, d'une résolution spatiale de 30 m, obtenue sur le site internet de GLCF/USA ;
- une image OLI-TIRS de LANDSAT 8 en format Géotiff, scène 192-054 datant du 09/11/2014, d'une résolution spatiale de 30 m, obtenue sur le site internet de Earth Explorer-USGS.GOV/USA.

Les trois images ont été prises en saison sèche durant laquelle le secteur d'étude n'est pas nuageux. Selon Jensen (1983), les images prises pendant les périodes ensoleillées présentent un très bon contraste entre les différents détails, en particulier ceux relatifs à la végétation et aux autres aspects.

Les données auxiliaires concernent :

- Cartes topographiques de l'Afrique de l'Ouest au 1/200.000, Feuille NC-31-III de SAVE en République du Dahomey.
- Carte d'occupation du sol et d'utilisation des terres du Bénin (IMPETUS, 2000)
- Carte de végétation du Bénin (CENATEL, 1990).

3.5.2.1.2- Matériel

Le matériel utilisé pour cette étude est le logiciel Erdas Imagine 9.1 pour le traitement numérique des images satellitaires et le logiciel de SIG (Arc GIS 10.1), ESRI, (Environmental Systems Research Institute), pour la cartographie et l'analyse spatiale.

3.5.2.1.3- Traitement des images satellitaires Landsat

Le traitement de chacune des images Landsat du secteur d'étude a été un ensemble de processus d'application qui ont permis de transformer les images en vue de l'extraction des informations. Ce traitement a connu plusieurs étapes essentielles.

- **Prétraitements**
  - ✓ **Extraction du secteur d'étude**

L'extraction du secteur d'étude a été possible grâce à la commande subset du logiciel Erdas Imagine, après avoir projeté la limite de celle-ci sur l'image concernée.

  - ✓ **Correction géométrique de l'image de 2000**

La correction ou rectification géométrique est le processus qui consiste à projeter les données sur une surface plane et les faire correspondre à un système de projection donné.
La précision de cette rectification influe sur la précision de la détection du changement.
Ainsi, l'image de 2000 dont le datum est WGS 1886 a été rectifiée par rapport à l'image de 1990 qui a pour datum le WGS 1884, par un polynôme de degré 1 avec une erreur moyenne quadratique de l'ordre de 0,31 pixel, en utilisant 5 points de calage. Cette rectification s'impose parce que les deux images étant de datums différents ne pouvaient pas être superposables. Le rééchantillonnage des images a été réalisé à l'aide de la méthode du plus proche voisin car celle-ci n'altère pas la valeur radiométrique des pixels (Jensen, 1983).
Dans ce cas, le système de projection est UTM Zone 31N, Sphéroïde WGS 84, et datum WGS 84. La procédure s'est déroulée dans ERDAS Imagine, grâce à la fonction de rectification qui est Geometric correction à partir de la fenêtre Raster.

  - ✓ **Composition colorée**

C'est la combinaison de trois bandes spectrales et leur affectation respective à une des trois couleurs fondamentales ou primaires disponibles : le bleu, le vert et le rouge. Il est possible de réaliser plusieurs types de compositions colorées avec les différents canaux d'une image Landsat mais quelques-unes seulement sont pertinentes. L'œil humain est beaucoup plus sensible aux nuances de rouge que du vert, ce qui explique que l'on utilise la composition 453, 432 ou 345 pour étudier la végétation car il y a une forte réflectance de la végétation dans le canal 4 (PIR).

Dans la présente étude, la composition colorée qui a été privilégiée pour la détermination des unités d'occupation du sol est celle en fausses couleurs standard. Elle combine les bandes du proche infrarouge, du rouge et du vert du capteur respectivement au plan d'affichage rouge, vert et bleu de l'écran. Cette composition, très efficace pour l'analyse de la végétation, présente l'avantage pour l'interprète d'avoir pratiquement les mêmes propriétés que les photographies infrarouges en couleur, utilisées depuis longtemps par les photo-interprètes (Kerle et Van Wyk de Vries, 2001).

Dans ERDAS IMAGINE, la composition colorée a été réalisée après regroupement des différentes bandes ou création d'une image en format «.img » par la fonction **Layer Stack** via **Interpreter/Utility**. Ce dernier affiche par défaut la composition 432. Cependant en fonction des besoins de l'étude, on peut changer cette combinaison**.** Ainsi, le choix a porté sur la composition colorée fausses couleurs 345. Cette dernière signifie que, la bande 3 correspondant à la couleur Rouge a été placée dans le canal du Rouge ; la bande 4 du Proche-Infrarouge, dans le canal du Vert et la bande 5 de l'Infrarouge Moyen dans le canal du Bleu du logiciel.

- ✓ **Amélioration de contraste**

L'amélioration de contraste est une correction radiométrique qui consiste à rendre une image (composition colorée) plus interprétable/lisible par rapport à une image thématique donnée. Il existe plusieurs techniques pour contraster une image. La méthode d'amélioration de contraste utilisée pour la présente étude est l'**égalisation d'histogramme**. Avec cette méthode, les valeurs radiométriques d'image (DN) sont assignées aux grandes luminosités sur la base de leur fréquence d'occurrence, de sorte que les niveaux de luminosité les plus élevés soient assignés aux valeurs d'image qui se produisent fréquemment.

- ➢ **Traitements numériques proprement dits**
  - ✓ ***Classification multispectrale par maximum de vraissemblance***

La classification par pixel est un procédé qui consiste à regrouper les pixels d'une image en un nombre limité de classes. Si le pixel satisfait à une série de critères, il est affecté à la classe qui corresponde à ces critères. Il existe deux types de classifications : la classification supervisée et la classification non supervisée. Pour cette étude le choix est porté sur la classification supervisée à cause de la connaissance du secteur d'étude. Cette dernière consiste à choisir dans un premier temps, des parcelles d'entraînement (AOI) qui sont des regroupements homogènes de pixels caractéristiques d'une occupation du sol donnée (échantillons). Sur les parcelles d'entraînement, le logiciel a classifié chaque image selon l'algorithme paramétrique qu'est le Maximum de vraisemblance. C'est un algorithme très

couramment utilisé car, généralement le plus performant. Son utilisation suppose que les distributions des valeurs de réflectance des parcelles d'entraînement soient normales (Wolff, 2006). Cet algorithme de classification calcule une fonction de probabilité multidimensionnelle qui permet de déterminer la probabilité de chaque pixel d'appartenir à l'une des catégories correspondant aux signatures spectrales (Collet, 1992). Il a pour avantage la fourniture d'un indice de certitude lié à ce choix pour chaque pixel, en plus de la classe à laquelle il a été affecté. Pour obtenir une classification avec moins de confusion, il est recommandé de prendre un maximum d'aires d'entrainement par classe. Dans cette étude, le nombre d'échantillons choisis a été limité à 10 pour chaque classe. Globalement, les classes qui ont été définies s'élèvent à 9 (forêt galerie, forêt dense sèche, forêt claire, savane boisée, savane arborée, savane arbustive, champs-jachères, sol nu et zone brûlée).

- ✓ **Evaluation de la classification**

Une classification n'est pas complète sans l'évaluation de son exactitude (Lillesand et Kiefer, 1994). En effet on ne peut pas utiliser des données obtenues par télédétection avec certitude si on ne sait pas quel est statistiquement, le niveau de l'erreur qui lui est associé. Il ne suffit pas de présenter un pourcentage de pixels classés correctement, comme c'est souvent les cas dans de nombreuses études, parce que cette statistique ignore la précision locale, seule la quantité totale d'une classe est considérée sans tenir compte de sa localisation (Jensen, 1996). L'évaluation des résultats d'une classification se fait grâce à la comparaison de l'image classée avec des données de référence (photographies aériennes, cartes ou relevé de terrain). Ces zones d'évaluation seront relevées avec le même soin que les zones d'entraînement. On confrontera les valeurs de l'image classée à celles du terrain dans un tableau à double entrée appelé couramment matrice de contingence ou matrice de confusion. On reporte dans les cases du tableau le nombre de zones selon leur appartenance aux différentes classes dans l'image classée (en lignes) et sur le terrain (en colonnes). Les zones bien classées se localisent sur la diagonale de la matrice et les erreurs en dehors. On distingue deux types d'erreurs : les erreurs d'omission et de confusion (ou ‘‘commission’’ en anglais). Une erreur d'omission est une observation qui aurait dû être classée en B, mais qui a été ‘‘oublié’’ et classée dans une autre classe. Une erreur de confusion est une observation qui est classée en B alors qu'elle aurait dû être classée dans une autre classe, il y a confusion (Wolff, 2006).

Dans la présente étude, ce sont des relevés de terrain qui ont permis cette validation. Ainsi, les matrices de confusion de la classification de 1990, 2000 et 2014 ont été calculées à partir des signatures spectrales dans ERDAS IMAGINE suivant les fonctions : Signature Editor/Evaluate/Contingency. Ces matrices de confusion ont permis de calculer les erreurs

d'omission, les erreurs de commission, les indices de pureté des classes et les indices de validité cartographique. Les erreurs d'omission (en colonne) ont été obtenues en faisant le rapport (du nombre de pixels bien classés dans chaque unité d'occupation du sol) et du nombre total de pixels de ladite unité. Tandis que les erreurs de commission (en ligne) ont été également obtenues par la même procédure, mais ici au niveau des lignes. Les indices de validité cartographique ont été obtenus en retranchant les erreurs d'omission de 100 %. Les indices de pureté des classes sont quant à eux obtenus, en retranchant les erreurs de commission de 100 %. L'indice d'exactitude de la classification des images de ces trois périodes a été calculée à partir des valeurs de chaque matrice de confusion, grâce à la formule suivante (Barima et al., 2009 ; Mugisha et al., 2010 ; Arouna, 2012) :

$$I = \sum_{i=1}^{k} \frac{x_i}{X}$$

Avec x_i : Nombre d'observations de la diagonale pour la classe i ; X : Nombre total des observations pour l'ensemble des classes.

Si $I \geq 0,9$ (soit 90 %), alors l'interprétation est correcte (Mugisha et al., 2010).

Pour cette étude, les résultats obtenus sont respectivement de 86,09 % pour 1990 ; 84,13 % pour 2000 et 94, 26 % pour 2014. Celles-ci ont permis de valider chacune des 3 classifications car les deux premiers sont « proches » des 90 %.

- ✓ **Traitements post-classification (Filtrage ou lissage)**

Le filtrage est un rehaussement de l'image, qui modifie les fréquences spatiales ou transforme la valeur radiométrique d'un pixel considéré par rapport à ses voisins. Son but est de supprimer, d'atténuer ou d'accentuer les fréquences spatiales en vue de rendre plus nets les thèmes linéaires ou contenus de deux ou plusieurs thèmes contigus. Pour ce faire, avant la représentation cartographique de la classification, le Filtre Médian majoritaire 3 x 3 a été appliqué à chaque image classifiée pour la généralisation de certains éléments qui avaient un aspect « sel et poivre ». Pour ce type de filtrage des images classifiées, la procédure suivie avec ERDAS IMAGINE est la suivante View/Raster/Filtering /Statistical Filtering.

3.5.2.2.- Cartographie des résultats de la classification des images dans ArcGIS

3.5.2.2.1- *Vectorisation dans ArcMap*

Après le filtrage de l'image classifée, le fichier raster a été vectorisé sous ArcMap. Cette conversion a abouti à la segmentation de l'image. Les unités s'individualisent et chacune d'elle peut être modifiée sans entraîner les autres. Ce n'est qu'après la vectorisation que les opértions cartographiques ont réellement commencé.

3.5.2.2.2- Symbolisation graphique dans ArcMap

Pour avoir une légende cartographique bien expressive, lors de la symbolisation graphique, des symboles et couleurs appropriés et prédéfinis ont été attribués aux différentes informations ponctuelles, linéaires et zonales identifiées dans le secteur d'étude.

De ce fait, les localités ont été représentées par un point de couleur noir, les cours d'eau par une ligne bleue, les routes principales et les pistes par une ligne rouge avec une taille plus importante pour les premières et une taille moindre pour les secondes. Les unités d'occupation du sol qui sont des informations zonales ou surfaciques ont été réprésenté par des trames rectangulaires de couleurs rigoureusement choisies selon les principes du HSV (Hue, Saturation, Value) qui signie (Couleur, Saturation et Teinte).

Le tableau VI présente les caractéristiques HSV des couleurs de ces unités d'occupation du sol.

Tableau VI : Caractéristiques des couleurs des unités d'occupation du sol suivant HSV

Unités d'occupation du sol	**Caractéristiques des couleurs suivant HSV**			
	H (Couleur)	**S (Saturation)**	**V (Teinte)**	**Couleurs correspondantes**
Forêt galerie	88	69	24	Vert très foncé
Forêt dense	88	69	24	Vert très foncé
Forêt claire	140	61	75	Vert foncé
Savane boisée	164	100	90	Vert bleuté
Savane arborée	166	100	100	Vert très bleuté
Savane arbustive	101	85	100	Vert claire
Champs et jachère	60	100	100	Jaune claire
Sol nu	0	25	95	Rose claire
Zone brûlée	0	0	70	Gris

Source : Traitement des données, 2016

3.5.2.2.3- Mise en page cartographique dans ArcMap

La mise en page cartographique a pris en compte les différents éléments annexes des cartes. Ceux-ci concernent le cadre de la carte, la légende, l'échelle graphique, le Nord géographique, la source de l'image landsat de base, le système de coordonnées cartographiques (UTM). Après cette opération de mise en page, le périmètre et la superficie de chaque unité d'occupation du sol ont été calculés. Ceux-ci à leur tour ont servi à différents calculs comme ceux de quelques indices de structure spatiale et des taux moyens annuels d'expansion spatiale.

3.5.2.3- Analyse diachronique d'occupation des terres

Après l'établissement des cartes d'occupation des terres de 1990 (T_1), 2000 (T_2) et de 2014 (T_3), une analyse comparative des trois états T_1, T_2 et T_3 a été faite. Le bilan d'évolution de l'occupation du sol ainsi que les taux de changement entre les surfaces des unités d'occupation des terres entre les dates 1990 – 2000 ($T_1 – T_2$), les dates 2000 - 2014 ($T_2 – T_3$) et les dates 1990 - 2014 ($T_1 – T_3$) ont été déterminés. L'évaluation des changements est quantifiée au moyen de la formule proposée par la FAO (1996) et dont l'utilisation est très courante (Hoang *et al*. 2002 ; Noyola-Medrano, 2006). Elle s'établit comme suit :

$$T = \frac{1}{t_2 - t_1} \times \ln(\frac{S_2}{S_1})$$

avec S_1 et S_2, correspondant respectivement à la superficie d'une catégorie d'occupation des terres en année t_1 et en année t_2 ;

t le nombre d'années d'évolution ;

ln le logarithme népérien.

Les valeurs positives du bilan représentent une progression de la surface de la classe pendant la période analysée et les valeurs négatives indiquent la perte de surface (régression) d'une classe entre les deux dates. Les valeurs proches de zéro indiquent que la classe reste relativement stable entre les deux dates.

3.5.2.4- Détermination des changements depuis 1990

La carte d'occupation du sol de 1990 est composée de six classes. Celles de 2000 et de 2014 contiennent 5 classes. Afin de pouvoir cartographier l'évolution de l'occupation du sol dans la zone d'étude entre 1990 et 2014, les postes de légende de la nomenclature de 2000 et 2014 ont donc été agrégés en six classes. Un croisement des cartes d'occupation du sol (1990-2000, 2000-2014 et 1990-2014) avec une tolérance de 5 mètres a ensuite permis d'identifier les changements survenus entre 1990 et 2014 malgré les échelles différentes des deux cartes.

3.5.2.5- Détermination des facteurs de changements

Les facteurs de changements de l'occupation du sol et de la fertilité du sol ont été identifiés et recensés. Les facteurs ont été déterminés, non seulement d'après les évolutions repérées par la comparaison des cartes d'occupation du sol de 1990**,** 2000 et 2014, mais aussi d'après les entretiens effectués avec les agriculteurs de la zone d'étude.

Une fois identifiés, les facteurs de changements ont été spatialisés avec un SIG. L'accessibilité est dérivée de la pente. Celle-ci a été calculée à partir du MNT SRTM. Le type

de production agricole a été estimé à l'échelle communale à partir du ratio sols nus/Surface Agricole Utile. La distance aux routes et chemins agricoles a été calculée à partir de la BD Topo de l'IGN (carte topographique). La pédologie a été définie à partir d'une carte de fertilité des sols au sud Bénin (Igue *et al.*, 2013).

3.5.2.4- Système d'Information Géographique

Grâce au logiciel ArcGIS 9.3, des opérations SIG ont été exécutées. Celles-ci concernent le croisement des tables d'attributs des cartes d'occupation du sol de 1990, 2000 et 2014 et les analyses spatiales.

3.5.2.4.1- Détection de changements au niveau des unités d'occupation du sol

- **Génération des matrices de transition**

Les matrices de transition ont permis de mettre en évidence les différentes formes de conversion qu'ont subies les unités paysagères entre deux dates instantanées. Elles sont constituées de x lignes et de y colonnes. Le nombre x de lignes de la matrice indique le nombre d'unités paysagères présentes à la date t_1 tandis que le nombre y de colonnes de la matrice indique le nombre d'unités paysagères converties à la date t_2. Quant à la diagonale, elle contient les superficies des unités paysagères restées inchangées. Dans ces matrices, les transformations se font des lignes vers les colonnes. Les superficies de ces différentes classes d'unités paysagères ont été calculées à partir du croisement des cartes de deux dates à l'aide de la fonction « Intersect » de la boîte à outils « **ArcToolBox** » **du logiciel ArcGIS**.

Pour l'approche diachronique de cette étude, les matrices de transition ont été utilisées pour représenter la quantité (ou la valeur de l'aire) des unités qui ont changé de classe ou non, entre 1990 et 2000 et entre 2000 et 2014. Les tableaux croisés sont une technique qui a permis l'obtention de toutes les combinaisons possibles des n classes des deux cartes de dates distinctes. Pour identifier les changements, la méthode d'union logique a été choisie.

Ainsi, l'extension ''Spatial Analyst'' d'ArcView 3.2 a été utilisé selon la procédure Analysis/Tabulate Area et dans l'interface qui s'est affiché, ont été précisés le nom de l'image ancienne en ligne et celle récente en colonne. Pour obtenir une matrice de transition en bonne et due forme, les résultats de cette opération ont ensuite été formatés dans Excel après l'exportation des fichiers sous le format (.dbf).

Il faut noter qu'avec la même extension de ''Spatial Analyst'' ArcGIS 9.3, on peut aussi générer la matrice de transition selon la procédure suivante : **Spatial Analyst/ Zonal/Tabulate Area**.

- **Calcul du Taux de conversion des unités d'occupation du sol**

Le taux de conversion d'une classe d'unité d'occupation du sol correspond au degré de transformation subie par cette classe en se convertissant vers d'autres classes. C'est alors la quantité de changements observés au niveau d'une classe d'occupation du sol entre les dates t1 et t2. Il a permis de mesurer le degré de conversion d'une unité donnée en d'autres unités d'occupation du sol. Il est obtenu à partir de la matrice de transition (Arouna, 2012) suivant la formule ci-dessous :

$$Tc = \frac{(S_{it} - S_{is})}{S_{it}} \times 100$$

Avec :

S_{it} : Superficie de l'unité d'occupation du sol i à la date initiale t ;

S_{is} : Superficie de la même unité demeurée stable à la date t_1.

3.5.2.5- Intensités et vitesses des unités d'occupation du sol entre les 1990 et 2014

Dans la présente recherche deux programmes d'analyse « PontiusMatrix22 » et « Intensity Analysis02.xlms » de Aldwaik et Pontius (2012), ont permis de mesurer (en %) les intensités des changements selon les intervalles de temps, les catégories et les transitions entre catégories d'occupation du sol.

Le premier programme s'est basé sur les matrices de transition de 1990-2000 et de 2000-2014 pour générer six graphiques montrant lesdites intensités selon les intervalles de temps 1990-2000 et 2000-2014. Le premier et le deuxième graphique présentent les intensités des changements survenus au niveau des catégories d'occupation du sol à l'échelle du secteur d'étude. Le troisième et le quatrième graphique quant à eux, présentent celles des changements qui se sont opérés au sein de chaque catégorie. Tandis que, le cinquième et le sixième graphique présentent les intensités de pertes et de gains par catégorie. A ces niveaux, l'état de rapidité des changements est déteminer grâce à la ligne verticale en tireté bleue, appelée ligne de zone uniforme. Si le graphe est à gauche de cette ligne où les changements devraient s'arrêter, si les perturbations ne continuaient plus, le changement est dit lent ou dormant. Mais si celui-ci est à droite de cette ligne, le changement est rapide ou actif.

Le second programme grâce aux matrices de transition a aussi permis de générer des statistiques pour les changements selon les intervalles de temps, entre chaque catégorie d'occupation du sol et les autres. Il en est de même pour les pertes et gains survenus lors des transitions entre unités.

3.5.3- Prédiction de l'évolution des unités d'occupation du sol (2050)

L'évolution probable de la végétation a été estimée à partir de la matrice des probabilités de transition suivant les chaînes de Markov intégrées dans le programme "Land Change Modeler". La chaîne de Markov étudie à partir des probabilités de transition, le processus d'évolution d'un ensemble d'états évoluant dans le domaine spatio-temporel. Un processus est dit markovien si la probabilité d'observation de l'état est tributaire d'un nombre fini de ses voisins, qu'ils soient de type spatial ou temporel (Ben Arfa, 2006). La chaîne de Markov intégrée dans le programme "Land Change Modeler" sont donc bien adaptées à la modélisation prédictive de la végétation.

Deux scénarios normatifs contrastés ont été élaborés. Le premier est un scénario de type tendanciel et correspond à une poursuite des tendances actuelles d'intensification et d'extensification des pratiques agricoles. Ce scénario correspond à la situation future la plus probable. La carte d'occupation des sols élaborée pour ce scénario permet de mesurer l'impact de pratiques agricoles intensives sur l'état de l'occupation du sol à l'horizon 2050. Le deuxième est un scénario environnemental, de type contrasté. Ce scénario correspond à une situation de rupture avec une gestion anarchique et l'adoption des pratiques agricoles durables. Même si cette situation a une faible probabilité de se réaliser, il apparait intéressant de mesurer l'impact de tels changements sur le processus de l'occupation des sols

3.5.3.1- Choix du modèle de simulation et données requises

- ✓ **Modèle SpaCelle : Justification du choix, avantages et limites**

SpaCelle est un progiciel qui a pour but de répondre à une problématique sur l'évolution de l'occupation du sol (Langlois, 2001). Le choix de ce modèle pour la simulation de la tendance évolutive des zones humides a été dicté par plusieurs critères. Parmi les plus importants, on peut noter :

- La simplicité des données requises pour adapter le modèle. Elles sont en effet plus ou moins simples, accessibles et disponibles. Il s'agit des mêmes données que celles ayant servi à l'analyse de la détection des changements d'occupation des terres. Elles comprennent les mêmes séries d'images de télédétection et les mêmes données sur l'occupation des terres ainsi que les données relevées sur le terrain.
- Outil de simulation de la dynamique des unités d'occupation des terres, SpaCelle a été adapté et validé dans plusieurs régions dans le monde (Martinique, nord et centre du Bénin etc), et les résultats obtenus sont fiables et similaires aux modèles complexes tels que

CA_MARKOV, DINAMICA, Land Change Modeler… (Abdoulaye, 2015 ; Oloukoi, 2013 ; Aupetit *et al.*, 2010, Langlois, 2005 ; White et Engelen, 1993).

- L'adaptation et la validation de SpaCelle dans plusieurs régions dans le monde favorise sa validation dans la zone d'étude.
- Le modèle présente l'avantage de reposer sur des principes discrets qui simplifient beaucoup la réalité. Il permet une modélisation de données qualitatives, fréquentes et évite une mise en équation complexe du problème ; comme la modélisation classique.

Il présente par ailleurs des limites car ne génère pas les objets mobiles, ni l'action à distance. Il faut alors utiliser des systèmes multi-agents, qui sont une généralisation des automates cellulaires.

✓ **Définition du modèle SpaCelle et données requises**

SpaCelle se définit comme Système de Production d'Automate Cellulaire Environnemental (Langlois, 2001). Ce progiciel SpaCelle a été utilisé pour la première fois en 2001 par Langlois et par Langlois *et al*., (2002) pour la simulation du ruissellement de surface.

La simulation de l'occupation des terres du secteur d'étude a nécessité l'aquisition du modèle SpaCelle version 5.1.8., un automate cellulaire spatial (2D) multicouches, qui fonctionne à base de règles de transition. C'est un logiciel de simulation numérique des unités d'occupation du sol. Il permet de faire des projections de la dynamique d'occupation des terres à un horizon défini (2040 dans le cas d'espèce).

La plate-forme du modèle SpaCelle permet de construire des automates cellulaires en définissant :

- une liste d'états ;
- des couches cellulaires différentes, de type maillé ;
- des règles de vie et des règles de transition.

Les différents états sont codés par différentes valeurs numériques et la liste des états fait correspondre ces valeurs numériques aux intitulés et aux abréviations de description. On pourra avoir ainsi :

- Forêt dense : Fd
- Forêt claire et savane boisée : Fcsb
- Galerie forestière : Gf
- Savane arborée et arbustive : Saa
- Mosaïque de cultures et jachères : Mcj
- Mosaïque de cultures et jachères sous palmeraie : Mcjp
- Plantation : Pt
- Agglomération = Ag
- Plan d'eau = Pe

La liste des états est elle-même fixée et permet de produire les différentes couches cellulaires nécessaires au modèle :

- une couche cellulaire maillée d'occupation du sol, avec 9 états de surfaces ;
- une couche vectorielle de réseau routier ;
- et une couche vectorielle du réseau hydrographique.

Les règles de transition sont conçues pour intégrer les « préférences » de changement, observées dans la matrice de transition, considérant que les changements survenus dans une période passée proche, relèvent des mêmes logiques que ceux qui adviennent ensuite, dans le proche futur, toute chose égale par ailleurs, selon les hypothèses fondamentales d'un modèle de simulation.

La figure 5 présente les transitions possibles entre les différentes unités d'occupation du sol dans le secteur d'étude. Les relations entre les unités d'occupation des terres sont représentées par des flèches unidirectionnelles. La figure 20 indique également la distinction entre les états d'espaces consommables, à savoir les espaces naturels, généralement considérés comme des espaces à exploiter, les états consommateurs d'espace, qui sont les types d'espaces qui traduisent une artificialisation des espaces naturels pour répondre au besoin de la population en termes d'aménagement. La modélisation ne prend pas en compte les états fixes. Pour ces derniers états, on peut considérer que les surfaces en eau sont a priori relativement stables. En conséquence, le nombre d'unités est réduit à 6 avec une nouvelle combinaison des classes ChJ et Plan.

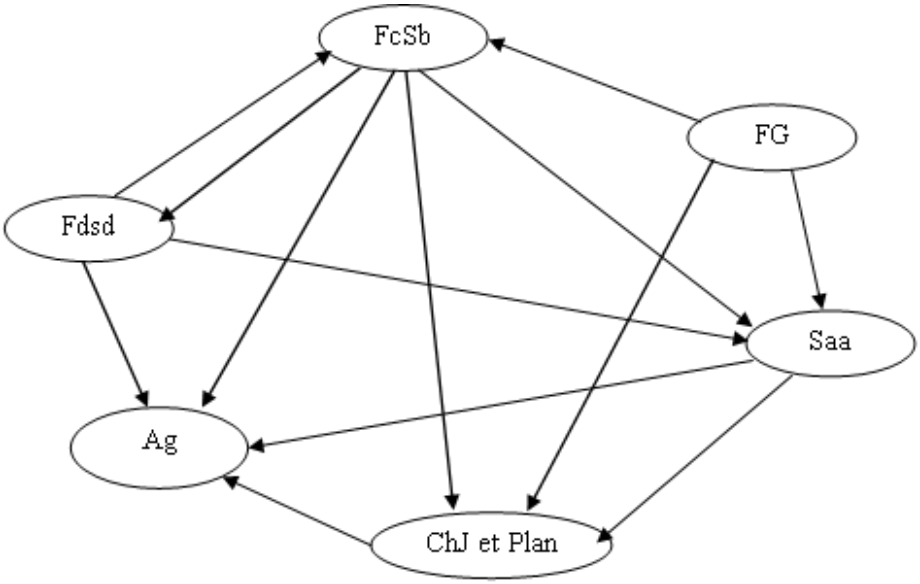


Figure 20 : Relations entre états d'occupation du sol définis par les huit règles de transition sous SpaCelle

✓ **Validation des résultats de simulation**

La validation des résultats de simulation pour le calibrage du modèle a été faite par le du taux de conformité.

Ainsi, les unités dérivées de la simulation de 2014 sont superposées à celles dérivées de la classification des images (situation réelle de 2014). Cette étape consiste à superposer les pixels représentatifs des deux groupes d'unité d'occupation du sol. Le taux de conformité va permettre d'évaluer quantitativement la qualité des résultats de simulation par rapport aux données de classification et de vérité terrain. Ce taux peut être vu comme un indicateur de concordance entre les deux résultats. Il permet d'évaluer le pourcentage des bonnes correspondances et est défini par la formule :

$$T = \frac{n \times 100}{N}$$

Où ***n*** est le nombre de pixels inclus (unités simulées) obtenu après superposition des pixels des unités dérivées de la simulation sur celles dérivés de la classification. ***N*** est le nombre total de pixels de chacun des unités dérivées de la simulation.

En effet, le taux de conformité est un nombre réel positif, compris entre 0 et 100. Le taux sera d'autant plus conforme que sa valeur est proche de 100 et le taux maximal est atteint si T = 100 %. Lorsqu'il n'y a pas de conformité entre les pixels des deux groupes de données, le taux est égal à zéro.

3.5.9.2- Simulation des changements d'occupation des sols

A partir de l'analyse de l'état actuel (2014) de l'occupation des sols, son évolution sur la période 1990-2014, mais aussi d'informations qualitatives recueillies auprès d'anciens exploitants agricoles sur les changements à venir, des hypothèses de changements d'occupation des sols ont été formulées selon différents scénarios. Trois composantes de l'occupation des sols sont soumises au changement : l'usage des parcelles agricoles, les plantations et le réseau hydrographique.

Les scénarios ont pour objectif de délimiter la gamme futurs possibles d'occupation du sol afin d'évaluer les impacts potentiels de ces évolutions futures sur la fertilisation des sols. Trois scénarios contrastés normatifs ont été élaborés : un scénario tendanciel, un scénario médian et un scénario environnemental. Il a été choisi de construire des scénarios normatifs et non des scénarios exploratoires, car ils permettent, avec une méthode assez simple, d'identifier les moyens à mettre en œuvre pour atteindre un objectif défini.

Pour cela, les facteurs de changements d'occupation des sols ont d'abord été identifiés. Puis, une analyse multicritères de ces facteurs a été effectuée à l'aide d'un SIG afin de mettre en évidence les secteurs où la probabilité de changement est la plus forte selon les hypothèses émises dans le cadre des trois scénarios envisagés (Figure 21).

L'analyse multicritères a été réalisée avec le logiciel ArcGIS. Les couches vectorielles ont du être rastérisées à une même résolution de 30 mètres pour être conformes aux autres données Landsat.

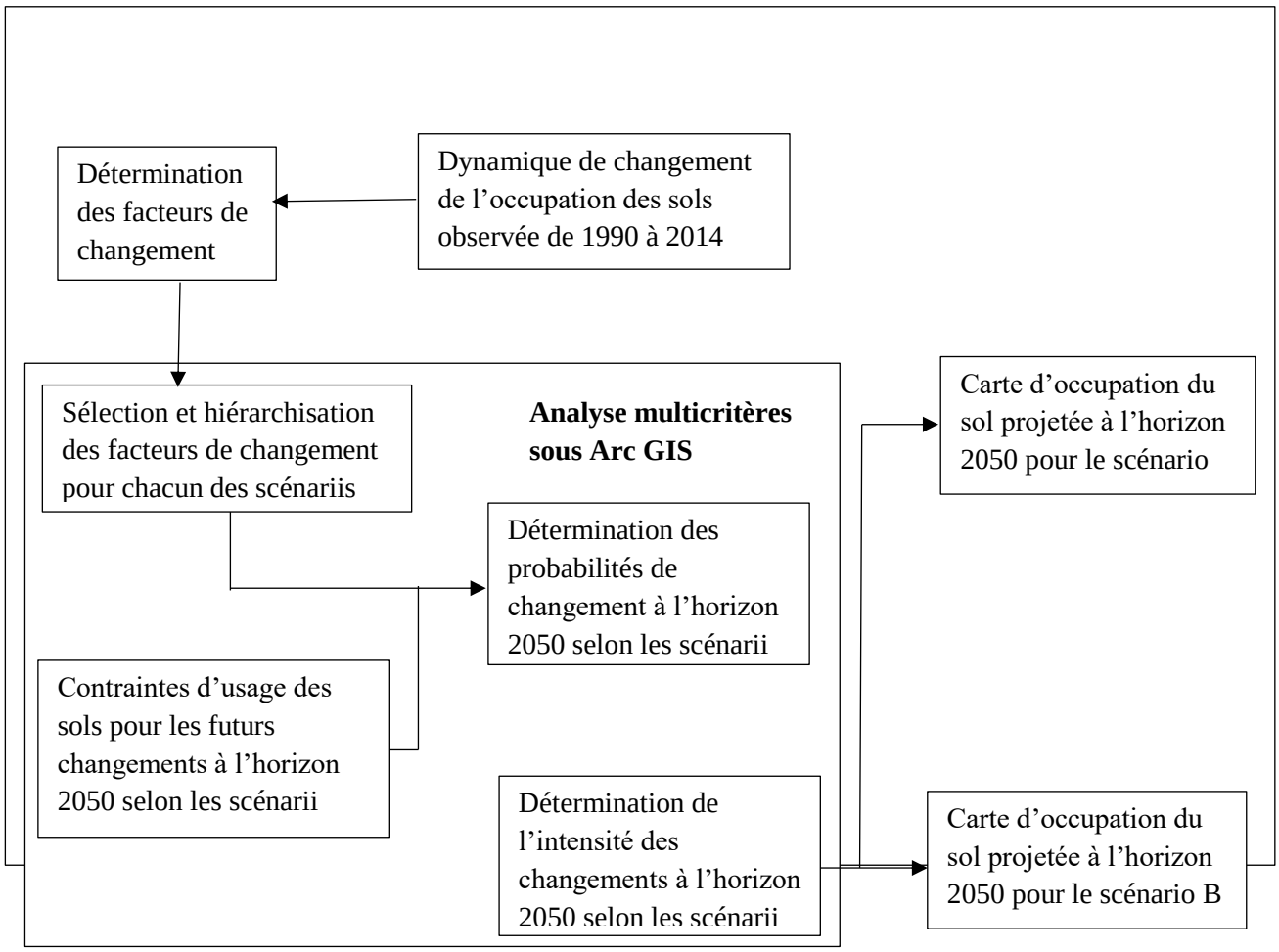


Figure 21 : Méthodologie générale d'élaboration des scénarios

✓ **Description des scénarios**

Trois scénarios normatifs contrastés ont été élaborés. Le premier est un scénario de type tendanciel et correspond à une poursuite des tendances actuelles d'intensification et d'extensification des pratiques agricoles. Ce scénario correspond à la situation future la plus probable. La carte d'occupation des sols élaborée pour ce scénario doit permettre de mesurer l'impact de pratiques agricoles intensives sur la fertilité des sols à l'horizon 2050. Le troisième est un scénario environnemental, de type contrasté. Ce scénario correspond à une

situation de rupture avec une gestion efficiente et une restauration de la fertilité des sols. Même si cette situation a une faible probabilité de se réaliser, il apparait intéressant de mesurer l'impact de tels changements sur le processus de fertilisation. Le deuxième est un scénario médian et correspond à une situation intermédiaire entre le scénario tendanciel et le scénario environnemental. Ce scénario correspond à une prise en compte à minima de la dégradation du sol par les acteurs du territoire et permet de mesurer l'impact de restaurations ponctuelles.

Le scénario A est présenté dans le Tableau VII. Il prévoit une poursuite de l'intensification/extensification agricole et une forte utilisation des engrais chimiques. L'objectif fixé dans ce scénario est d'atteindre une productivité agricole maximale.

Tableau VII : Description du scénario A

Scénario		**A**
Type		Tendanciel
Intitulé		Intensification de l'agriculture
Objectif		Productivité agricole maximale, forte utilisation des engrais chimiques
Détails		Saturation de l'espace rural (forte pression démographique, surexploitation des terres, rareté de la jachère de longue durée
		Insécurité foncière entrainant une absence d'aménagement
		Faible préservation du milieu avec une occupation et défrichement anarchique
		Inadaptation des systèmes de culture appropriés aux zones agro-socio-écologique
		La suppression du labour et utilisation des machines agricoles
		La reconversion forestière

Source : Traitement des données, 2016

Le scénario B est présenté dans le TableauVIII. Il s'agit d'un scénario environnemental dont l'objectif est de mener une gestion durable des sols permettant d'optimiser les facteurs de fertilisation des sols.

Pour cela, la reconquête des sols est entreprise sur les zones à sol potentiellement fertiles identifiées sur la carte de 1990. Cela se traduit par la restauration du caractère fertile des sols via la mise en place de système de production agricole contrôlé.

Tableau VIII : Description du scénario B

Scénario	B
Type	Environnemental
Intitulé	Gestion durable des sols par les agriculteurs
Objectif	Gestion durable des zones agricoles avec une gestion de ces écosystèmes permettant d'optimiser la fertilisation de ces dernières
Détails	La reconquête maximale des sols à potentiel agricole connus à ce jour, qui se traduit par la restauration du caractère fertile de certaines exploitations agricoles
	La sauvegarde et la restauration des plantations de ceintures des sols à forte potentiel agricole augmentant ainsi la fertilité de ces derniers
	La restauration des ressources ligneuses permanentes sur les surfaces cultivées

Source : Traitement des données, 2016

- **Données de contrôle terrain**

De novembre 2015 à mars 2016, des travaux de contrôle terrain ont été effectués dans la zone d'étude. Ces travaux ont consisté à relever au GPS les unités d'occupation des terres pré-identifiées sur la carte d'occupation des terres de 2014. Le principal objectif de ces travaux est de confronter les résultats de l'interprétation des images aux réalités de terrain. Les corrections ont été faites avant la production finale des cartes d'occupation des sols.

3.5.4- Détermination des facteurs de changements

Les facteurs de changements de l'occupation du sol et de la fertilité du sol ont été identifiés et recensés dans le Tableau IX. Les facteurs ont été déterminés non seulement d'après les évolutions repérées par la comparaison des cartes d'occupation du sol de 1990, 2000 et 2014 mais aussi d'après les entretiens effectués avec les agriculteurs de la zone d'étude.

Tableau IX : Facteurs de changements

Facteurs	Commentaires
Type de production	L'évolution des types d'occupation des sols, traduisant soit un abandon, soit une gestion, dépend de l'orientation technico-économique des exploitants. Les systèmes de production nécessitant des pâturages important est susceptible d'utiliser ces espaces.
Accessibilité	Une pente supérieure à 5 % engendre une accessibilité difficile et par conséquent un enfrichement.
Taille des parcelles de culture	Les cultures sont implantées préférentiellement sur des parcelles de grande taille (>1ha).
Distance route	Les parcelles destinées à la production vivrières nécessitent une bonne accessibilité des engins agricoles.
Type de sol	Les parcelles destinées à la production vivrière nécessitent un type de sol fertile et adapté à l'irrigation.
Topographie	Les dépressions sont des zones privilégiées pour la création de plans d'eau.

Source : Enquêtes de terrain, mars 2016

Une fois identifiés, les facteurs de changements ont été spatialisés avec un SIG (Tableau X). L'accessibilité est dérivée de la pente. Celle-ci a été calculée à partir du MNT SRTM. Le type de production agricole a été estimé à l'échelle communale à partir du ratio sols nus/Surface Agricole Utile. La distance aux routes et chemins agricoles a été calculée à partir de la BD Topo de l'IGN (carte topographique). La pédologie a été définie à partir d'une carte de fertilité des sol au sud Bénin (Igué *et al.,* 2013). La topographie a été dérivée du MNT.

Tableau X : Description des facteurs de changements et sources des données utilisées

Facteurs	**Descriptions**	**Source**
Accessibilité	Pente	MNT SRTM
Type de production	Ratio sol nus /surface agricole	INRAB/Enquête de terrain
Taille des parcelles de culture	Surface de la parcelle en Ha	Enquête de terrain
Type d'occupation du sol	Occupation du sol 2014	Image Landsat 8 OLI-TIRS
Distance route	Distance aux routes et chemins agricoles	Carte routière du Bénin et observation sur le terrain
Type de sol	Carte de fertilité des sols	Etude pédologique du sud bénin de Igué *et al.,* (2013)
Topographie	Altitude relative au cours d'eau	MNT SRTM

Source : Enquêtes de terrain, mars 2016

Conclusion partielle

L'étude a nécessité une approche systémique. Les méthodes de cartographie, d'analyses socio anthropologiques, d'analyse des échantillons et de la modélisation prédictive ont été les principales méthodes utilisées.

Ces différentes méthodes ont permis d'obtenir les résultats relatifs aux indicateurs de reconnaissance de la qualité des sols, aux savoirs des paysans sur les pratiques de gestion de la fertilité des sols ainsi que leurs implications sur la dynamique de l'occupation des sols dans le bassin de la rivière Okpara. Ces résultats sont détaillés par objectif spécifique dans la suite de ce travail.

CHAPITRE IV :
PRATIQUES PAYSANNES D'APPRECIATION ET DE GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS

Les résultats obtenus dans le cadre de la présente recherche ont été présentés dans ce chapitre à savoir : Indicateurs de reconnaissance de la qualité des sols, analyse des pratiques de gestion de la fertilité des sols, la performance des pratiques de gestion de la festilité des sols et la gestion de la tenure foncière et dynamique de l'occupation des sols.

4.1- Indicateurs paysans d'appréciation de la qualité des sols dans le bassin de l'Okpara au Bénin

4.1.1- Connaissance endogène des producteurs des types de sols

La topographie, la morphologie du terrain et l'état de la végétation sont les critères utilisés par les producteurs pour la nomination des sols comme l'indiquent les résultats du Tableau XI.

Tableau XI : Caractérisation des types de sol par les différents groupes socio-culturels

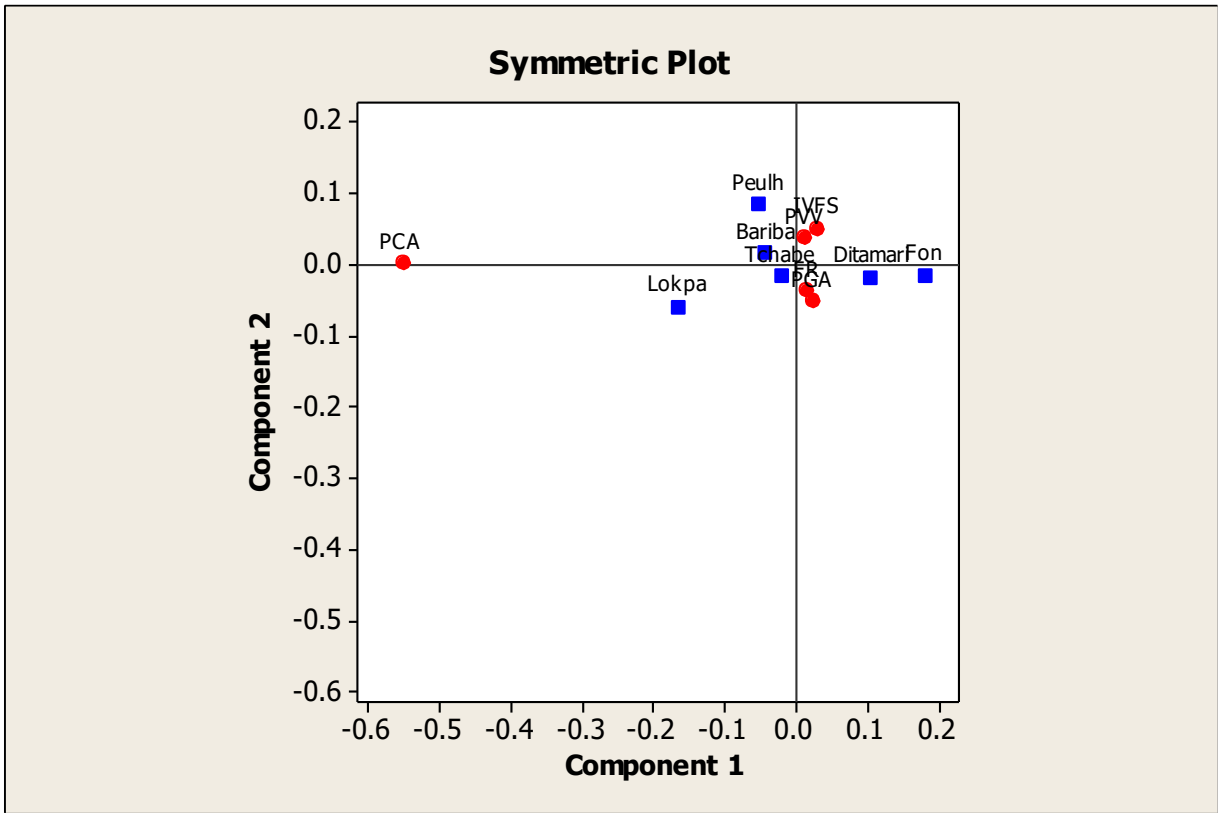
Types de sols	Groupes socio-culturels						Référentiel des Pédologues Français (Classification Française)
	Tchabè	Baatonu	Fulani (Peulh)	Mahi	Lokpa	Ditamari	
Sols bruns très concrétionnés	Ilè itagou	Tem sowa	Ledi Kayeri	-	Tètou tchorlo-tchorlo	Dipoudi	Sols ferrugineux tropicaux très concentrés ou indurés lessivés à concrétions
Sols sableux sans concrétions	Ilè igninyi	Tem pourapourarou	Ledi djaneri	Ayissa	Tètou kagniha	Dibiri	Sols ferrugineux tropicaux appauvris sans concrétions
Sols rouges	Ilè kpoukpa	Tem sowa	Ledi lopali	Vessissa	Tètou Koussèmoutou	Diténwouan	Sols ferralitiques faiblement désaturés
Sols noirs lourds des bas-fonds	Ilè doudou	Tem wonka	Ledi igouni	Ko	Tètou koukpètoutou	Ditensooh	Sols hydromorphes sur matériau alluvio-colluvial

Source : Résultats des travaux de terrain, 2015

En effet, dans toute la zone d'étude, quatre principaux types de sols ont été identifiés par les producteurs. Il s'agit des sols bruns très concrétionnés, des sols sableux sans concrétions (dominants dans la zone), des sols rouges un peu lourds et faciles à travailler (très peu répandus dans la zone) et les sols noirs lourds (riches en argile) rencontrés dans les bas-fonds. En général, il ressort des résultats du tableau XI que la plupart des noms locaux des sols sont basés sur la couleur, la texture, la topographie et la capacité de rétention en eau.

4.1.2- Indicateurs locaux de reconnaissance de la qualité des sols

Plusieurs indicateurs sont utilisés par les différents groupes socioculturels pour apprécier l'état de fertilité des sols avant leur exploitation. Il s'agit des indicateurs portant sur l'état (hauteur des plants, couleur des feuilles, grosseur des plants) et la composition (diversité des plants et présence de certaines plantes spécifiques en particulier les légumineuses) de la couverture végétale, la présence de la pédofaune (vers de terre, fourmis, termites, myriapodes et escargots) et le niveau de rendement de la précédente culture. La Figure 22 présente les résultats de l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) des groupes socio-culturels en fonction des indicateurs d'appréciation des sols fertiles.

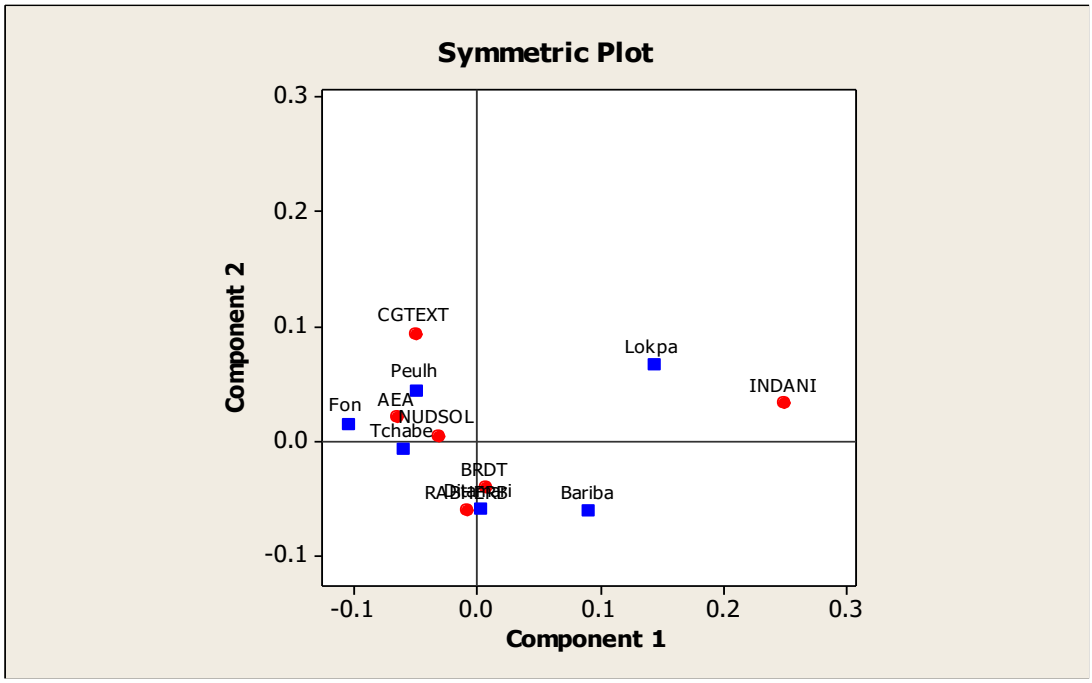


Notes : PCA : Présence de la pédofaune, PGA : Présence de grands arbres, FR : Rendement élevé, AVV : Couverture végétale verte.

Figure 22 : Relation groupes socioculturels et types d'indicateurs utilisés pour apprécier le niveau de fertilité d'un sol représenté dans un système d'axes de l'Analyse Factorielle des Correspondances.

Il ressort de l'analyse des résultats de la figure 22 que les indicateurs : présence de la pédofaune (commun aux groupes socioculturels Baatonu et Lokpa), présence de certaines espèces végétales (*Pterocarpus erinaceus* et *Anogeissus leiocarpa*) et couleur verdoyante de la végétation sont les indicateurs plus utilisés par les Fulani (Peulh) ; enfin, la présence de grands arbres et le niveau de rendement de la précédente culture sont spécifiques au groupe socio-culturel Tchabè.

D'autres types de critère sont également développés par l'ensemble des producteurs de la zone pour apprécier le niveau de dégradation des sols (Figure 23). Il s'agit entre autres de l'apparition de plages de nudité et de plants chétifs sur un sol, de la présence des reptiles, du jaunissement du couvert végétal et du faible niveau de rendements des cultures.



CGTEXT : Texture du sol, AEA : Apparition d'espèces adventices, INDANI : Présence de certains animaux, NUDSOL : Nudité des sols, BRDT : Baisse de rendement, RABH : Rabougrissement des herbes

Figure 23 : Résultats de l'AFC montrant les positions des groupes socioculturels et des indicateurs de reconnaissance des sols dégradés

Les résultats de l'AFC (Figure 23) montrent que la présence des reptiles et des fourmis rouges sont des indicateurs spécifiques au groupe Lokpa. Par contre, l'apparition de certaines espèces d'herbe (*Imperata cylindrica, Striga hermonthica, Ageratum conyzoides, etc.*) et l'apparition de plages de nudité du sol sont des indicateurs d'appréciation de l'état de dégradation des sols propres aux groupes Fulani (Peulh), Tchabè et Fon. Enfin, les faibles niveaux de rendement de la précédente culture en particulier le maïs, le rabougrissement des mauvaises herbes et la texture sableuse du sol sont des indicateurs beaucoup plus utilisés par les groupes Baatonu et Ditamari.

D'autres indicateurs non moins importants sont également utilisés pour apprécier le niveau de fertilité des sols. Ainsi, les Baatonou (79 % des personnes enquêtées) et Ditamari (86 % des personnes

enquêtes) utilisent la couleur du sol (une coloration blanchâtre indique un sol pauvre et une coloration noirâtre un sol riche car contenant plus de matière organique). Par ailleurs, la texture (un sol contenant plus de sable n'est pas propice pour les céréales, un sol gravillonnaire nécessite plus d'efforts pour le labour) est également utilisée comme indicateur d'appréciation. De même, la capacité de rétention d'eau du sol (un sol sableux provoque vite le flétrissement des plants, un sol argileux s'inonde vite alors qu'un sol mi- sableux et mi- argileux retient beaucoup l'eau pour alimenter les plantes), permet aux producteur d'apprécier la qualité des sols. C'est ainsi que la couleur foncée ou noire et la texture du sol sont des indicateurs de bonne fertilité. En revanche, les teintes jaune, claire et blanche caractérisent des sols pauvres (Photos 3 et 4).



Photo 6 : Aspect d'un sol fertile à Gbanlin
***Prise de vue** : Akpo, octobre 2014*



Photo 7 : Aspect d'un sol dégradé à Toui
***Prise de vue :** Akpo, Octobre 2014*

Outre, ces indicateurs les producteurs utilisent des espèces végétales pour apprécier le degré de fertilité des sols. La liste des espèces végétales indicatrices des sols fertiles et celle des espèces indicatrices des sols dégradés, utilisées par les différents groupes socio-culturels lors du choix des parcelles de cultures sont résumées respectivement dans le Tableau XII et le Tableau XIII.

Tableau XII : Liste des espèces végétales indicatrices des sols fertiles répertoriées de façon participative avec les groupes socioculturels dans la zone d'étude

Groupes socio-culturels	Noms locaux	Noms scientifiques	Pourcentage des répondants (%)
Baatonu	Gésoba	*Prosopis africana*	*65*
	Kakaara	*Anogeissus leiocarpa*	*87*
	Baa yarodou	*Pterocapus erinaceus*	*56*
	Gbabi wopura	*Isoberlinia doka*	*62*
	Abosou ou yagasou	*Imperata cylindrica*	*89*
	Nyakine sèkou	*Commelina benghalensis*	*54*
	Nyaabourou	*Daniellia oliveri*	*48*
	Sombou	*Vittelaria paradoxa*	*43*
	Boudoukou Boudoubou ou Dombou	*Parkia biglobosa*	*69*
Fulani (Peulh)	Gbaba	*Isoberlinia doka*	*36*
Ditamari	Moussi	*Anogeissus leiocarpa*	*41*
	Mouyo perimou	*Daniellia olivieri*	*26*
	Moutammou	*Parkia biglobosa*	*37*
Tchabè	Ewoua	*Andropogon (tectorum)*	*39*
	Aikpé	*Pterocapus erinaceus*	*54*
	Emin	*Vittelaria paradoxa*	*18*
	Ougba	*Parkia biglobosa*	*26*
	Akakagni	*Prosopis africana*	*27*
	Ayin	*Anogeissus leiocarpus*	*32*
	Akpaka	*Isoberlinia doka*	*73*
	Ouya	*Daniellia olivieri*	*21*
Fon	Hlihon	*Anogeissus leiocarpus*	*73*
	Kosso	*Pterocapus erinaceus*	*51*
	Kpakpa lolo	*Isoberlinia doka*	*48*
	Zatin	*Daniellia olivieri*	*47*
	Limoutin	*Vittelaria paradoxa*	*31*
	Ahouatin	*Parkia biglobosa*	*12*
Lokpa	Koud	*Prosopis africana*	*64*
	Siya	*Anogeissus leiocarpus*	*16*
	Noroud	*Pterocapus erinaceus*	*37*
	Ceko	*Isoberlinia doka*	*46*
	Founoyou	*Imperata cylindrical*	*52*
	Nakokoro	*Commelina benghalensis*	*18*
	Tamouya	*Vittelaria paradoxa*	*69*

Source : Résultats des travaux de terrain, 2015

Tableau XIII : Liste des espèces végétales indicatrices des sols dégradés répertoriées de façon participative avec les groupes socioculturels dans la zone d'étude

Groupes socioculturels	Noms locaux	Noms scientifiques	Pourcentage des répondants (%)
Baatonou	Sinkoura	*Striga hermonthica*	*66*
	Kourotoserèkpeki	*Ageratum conyzoïdes*	*57*
Peulh	Sènourè	*Striga hermonthica*	*86*
Ditamari	Moussi	*Ageratum conyzoides*	*39*
	Caasika	*Striga hermonthica*	*89*
	Cacaapuuta	*Commelina benghalensis*	*38*
	Mouyo perimou	*Daniellia olivieri*	*06*
Tchabè	Iguin	*Imperata cylindrical*	*27*
	Olokokpè	*Ageratum Conyzoides*	*61*
	Ilèkè okpolo	*Commelina benghalensis*	*12*
Mahi	Djinoukounsi	*Ageratum Conyzoides*	*42*
	Axanwi xanwi	*Commelina benghalensis*	*36*
Lokpa	Lamnoyou	*Striga hermonthica*	*76*
	Siya	*Ageratum Conyzoides*	*46*
	Founoyou	*Imperata cylindrical*	*22*
	Nyaadou	*Daniellia olivieri*	*11*

Source : Résultats des travaux de terrain, 2015

4.2- Pratiques de restauration de la fertilité des sols

4.2.1- Stratégies endogènes de restauration de la fertilité des sols

Les résultats de l'enquête ont montré que, sept techniques endogènes de restauration de la fertilité des terres agricoles sont pratiquées dans la zone d'étude. Il s'agit de la jachère naturelle de longue durée, la jachère avec présence des cultures pérennes en particulier l'anacardier, la jachère manioc, l'agroforesterie (association culturale anacardier cultures vivrières), les rotations culturales avec les légumineuses vivrières, les associations culturales céréales légumineuses vivrières et du parcage rotatif des bœufs sur les parcelles de production des cultures vivrières ou de l'igname. L'association des cultures avec l'anacardier s'effectue souvent lorsque l'arbre est à un jeune âge. Au-delà d'un certain âge cette association n'est plus possible surtout si la densité des arbres est importante.

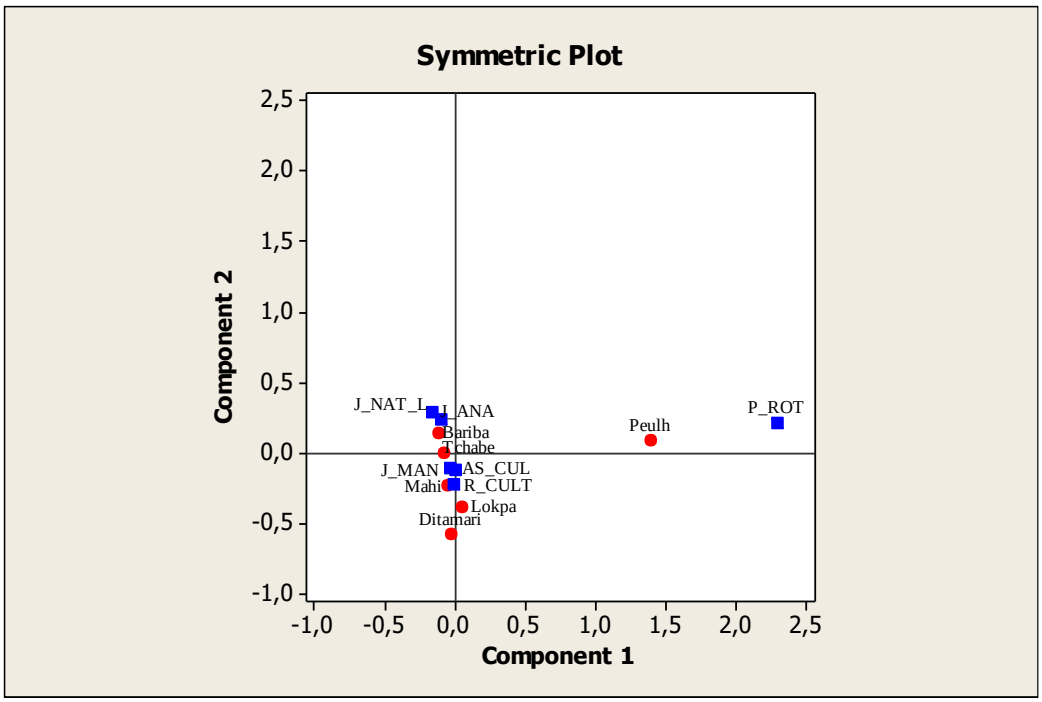
Le Tableau XIV présente les techniques de restauration de la fertilité des sols en fonction des groupes socio-culturels.

Tableau XIV : Importance (en pourcentage des personnes enquêtées) des pratiques endogènes de restauration de la fertilité des sols selon les groupes socio-culturels

Pratiques endogènes de restauration de la fertilité des sols dégradés	Groupes socio-culturels					
	Tchabè	Baatonou	Fulani Peulh	Mahi	Lokpa	Ditamari
Jachère avec présence de l'anacardier	77,7	85,8	58,5	72,2	8,3	0
Jachère de manioc	91,8	46,5	36,8	88,1	69,8	55,7
Jachère naturelle de longue durée	89,6	65,1	44,2	27,5	16,3	7,3
Rotation culturale des céréales avec les légumineuses vivrières	85,6	90,1	96,2	97,5	79,1	98,2
Association culturale céréales et légumineuses vivrières	84,9	90,3	79,2	94,4	84,6	84,8
Parcage rotatif des bœufs sur les parcelles de culture	4,0	9,5	78,8	1,2	23,3	5,5

Source : Résultats des travaux de terrain, 2015

Il ressort de l'analyse des résultats du tableau XI que tous les groupes socio-culturels adoptent à la fois plusieurs pratiques de restauration de la fertilité des sols à l'exception des Ditamari qui ne plante pas l'anacardier. Les groupes socio-culturels autochtones (Tchabè et Baatonou) pratiquent toutes les stratégies de restauration de la fertilité des sols. Les stratégies qui mobilisent la terre pour une longue durée d'exploitation (jachère de longue durée et agroforesterie) sont faiblement pratiquées par les groupes migrants venus de l'Atacora. La Figure 24 présente les résultats de l'Analyse Factorielle des Correspondances des stratégies de restauration de la fertilité des sols en fonction des groupes socio-culturels.



Notes : PARB = Parcage rotatif des bœufs ; J_NAT_L = Jachère de longue durée ; J_ANAR = Jachère avec anacardier ; P_ROT = Rotation des cultures avec légumineuses vivrières ; J_MAN = Jachère de manioc ; AS CULT = Association culturale avec légumineuses vivrières

Figure 24 : Positionnement des groupes socio-culturels et des pratiques endogènes de restauration de la fertilité des sols dans un système d'axes de l'Analyse Factorielle des Correspondances

Les informations contenues dans les variables sont contrôlées à 88,28 % par le système d'Axes 1 et 2. Les résultats de la figure 24 montrent également que suivant la ligne, la jachère avec l'anacardier, la jachère naturelle de longue durée et le parcage rotatif des bœufs sur les parcelles de culture participent à la formation de l'Axe F1 et la rotation culturale avec les légumineuses vivrières, l'association culturale avec les légumineuses vivrières et la jachère de manioc participent à la formation de l'Axe F2. Suivant la colonne, les groupes socio-culturels Tchabè, Fulani (Peulh) et Baatonu (Bariba) d'une part, participent à la formation de l'Axe F1 et d'autre part, les Mahi, les Lokpa et Ditamari participent à la formation de l'Axe F2.

La jachère avec présence de l'anacardier et la jachère de longue durée sont les stratégies traditionnelles de restauration de la fertilité des sols propres aux groupes socio-culturels Tchabè, Bariba et les Fon et apparentés. Tandis que le parcage rotatif des bœufs sur les parcelles de culture est propre au groupe ethnique Peulh. En général on observe que les Tchabè, les Ditamari et les Lokpa pratiquent les rotations culturales, les associations culturales et la jachère manioc pour le rétablissement du niveau de la fertilité des sols dégradés. La planche 6 illustre quelques pratiques qui ont cours dans le secteur d'étude.



Planche 6: Principaux systèmes de culture dans le bassin de l'Okpara
Prise de vue : Akpo, décembre 2015

La photo6.a montre une jachère de manioc à Yaoui qui est une pratique propre aux groupes Lokpa et Tchabè. La photo 6.b illustre une jachère de deux ans d'âge à base de pois d'angole à Toui. La jachère à base d'anacardier qui est une pratique propre aux autochtones est illustrée par la photo6.c et la photo 6.d montre une jeune jachère naturelle à Gninsy.

4.2.2- Pratiques améliorées introduites de restauration de la fertilité des sols

Dans l'ensemble les pratiques améliorées introduites de restauration de la fertilité des sols s'articulent autour de l'usage des engrais minéraux en particulier l'urée (60 % d'azote) et le NPK-SB 14-23-14-5-1 destinés à la culture du coton, et les engrais organiques (en particulier le fumier de ferme et le compost). Toutes ces technologies ont été introduites par les structures d'encadrement du monde rurale et par les chercheurs du Centre de Recherche Agricole (CRA) Centre Savè dont la zone d'intervention s'étend jusqu'à Ouèssè. Le Tableau XV présente les producteurs enquêtés qui pratiquent ces différentes technologies améliorées de restauration de la fertilité des sols selon les groupes socio-culturels.

Tableau XV : Importance (en pourcentage des producteurs enquêtés) des pratiques améliorées introduites de restauration de la fertilité des sols selon les groupes socio-culturels

Typologies des pratiques endogènes de restauration de la fertilité des sols	Groupes socio-culturels					
	Tchabè	Baatonu	Fulani (Peulh)	Mahi	Lokpa	Ditamari
Usage d'engrais minéral	7,8	35,5	3,5	81	31,5	23
Usage d'engrais organique	21,2	16,4	41,5	31	3,8	11,4

Source : Résultats des travaux de terrain, 2015

Il ressort de l'analyse des résultats du Tableau XII que l'usage des engrais minéraux concerne 81 % des producteurs du groupe socioculturel Mahi, suivis des groupes socioculturels Baatonu (Bariba) (35,5 %) et Lokpa (31,5 %). En ce qui concerne l'usage des engrais organiques, ce sont exclusivement les producteurs des groupes socio-culturels Fulani (Peulh) (41,5 %) qui le pratique cette stratégie de restauration de la fertilité des sols dégradés. La proportion des Tchabè (21,2 %) utilisant cette technologie est non moins importante.

4.2.3- Caractéristiques des différentes technologies de restauration de la fertilité des sols pratiquées dans la zone d'étude

Plusieurs types de jachère ont été identifiés dans le secteur d'étude. Il s'agit des jachères de courte durée (moins de 3 ans), des jachères de 5 ans et des jachères de longue durée (plus de 5 ans) avec présence ou non d'anacardier. Les jachères de courte durée sont souvent en association avec des cultures de pois d'angole (*Cajanus cajan*) ou du manioc (cas de la jachère manioc). Celles de plus de 5 ans sont laissées avec de l'anacardier (*Anacardium occidentale*). Seuls les autochtones propriétaires terriens, pratiquent ce mode de jachère avec présence d'anacardier et des jachères naturelles de longue durée. Ainsi, 84,5 % des personnes enquêtées appartenant aux groupes socio-culturels Tchabè, Baatonou et Fon et apparentés ont affirmé laisser leurs terres en jachère lorsque des signes de dégradation souvent caractérisés par des baisses de rendement apparaissent. La jachère manioc est pratiquée aussi bien par les migrants et les autochtones Mahi de Ouèssè. Ces groupes socio-culturels ne disposent souvent pas suffisamment de terres cultivables. Le pois d'angole (*Cajanus cajan*) est une pratique culturale propre aux Tchabè. Cette pratique de restauration de la fertilité des sols consiste à mettre en place la plante sur les parcelles dégradées. Après une ou deux saisons de culture, une rotation culturale avec le maïs est faite. Selon la perception des producteurs non seulement cette plante qui est une légumineuse arbustive permet de restaurer la fertilité des sols mais elle élimine également le chiendent (*Imperata cylindrica*) par son système racinaire et l'importante biomasse produite.

Les associations culturales le plus souvent pratiquées dans la zone sont maïs/arachide, maïs/sorgho et maïs/manioc dans une proportion de ½ pour chacune des cultures sur l'espace occupé. Il n'est pas rare de voir des associations céréale (maïs ou sorgho) avec le niébé. Les associations culturales se pratiquent sur un sol dont le niveau de fertilité n'est pas encore en dégradation avancé pour les deux cultures. En ce qui concerne l'occupation de l'espace, selon la perception des producteurs, la technique permet à la fois de maximiser, de diversifier la production et de réduire le développement anarchique des adventices. La technique est plus répandue chez les migrants que chez les autochtones. Elle est pratiquée par 45 % des autochtones et 72 % des migrants enquêtées.

La rotation des cultures est pratiquée par 75 % des producteurs enquêtés tous les groupes socio-culturels compris. Les variétés tardives sont préférées pour la première saison agricole plus longue que la seconde. En générale dans la zone, l'igname vient souvent en tête de rotation après une nouvelle friche. Ainsi, les producteurs enquêtés ont affirmé qu'ils font une succession des cultures dans l'ordre suivant : igname, maïs, arachide ou niébé ou soja, manioc. L'introduction du soja dans le système de rotation est spécifique aux groupes socio-culturels Ditamari et Lokpa. Toutefois, certaines personnes enquêtées ont affirmé cultiver le coton en tête de rotation (23 %), mais cette pratique est plus observée chez les Mahi et les migrants venus du département de l'Atacora. On remarque également que les producteurs font la rotation coton-céréale (21 %) en vue de faire bénéficier par la céréale les arrières effets de la précédente fumure minérale appliquée au cotonnier.

En général dans la zone d'étude, l'usage des engrais minéraux est pratiqué uniquement par les producteurs de coton et quelque rare fois par les producteurs de maïs. Seulement 25,45 % des producteurs enquêtés utilisent les engrais minéraux en raison de leur coût très élevé (12 000 F CFA lorsqu'ils sont subventionnés et 18 000 FCFA sur le marché) et des difficultés d'approvisionnement. L'engrais NPK-SB 14-23-14 5-1 est appliqué aussi bien pour le coton que pour le maïs à la dose recommandée par les services de vulgarisation (150 kg/ha de NPKSB 15 jours après le semis et 50 kg/ha d'urée 45 jours après semis). Au total seulement 8,3 % des personnes enquêtées respectent cette disposition contre 25,45 % qui ne fractionne pas les apports. Cette dernière catégorie de producteur mélange les deux types d'engrais selon les doses recommandées puis font un apport unique à 40 jours après semis.

L'utilisation des engrais organiques se limite uniquement à la communauté Fulani (Peulh) (agro-éleveur). L'amendement organique le plus pratiqués (17,9 % des personnes enquêtées) dans la zone est le parcage rotatif des bœufs. Toutefois, certains producteurs appartenant aux groupes socio-culturels Baatonu (Bariba) (21,5 %) et Tchabè (4,5 %) signent des contrats de parcage avec les Fulani (Peulhs) sédentaires ou transhumants. La rémunération du Fulani (Peulh) dans ce type de contrat est qu'ils profitent librement et sans inquiétude des résidus de récolte sur les parcelles de culture du producteur.

En retour, le producteur améliore le stock de matière organique de sa parcelle à travers les déjections des animaux. L'efficacité de cette pratique dépend de la taille du cheptel.

4.2.4- Performance des pratiques traditionnelles et introduites de restauration de la fertilité des sols

Il ressort des résultats des enquêtes de terrain que 87,3 % des producteurs enquêtés affirment que la jachère naturelle améliore de 25 % le niveau de rendement du maïs et de 30 % celui de l'igname, surtout quand elle est de longue durée (supérieur à 10 ans). Sur les jachères de courte durée (1 à 3 ans), les paysans sont obligés de cultiver les légumineuses vivrières notamment le soja ou l'arachide pour espérer un meilleur rendement pour la subséquente culture de maïs qui est plus exigeante en nutriment. En effet, 75,6 % des producteurs enquêtés ont affirmé que dans ce système de rotation culturale, le niveau de la subséquente culture de maïs peut être amélioré de 15 % comparativement au rendement initial avant la mise en jachère de la parcelle.

En plus de ces deux types de jachères, deux autres sont reconnus pour leur efficacité dans l'amélioration du rendement d'une culture de maïs considérée comme plante test. Il s'agit de la jachère avec des cultures pérennes en particulier l'anacardier et de la jachère améliorée avec les légumineuses vivrières et avec le *Cajanus cajan*. La jachère avec la culture pérenne se fait souvent soit avec l'anacardier et parfois le teck (*Tectona grandis*). Ce système est très apprécié par les producteurs (73 % des personnes enquêtées) par sa capacité de restauration de la fertilité des sols dégradés. En effet, des résultats de nos enquêtes, il ressort de la perception des producteurs que le rendement d'une culture de maïs est amélioré de 50 % comparativement à la situation initiale. La jachère avec les cultures annuelles comporte le pois d'angole ou le manioc. Ces deux cultures peuvent rester sur la parcelle pendant une durée de deux ans selon la variété des deux cultures. Pour 89 % des personnes pratiquants ce système de culture, il permet de restaurer la fertilité des sols sur une année seulement mais très performant car améliore le niveau de rendement d'une subséquente culture de maïs de 40 % par rapport à la situation initiale. En ce qui concerne le parcage rotatif des bœufs sur les parcelles de culture, 96 % des producteurs peulh enquêtés ont affirmé qu'il est très efficace et permet d'accroître le rendement de la culture de maïs et du sorgho en association de 50 % par rapport à la situation initiale. Cette technologie de gestion de la fertilité des sols n'est rien d'autre qu'une stratégie de transformation des résidus bruts de récolte en des produits moins lignifiés pour l'augmentation du stock de matière organique du sol.

En ce qui concerne, les rotations et associations culturales les producteurs enquêtés pensent qu'elles sont moins performantes dans la restauration du niveau de fertilité des sols dégradés comparativement aux technologies précédemment mentionnées. En général, l'igname est en tête de rotation surtout

quand il s'agit de nouvelles friches. 69 % des producteurs enquêtés pensent qu'elle permet seulement de maintenir le niveau des rendements des cultures. Par contre, les engrais minéraux sont reconnus très performantes et à action très rapide par la majorité des personnes enquêtées. Selon la perception des producteurs, cette technique permet non seulement de doubler le niveau de rendement des cultures si l'engrais est bien appliqué. De plus sous une bonne pluviométrie, elle permet également à la subséquente culture de bénéficier de ces arrières effets. Donc l'on peut espérer un double bénéfice comparativement aux autres techniques de restauration de la fertilité des sols.

4.3- Efficacité des pratiques de restauration de la fertilite des sols

4.3.1- Caractéristiques physico-chimiques des sols

Les résultats des caractéristiques chimiques du sol des différents systèmes de culture sont consignés dans le Tableau XVI

Tableau XVI : Caractéristiques chimiques des sols (moyenne ± erreurs standards) dans les différents systèmes de production.

Systèmes de culture	pH eau	N (g/kg)	C (g/kg)	MO (g/kg)	K (Cmol/kg)	Ca (Cmol/kg)	Mg (Cmol/kg)	P ass (mg/kg)
Arachide-Maïs	7,27 ± 0,04dc	0,73 ± 0,01a	9,37 ± 0,08bdc	16,16 ± 0,15bdc	0,31 ± 0,06a	4,04 ± 0,36b	0,48 ± 0,03a	28,22 ± 0,65b
Coton-Maïs	6,78 ± 0,02^{e}	0,77 ± 0,02a	14,14 ± 0,06bac	24,38 ± 0,11bac	0,26 ± 0,01a	6,38 ± 0,01b	0,82 ± 0,02a	98,69 ± 8,59a
Engrais	6,43 ± 0f	0,89 ± 0,03a	13,14 ± 0,71bdac	22,66 ± 1,24bdac	0,22 ± 0,03a	7,43 ± 0,26b	0,47 ± 0,26a	117,74 ± 1,27a
Jachère 4-10 ans	7,69 ± 0,05b	0,95 ± 0,06a	16,38 ± 0,36ba	28,24 ± 0,62ba	0,24 ± 0,01a	6,95 ± 0,45b	0,81 ± 0,04a	48,52 ± 1,04b
Jachère 0-4 ans	7,54 ± 0,09bc	0,65 ± 0,12a	9,62 ± 1,21bdc	16,58 ± 2,08bdc	0,17 ± 0,03a	5,58 ± 0,96b	0,51 ± 0,04a	25,42 ± 14,43b
Manioc-Maïs	7,33 ± 0,03dc	0,74 ± 0,14a	11,76 ± 4,28bdac	20,27 ± 7,38bdac	0,24 ± 0,08a	5,71 ± 2,62b	0,60 ± 0,24a	37,93 ± 28,86b
Niébé-Maïs	7,54 ± 0,01bc	0,81 ± 0,02a	9,74 ± 0,09bdc	16,79 ± 0,15bdc	0,19 ± 0,05a	5,76 ± 0,34b	0,51 ± 0,01a	35,80 ± 0,08b
Non Parcage	7,95 ± 0,12a	0,64 ± 0,14a	7,80 ± 1,50dc	13,44 ± 2,58dc	0,29 ± 0,05a	3,71 ± 0,89b	0,53 ± 0,18a	18,41 ± 7,19b
Parcage	7,41 ± 0,10c	0,59 ± 0,05a	6,25 ± 0,88d	10,78 ± 1,52d	0,26 ± 0,04a	5,30 ± 1,90b	0,58 ± 0,07a	7,79 ± 3,82b
Jachère > 10ans	7,70 ± 0,05b	0,80 ± 0,07a	11,10 ± 1,05bdac	19,14 ± 1,82bdac	0,28 ± 0,01a	6,03 ± 0,35b	0,69 ± 0,07a	14,56 ± 4,62b
Soja-Maïs	7,14 ± 0,02d	1,03 ± 0,04a	17,32 ± 0,29a	29,86 ± 0,49a	0,28 ± 0,01a	12,21 ± 0,29a	0,85 ± 0,04a	31,31 ± 0,41b
Sorgho-Maïs	7,40 ± 0,02c	0,85 ± 0,07a	12,70 ± 0,02bdac	21,89 ± 0,03bdac	0,28 ± 0,1a	4,40 ± 2,20b	0,50 ± 0,13a	37,04 ± 0,26b
Probabilité	46,69***	2,59 ns	5,36**	5,36**	0,67ns	3,30*	1,87 ns	10,97***

Source : Résultats des travaux de terrain, 2016 ns : P >0,05 * : P < 0,05 **: P < 0,01 *** : P < 0,001

Les moyennes suivies de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différentes (P > 0,05) d'après le test de Student Newman-Keuls.

L'analyse de variance montre, qu'il existe une différence très significative (P < 0,05 à P < 0,0001) entre les différents systèmes de culture en ce que concerne les teneurs en carbone, calcium et phosphore assimilable de même que le pH eau. Cependant, aucune différence significative (P > 0,05) n'est notée entre les différents systèmes de culture en ce qui concerne les teneurs en azote, Potassium et Magnésium.

Les valeurs des pHeau observées de façon générale montrent que les sols des différents systèmes de culture sont moyennement neutres. Le test de Student Newman Keuls a montré que les valeurs les plus élevées de la teneur en carbone et en calcium sont observées dans les systèmes soja-maïs alors que le système coton-maïs et engrais ont enregistré les meilleures teneurs en phosphore (Tableau 1). D'une manière générale le système parcage a enregistré les plus faibles teneurs en éléments nutritifs selon le test de Student Newman Keuls.

4.3.2-Effet des différents types de système de culture et du mode d'utilisation des sols sur les paramètres de croissance des plants de maïs

Les effets des différents types de système de culture et du mode d'utilisation des sols sur les paramètres de croissance des plants de maïs sont synthétisés dans le Tableau XVII.

Tableau XVII : Anova à deux facteurs (Valeur de Fisher) réalisé sur les paramètres de croissance des plants de maïs

Source de variation	Degré de liberté	Valeur de Fischer			
		Circonférence au collet	Hauteur des Plants	Largeur des feuilles	Longueur des Feuilles
Campagne agricole	1	27,39***	6909,10***	0,40 ns	14,26***
Systèmes de culture	11	4,02***	8,63***	1,09 ns	3,51***
Répétition	2	2,14 ns	1,47 ns	0,22 ns	0,66 ns
Campagne*Système de culture	11	13,62***	25,78***	0,97 ns	5,63***

Source : Résultats des travaux de terrain, 2016 ns : P >0,05 * : P < 0,05 **: P < 0,01 *** : P < 0,001

Les résultats de l'analyse de variance réalisée sur les paramètres de croissance (TableauXVII) montrent qu'il existe une différence très hautement significative (P < 0,001) entre les campagnes agricoles et les systèmes de culture de même que leur interaction en ce qui concerne la circonférence au collet, la hauteur des plants et la longueur des feuilles. Cependant, ces mêmes résultats n'ont montré aucune différence significative (P > 0,05) en ce qui concerne la largeur des feuilles.

Le Tableau XVIII présente les valeurs moyennes des paramètres de croissance des plants de maïs suivant la campagne agricole et les systèmes de culture.

Tableau XVIII : Effet des sytèmes de culture sur Paramètres de croissance (moyenne ± erreur standard) au cours des deux campagnes

Campagne	Systèmes de culture	Cir-collet	Hauteurs plants	Larg Feuil	Long Feuil
2014-2015	Arachide-Maïs	7,28 ± 0,45bc	117,68 ± 7,06c	6,77 ± 0,66b	80,91 ± 12,24ba
	Coton-Maïs	10,61 ± 0,93b	178,09 ± 6,37ba	11,96 ± 0,47a	112,06 ± 1,94a
	Engrais	10,06 ± 0,73b	177,50 ± 3,76ba	9,29 ± 1,39ba	92,16 ± 1,39ba
	Jachère 4-10 ans	6,90 ± 0,91bc	104,45 ± 13,25c	7,66 ± 0,78b	106,88 ± 12,66a
	Jachère 0-4 ans	4,63 ± 0,75c	141,75 ± 10,39bac	7,02 ± 0,28b	76,87 ± 0,26ba
	Manioc-Maïs	5,09 ± 1,36c	129,50 ± 6,08bc	6,54 ± 0,97b	58,04 ± 3,60b
	Niébé-Maïs	10,35 ± 0,64b	135,11 ± 3,96bc	8,31 ± 1,28b	102,48 ± 5,78a
	Non Parcage	6,24 ± 0,51bc	120,08 ± 14,09c	7,12 ± 0,59b	59,01 ± 4,12b
	Parcage	14,83 ± 1,23a	187,22 ± 1,23a	11,79 ± 0,73a	110,88 ± 0,84a
	Sans engrais	4,63 ± 1,81c	97,05 ± 0,90c	6,22 ± 0,98b	68,94 ± 15,88b
	Soja-Maïs	5,87 ± 0,80bc	132,42 ± 15,49	5,37 ± 0,24b	65,96 ± 4,08b
	Sorgho-Maïs	6,54 ± 0,96bc	141,54 ± 23,30bac	7,21 ± 0,85b	68,22 ± 7,71b
	Moyenne	7,75 ± 0,55A	138,53 ± 5,39A	7,94 ± 0,394A	83,53 ± 3,80A
2015-2016	Arachide-Maïs	6,13 ± 0,26bac	1,47 ± 0,13a	7,55 ± 0,91a	65,55 ± 3,50bc
	Coton-Maïs	4,65 ± 0,67c	1,65 ± 0,04a	6,68 ± 0,68a	63,77 ± 6,43bc
	Engrais	6,17 ± 0,35bac	1,36 ± 0,04a	9,05 ± 0,77a	86,77 ± 7,85ba
	Jachère 0-4ans	7,05 ± 0,55ba	0,80 ± 0,03b	5,98 ± 0,47a	68,66 ± 3,95bc
	Jachère 4-10 ans	6,91 ± 0,49ba	1,26 ± 0,07a	11,51 ± 4,63a	70,00 ± 4,95bc
	Manioc-Maïs	7,74 ± 0,18a	1,44 ± 0,12a	7,33 ± 0,88a	73,66 ± 6,16bc
	Niébé-Maïs	4,71 ± 0,33c	1,55 ± 0,08a	6,41 ± 0,42a	62,66 ± 5,28bc
	Non Parcage	6,30 ± 0,37bac	1,47 ± 0,13a	8,06 ± 1,07a	81,66 ± 7,94ba
	Parcage	6,88 ± 0,75ba	1,57 ± 0,15a	6,44 ± 0,45a	67,66 ± 5,54bc
	Jachère >10 ans	7,46 ± 0,17a	1,63 ± 0,02a	7,11 ± 0,53a	96,44 ± 6,68a
	Soja-Maïs	5,34 ±	1,67 ± 0,10a	7,00 ± 0,68a	68,55 ± 4,02bc

	0,56bc			
Sorgho-Maïs	6,00 ± 0,52bac	1,64 ± 0,05a	6,15 ± 0,41a	53,00 ± 3,73c
Moyenne	6,28 ± 0,15B	1,46 ± 0,03B	7,44 ± 0,43A	71,53 ± 1,90B

Source : Résultats des travaux de terrain, 2016

Les moyennes suivies de la même lettre alphabétique de même caractère et pour le même facteur ne sont pas significativement différentes (P > 0,05) d'après le test de Student Newman-Keuls.

Il ressort du Tableau XVIII que le système parcage a enregistré les meilleurs performances en ce concerne les paramètres de croissance au cours de la campagne 2014-2015 alors que le système maïs-manioc a permis d'avoir les plants les plus vigoureux et la jachère d'une durée > 10 ans a donné les feuilles les plus larges (P < 0,05) selon le test de Student Newman-Keuls au cours de la campagne 2015-2016. La largeur des feuilles ne varient pas significativement (P > 0,05) d'un système à un autre et les jachères de 0-4 ans ont enregistré les plants de maïs de petites tailles (P < 0,005) au cours de la même campagne.

D'une manière générale, la campagne 2014-2015 a permis d'avoir les meilleures performances en ce qui concerne la hauteur des plants, la circonférence au collet des plants et la longueur des feuilles de maïs. Aucune différence significative (P > 0,05) n'existe entre les deux campagnes en ce qui concerne la largeur de feuilles (Tableau XVIII).

4.3.3- Effet des différents types de système de culture et du mode d'utilisation des sols sur les paramètres de rendement du maïs

Le Tableau XIX présente le résumé des différents types de système de culture et du mode d'utilisation des sols sur les paramètres de rendement du maïs.

Tableau XIX: Anova à deux facteurs (Valeur de Fisher) réalisé sur les paramètres de rendement des plants de maïs

Source de variation	Degré de liberté	Valeur de Fischer						
		Larg Epis	Long Epis	Poids Epis	Poids Paille	Rend Paille	Rend Grain	Indice de Rendement
Campagne agricole	1	43,55***	133,69***	30,42***	303,07***	333,09***	30,42***	266,57***
Systèmes de culture	11	10,45***	12,35***	6,57***	6,08***	6,08***	6,57***	2,34*
Répétition	2	0,35 ns	0,49 ns	0,51 ns	1,57 ns	1,56 ns	0,51ns	0,85 ns
Campagne*Système de culture	11	13,26***	30,51***	10,47***	2,24 ns	2,24*	10,47***	1,85*

Source : Résultats des travaux de terrain, 2016 ns : P >0,05 * : P < 0,05 **: P < 0,01 *** : P < 0,001

L'analyse du Tableau XIX révèle qu'il y a une différence hautement significative entre les campagnes agricoles et les systèmes de culture. Leur interaction montre qu'il y a une différence hautement significative au niveau des paramètres de la largeur des épis, de la longueur des épis, du poids des épis et du rendement grain entre les deux campagnes. S'agissant du poids des pailles, les résultats indiquent qu'il n'y a pas une différence significative au niveau de ce paramètre.

Le Tableau XX présente les résultats du test de Student Neyman Keuls en ce qui concerne les effets des systèmes de culture sur les paramètres de rendement.

Tableau XX : Effet des sytèmes de culture sur Paramètres de rendement (moyenne ± erreur standard) au cours des deux campagnes

Campagne	Systèmes de culture	Larg Epis	Long Epis	Poids Epis	Poids Paille	Rend Paille	Rend Grain	Indice de Rendement
2014-2015	Arachide-Maïs	5,35 ± 1,38ed	13,54 ± 2,69b	1,23 ± 0,14cd	0,21 ± 0,03c	86,66 ± 13,92c	493,33 ± 58,84dc	0,84 ± 0,03a
	Coton-Maïs	15,56 ± 1,57bac	48,91 ± 5,42a	4,66 ± 0,72bac	1,81 ± 0,16ba	725,33 ± 64,71ba	1866,67 ± 290,99bac	0,71 ± 0,03a
	Engrais	21,41 ± 0,44ba	45,33 ± 0,72a	5,22 ± 0,33ba	0,56 ± 0,07c	226,66 ± 29,33c	2088 ± 135,11ba	0,90 ± 0,006a
	Jachère 4-10 ans	4,63 ± 0,81e	18,87 ± 1,16b	0,68 ± 0,09d	0,20 ± 0,02c	81,33 ± 9,61c	273,33 ± 37,61d	0,77 ± 0,005a
	Jachère 0-4ans	8,97 ± 3,37ced	17,37 ± 2,88b	3,27 ± 2,02bdc	0,306 ± 0,162c	122,66 ± 64,92c	1309,33 ± 810,88dc	0,82 ± 0,12a
	Manioc-Maïs	9,12 ± 1,50ced	11,70 ± 0,51b	0,73 ± 0,34d	0,17 ± 0,07c	69,06 ± 30,28c	294,66 ± 138,12d	0,69 ± 0,23a
	Niébé-Maïs	10,05 ± 1,66ced	14,72 ± 1,97b	2,11 ± 0,13cd	1,31 ± 0,24bc	526,66 ± 97,23bc	844,00 ± 52,20dc	0,62 ± 0,03a
	Non Parcage	9,17 ± 0,99ced	22,33 ± 6,84b	1,85 ± 0,78cd	0,76 ± 0,62c	304,00 ± 249,07c	742,66 ± 313,40dc	0,81 ± 0,09a
	Parcage	22,94 ± 1,09a	57,44 ± 3,47a	6,58 ± 0,62a	2,21 ± 0,51a	885,33 ± 206,00a	2633,33 ± 251,65a	0,75 ± 0,03a
	Jachère > 10 ans	10,50 ± 4,34ced	20,54 ± 10,88b	1,35 ± 0,84cd	0,26 ± 0,03c	104,00 ± 15,22c	541,33 ± 339,57dc	0,73 ± 0,10a
	Soja-Maïs	14,79 ± 1,12bcd	17,47 ± 1,22b	1,19 ± 0,22cd	0,21 ± 0,01c	82,66 ± 4,80c	478,66 ± 89,80dc	0,84 ± 0,02a
	Sorgho-Maïs	11,39 ± 1,61ced	19,67 ± 2,65b	1,21 ± 0,23cd	0,223 ± 0,06c	88,66 ± 24,82c	484,00 ± 95,44dc	0,84 ± 0,02a
	Moyenne	12,07 ± 1,04B	25,66 ± 2,72B	2,51 ± 0,36B	0,68 ± 0,12B	275,25 ± 51,91B	1004,11 ± 146,23B	0,78 ± 0,02A
2015-	Arachide-	13,33 ± 0,41dc	13,88 ±	3,16 ±	4,41 ±	1764,89 ±	1267,56 ±	0,42 ±

2016	Maïs		0,61bdc	0,15bc	0,26bdac	101,74bdac	62,25bc	0,02ba
	Coton-Maïs	13,55 ± 0,41dc	13,22 ± 0,98dc	3,54 ± 0,25bc	5,21 ± 0,25a	2085,78 ± 101,57a	1417,78 ± 103,51bc	0,40 ± 0,02ba
	Engrais	15,77 ± 0,40bac	17,77 ± 0,99a	3,57 ± 0,18bc	4,74 ± 0,41bac	1897,78 ± 167,74bac	1431,11 ± 73,56bc	0,43 ± 0,02ba
	Jachère 0-4ans	16,77 ± 0,92ba	17,55 ± 0,80ba	3,22 ± 0,25bc	3,13 ± 0,49d	1252,89 ± 198,24d	1288,89 ± 101,71bc	0,52 ± 0,04a
	Jachère 4-10ans	15,66 ± 0,44bdac	17,33 ± 0,98ba	5,26 ± 0,43a	4,94 ± 0,43ba	1977,78 ± 175,25ba	2106,67 ± 175,87a	0,51 ± 0,03a
	Manioc-Maïs	16,55 ± 0,94ba	18,00 ± 0,47a	3,59 ± 0,34bc	3,42 ± 0,23dc	1368,89 ± 93,51bdc	1437,78 ± 136,62bc	0,50 ± 0,03ba
	Niébé-Maïs	13,77 ± 0,32dc	12,33 ± 1,58d	2,51 ± 0,29c	4,30 ± 0,54bdac	1722,22 ± 217,87bdac	1004,00 ± 116,72c	0,37 ± 0,03b
	Non Parcage	13,00 ± 0,50d	16,33 ± 0,79bac	3,05 ± 0,21bc	3,04 ± 0,27d	1217,78 ± 109,76d	1222,22 ± 86,20c	0,50 ± 0,02ba
	Parcage	17,44 ± 0,72a	17,88 ± 0,78a	4,05 ± 0,26b	4,68 ± 0,48bac	1875,56 ± 194,41bac	1622,22 ± 106,89b	0,47 ± 0,02ba
	Jachère >10 ans	14,44 ± 0,55bdc	17,55 ± 0,83ba	3,15 ± 0,34bc	3,25 ± 0,38dc	1303,11 ± 153,16dc	1263,56 ± 138,84bc	0,49 ± 0,02ba
	Soja-Maïs	14,55 ± 0,86bdc	18,11 ± 0,53a	3,79 ± 0,26bc	5,77 ± 0,18a	2311,11 ± 72,04a	1516,44 ± 103,08bc	0,39 ± 0,01ba
	Sorgho-Maïs	14,27 ± 0,22bdc	15,33 ± 0,84bdac	3,41 ± 0,26bc	5,02 ± 0,39a	2008,89 ± 159,69a	1365,33 ± 107,79bc	0,40 ± 0,02ba
	Moyenne	14,93 ± 0,21A	16,27 ± 0,31A	3,52 ± 0,09A	4,33 ± 0,13A	1732,22 ± 53,60A	1411,96 ± 39,79A	0,45 ± 0,01B

Source : Résultats des travaux de terrain, 2016

Les moyennes suivies de la même lettre alphabétique de même caractère et pour le même facteur ne sont pas significativement différentes (P > 0,05) d'après le test de Student Newman-Keuls.

L'analyse du Tableau XX montre globalement que la campagne 2015-2016 est la campagne qui a donné les meilleurs rendements au niveau de tous les paramètres sauf au niveau de l'indice rendement. Le système de parcage rotatif des bœufs est le système qui a donné les meilleurs rendement pour la campagne 2014-2015. Toutefois, le système jachère de 0-4 ans a donné au niveau du rendement grain sec le meilleur rendement à la campagne 2015-2016.

La figure 25 présente le rendement grain par système de culture au niveau des deux campagnes agricoles.

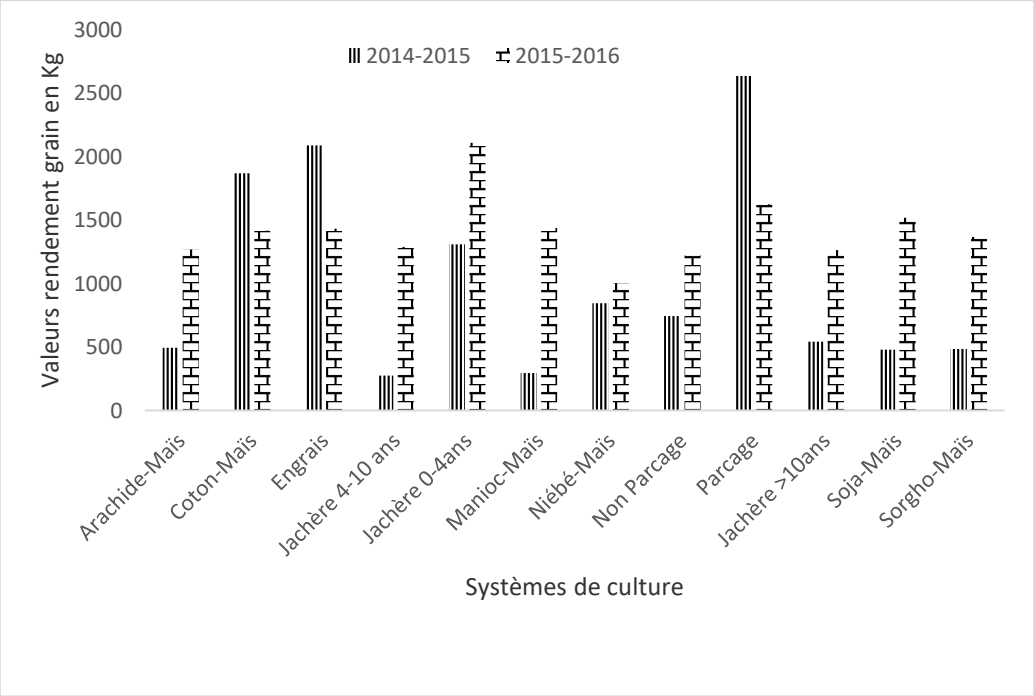


Figure 25 : Rendement grain sec du maïs obtenu dans les deux campagnes agricoles
Source : Résultats des travaux de terrain, 2016

L'anlyse de la figure 25 montre que les rendements du grain de maïs a varié non seulement au niveau des campagnes agricoles mais aussi au niveau des systèmes de culture. Pour la campagne 2014-2015, le système parcage a donné le rendement le plus élevé soit 2633 Kg/ha. A cela, s'ajoute le système qui consiste à l'application d'engrais minéral (2088 Kg/ha). Le système qui a enregistré le rendement le plus faible est le système jachère de 4-10 ans (273 Kg/ha). En revanche, pour la campagne 2015-2016, c'est le système de culture jachère 0-4 ans qui a enregistré le rendement le plus élevé (2106 Kg/ha). Il est suivi du système de culture parcage (1622 Kg/ha).

Conclusion partielle

Les groupes socio-culturels installés dans le bassin de la rivière Okpara ont différentes perceptions de leurs sols. Quatre types de sol (les sols bruns très concrétionnés, les sols sableux sans concrétions, les sols rouges et les sols noirs lourds des bas-fonds) ont été identifiés. Les indicateurs endogènes de classification communs à tous les groupes socio-culturels sont basés sur la couleur, la texture, la situation topographique et la capacité de rétention d'eau. Quatre principaux indicateurs d'appréciation de l'état de fertilité des sols ont été identifiés. L'indicateur communément utilisé est la composition floristique de la végétation et ses caractéristiques (taille des espèces végétales, couleur des feuilles). Le deuxième indicateur utilisé est la présence de la pédofaune notamment les terricules des vers de terre et les escargots. En revanche, les plages de sols nus, la richesse en sable, le *Striga hermontica*, et dans une moindre mesure l'*Imperata cylindrica*, sont des indicateurs utilisés de façon différente par les Baatonu et Fulani (Peulh) (Striga) d'une part et par les Tchabè et les Mahi (Imperata) d'autre part pour apprécier l'état de fertilité des sols.

L'analyse des pratiques et les stratégies de restauration de la fertilité des sols dans le bassin de l'Okpara au Bénin montre que les rotations culturales et la jachère de manioc sont des pratiques adoptées par les migrants notamment les Lokpa et les Ditamari venus du nord-ouest du Bénin. Quant aux autochtones (Tchabè, Mahi et Baatonu), ils utilisent la jachère avec l'anacardier et la jachère de longue durée comme stratégie de restauration de la fertilité des sols. Les Fon et apparentés par contre adoptent plus les engrais minéraux pour l'amélioration de la fertilité des sols. L'usage des engrais organiques à travers le parcage rotatif des bœufs sur les parcelles de culture est une pratique de restauration des sols exclusive au Peulh. Toutefois, certains groupes notamment les Baatonu et les Tchabè ont commencé par signer des contrats avec les éleveurs Fulani (Peulh) transhumant.

L'utilisation des engrais minéraux a été révélée être le plus efficace des stratégies améliorées introduites par les services de vulgarisation pour l'amélioration de la fertilité des sols. Par contre, les rotations et associations culturales avec les légumineuses vivrières ont été classées par les producteurs parmi les stratégies les moins performantes.

L'étude de la performance des systèmes de culture a montré que, le système de parcage des bœufs a permis d'avoir les meilleurs paramètres de croissance des plants pour la campagne 2014-2015 avec un rendement en grain sec (2633 kg/ha). Alors qu'à la campagne 2015-2016, le système manioc-maïs et le système jachère (4-10 ans) ont permis respectivement d'avoir les meilleurs paramètres de croissance et le rendement en grain sec (2106 kg/ha).

CHAPITRE V
GESTION DE LA TENURE FONCIERE ET DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DES SOLS

Les modes d'accès aux terres ainsi que les types de transactions foncières ont été abordés dans ce chapitre. La cartographie de la dynamique des unités d'occupations des terres a été analysée à travers les cartes de 1990, 2000 et 2014. L'évolution des unités d'occupation du sol entre ces trois périodes a été ensuite évaluée à travers la matrice de conversion et les intensités de changement. Enfin, l'évolution probable des unités d'occupation du sol a été prédicte à l'horizon 2050 en considérant que les pratiques actuelles de l'exploitation des ressources naturelles seront toujours maintenues. Les probabilités de transition établies déduites des cartes de 1990, 2000 et 2014 constituent les bases de cette prédiction.

5..1- Statuts fonciers et mode d'accès à la terre

Deux types de statuts fonciers existent dans le milieu d'étude : les possesseurs fonciers et les non possesseurs. Les premiers disposent d'un droit d'usage permanent alors que les seconds ne bénéficient que d'un droit d'usage temporaire et conditionné. Les possesseurs fonciers sont des autochtones qui ont accédé à la terre par héritage ou des migrants qui ont bénéficié d'un droit d'usage permanent par donation ou par achat.

Par ailleurs, les non-possesseurs fonciers sont des catégories de groupes socio-culturels qui ne détiennent pas des droits sûrs et intangibles sur la plus grande partie des terres qu'ils cultivent. C'est le cas de ceux qui ont accédé à la terre par des contrats de prêt à court ou à long terme. Le tableau XXI présente la répartition des personnes enquêtées en fonction du statut foncier.

Tableau XXI : Répartition des personnes enquêtées en fonction du mode d'accès à la terre

	Statut foncier				
Catégories de groupes socio-culturels	Contrat de court terme (%)	Héritage (%)	Contrat de longue durée (%)	Achat (%)	Don (%)
Autochtones	6,19	72,72	5,5	3,03	12,53
Migrants	69,23	0,29	17,16	2,14	11,15

Source : Résultats des travaux de terrain, 2016

Le Tableau XXI indique la répartition des deux grands groupes (Autochtones et Migrants) en fonction de leur statut foncier. Il ressort d'une manière générale que la proportion des non-possesseurs dépasse de loin celle des possesseurs au niveau des migrants.

Pour l'ensemble des villages enquêtés, la proportion d'accès à la terre par achat est encore est très faible. Elle est de 3,03 % au niveau des autochtones et 2,14 % pour les migrants. Ce mode d'accès à la terre est plus remarqué plus dans la commune de Ouèssè. En revanche, la proportion de l'héritage est élevée (72,72 %) chez les autochtones et presque nulle chez les migrants (0,29 %). Il faut noter que les migrants qui ont accès à la terre par héritage ont souvent un de leur parent autochtone.

5.2- Typologie des transactions foncières

Dans la pratique, la terre est appropriée collectivement par les lignages fondateurs de chaque localité et chaque lignage exerce ce droit sur une partie du terroir. Cependant l'appropriation exclusive qui réside dans la logique de la primauté ou de l'antériorité d'installation, n'exclut en aucun cas l'accueil et l'installation d'étrangers sur le terroir.

Dans le secteur d'étude, c'est autour du système du «tutorat» que s'organise l'accueil/installation des immigrés. En effet, tout étranger qui désire s'installer dans les villages et/ou exploiter une portion du terroir passe nécessairement par un intermédiaire dans les villages qui sera dès lors considéré comme son tuteur. Le rôle de ce dernier consiste à introduire l'étranger dans «la communauté villageoise» en le présentant aux différentes autorités et en lui attribuant une portion de terre. Le tuteur, dans la majorité des cas est soit un chef de famille ou le chef de terre.

Dans tous les cas, le système foncier traditionnel offre plusieurs types de modalités d'accès à la terre. Le bassin de l'Okpara en compte cinq types présentés dans la figure 26 en fonction des groupes socioculturels.

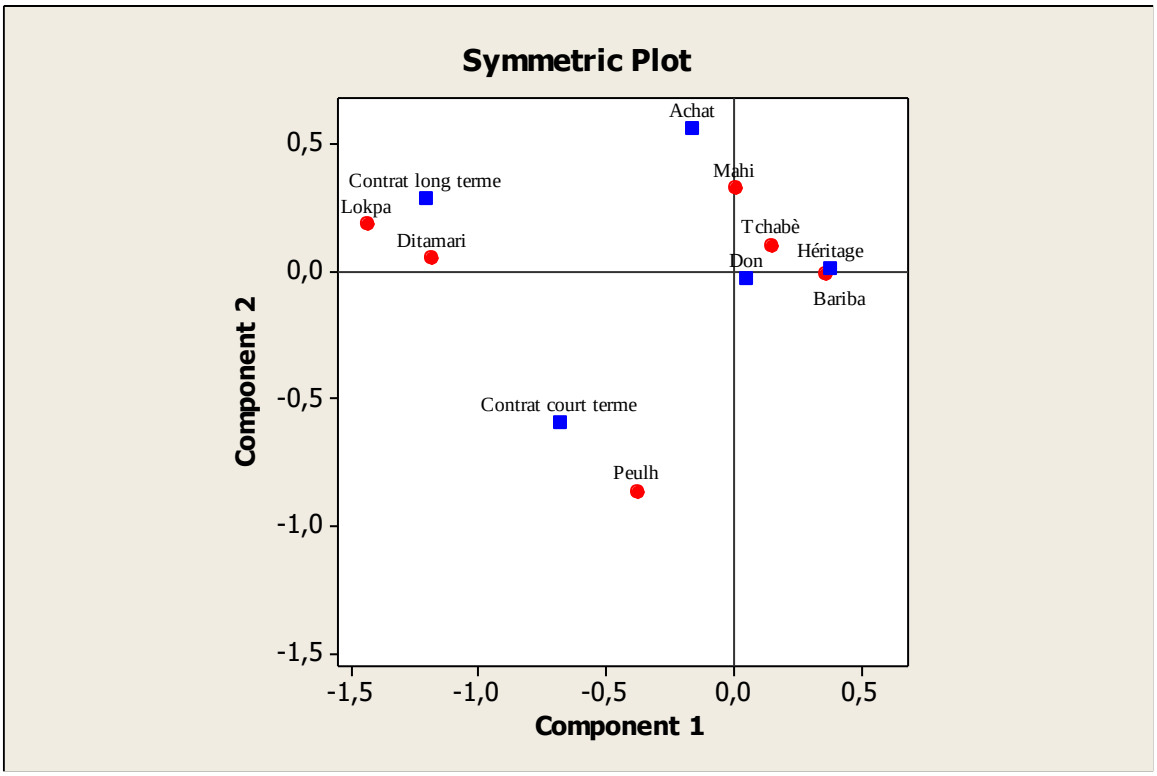


Figure 26 : Différents modes d'accès à la terre en fonction des groupes socioculturels
Source : Résultats des travaux de terrain, 2016

Les informations contenues dans les variables sont contrôlées à 96,28 % par le système d'Axes 1 et 2. Les résultats de l'analyse révèlent que le contrat à court terme est le mode d'accès à la terre des groupes socio-culturels Fulani (Peulh). Le don et l'héritage sont les principaux forment d'acquisition des terres agricoles par les groupes socio-culturels Baatonu, Tchabè et une majorité des Mahi et apparenté. L'achat des terres agricoles est fait par les Mahi et apparenté. Enfin, les Ditamari et les Lokpa accèdent aux terres qu'ils exploitent par des contrats à long terme.

- L'héritage

Il reste la principale forme d'accès à la terre. Dans sa forme originelle, l'héritage se faisait à l'intérieur du lignage premier occupant de la terre. Cependant, avec l'évolution récente, l'héritage tend à passer de père en fils. Au sein des ménages enquêtés, l'ensemble des autochtones cultive sur des terres héritées. Les normes sociales et la cohésion familiale leur garantissent le droit de jouissance l'héritier ne peuvant être exproprié.

- Le don

Par cette forme de cession, la communauté autochtone se « dessaisit », sous conditions de respect des coutumes du village, d'une portion de son terroir au profit d'un étranger ou d'un groupe d'étrangers qui s'y installent. Le don peut être interprété comme une forme de

détournement de la règle de l'inaliénabilité de la terre dans les coutumes africaines. Ce sont généralement les chefs de terre et de village qui sont à l'origine de cette forme de cession. Elle confère un droit de propriété aux bénéficiaires, droit qui est irrévocable et se transmet d'une génération à une autre. À ce titre, les bénéficiaires sont intégrés dans la communauté et jouissent d'un droit d'usage permanent identique à celui des autochtones sur la portion qui leur est cédée. Il faut préciser que les bénéficiaire de ce type de transfert sont des personnes qui bien qu'étant étrangers partage les même réalités culturelles (langues parlées, coutumes) que le propriétaire

- L'achat des terres

Il exprime une transformation profonde du rapport homme-terre. La terre n'est plus inaliénable, mais fait désormais l'objet de transactions monétaires. L'achat de terres est le fait d'agriculteurs et de commerçants désireux de pratiquer l'arboriculture ou l'élevage. Cette forme d'accès à la terre se rencontre surtout dans les zones périurbaines et très rarement en milieu rural. Dans ce type de statut, la presque totalité des terres constitue la propriété de l'acheteur et elles ne peuvent lui être retirées. En plus de celles qui lui appartiennent, il peut également exploiter des terres sur lesquelles, il ne détient qu'un droit d'usage temporaire.

– Le prêt à long terme

C'est la principale forme de cession des terres aux étrangers, migrants agricoles. Le droit d'usage est quasi permanent, mais tacitement renouvelé chaque année, ce qui laisse entrevoir la possibilité pour le prêteur de retirer son terrain. De par son caractère indéfini, ce type de prêt se confond souvent avec le don, mais il s'en distingue par le fait que la notion de délai n'intervient pas au moment de la cession en ce qui concerne le don. De plus, le don offre un droit d'usage permanent, alors que le prêt à long terme donne un droit d'usage quasi permanent. Par ailleurs, il est interdit au bénéficiaire de cultiver les espèces pérennes (anacardiers) et les arbres épargnés lors du défrichement comme le néré et karité appartiennent au propriétaire.

– Le prêt à court terme

Il est né de la raréfaction des terres. Par cet accord, les ménages bénéficiaires ne jouissent que d'un droit d'usage précaire. Le prêt à court terme traduit des difficultés d'installation et une situation de blocage foncier.

Les producteurs qui entrent dans cette catégorie peuvent être propriétaires d'une petite portion des superficies qu'ils exploitent (champs de case), mais la majeure partie relève du village ou d'autrui. Ils sont le plus souvent en situation de précarité, les terres pouvant leur être retirées chaque année. Coutumièrement, les contrats qui les lient aux possesseurs ne leur permettent ni

de planter des arbres ni d'entreprendre des améliorations foncières qui pourraient être considérées comme une affirmation de leur droit. Cette restriction permettait de sécuriser les possesseurs. En effet, la marque du travail était considérée comme une forme d'appropriation ; de ce fait, planter des arbres ou investir dans l'amélioration de la terre était anticipé comme une tentative de la part de l'emprunteur de s'approprier définitivement la terre. Tout manquement à ces interdits pouvait alors conduire au retrait du champ.

5.3- Etats de l'occupation du sol dans le bassin de l'Okpara au Bénin en 1990, 2000 et 2014

5.3.1- Occupation du sol dans le bassin de l'Okpara au Bénin en 1990

La carte d'occupation du sol et l'examen de la figure 3 des différentes unités d'occupation du sol en 1990, montrent la présence d'une végétation naturelle relativement dense sur l'ensemble du bassin (Figure 27).

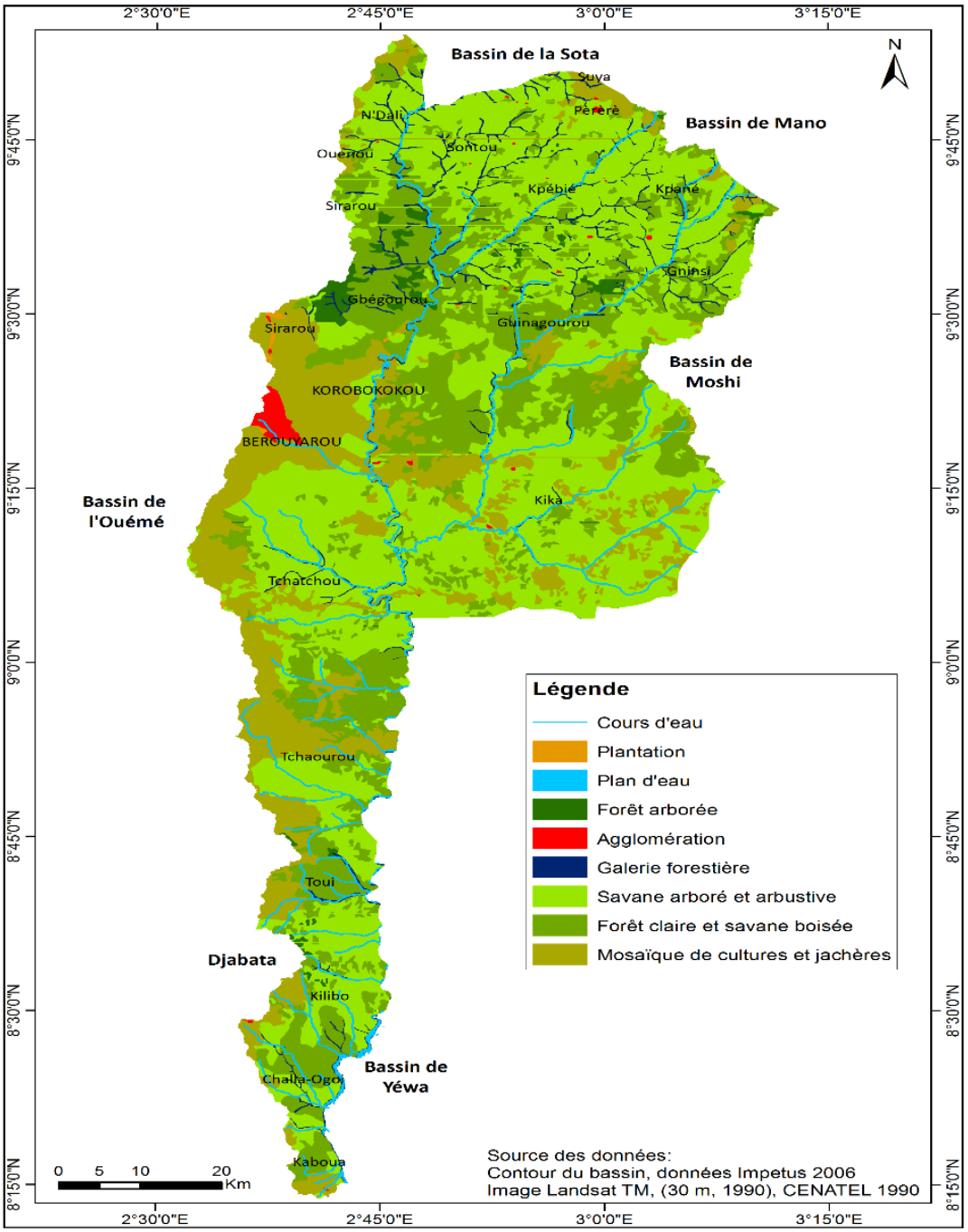


Figure 27 : Occupation du sol en 1990

La physionomie de la végétation de la zone d'étude en 1990 (Figure 27) était largement dominée par les savanes qui occupaient 50,04 % de la superficie totale et par les forêts claires et savanes qui couvrent 25,82 %. Les mosaïques de cultures et jachères occupaient quant à elles, 19,4 %. Les forêts denses étaient de 1,43 % de la superficie totale du bassin. Les plantations arborées constituaient 0,10 % de la superficie totale du bassin. Les agglomérations

représentaient 0,58 % de la superficie totale en 1990. Enfin, le reste de la superficie (0,16 %) était occupé par les nombreux cours d'eau qui arrosent la zone.

5.3.2- Occupation du sol dans le bassin de l'Okpara au Bénin en 2000

La figure 28 présente l'occupation des sols dans le bassin de la rivière Okpara au Bénin en 2000.

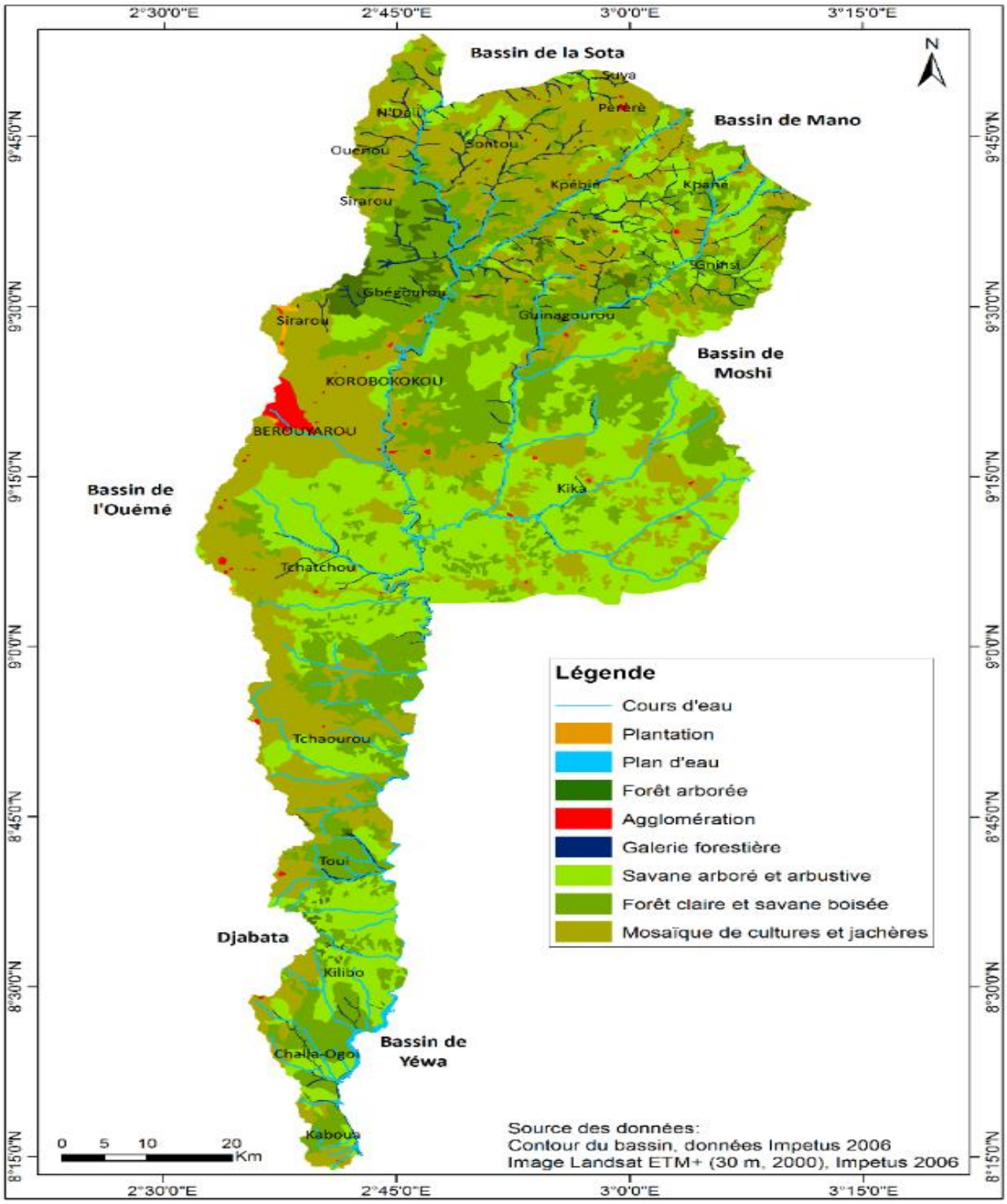


Figure 28 : Occupation du sol en 2000

L’analyse de l’occupation du sol dans le bassin de l’Okpara en 2000 permet de dégager d’importants constats. En premier lieu, toutes les formations végétales ainsi que les autres types d’occupation des terres observés en 1990 étaient encore présents en 2000 (Figure 28).
Les savanes arborées et arbustives constituaient la principale occupation des terres de cette période, elles occupaient 34,77 % de la superficie de la zone d’étude. Les forêts claires savanes boisées constituaient 25,70 % du bassin. Les mosaïques de cultures et jachères, quant à elles, étaient l’une des plus importantes unités occupations des terres en 2000 avec une proportion de 34,43 %. Comme elles, les plantations et les agglomérations connaissent une progression en 2000. Elles sont respectivement passées de 0,10 % en 1990 à 0,11 % et de 0,58 % 1990 à 0,73 % 2000. Entre 1990 et 2000, il a été en effet remarqué, l’évolution très rapide du front des formations végétales anthropiques vers les formations végétales naturelles sous forme d’îlots.

5.3.3- Occupation du sol dans le bassin de l’Okpara au Bénin en 2014

La figure 29 présente les unités d’occupation du sol en 2014 dans le bassin de la rivière Okpara au Bénin.

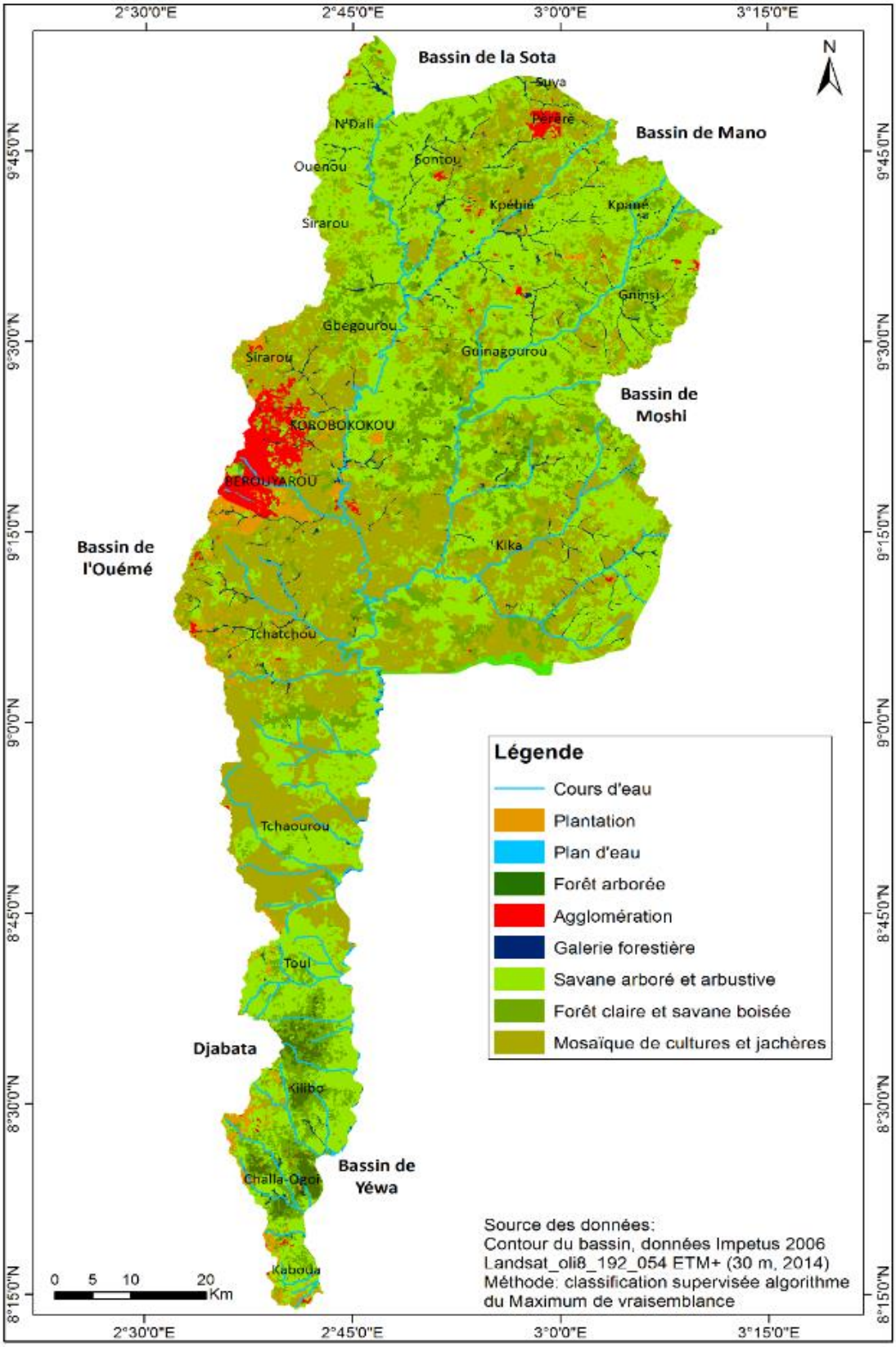


Figure 29 : Occupation du sol en 2014

L'étude cartographique de l'occupation du sol en 2014 (Figure 29) montre que la zone a connu, une augmentation des formations anthropiques. Ainsi, on remarquait une modification importante des mosaïques de cultures et jachères et des plantations par une extension des zones dégradées. En effet, elles recouvraient au cours de cette période 29,19 % de la superficie de la zone d'étude et s'observaient sur toute son étendue. Les formations végétales naturelles étaient encore présentes dans le bassin. Seulement, elles étaient réduites à de minces galeries forestières, d'îlots de forêts claires et de savanes arborées et arbustives. Les savanes arborées et arbustives constituent toujours les formations végétales naturelles dominantes de la zone d'étude (32,04 %) se retrouvent toujours un peu partout.

De l'analyse des figures 29, il ressort fondamentalement que les superficies des classes d'occupation du sol des formations naturelles ont connu un recul important en 2014. En effet, de 80,01 % en 1990, elles ont reculé jusqu'à 53,25 % en 2014, au profit des mosaïques de cultures et jachères et des plantations. Cette évolution régressive des superficies des classes d'occupation du sol des formations naturelles montre que le phénomène de dégradation des écosystèmes forestiers est très prononcé au niveau de la zone d'étude.

5.4- Dynamique des unités d'occupation du sol entre 1990 et 2014

Les matrices de transitions ont permis de quantifier la dynamique de chaque unité d'occupation du sol dans le bassin de l'Okpara au Bénin. Dans les cellules des lignes et des colonnes se trouvent respectivement les formations végétales et les autres unités d'occupation du sol de 1990 à 2000 ; 2000 à 2014 ; 1990 à 2014.

5.4.1- Matrice de transition des unités d'occupation du sol du bassin de l'Okpara (1990-2000)

La dynamique de l'occupation du sol de 1990 à 2000 est synthétisée par la matrice de transition (Tableau XXII).

Tableau XXII : Matrice de transition (nombre de pixel) permettant d'établir la transition d'une occupation du sol vers une autre entre 1990 et 2000 dans le bassin de l'Okpara

1990\2000	Saa	Pt	Pe	Mcj	Gf	Fo	Fcsb	Ag	Total
Saa	22829	0	0	10124	145	14	327	18	33457
Pt	1	62	0	1	0	0	0	1	65
Pe	0	0	107	0	3	0	0	0	110
Mcj	104	6	0	12483	14	1	96	86	12790
Gf	66	0	10	70	1586	2	56	1	1791
Fo	4	0	0	7	4	899	33	0	947
Fcsb	92	1	0	87	51	10	16664	3	16908
Ag	0	0	0	6	0	0	0	390	396
Total	**23096**	**69**	**117**	**22778**	**1803**	**926**	**17176**	**499**	**66464**

Source : Données ASCII occupation du sol 1990-2000, Logiciel Map Comparison Kit 3.2

Légende : Fo : Forêt dense; FC : Forêt claire et savane boisée ; GF : Galerie Forestière ; Saa: Savane arborée et arbustive ; MC : Mosaïque de culture et jachères ; PL : Plantation ; Ag : Agglomération ; PE : Plan d'eau ; Pt : Plantation

L'analyse du Tableau XXII permet de retenir que 8 classes d'occupation du sol ont été observées en 1990 et en 2000. Cependant, il faut noter toutes les classes ne sont pas demeurées identiques entre ces deux années. La matrice de transition montre qu'entre 1990 et 2000, les savanes arborée et arbustive sont passées de 33457 km² à 23096 km² soit une régression de 10361 km². On note également, une régression des forêts claires et savanes boisées sur la même période. Les forêts denses sont passées de 947 km² en 1990 à 926 km² en 2000. 7 km² des forêts denses sont transformées en mosaïques de culture.

5.4.2- Matrice de transition des unités d'occupation du sol du bassin de l'Okpara (2000-2014)

Le tableau XXIII présente à travers la matrice de transition les changements opérés dans les unités d'occupation du sol du bassin de la rivière Okpara.

Tableau XXIII : Matrice de transition (nombre de pixel) permettant d'établir la transition d'une occupation du sol vers une autre entre 2000 et 2014 dans le bassin de l'Okpara

2000\2014	Saa	Pt	Pe	Mcj	Gf	Fo	Fcsb	Ag	Total
Saa	10521	345	0	8406	590	338	2763	19	**22982**
Pt	2	28	0	29	1	2	1	6	**69**
Pe	27	2	0	0	4	22	19	0	**74**
Mcj	11385	1051	41	7010	529	91	1674	1163	**22944**
Gf	1034	15	3	342	175	38	170	7	**1784**

Fo	407	17	0	315	11	20	156	0	**926**
Fcsb	9586	207	3	3337	301	390	3329	33	**17186**
Ag	67	21	5	57	7	1	12	329	**499**
Total	**33029**	**1686**	**52**	**19496**	**1618**	**902**	**8124**	**1557**	**66464**

Source : Données ASCII occupation du sol 1990-2000, Logiciel Map Comparison Kit 3.2

Légende : Fo : Forêt dense; FC : Forêt claire et savane boisée ; GF : Galerie Forestière ; Saa: Savane arborée et arbustive ; MC : Mosaïque de culture et jachères ; PL : Plantation ; Ag : Agglomération ; PE : Plan d'eau

L'examen du Tableau XXIII révèle que, sur la période de 2000 à 2014, les savanes arbustives et arborées ont connu une progression. Elles sont passées de 22982 km² en 2000 à 33029 km² en 2014. On remarque sur la même période une régression des mosaïques de culture et jachères. Elles sont passées de 22944 km² en 2000 à 19496 km² en 2014. Cette situation pourrait s'expliquer par l'abandon des pratiques de jachères dans la zone. Quant aux forêts galeries, elles ont connu une conversion considérable sur cette période, 1034 km² ont été converties en savane arbustive et arborée, 342 km² en mosaïques de culture et jachère. Les forêts denses également ont été converties, ainsi, 407 km² ont été transformées en savane arbustive et 375 km² transformées en mosaïques de culture et jachère.

5.4.2- Matrice de transition des unités d'occupation du sol du bassin de l'Okpara (1990-2014)

Les changements subis par les unités d'occupation du sol dans le bassin entre 1990 et 2014 sont synthétisés dans le tableau XXIV.

Tableau XXIV: Matrice de transition (nombre de pixel) permettant d'établir la transition d'une occupation du sol vers une autre entre 1990 et 2014 dans le bassin de l'Okpara

1990\2014	Saa	Pt	Pe	Mcj	Gf	Fo	Fcsb	Ag	Total
Saa	16499	534	12	10901	891	408	3852	248	**33345**
Pt	0	28	0	29	1	1	1	5	**65**
Pe	61	2	0	0	4	21	19	0	**107**
Mcj	5368	875	30	4663	242	30	728	941	**12877**
Gf	1042	17	2	330	171	41	164	8	**1775**
Fo	418	18	0	327	9	18	158	0	**948**
Fcsb	9435	206	3	3341	298	382	3254	32	**16951**
Ag	28	6	5	24	3	1	6	323	**396**
Total	**32851**	**1686**	**52**	**19615**	**1619**	**902**	**8182**	**1557**	**66464**

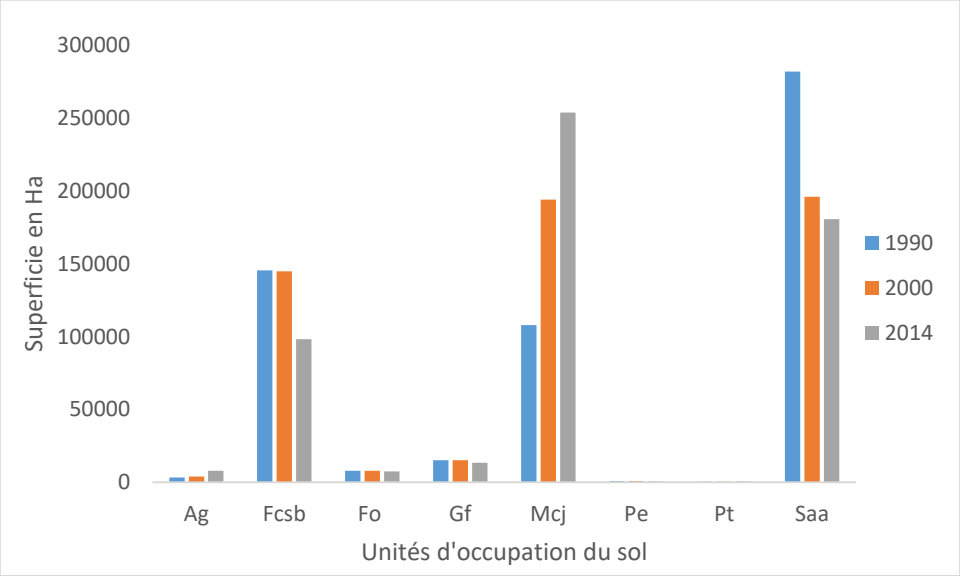
Source : Données ASCII occupation du sol 1990-2000, Logiciel Map Comparison Kit 3.2

Légende : Fo : Forêt dense; Fcsb : Forêt claire et savane boisée ; GF : Galerie Forestière ; Saa: Savane arborée et arbustive ; Mcj : Mosaïque de culture et jachères ; Pt : Plantation ; Ag : Agglomération ; Pe : Plan d'eau

Il ressort de l'analyse du tableau XXIV que la savane arbustive et arborée est l'unité ayant connu une petite stabilité. En effet, les savanes sont passées de 33345 km² à 32851 km² sur la période de 1990 à 2014. Les plantations ont connu une progression considérable, elles sont passées de 65 km² en 1990 à 1686 km² en 2014. Les mosaïques de culture et jachère ont connu également une progression. Elles sont passées de 12877 km² en 1990 à 19615 km² en 2014. Les forêts denses sont passées de 948 km² en 1990 à 902 km² 2014.

5.5- Synthèse de la conversion de l'occupation du sol de 1990 à 2014

Toutes les unités naturelles d'occupation du sol ont régressé globalement en faveur des unités anthropiques de 1990 à 2014 (Figure 30).



Légende : Fo : Forêt dense; Fcsb : Forêt claire et savane boisée ; GF : Galerie Forestière ; Saa: Savane arborée et arbustive ; Mcj : Mosaïque de culture et jachères ; Pt : Plantation ; Ag : Agglomération ; Pe : Plan d'eau

Figure 30 : Evolution des unités d'occupation du sol entre 1990 à 2014
Source : Résultats du traitement des données, 2016

La figure 30 révèle que la régression a concerné les forêts denses, les forêts claires et savanes boisées, les savanes arbustive et arborée et les galeries forestières. La progression concerne les mosaïques de culture et jachères, les agglomérations et les plantations. D'où les mosaïques de culture et jachères sont devenues les unités d'occupation du sol qui dominent la physionomie du bassin de l'Okpara.

5.6- Intensités et vitesses des changements à l'intérieur de chaque unité d'occupation du sol entre 1990 et 2014

5.6.1- Intensités des changements par catégorie d'occupation du sol entre 1990 et 2014

Les figures 31 et 32 présentent les intensités de changement au niveau de chaque catégorie d'occupation du sol pour les intervalles de temps de 1900 à 2000 et 2000 à 2014.

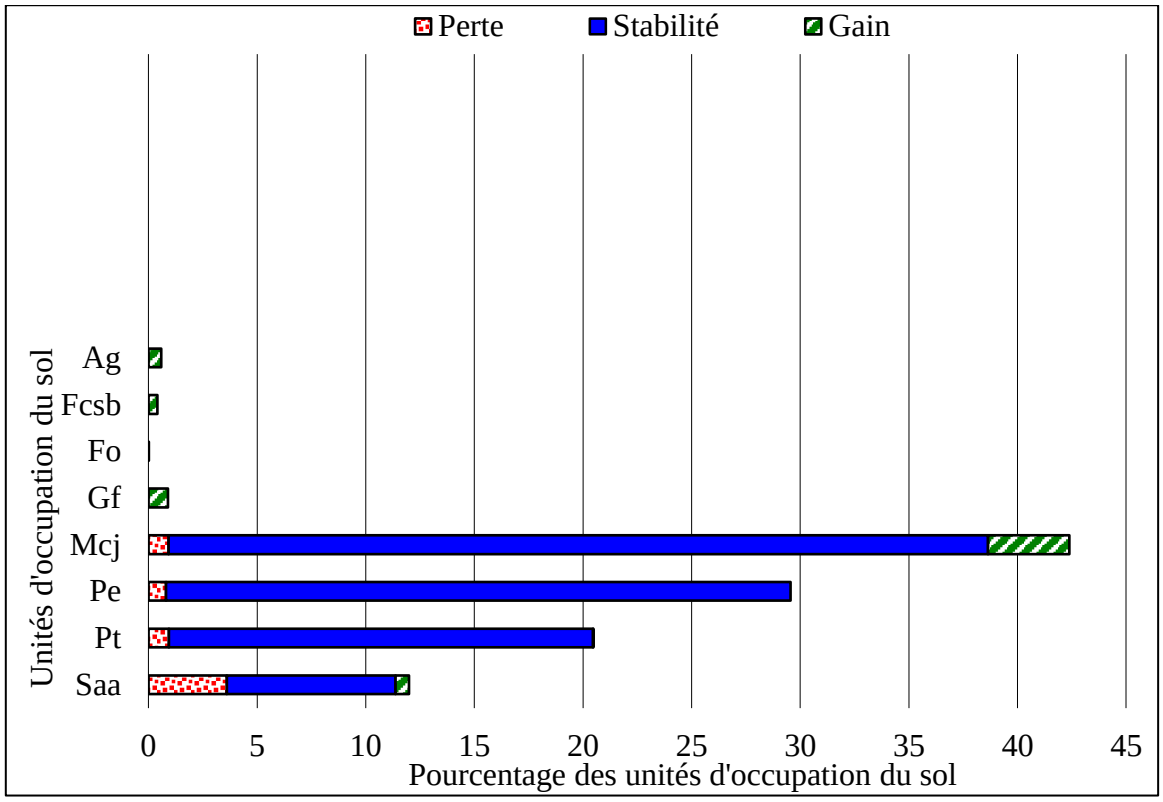


Figure 31 : Intensité des changements opérés par catégorie d'occupation du sol entre 1990 et 2000
Source : Résultats du traitement des données, 2016

L'analyse de la figure 31 montre que les changements entre les catégories d'occupation du sol se sont opérés dans le secteur d'étude de facon différentielle sur le plan spatial. Dans chaque catégorie, des zones de perte, de stabilité et de gain ont été observées et occupent chacune des proportions différentes du secteur d'étude. Ainsi, les mosaïques de culture et jachères sont les catégories où les changements ont été plus significatifs sur environ 43 % du secteur avec 1 % de perte contre 38 % de stabilité et 4 % de gain. Elles sont suivies des savanes arborées et arbustives sur 13 % du secteur avec 4 % de perte, 8 % de stabilité et 1 % de gain. Les autres unités n'ont pas connu assez de changements.

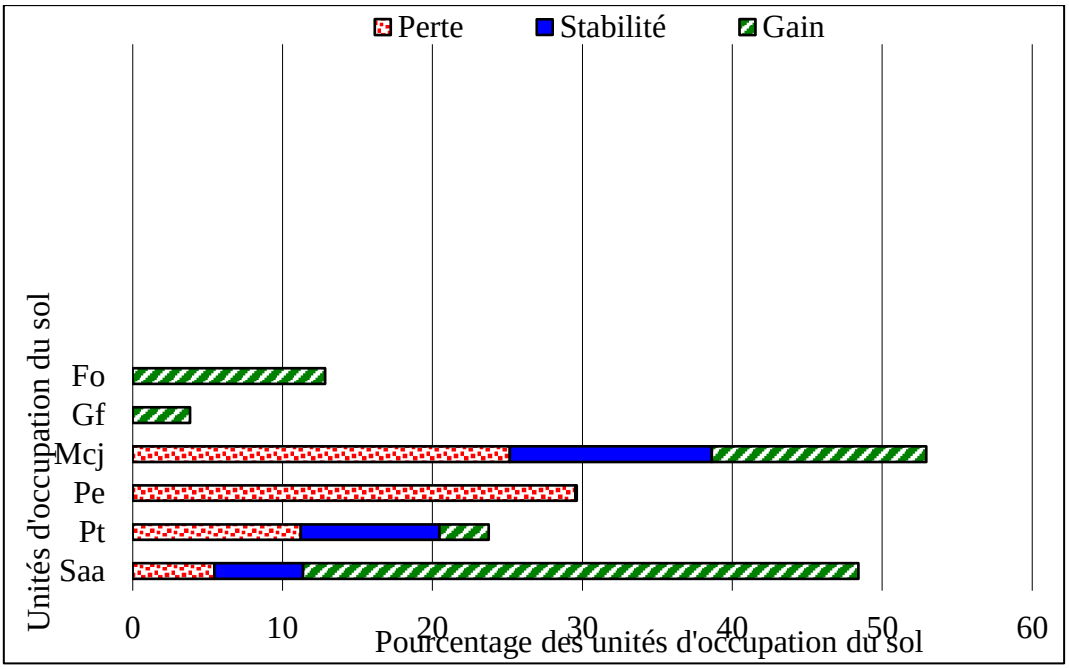


Figure 32 : Intensité des changements opérés par catégorie d'occupation du sol entre 2000 et 2014
Source : Résultats du traitement des données, 2016

L'analyse de la figure 32 montre que les changements entre les catégories d'occupation du sol se sont opérés dans le secteur d'étude de facon différentielle sur le plan spatial. Dans chaque catégorie, des zones de perte, de stabilité et de gain ont été observées et occupent chacune des proportions différentes du secteur d'étude. Ainsi, les mosaïques de culture et jachères sont les catégories où les changements ont été plus significatifs sur 52 % du secteur avec 25 % de perte, 13 % de stabilité et 14 % de gain. Elles sont suivies des savanes arborées et arbustives sur 48 % du secteur avec 37 % de gain, 6 % de stabilité et 5 % de perte. Les plantations sur 23 % du secteur, indiquent une perte de 11 %, une stabilité de 9 % et un gain de 3 %. Les forêts denses sur 13 % du secteur d'étude, donnent un gain de 13 %. Les autres unités d'occupations du sol ont connu des changements minables.

5.6.2- Intensités et vitesses des changements à l'intérieur de chaque catégorie d'occupation du sol entre 1990 et 2014

Les figures 33 et 34 présentent les intensités et les vitesses de changements à l'intérieur de chaque unité d'occupation du sol dans le bassin de l'Okpara entre les périodes 1990-2000 et 2000-2014.

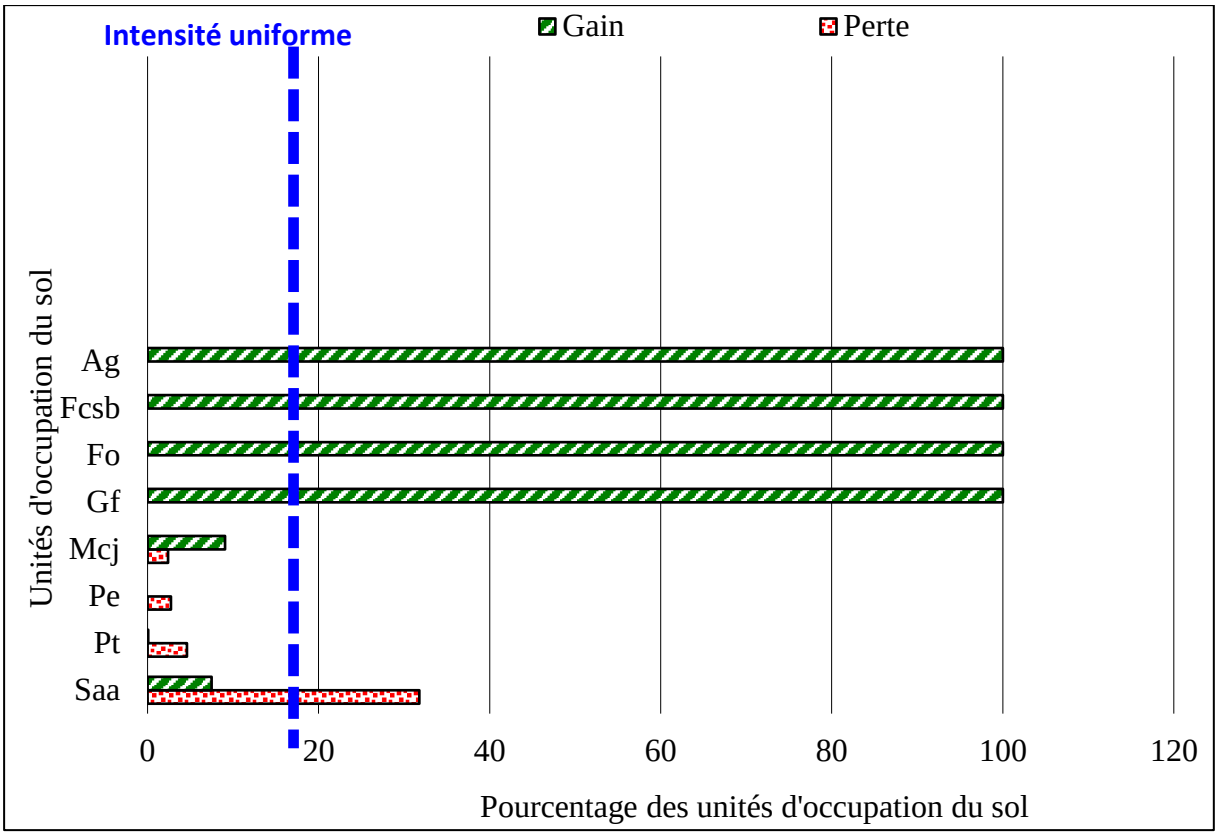


Figure 33 : Intensités et vitesses des changements par unité d'occupation du sol entre 1990-2000
Source : Résultats du traitement des données, 2016

L'analyse de la Figure 33 montre que toutes les unités d'occupation du sol n'ont pas connu les mêmes changements en termes de perte et de gain. Il y a des unités qui ont connues uniquement de pertes et d'autres uniquement de gain.

La ligne verticale bleue en tiretés est le seuil où les changements restent uniformes. Si le graphe est à gauche de ligne le changement est dit lent ou dormant ; par contre si le graphe est à droite le changement est dit rapide ou actif. Ainsi, la plus part des intensités des changements opérés au niveau des différentes unités d'occupation du sol du secteur d'étude sont tous actifs ou rapides. Entre 1990-2000, ce sont les unités composées des agglomérations, les plantations les forêts claires et savanes boisées, les forêts denses et les galeries qui ont eu la plus grande vitesse de changement du secteur d'étude avec des gains de 100 %. Viennent ensuite les savanes arbustives et arborées qui ont seulement connu 32 % de perte.

Les intensités et vitesses de changement observées dans le milieu entre 2000 et 2014 sont retracées par la Figure 34.

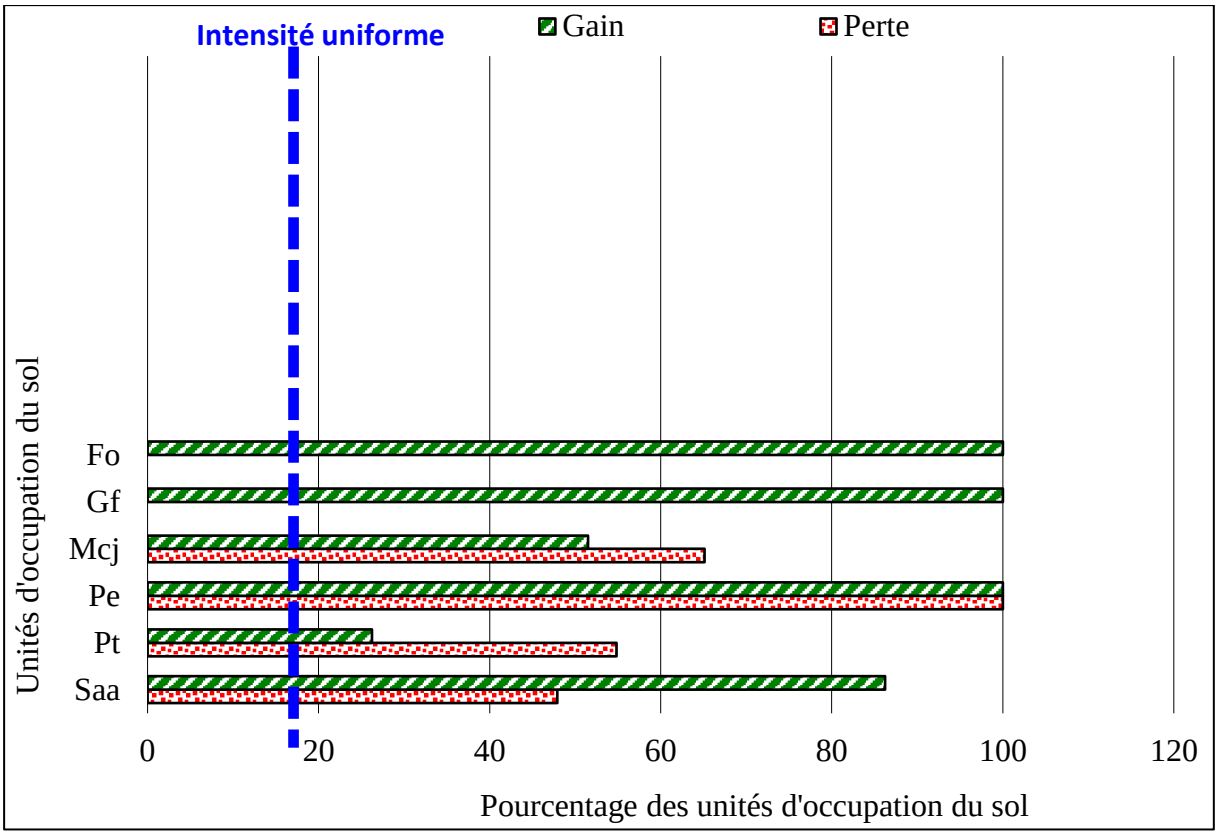


Figure 34 : Intensités et vitesses des changements par unité d'occupation du sol entre 2000-2014
Source : Résultats du traitement des données, 2016

L'analyse de la Figure 34 révèle que les intensités des changements opérés au niveau des différentes unités d'occupation du sol dans le secteur d'étude sont en majorité actives ou rapides. Les unités composées forêts naturelles et les galeries forestières ont eu la plus grande vitesse de changement du secteur d'étude avec des gains de 100 %. Viennent ensuite les savanes arbustives et arborées qui ont 86 % de gain contre 48 %. Les champs et jachères ont connues 51 % de gain contre 65 % de perte. Les plantations ont connue 55 % de perte contre 26 % de gain.

5.7- Modélisation prédictive de l'occupation des terres à l'horizon 2050

Les probabilités de transition déduites à partir des cartes de végétation de 1990, 2000 et de 2014 ont permis d'obtenir l'état probable de la végétation à l'horizon 2020 (Figures 6.9 et 6.10).

Les probabilités de transition renseignent sur les éventualités de conversion des unités d'occupation du sol vers d'autres. Dans le cadre de cette étude, on a considéré la probabilité de conversion du scénario tendanciel des unités d'occupation du sol et la probabilité du

scénario environnemental. Le tableau XXV présente la dynamique des unités d'occupation du sol selon les scénarii à l'horizon 2050.

Tableau XXV Dynamique des unités d'occupation du sol selon les scénarii à l'horizon 2050

Unités d'occupation	Occupation en 2014		Scénario Environnemental		Scénario Tendanciel	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Agglomération	8074,51	1,43	15867,34	2,82	18788,94	3,34
Forêt claire et savane boisée	98185,50	17,43	74030,98	13,14	28846,09	5,12
Forêt dense	7601,57	1,35	3632,90	0,64	429,21	0,08
Galerie forestière	13571,96	2,41	12830,66	2,28	8318,81	1,48
Mosaïque de cultures et jachères	253813,45	45,05	360644,53	64,02	445269,57	79,04
Plans d'eau	831,76	0,15	762,18	0,14	979,96	0,17
Plantation	769,43	0,14	12541,40	2,23	10160,73	1,80
Savane arborée et arbustive	180521,82	32,04	83059,78	14,74	50576,50	8,98
Total	**563370**	**100**	**563370**	**100**	**563370**	**100**

Source : Résultats du traitement des données, 2016

L'analyse du Tableau XXV montre que les unités naturelles d'occupation du sol dans le bassin de l'Okpara selon le scénario tendanciel à l'horizon 2050 seront probablement constituées par ordre d'importance de mosaïque de culture et jachères, des savanes arborée et arbustive, des forêts claires et savanes boisées, des galeries forestières et des forêts denses.

Les savanes arborées et arbustives constituent les formations végétales naturelles dominantes (14,74 %). Elles se localisent le plus souvent dans les secteurs drainés par des cours d'eau et les forêts classées qui ne conviennent pas à l'agriculture. Les forêts claires et savanes boisées ne représenteraient que (13,14 %) de la superficie totale du bassin. Ce sont pour la plupart des aires marginales (zones humides et les savanes saxicoles).

Sur la base des hypothèses émises par rapport au scénario environnemental considérant la gestion durable des espaces, les résultats permettent de faire des constatations au niveau des unités d'occupation des terres.

Le Tableau XXV montre également qu'après 2014, la part des mosaïques de cultures et jachère a augmenté de façon non négligeable. La proportion de surfaces de forêt dense reste stable. Toutefois, une légère décroissance s'observe après 2014 au niveau des forêts claires et savanes boisées.

La figure 35 montre la carte prédictive des unités d'occupation du sol selon la tendance évolutive des formations anthropiques à l'horizon 2050.

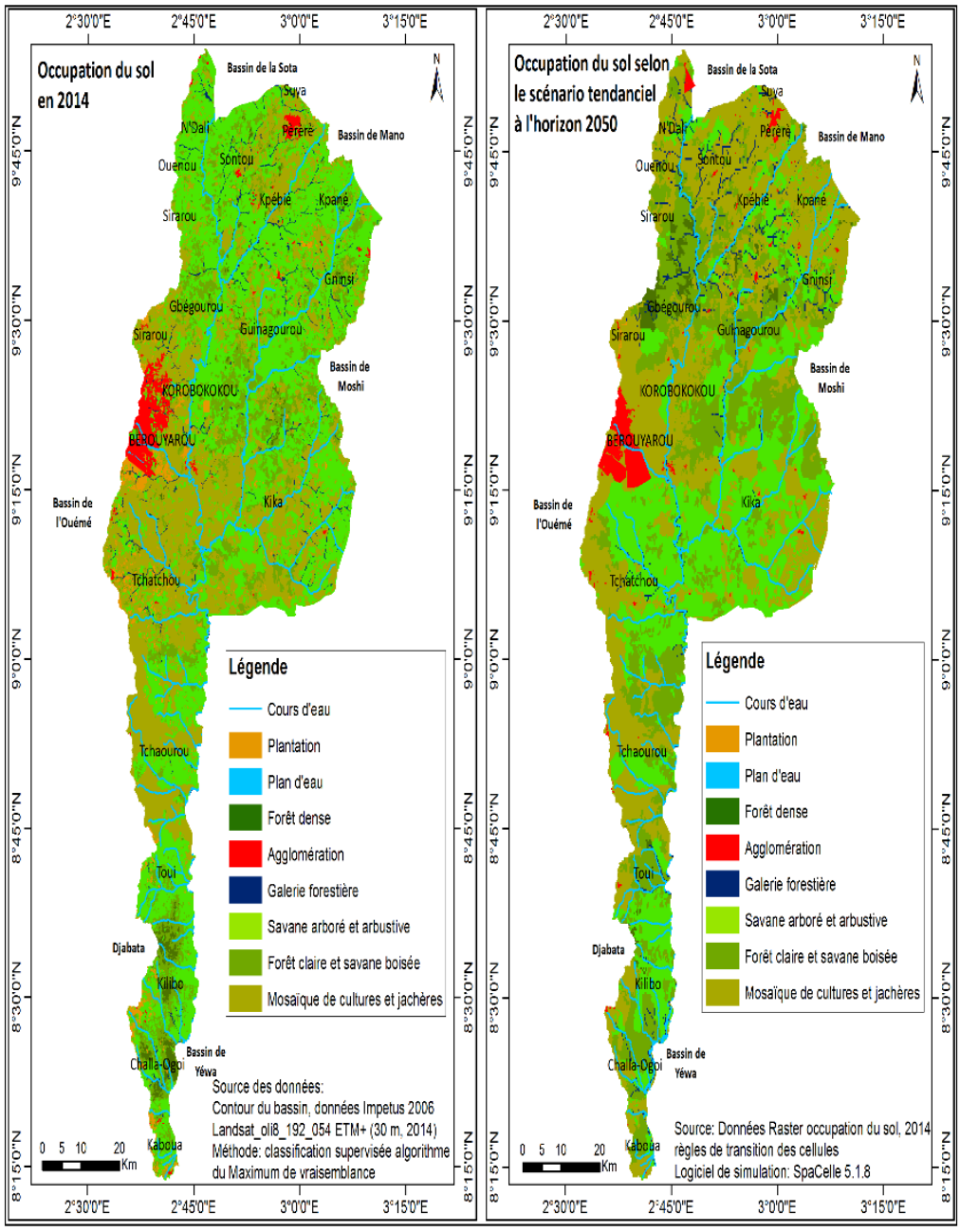


Figure 35 : Carte prédictive des unités d'occupation du bassin de l'Okpara à l'horizon 2050 selon le scénario tendanciel

Il ressort de la figure 35 que, les unités d'occupation du sol à l'horizon 2050 seraient par ordre d'importance : les mosaïques de champs et de jachère sous anacardier, les savanes arborée et arbustive, la forêt claire et savane boisée et les galeries forestières. Les agglomérations couvriront probablement 3,34 % de la superficie du bassin de l'Okpara. Elles sont essentiellement constituées des chefs-lieux de commune.

La figure 36 présente la carte prédictive des unités d'occupation du sol à l'horizon 2050 selon le scénario environnemental.

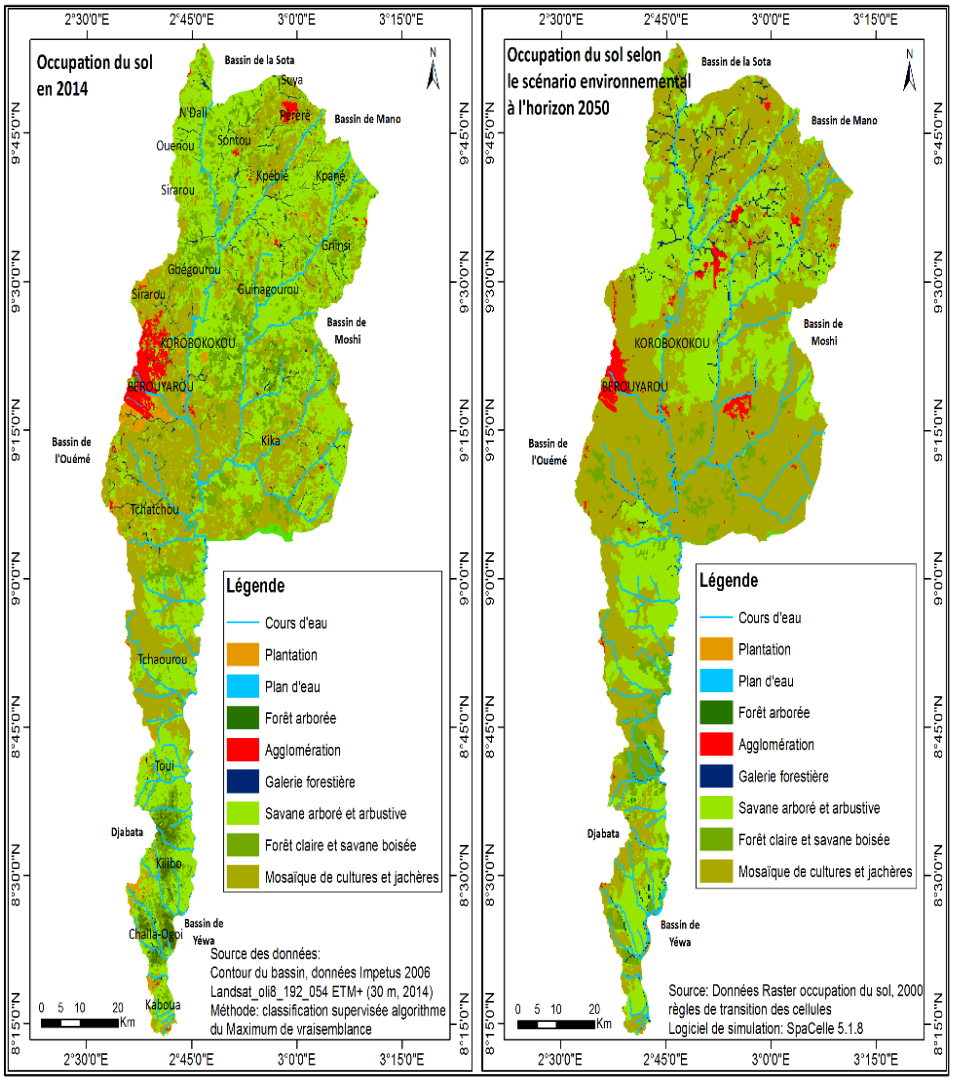


Figure 36 : Carte prédictive des unités d'occupation du bassin de l'Okpara à l'horizon 2050 selon le scénario environnemental

La figure 36 revèle que les formations naturelles du bassin de l'Okpara au Bénin à l'horizon 2050 seront probablement constituées par ordre d'importances de savane arborée et arbustive, des forêts claire et savane boisée et des galeries forestières.

Si les changements apparaissent peu marqués, comparativement à la situation initiale, ils cachent une réalité plus complexe : la restauration de la couverture véggétale via la mise en place de système de production agricole contrôlé peut inciter à intensifier la production agricole, engendrant un changement dans les successions culturales et notamment dans la fréquence de retour des parcelles en maïs, sorgho et mil. Ceci peut engendrer des conséquences environnementales bénéfiques.

Conclusion partielle

Les résultats de cette recherche révèlent que le contrat à court terme, le contrat à long terme, l'achat des terres et le don constituent les modes d'acquisition des terres agricoles par les groupes socioculturels migrants. Les autochtones (Baatonou, Mahi et les Tchabè) accèdent à la terre par l'héritage et le don. Ces différents modes d'accès à la terre ne garantissent pas une gestion durable des terres surtout au niveau des migrants.

L'étude de la dynamique de l'occupation du sol a permis de mettre en évidence les différentes formes de conversion subies par la végétation à partir de la matrice de transition. Les formations forestières ont été progressivement remplacées en partie par des formations anthropisées. La démographie et l'agriculture (pratiques de gestion de fertilité des sols) constituent les principales causes de dégradation des terres agricoles du secteur d'étude. La pression démographique et les techniques culturales inadaptées qui ont engendré la dégradation des ressources naturelles ont créé un besoin d'investissement en matière de potentiel agricole.

CHAPITRE VI
PERCEPTIONS LOCALES ET DISCUSSION GENERALE

Ce chapitre présente les perceptions paysannes sur les facteurs de dégradation des terres agricoles dans le bassin de l'Okpara puis une discussion des principaux résultats obtenus. Cette discussion a permis ensuite d'analyser la durabilité des pratiques de gestion de la fertilité des sols, les atouts et les limites du système.

6.1- Perceptions locales sur les facteurs de dégradation des terres agricoles

Les perceptions des populations du secteur d'étude sur les facteurs de dégradation des terres agricoles sont présentées par la figure 37.

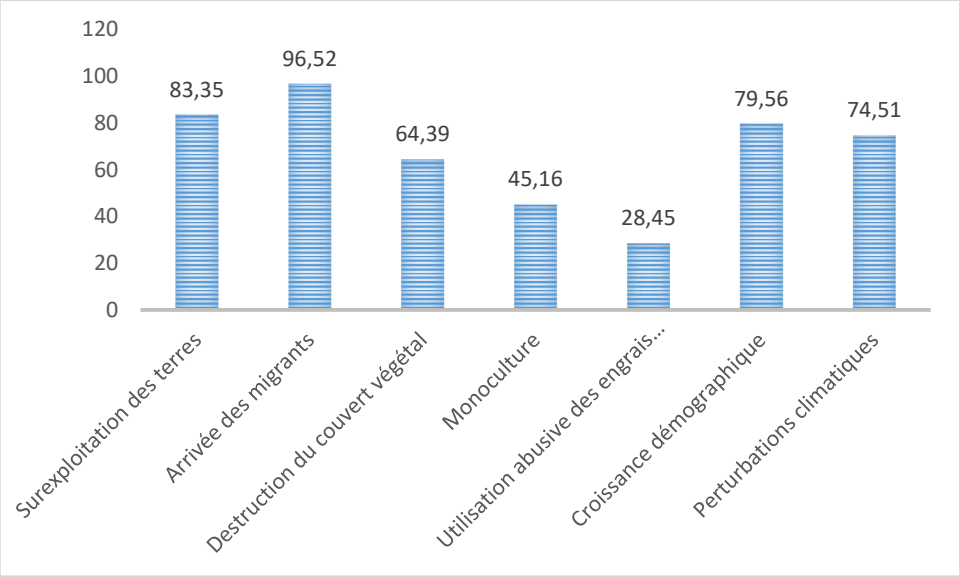


Figure 37 : Perceptions locales sur les facteurs de dégradations des terres agricoles

Source : Résultats du traitement des données, 2016

L'examen de la Figure 37 révèle que la surexploitation des terres, l'arrivée des migrants, la destruction du couvert végétal, la monoculture, l'utilisation abusive des engrais minéraux, la croissance démographique et les perturbations climatiques sont les facteurs de dégradation des terres agricoles les plus importants selon la perception des populations locales. La croissance démographique (79,56 % des enquêtés) et l'arrivée des migrants agricoles (96,52 %) accroissent les besoins en terres agricoles, en bois pour la fabrication du charbon, en bois d'œuvre et de service et en pâturages. Ces mêmes facteurs conduisent les agriculteurs à défricher les terres non destinées à l'agriculture, les charbonniers, les exploitants forestiers, les éleveurs à détruire le couvert végétal. Quant aux perturbations climatiques, 74,51 % des enquêtés pensent qu'elles peuvent contribuer à la dégradation des terres agricoles à travers les sécheresses.

6.2- Pratiques culturales et leur impact sur la gestion de la fertilité du sol

Plusieurs stratégies contribuant au maintien ou à l'accroissement des rendements culturaux ont été inventoriés. Ces stratégies incluent les déjections animales, la fumure inorganique, les rotations, l'assolement des cultures, les jachères de courte durée (05ans), la jachère manioc ou la culture extensive de goussi.

6.2.1- Techniques culturales

6.2.1.1- Préparation des sols

La préparation des sols avant culture se fait manuellement au niveau des différents groupes socioculturels. Elle consiste à enlever les mauvaises herbes, à déraciner les arbustes puis à abattre les gros arbres non fruitiers. Cette pratique est souvent opérée avant le labour et le semis des semenceaux d'ignames. Traditionnellement, le système de culture est basé sur l'agriculture itinérante sur brûlis dominée par la culture des plantes à racines et tubercules (manioc et igname). La planche 7 illustre la technique de culture itinérante sur brûlis.



Planche 7 : Culture itinérante sur brûlis

Prise de vue **:** Akpo 2015

Certains arbres sont épargnés lors de la préparation des sols. Il s'agit principalement du karité et du néré pour leurs utilités alimentaires. Cette opération se fait en fin de saison afin de permettre le dessèchement des herbes et arbres brûlés.

6.2.1.2- Semis

Le semis se fait généralement en ligne après le labour à plat. Cette pratique est généralisée chez les Tchabè, les Fon et apparentés, les Peulh, les Ditamari et Lokpa. Ceux disposant des bœufs de traits font un sarclo-buttage en lieu et place du deuxième sarclage. Le billonnage est pratiqué par la plupart des migrants. Le sarclage se fait une fois pour les cultures à cycle court comme le niébé, le soja et l'arachide et deux fois pour les autres cultures. Le coton et le maïs sont les seules cultures à recevoir véritablement de l'engrais. Le buttage intervient après pour le semis de l'igname. Il ressort de nos travaux de terrain que les migrants venus du nord Bénin font de

grosses buttes contrairement aux autres qui font des buttes modestes. Cette technique des migrants venus du nord ne permet pas une gestion durable des sols car toutes les racines des arbres sont directement enlevées, conséquence la regénération des arbres devient impossible. La photo 8 montre la technique de buttage dans la Commune de Ouèssè.



Photo 8 : Buttes d'ignames à Yaoui commune de Ouèssè
Prise de vue : Akpo 2015

6.2.1.3- Entretien et récolte

Les cultures sont souvent faites sur les terres déjà travaillées, le labour se fait après le nettoyage sommaire et incinération des résidus de récolte ou fanes d'herbes sèches afin de rendre le terrain propre et pour éviter les blessures de reptiles et faciliter les opérations ultérieures. La majorité des personnes enquêtées, tout groupe socioculturel confondu, incinère les résidus de récolte laissés après le passage des bœufs. Ce comportement s'explique par le volume assez important de résidus laissés par les cultures et par le caractère relativement ligneux de certains résidus (sorgho, igname, coton, maïs…) qui ne permet pas leur incorporation facile lors du labour par les bœufs de traits. La récolte est manuelle et se réalise lorsque la culture atteint sa maturité physiologique reconnaissable aux indices caractéristiques spécifiques ou variétaux. L'équipement agricole est de deux catégories : les outils traditionnels (87 %) et les outils modernes (10 %). Par ailleurs, les outils modernes sont constitués de tractation animale, des tracteurs, des charrues, et des charrettes. Ces outils modernes sont seulement utilisés pour le

labour, le râpage de *Manihot esculenta* et le décorticage *Orysa*sativa. Les outils traditionnels fabriqués par les artisans locaux.

Ces outils sont constitués de houes, de dabas, de coupe-coupe, pioche, hache, faucille, couteau, râteau, bâton de poquet, de crochet etc. A cela, s'ajoute l'attelage animal et des machines agricoles utilisés par une minorité de producteur.

6.2.2- Systèmes de production

Les systèmes de productions sont caractérisés par la monoculture, l'association des cultures, l'assolement, la rotation des cultures, la jachère et l'agroforesterie.

6.2.2.1- Monoculture

La monoculture est faite surtout par les paysans qui possèdent d'importantes terres cultivables, de moyen financier, de main d'œuvre familiale et salariée. Elle se pratique souvent à la première saison agricole, alors que la deuxième est souvent celle des légumineuses (*Arachis hypogea, ...)*. De plus, Selon les populations, la monoculture permet de maximiser les rendements mais occasionne la dégradation des sols. Cette pratique est observée chez les Tchabè, Baatonou et les Mahi. Ils sont des autochtones et disposent assez de terres agricoles. La Photo montre un champ de monoculture de soja à Tchatchou.



Photo 9 : Un champ de monoculture de soja à Tchatchou
Prise de vue : Akpo, novembre 2015

6.2.2.2- Association culturale

L'association des cultures est un système qui consiste à pratiquer sur une même parcelle plusieurs cultures. Ce système permet aux paysans de maximiser, de diversifier la production et de réduire le développement anarchique de certaines herbes nuisibles. La population locale dans les 2 régions pratique la plupart du temps des cultures intercalaires. Il y a 03 systèmes intercalaires avec le maïs :

- maïs avec des légumineuses de grain,
- maïs avec sorgho propre aux groupes socio-culturels Baatonu et Fulani (Peulh),
- maïs avec manioc.

Le marché, la sécurité alimentaire et les raisons économiques influencent la décision du fermier si le maïs doit être intercalé avec le sorgho, les légumineuses ou avec le manioc.

Si le manioc est intercalé avec le sorgho ou le manioc, le maïs est semé d'abord et plutôt moissonné que la récolte secondaire permettant au sorgho ou au manioc de développer.

D'autre part, le maïs et les légumineuses sont semés presque en même temps.

6.2.2.3- Assolement

Dans le milieu d'étude, les assolements se font sur des terrains contigus aux berges des cours d'eau. Ainsi, l'assolement est une alternance des plantations destinée à accroître leur rendement et à éviter l'épuisement des sols. C'est donc un système qui permet de garder fertiles les sols et d'accroitre en même temps les rendements agricoles. Il est pratiqué par 56 % des enquêtés. L'assolement se fait par les migrants et surtout avec les cultures de soja et de poids d'angoles**.** Les autochtones n'en font pas car ils disposent suffisamment de terres pour s'installer sur d'autres parcelles.

6.2.2.4- Rotation des cultures

A travers la rotation, l'agriculteur établit un ordre de succession des cultures sur une même parcelle. Elle correspond à une répartition des cultures dans le temps. Ainsi, les variétés tardives sont préférées pour la première saison agricole qui est plus longue que la seconde. Dans le bassin de l'Okpara, quatre (04) types de successions culturales ont été mentionnées par les producteurs :

1- Igname-maïs/arachide-niébé-maïs/manioc ou manioc/arachide
2- Manioc-maïs/arachide-maïs/manioc
3- Manioc ou goussi-maïs/arachide ou coton-arachide/maïs ou coton-maïs/manioc-goussi
4- Coton-maïs/arachide-goussi/coton-manioc

6.2.2.5- Agroforesterie

C’est l’ensemble des techniques d’aménagement des terres combinant les plantes cultivées et éventuellement les pâturages avec les arbres et arbustes. Ainsi, dans le bassin de l’Okpara au Bénin, l’agroforesterie consiste à la culture de l’anacarde.

On ne permet pas à des migrants de planter des arbres (anacardier y compris). Cependant les autochtones sont plus intéressés par l'anacardier (une culture interdite aux migrants). Dans les deux systèmes, les migrants ne sont pas autorisés à planter des arbres par crainte qu'ils accroissent leur droit de propriété sur les terres. Les fermiers indigènes cultivent réellement moins d'ignames que les migrants. Après trois ans, l’anacardier est planté dans les champs où ont été précédemment récoltées les cultures vivrières. Alors que les anacardiers sont encore petits ; des cultures vivrières sont cultivées sous les arbres. La jachère à long terme n'est pas commune sur la terre où les fermiers cultivent l'anacardier.



Photo 10 : Photo illustrant l’agroforesterie
Prise de vue **:** Akpo, décembre 2015

Les pratiques culturales des migrants diffèrent de celles des autochtones. Elles sont dévastatrices de ressources naturelles et compromettent plus la durabilité des terres comparativement à celle des autochtones. Ces pratiques culturales tendent vers une agriculture sédentarisée sans apport extérieur de fertilisants. De plus, les migrants ne sont pas autorisés à planter d’arbres et il en résulte la présence de grands espaces sans arbres après l’exploitation des terres.

6.2.2.6- Jachère

La jachère facilite la régénération des sols. Dans le bassin de l'Okpara, presque toute la population pratique la jachère mais à des durées variables. La plupart des migrants pratiquent la jachère de manioc. D'autres n'en pratiquent pas du tout du fait du non importance des espaces cultivés. Seule les autochtones pratiquent la jachère naturelle car ces derniers possèdent d'importantes terres agricoles. Parfois certaines cultures (*Tectona grandis* et *Anacardium occidentale)* sont laissées sur les sols en jachère naturelle. Les tiges de coton et de sorgho sont brûlés tandis que les feuilles et les racines du niébé sont laissées pour se décomposer dans le sol. L'arachide, le soja et les résidus de goussi sont laissés dans le champ et incorporés dans le sol pendant le buttage. Les migrants pratiquent une agriculture plus étendue parce qu'ils engagent les travailleurs saisonniers ou les nouveaux migrants venus voulant toujours vendre la main d'œuvre. La terre est cultivée pour une durée très courte (la plupart du temps 3 ans) avant qu'elle soit laissée à la jachère pour un intervalle court (2 ou 3 ans). Puisque la terre est laissée à la jachère pour une courte durée, les fermiers ne perdent pas leur jouissance sur la terre qu'ils emploient mais ne possèdent pas. La jachère manioc, (cf. Saïdou et al 2004) est également une stratégie pour que les migrants préservent leur jouissance sur la terre.

Cependant, une jachère en long-durée (au moins 10 ans) peut être considérée par des propriétaires fonciers comme abandon, qui rend la terre disponible pour l'attribution aux nouveaux migrants. La perception endogène qui véhicule que la terre appartient (pour la période de l'utilisation) à la personne qui la travaille est un facteur important dans la sécurité de tenure.

6.3- Discussion générale

6.3.1- Indicateurs de reconnaissance de la qualité des sols

6.3.1.1- Pertinence des critères d'identification des types de sol

Des résultats de cette étude, il ressort de façon générale que la performance des pratiques endogènes de production est, en partie, due aux connaissances que les producteurs ont de la qualité de leur sol. Ceci est souvent apprécié à travers le niveau de rendement de la précédente culture. Quatre principaux types de sols ont été identifiés. Dans l'ensemble, les sols bruns très concrétionnés, les sols sableux sans concrétions, les sols rouges et les sols noirs lourds des bas-fonds ont été régulièrement cités par tous les groupes socio-culturels. Ces résultats corroborent ceux des travaux de Dossou-Yovo (2009) réalisés dans le secteur.

En général, les noms des sols donnés par tous les groupes socio-culturels se réfèrent en langues locales à la topographie, la morphologie, la texture, la couleur et l'état de la végétation, ce qui confirme les résultats de Kissou et *al.* (2012) au Burkina Faso. On remarque également que les

noms des types de sol identifiés par les producteurs commencent généralement par les appellations de terre en langues locales ce qui fut mentionné également par Bio-Lafia (2008) dans la commune de N'dali au Bénin. Ainsi, les sols des bas-fonds (sols hydromorphes) dénommés *Ilè doudou* (critère de classification basé sur la couleur) ou encore *Ilè fèèho* (critère de classification basé sur la topographie) par le groupe socio-culturel Tchabè, *Tem daka* par les Baatonu, *Ledi igouni* par les Fulani (Peulh), *Ko* par les Fon, *Tètou koukpètoutou* par les Lokpa et *Ditensooh* par les Ditamari sont les plus fertiles. Ceci s'explique par le dépôt périodique des alluvions des cours d'eau et également par leur richesse en matière organique d'où leur coloration noirâtre. Selon Hattar *et al.* (2010) et Kissou *et al.* (2012), ces milieux présentent l'humidité du sol la plus élevée au sein de ces paysages. Ce sont également des milieux d'accumulation de sédiments organiques d'origines variées, qui contribuent à améliorer les teneurs en carbone et en bases échangeables du sol.

Contrairement aux critères de classification utilisés en pédologie, les critères utilisés par les producteurs sont surtout orientés vers des objectifs d'accroissement de la productivité du sol. Ceci corrobore les observations de Gray et Morant (2003) au sud-ouest du Burkina Faso. Ces critères sont basés sur l'aptitude culturale des sols et reposent essentiellement sur l'observation de la nature et l'expérience. Globalement, les producteurs arrivent à identifier les parcelles « pauvres » des parcelles « riches » pour une culture, surtout pour les céréales.

Bio-Lafia (2008) a rapporté que les critères de classification des sols sont spécifiques à chaque groupe socio-culturel. Ceci pourrait s'expliquer par les modes de gestion des terres et les pratiques culturales adoptés, lesquels sont spécifiques à chaque groupe socio-culturel (exemple : les Lokpa sont spécialisés dans l'exploitation des zones inondables pour la production d'une variété spécifique d'igname et pour la production du riz local). Ce groupe socio-culturel a ainsi une parfaite connaissance de ce type de sol et du mode d'exploitation que l'on peut en faire. Le niveau d'éducation et surtout l'expérience des individus dans le domaine agricole, sont déterminants pour une très bonne appréciation des types de sols. En effet, des connaissances élémentaires sont enseignées dans les programmes des écoles primaires et des cours secondaires. Ces enseignements portent sur la connaissance du terroir de l'apprenant et par conséquent sur la distribution des types de sol dans la zone. Ces connaissances sont ensuite renforcées par les observations directes faites quotidiennement par les producteurs d'où leur expertise dans la reconnaissance des types de sol de leur localité. D'une façon générale, on note une nette différence entre les groupes socio-culturels, surtout entre les autochtones et les migrants.

6.3.1.2- Pertinence des indicateurs locaux d'appréciation et de reconnaissance de la qualité des sols

Dans le milieu d'étude, les producteurs ne se basent pas uniquement sur la singularité d'un indicateur pour évaluer l'état de fertilité des sols mais se fondent plutôt sur la combinaison des indicateurs. Ce résultat est conforme à ceux de Bio-Lafia (2008). Ainsi, plusieurs indicateurs sont utilisés pour apprécier l'état des sols fertiles ou dégradés. Les producteurs distinguent les espèces végétales, la pédofaune, l'aspect de la végétation en place, le rendement de la précédente récolte obtenu et l'aspect physique des sols. Ces résultats confortent ceux des études effectuées au Burkina Faso par Somé *et al.* (1998).

Certaines plantes indicatrices de bonne fertilité des sols dans une zone apparaissent comme des indicateurs d'appréciation de l'état de la dégradation des sols par d'autres groupes socioculturels. A titre d'exemple, *Imperata cylindrica* au sud de la zone, où dominent les Tchabè et les Fon, est considéré comme un indicateur de dégradation, alors que dans le nord-est du bassin où dominent les groupes socio-culturels Baatonou et Peuh, il est considéré comme un indicateur de sol fertile. C'est également le cas de *Commelina benghalensis* et *Rottboellia cochinchinensis*. Ces résultats sont conformes à ceux des travaux de M'Biandoun *et al.* (2007) dans le nord du Cameroun. Ces observations confirment la difficulté de la généralisation des résultats des travaux de recherche en ethnopédologie comme l'ont également mentionné Ishida *et al*. (2001) et Winkler Prins (2003). En effet, la situation d'une ressource naturelle dans un terroir donné peut entrainer les communautés à avoir différentes perceptions de l'utilité de la ressource selon qu'elle est abondante ou rare. De plus les formes d'utilisation que l'on fait de la ressource peuvent affecter la perception des populations. Ainsi, l'abondance de l'*Imperata cylindrica* est appréciée par certaines communautés qui l'utilisent pour la couverture des toitures de leur habitation. Ces groupes utilisent l'abondance de l'espèce et le caractère verdoyant des feuilles comme indicateurs des sols fertiles (Vissoh *et al*., 2007).

La rareté de la main d'œuvre pour le sarclage peut affecter la perception des producteurs sur certaines espèces végétales utilisées comme indicatrice de l'état de fertilité des sols. Par exemple, en situation de pénurie de la main d'œuvre dans une région donnée, la gestion de l'*Imperata* est un réel problème car les ouvriers augmentent le prix du sarclage des parcelles envahis par l'espèce. Par contre, lorsque la main d'œuvre est abondante, le sarclage des parcelles envahies par cette espèce se fait sans coût additionnel.

La présence des escargots et des terricules de vers de terre a été reconnue comme indicateur de sol fertile. Ces résultats sont en conformité avec ceux de Saïdou *et al.* (2008) et constituent des

indicateurs pertinents. En effet, par leur activité, les vers de terre jouent un rôle important dans le maintien de la porosité et de la structure des sols. L'abondance du *Striga hermonthica* témoigne, pour le groupe socio-culturel Baatonou, que le sol a perdu sa fertilité. En effet, la présence de cet adventice est souvent source de baisse de rendement des cultures en particulier des céréales. Cette observation est en conformité avec les travaux de Saïdou et *al*. (2004) et Vissoh *et al*. (2008).

En général, en dépit de la variabilité de la perception des producteurs sur les indicateurs végétaux d'appréciation de la qualité des sols, on peut conclure qu'ils possèdent une parfaite connaissance de la distribution leur grandes catégories de sol (au sens de leurs appellations vernaculaires) de leur localité et de l'état de leur fertilité vis-à-vis de différentes cultures.

6.3.2- Pratiques de gestion de la fertilité des sols

6.3.2.1- Diversité des stratégies de restauration de la fertilité des sols et rationalité paysanne

Les paysans du bassin de l'Okpara au Bénin ont recours à plusieurs stratégies pour gérer la fertilité de leur sol. Des études antérieures menées au nord du Bénin font état de ce comportement (Djènontin *et al.*, 2002, Bio-Lafia, 2007) qui se retrouve aussi dans toute la région soudano-sahélienne (Pieri, 1989 ; Mcintire *et al*., 1992 ; Jabbar, 1994). Les pratiques communément rencontrées sont : les rotations culturales, le parcage rotatif direct des animaux, les apports d'engrais minéraux ou de fumure organique, la jachère avec ou sans culture pérenne et les associations de culture. Ces résultats corroborent ceux de Gomgnimbou *et al*. (2010) chez les paysans de la province de Kompienga au Burkina Faso.

Les paysans ont affirmé que la jachère naturelle de longue durée permet de restaurer la fertilité des sols. Toutefois, sur la base de leurs expériences, ils pensent que la rotation de culture à base de soja et la jachère avec des cultures annuelles telles que le pois d'angole et le manioc sont plus profitables que les jachères naturelles de courte durée. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par Becker et Johnson (1998). Ces auteurs ont montré que le pois d'angole est une légumineuse très lignifiée qui produit plus de biomasse que la jachère naturelle. Selon Bado (2002), une année de légumineuse est nettement plus profitable qu'une jachère naturelle annuelle sur le plan de la restauration de la fertilité des sols en raison de la fixation symbiotique de l'azote par la légumineuse.

Les perceptions des populations sur la performance de l'association de culture ont montré que l'association maïs/niébé donne un rendement meilleur que les autres types d'association culturale notamment l'association maïs/sorgho et l'association maïs/manioc. Il ressort également de nos

résultats que le rendement de l'association maïs/sorgho et celui des céréales en culture pure ne diffèrent pas substantiellement. Ces résultats sont en concordances avec ceux obtenus par Coulibaly *et al*. (2012). En effet, ces auteurs ont montré que les associations culturales maïs/légumineuses sont des pratiques novatrices pour les producteurs qui permettraient de mieux gérer l'espace cultivable (de plus en plus rare) et de contribuer à améliorer la fertilité du sol par la fixation symbiotique de l'azote de l'air par la légumineuse. Ces résultats sont confortés par ceux de Adjahossou *et al.* (2013) qui ont montré que l'association culturale maïs/arachide, permet d'éviter un défrichement supplémentaire de 0,2 à 0,6 ha de végétation naturelle contre 1,5 ha pour l'association maïs/manioc/pois d'angole. De même, d'après les résultats des travaux de Bambara *et al.* (2008), l'amélioration d'un système de cultures associant céréales et légumineuses engendre une augmentation de rendement grains de 34 et 26 % respectivement pour le sorgho et le niébé et un supplément de rendement en paille de 26 % et 45 % pour les fanes. La perception des producteurs sur les rotations culturales ont montré clairement que lorsque l'arachide, le soja et le niébé sont inclus dans les plans de rotation, ils augmentent substantiellement les rendements des cultures. Ces observations confirment ceux de Bado (2002), qui ont montré à partir des expérimentations agronomiques des accroissements de rendements des cultures succédant aux légumineuses.

La pratique de la jachère manioc pour une durée de 18 mois est largement répandue au sein des groupes socio-culturels Tchabè, Baatonou et Lokpa. Cette observation a été déjà mentionnée au Bénin par Saïdou *et al.* (2007) et Adjei-Nsiah *et al.* (2007) au Ghana. En effet, la contribution du manioc dans l'amélioration du rendement des cultures subséquentes a été expliquée d'une part par le recyclage de l'abondante biomasse produite par le manioc tout le long du cycle laquelle se recycle tout en améliorant le stock de matière organique. D'autre part, par l'efficacité des champignons mycorhiziens à arbuscule associés aux racines fines du manioc. Ces champignons mycorhiziens permettent une amplification des racines à travers les hyphes par conséquent contribuent à améliorer l'efficience dans le prélèvement du phosphore et de l'eau (Saïdou *et al*., 2007). Tous ces éléments pourraient expliquer la performance des jachères manioc dans l'amélioration du rendement des cultures subséquentes comme mentionnés par les producteurs.

Pour les groupes socio-culturels Peulh utilisateurs des engrais organiques par le parcage rotatif des bœufs, ce système est performant et permet d'améliorer le rendement surtout celui du maïs, de l'igname et du sorgho à près de 20 %. Par contre, selon Nacro *et al.* (2010) au Burkina Faso l'usage de l'engrais organique n'a pas permis de relever le pH du sol. Ils ont conclu qu'il faut de fortes doses de matière organique pour restaurer la fertilité d'un sol donc de gros investissements, ce qui n'est pas envisageable pour les petits producteurs en manque de

ressource. Ceci pourrait s'expliquer par le taux de minéralisation très considérable (en moyenne 2 % par an) (Pieri, 1989). Dans le cas des producteurs peulh du Bassin versant de l'Okpara, cette contrainte est levée car ils disposent par ménage d'un effectif moyen du troupeau de 50 têtes pour une superficie de moins d'un hectare exploitée par an. Selon les résultats des travaux de Pieri (1989), un bovin adulte d'origine tropicale (UBT) pesant environ 250 à 300 kg nourri sur les pâturages naturels du terroir villageois et parqué la nuit, produit environ 1,5 à 2,5 kg de matière sèche de fèces par nuit soit 600 à 900 kg/an. Rapporté à l'effectif du cheptel, une production de déjection de 30 à 45 tonnes/an est attendue sur la parcelle de culture. Ces données pourraient confirmer la perception des producteurs peulh de l'efficacité de cette pratique de parcage rotatif des bœufs surtout qu'ils s'investissent dans une agriculture intensive contrairement aux autres groupes socio-culturels qui pratiquent une agriculture extensive consommatrice d'espace.

En ce qui concerne l'utilisation des engrais minéraux, les producteurs ont affirmé que cette technologie permet d'accroître rapidement le rendement des cultures. Mais, quelques années plus tard, sur les mêmes parcelles, l'engrais minéral devient inefficace. Ces résultats sont en concordance avec ceux de Bado (2002). L'auteur est parvenu à la conclusion que l'engrais minéral NPK recommandé ne suffit pas pour atteindre les rendements optimums des cultures sur les sols tropicaux en raison de l'absence de matière organique et d'oligoéléments stimulateurs de l'absorption des macronutriments. Pour une meilleure valorisation de ces engrais minéraux, une pratique de gestion intégrée des nutriments associant les engrais organiques et minéraux s'impose (Balogoun, 2016). En effet, la fumure exclusivement minérale contribue à une acidification du sol à long terme (Bado, 2002) et à une baisse du stock des oligoéléments avec pour conséquence une baisse dans le temps du niveau des rendements des cultures.

6.3.2.2- Contraintes à l'adoption des pratiques de restauration de la fertilité des sols

Les résultats de cette recherche ont montré que seuls les groupes socio-culturels autochtones pratiquent encore la jachère de longue durée. Cette pratique a cours dans les zones où les terres sont encore disponibles notamment les villages de Kilibo et de Toui dans la commune de Ouèssè, de Gninsy et Diguidirou dans la commune de Pèrèrè. Ceci s'explique par le fait que ces populations s'adonnent plus aux échanges commerciaux à cause de leur proximité avec la république du Nigeria. Dans les autres zones, on constate un abandon des pratiques de la jachère de longue durée qui était autre fois la technique de prédilection de restauration de la fertilité des sols. Les producteurs l'ont expliqué par la forte démographie à laquelle cette zone fait face de nos jours avec l'affluence des migrants venant du sud et du nord Bénin à la recherche des terres

agricole. Ces résultats sont en accord avec ceux de Gomgnimbou *et al.* (2010) et Saïdou *et al.* (2004). C'est dans la même optique que Roose (1980) dans ses travaux, a indiqué qu'indéniablement, la jachère de longue durée améliore les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Toutefois, à voir leur restriction rapide dans les régions à forte densité de population et le temps nécessaire à la jachère naturelle pour régénérer la fertilité (bien modeste) du sol, on peut se demander s'il ne faudrait pas en parallèle étudier d'autres orientations qui répondent mieux aux besoins urgents des populations.

On peut conclure aujourd'hui que la technique de jachère de longue durée a montré ces limites comme stratégie de restauration de la fertilité des sols. Les populations sont de plus en plus contraint à observer des périodes de jachère de très courte durée ou à adopter un système de culture intensif ou des pratiques de jachère améliorée avec introduction des légumineuses à but multiple (Douthwaite *et al.*, 2002). Pour ce genre de technologie, ce qui est recherché, c'est l'amélioration du stock de matière organique du sol qui subit en zone tropicale une minéralisation de l'ordre de 2 % l'an (Pieri, 1989). D'où la nécessité de procéder à une compensation de cette perte annuelle de la matière organique.

Les investigations menées auprès des producteurs ont montré que les migrants ont une bonne appréciation des performances des associations maïs/niébé et arachide/maïs. En ce qui concerne les groupes socio-culturels autochtones (Baatonou et Tchabè), ils apprécient plus les performances des associations culturales manioc/maïs, igname/maïs et sorgho/maïs. Deux contraintes majeures ont été relevées pour l'adoption de cette technologie endogène. Il s'agit des contraintes liées aux difficultés de traitement insecticide du niébé avec les pieds du maïs d'une part et d'autre part, à la pénibilité de la récolte du niébé du fait de la chaleur qui prévaut là où le maïs est cultivé. Nos résultats corroborent ceux de Coulibaly *et al.* (2012) dans leurs travaux sur les performances agronomiques des associations de cultures au Burkina Faso. Des résultats de nos investigations sur le terrain, les producteurs ont reconnu que l'utilisation répétée des engrais minéraux sur un sol provoque à la longue une baisse de rendement des cultures et une prolifération des mauvaises herbes. Ces résultats corroborent ceux de Bio-Lafia (2007). On a également noté à travers cette étude que les producteurs pratiquent des rotations culturales non recommandées notamment les rotations céréale-céréale ou coton-coton. Ces pratiques ont pour conséquence la dégradation rapide des sols et une prolifération des ravageurs.

6.3.3- Efficacité des pratiques de gestion de la fertilité des sols

6.3.3.1- Comparaison des caractéristiques physico-chimiques des sols considérant les systèmes de culture

La différence entre les sols des systèmes de culture pour tous les paramètres chimiques du sol étudiés n'est pas significative. Ces résultats montrent un pH eau neutre. Les sols des différents systèmes de production sont moyennement acides à l'intérieur de l'intervalle de l'optimum de pH fixé par Baize (2000). Ces valeurs corroborent celles obtenues par Igué et *al.,* (2013) au Centre du Bénin, qui est de neutre à faiblement acide, est favorable à une bonne assimilation des éléments minéraux. Elles sont semblables également aux valeurs obtenues par Adjé (2004) sous les palmeraies à Pobè sur sol ferralitique. Ce même auteur a indiqué que ces valeurs sont inférieures à celles de Erhabor et *al.* (1999) au Nigeria dans les systèmes de production à base de palmier à huile qui sont plutôt proche de la neutralité. Les valeurs du pH eau observées dans ces systèmes ne seront donc pas trop bénéfiques pour les cultures subséquentes. Des résultats obtenus, le rapport C/N est dans le système parcage des bœufs (10,78) est voisin de 12 et correspond à une matière organique bien décomposée, mais néanmoins à faible réserve de matière organique. Par contre, tous les autres systèmes de production ainsi que les différents horizons ont un rapport C/N compris entre 15 et 25 donc inférieurs à 30 ; seuil critique pour une bonne décomposition et minéralisation de la matière organique (Saïdou et *al*., 2003) ; correspondent à une matière organique mal décomposée. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Bello (2011) sur le plateau Adja au Bénin. Ils sont également similaires à ceux de Igué et *al*. (2013) dans le centre-Bénin. En revanche, le phosphore assimilable, est la fraction de phosphore susceptible d'être utilisé par la plante. D'après Boyer (1982) cité par Yemadjè (2004), l'échelle de fertilité pour le phosphore assimilable selon la méthode de Bray et appliquée aux valeurs de phosphore assimilable indique une fertilité très faible (inférieur à 20 mg/kg) pour tous les systèmes de culture parcage analysés. Au niveau des autres systèmes de culture, les valeurs sont largement au-dessus du seuil critique. Ces valeurs sont en conformité avec celles obtenues par Balogoun (2009) sous système agroforestier à karité. De façon générale, la somme des bases échangeables, est très inférieure à la moyenne fixée par Malouhi (1997) (< 5 Cmol/kg). Ces valeurs sont largement supérieures à celles obtenues par Kabrah et *al.* (1999) qui a obtenus des valeurs avoisinant les seuils critiques (0,40 Cmol/kg). Les valeurs obtenues par la présente recherche sont inférieurs à celles obtenues par Erhabor et *al.,* (1999), au Nigéria dans les systèmes de production à base de palmier à huile qui avoisine 0,34 et 5 Cmol/kg respectivement pour K+ et Ca^{2+}.

6.3.3.2- Systèmes de culture et paramètres de croissance des plants de maïs

La campagne 2014-2015 a révélé que le système parcage des bœufs a permis d'avoir une bonne performances des plants de maïs. A la campagne 2015-2016, le système de culture manioc-maïs a permis d'avoir les meilleurs paramètres de croissance des plants de maïs. Pour Koudjo (2011), la différence significative observée entre les paramètres de croissance des plants peut être due à la présence en quantité modérée des macronutriments, à leur action combinée mais surtout à la perte de l'azote sous l'effet des facteurs climatiques. De ce fait, les facteurs climatiques dont la sécheresse peuvent aussi induire la mauvaise croissance des plants de maïs. C'est ce qui justifie certainement la réduction progressive des diamètres des plants observée au cours des périodes de mesure, suite au dessèchement des gaines enveloppant les tiges. En effet, selon Saïdou (2011), une déficience en azote se traduit chez la plante par une réduction de la taille de toutes les parties morphologiques (feuilles, fruits, tiges), une destruction des cellules ; ce qui occasionne l'apparition de la coloration jaunâtre des feuilles. Dans ce cas, le potassium aussi devient indispensable pour la croissance en diamètre des plants et pour l'absorption des nutriments. Lamboni (2003) affirme que le potassium améliore le régime hydrique de la plante et accroît sa tolérance à la sécheresse, au gel et à la salinité.

6.3.3.3- Systèmes de culture et le rendement du maïs

De façon générale, puisque le maïs est produit dans le présent contexte pour l'obtention du maïs-grain, alors c'est le rendement grains qui a été considéré. Les meilleurs rendements ont été obtenus au niveau du système parcage rotatif des bœufs au niveau de la campagne 2014-2015 et au niveau de la campagne 2015-2016, c'est la jachère d'une durée de 4 à 10 ans qui vient en tête suivi du système parcage et de l'application d'engrais minéraux. Les gains de rendements observés au niveau de ces systèmes de culture sont probablement liés à l'amélioration des conditions pédologiques ; spécialement l'amélioration de la teneur en Phosphore assimilable et en azote de ces parcelles (Nacro et *al*., 2010). Ces résultats confortent ceux de Bado (2002) au Burkina Faso. La durabilité des systèmes de production dans cette zone dépendra fortement de la capacité à maintenir le taux de phosphore assimilable au-dessus du seuil de déficience de 5mg/kg de sol. Les rendements ont connu une variation saisonnière importante. Ces résultats sont imputables aux conditions climatiques qui sont variables d'une année à une autre. Des résultats similaires sont rapportés par plusieurs auteurs au Bénin (Balogoun, 2009 ; Bello, 2011 ; Koudjo, 2011).

6.3.4- Tenure foncière et dynamique de l'occupation des terres

6.3.4.1- Approche méthodologique

SpaCelle est un progiciel qui a pour but de répondre à une problématique sur l'évolution de l'occupation du sol (Langlois, 2001). Le choix de ce modèle pour la simulation de la tendance évolutive des zones humides a été dicté par plusieurs critères. Parmi les plus importants, on peut noter :

- La simplicité des données requises pour adapter le modèle. Elles sont en effet plus ou moins simples, accessibles et disponibles. Il s'agit des mêmes données que celles ayant servi à l'analyse de la détection des changements d'occupation des terres. Elles comprennent les mêmes séries d'images de télédétection et les mêmes données sur l'occupation des terres ainsi que les données relevées sur le terrain.
- Outil de simulation de la dynamique des unités d'occupation des terres, SpaCelle a été adapté et validé dans plusieurs régions dans le monde (Martinique, nord et centre du Bénin etc), et les résultats obtenus sont fiables et similaires aux modèles complexes tels que CA_MARKOV, DINAMICA, Land Change Modeler… (Abdoulaye, 2015 ; Oloukoi, 2013 ; Aupetit *et al.,* 2010, Langlois, 2005 ; White et Engelen, 1993).
- L'adaptation et la validation de SpaCelle dans plusieurs régions dans le monde favorise sa validation dans la zone d'étude.
- Le modèle présente l'avantage de reposer sur des principes discrets qui simplifient beaucoup la réalité. Il permet une modélisation de données qualitatives, fréquentes et évite une mise en équation complexe du problème ; comme la modélisation classique.

Il présente par ailleurs des limites car ne il ne génère pas les objets mobiles, ni l'action à distance. Des systèmes multi-agents, qui sont une généralisation des automates cellulaires, ont été utilisés pour corriger cette faiblesse

6.3.4.2- Insécurité foncière comme contrainte à l'adoption des pratiques de gestion durable des terres

Les résultats de cette étude montrent que le contrat à court terme, le contrat de longue durée et l'achat des terres sont les modes accès à la terre des migrants. Il ressort des investigations sur le terrain que ces modes d'acquisition des terres agricoles par les migrants ne garantissent pas une gestion durable desdites terres. La pratique de la jachère de longue durée peut avoir comme conséquence pour le migrant la perte des droits d'exploitation de la terre. En effet, une jachère de longue durée peut être considérée comme un terrain non occupé et par conséquent être attribué à

un nouveau migrant. Cette situation explique pourquoi la plupart des migrants pratiquent des jachères de courte durée (2 ou 3 ans). Bien que plusieurs techniques de restauration de la fertilité des sols, dont les plantes de couverture, l'agroforesterie et les engrais minéraux, aient été introduites par les services d'encadrement du monde rural, l'insécurité foncière empêche les migrants de les adopter, sauf une minorité ayant accès aux terres par l'achat. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus de Saïdou et *al.,* 2007 au Ghana et dans la commune de Savè. Souleymane et *al.,* 2007 ont abouti aux mêmes constats dans leurs travaux sur système coutumier de tenure des terres et lutte contre la désertification au Burkina. En revanche, Somé (2002) dans ses travaux sur impact de la "propriété foncière" des migrants sur la gestion des ressources naturelles dans le village de Dibien, s'oppose à cette thèse qui stipule que l'intensification de la production agricole est tributaire de la sécurité foncière Il est parvenu à la conclusion que cette thèse défendue par les économistes néoclassiques ne cadre pas avec le paysage foncier de sa zone d'étude, bien que dominé par ce mode de gestion.

Par ailleurs, dans le village de Yaoui, un consensus se dégage entre les propriétaires terriens et les migrants sur l'adoption des pratiques telles que l'agroforesterie. Le migrant est autorisé à planter des cultures pérennes (l'anacardier, le teck, le manguier, les orangers) dont il exerce son droit de propriété jusqu'à son départ du village. Le jour il décide de partir, il perd son droit de propriété non seulement sur la terre, mais également sur la plantation.

En outre, plusieurs travaux ont mis en lumière l'impact important d'autres facteurs sur l'investissement et la productivité agricole. En effet, comme le souligne Lavigne (1998), la sécurité foncière est souvent présentée, de manière réductrice, comme le principal, sinon le seul facteur conditionnant l'intensification agricole et par conséquent le développement agricole. Le rôle de facteurs importants tels que les politiques d'accès au crédit ou d'accès aux infrastructures routières, est souvent sous-estimé. De fait, une étude souvent citée de Migot-Adholla et *al*. (1991) sur plusieurs pays africains (Ghana, Kenya et Rwanda) suggère que des facteurs tels que le manque d'infrastructures rurales sont plus contraignants pour l'intensification agricole et l'adoption de nouvelles technologies. L'étude de Ouédraogo et *al.* (1997) au Burkina Faso conclut à une absence d'impact des droits de propriété sur la productivité agricole ; et suggère que cette dernière dépendrait principalement de la fertilité naturelle des sols et des conditions climatiques.

6.3.4.3- Problématique de la dynamique d'occupation des terres agricoles

Les résultats de la dynamique d'occupation des terres indiquent que les zones de mosaïques de cultures et jachères, occupent la première plus grande proportion de tout l'espace, ont connu une

augmentation de superficie assez importante entre 1990 et 2014. Les superficies de plantation ont augmenté mais restent relativement faibles car elles sont pratiquées sur de très petites superficies. Les surfaces forestières ont également diminué de 1990 à 2014 laissant place aux formations anthropisées (champs et jachères). Ces résultats sont conformes à ceux de Mama et *al* (2013) dans la zone soudanienne au nord du Bénin, ainsi qu'à ceux de Arouna (2002), Bogaert et *al.* (2011), Diallo et *al.* (2011), Orékan (2007) qui montrent une régression continue des forêts-savanes au profit des champs-jachères, sols nus et agglomérations à partir d'étude diachronique au Bénin. La création de nouveaux champs se fait au détriment des écosystèmes forestiers et savanicoles (Sounon-Bouko et *al.*, 2007). Aussi, l'accroissement des terres agricoles dans le but de nourrir une population sans cesse croissante justifie la réduction de la durée des jachères, l'augmentation d'année en année des espaces anthropisés (Avakoudjo et *al.*, 2014).

Pour le même auteur, la pression agricole et démographique est telle que la période de la jachère est inexistante au Bénin, la reconstitution des éléments nutritifs perdus lors des récoltes ne se fait pas, ce qui accélère la perte des paramètres physico-chimiques du sol face à cette surexploitation des potentialités des terres. On assiste aussi à la perte importante des terres arables. Ces terres dégradées sont moins productifs, réduisent la disponibilité de biomasse combustible, rendent les écosystèmes plus résistants, et augmentent la malnutrition et la susceptibilité à la maladie au sein des populations locales. A l'instar de ce qui se passe dans de nombreux pays africains, la terre étant rare, la croissance rapide de la population sans culture intensive, conduit à la dégradation des terres. Près de 40 % des Africains vivent sur des terres fragiles, la plus grande part dans le monde se trouve en Afrique subsaharienne (Hountondji, 2008). Là où la terre est abondante, la croissance rapide de la population ne conduit pas à la dégradation des terres parce que les agriculteurs changent leurs modes de culture, laissant les terres cultivées en jachère pour reconstituer les éléments nutritifs perdus. Cependant, la terre est rare dans de nombreux pays africains, et la croissance rapide de la population sans culture intensive conduit à la dégradation des terres.

Conclusion partielle

Au terme de ce chapitre, la surexploitation des terres, l'arrivée des migrants, la destruction du couvert végétal, la monoculture, l'utilisation abusive des engrais minéraux, la croissance démographique et les perturbations climatiques sont les facteurs de dégradation des terres agricoles les plus importants selon la perception des populations locales.

Conclusion générale et perspectives

La présente thèse est une contribution à la connaissance des savoirs locaux et la gestion de la fertilité des sols dans le bassin de l'Okpara au Bénin. Elle a permis d'identifier les indicateurs qui permettent aux paysans d'avoir une idée de la qualité des sols qu'ils exploitent ainsi les pratiques qui permettent de maintenir ou de restaurer la fertilité des sols. L'efficacité de ces pratiques a été étudiée et enfin, la gestion de la tenure foncière a été abordée avec son implication sur la dynamique de l'occupation des terres agricoles.

Des résultats obtenus, on peut retenir au terme de cette thèse les conclusions suivantes :

1) Les paysans ont une parfaite connaissance des sols qu'ils exploitent. Ces connaissances varient d'un groupe socio-culturel à un autre. Avant le choix des parcelles à exploiter, les paysans ont plusieurs indicateurs qui leurs permettent de reconnaitre la qualité des sols. Il s'agit des types de végétation ainsi que leurs aspects, la texture des sols notamment la couleur et la granulométrie est mis à contribution, le rendement de la précédente culture et la pédofaune en présence.
2) Plusieurs pratiques permettent de gérer la fertilité des sols. Il s'agit de la rotation des cultures, de l'application des engrais minéraux, l'application des engrais organiques à travers le parcage rotatif des bœufs, la jachère naturelle et l'agroforesterie à base d'anacardier. Les migrants (Lokpa, Ditamari et Fon) font recours aux pratiques (l'application d'engrais minéraux et la rotation de culture) qui ne garantissent pas la durabilité des ressources naturelles. Les Peulh utilisent le parcage rotatif des bœufs pour restaurer les sols dégradés. Les autochtones (Tchabè, Mahi et Baatonou) utilisent les jachères naturelles et surtout l'agroforesterie pour restaurer les sols jugés dégradés.
3) L'application d'engrais organique (parcage rotatif des bœufs), l'application d'engrais minéraux et la jachère de durée moyenne sont les pratiques qui apparaissent être efficaces dans le rendement grain de la culture du maïs. Toutefois, dans un contexte de durabilité des systèmes de production, une combinaison de l'application des engrais minéraux et organiques est suggérée aux paysans.
4) L'étude diachronique des différentes unités d'occupation du sol entre 1990 et 2014 a révélé que les plantations, les mosaïques de cultures et jachères et les agglomérations ont connu une évolution progressive de leurs superficies au détriment des formations naturelles : les marécages, les forêts claires et savanes boisées, les savanes arborées et arbustives et les forêts denses semi-décidues.

5) Les modes d'accès aux terres agricoles, la croissance démographique et les migrations rurales sont responsables de la dynamique de l'occupation du sol dans le bassin de l'Okpara au Bénin.

En perspective à cette étude, des suggestions peuvent être faites pour corriger les limites de la démarche suivie et proposer des actions pour une durabilité des systèmes de production dans le bassin de l'Okpara au Bénin.

La présente thèse ouvre des perspectives intéressantes dans le cadre de gestion durable des terres agricoles au centre du Bénin. Ainsi, les nouvelles pistes à explorer se présentent comme suit :

- Etude de la durabilité des systèmes de culture afin de d'identifier les plus durables ;
- Etendre l'étude de l'efficacité des systèmes de culture sur d'autres cultures notamment l'igname, le sorgho et le soja ;
- Etude des systèmes de production à base d'anacardier ;
- Cartographie des systèmes de culture dans le bassin de l'Okpara.

Pour la durabilité du système de culture dans le bassin de l'Okpara, il importe que :

- les structures de développement prennent en compte au niveau de leur programme les connaissances des producteurs, lesquels sont les seuls à mieux connaître l'environnement spécialement les sols sur lesquels ils travaillent.
- les structures de développement associent les producteurs dans le processus de génération des innovations en vue du développement d'une approche participative effective gage d'un développement durable car, les communautés seront au cœur du processus de développement.
- l'appui conseil des agents du SCDA soit orienté effectivement vers les pratiques qui cadrent avec la réalité et le contexte des producteurs ; l'accent doit être mis sur les associations et rotations culturales qui épuisent le moins les sols et la diffusion des pratiques de lutte antiérosive et de conservation des sols.
- les migrants aient un accès facile aux terres afin de leur permettre d'adopter les pratiques durables de restauration des terres.
- la pratique intégrée de fumure, laquelle consiste à une association des engrais organiques et des engrais minéraux.

Références bibliographiques

1- Abdoulaye D. (2015) : Dynamique de l'occupation des terres et ses incidences sur l'écoulement dans le bassin versant de l'Ouémé à l'exutoire de Bétérou (Nord-Bénin). Thèse de Doctorat Unique, Université d'Abomey-Calavi. Ecole Doctorale Pluridisciplinaire « Espace, Cultures et Développement », 253 p.

2- Adégbidi A. (1994) : Cours de gestion des exploitations agricoles, DESAC/FSA/UAC ; 81p.

3- Adjahossou V. N., Adjahossou B. S., Dovonou F., Adjahossou D. F. et Boko M. (2013) : Evaluation de l'intensité territoriale de deux systèmes de cultures associées modérément fertilisées au Sud-Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 7(6) : pp 2233-2247.

4- Adjei-Nsiah S., Kuyper T.W., Leeuwis C., Abekoe, M.K. et Giller, K.E. (2007) : Evaluating sustainable and profitable cropping sequences with cassava and four legumes crops: effects on soil fertility and maize yields in the forest/savannah transitional agro-ecological zone of Ghana. *Field Crops Research* 103 : pp 87-97.

5- Affomassè D., Lima V., Midingoyi S. et Sina B. (1998) : Evaluation technico-économique des tests d'amélioration des techniques de stockage et de conservation de l'igname en frais, PTAA et LESR/INRAB, Porto-Novo. 24 p.

6- Agbahungba V. S. C. (2005) : Gestion des ressources naturelles forestières et biodiversité dans la commune de Djidja. Mémoire de maîtrise de Géographie, UAC, FLASH, 103 p.

7- Agossou, V. (1993). Les sols béninois et leurs potentialités agricoles. Etudes N° 260. Projet PNUD/FAO d'Agro-pédologie. Bénin, 12 p.

8- Akpo M.A., Saïdou A., Yabi I., Balogoun I. et Bio Bigou B.L. (2016) : Indicateurs paysans d'appréciation de la qualité des sols dans le bassin de l'Okpara au Bénin. *Etude et Gestion des Sols*. 23 : pp 53-65.

9- Arouna O. (2002) : L'exploitation des ressources biologiques et la dynamique de la forêt classée de l'Alibori supérieur (secteur de l'arrondissement de Bagou), Mémoire de maîtrise, UAC/FLASH/DGAT, 115 p.

10- Arouna O. (2012) : Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la Commune de Djidja au Bénin : implications pour l'aménagement du territoire. Thèse de doctorat. Université d'Abomey-Calavi. Bénin. 162 p.

11- Aubréville A. (1957) : Accord Yangambi pour la nomenclature des types africains de végétation. Bois et For. Trop. 51, pp 22-27.

12- Avakoudjo J., Mama A., Toko I., Kindomihou V. et Sinsin B. (2014) : Dynamique de l'occupation du sol dans le Parc National du W et sa périphérie au nord-ouest du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci*. 8 (**6**) : pp 2608-2625.

13- Azontondé A. (2004) : Dynamique de la matière organique et de l'azote dans le système de Mucuna-maïs sur un sol ferrallitique (terres de barre) au Sud- Bénin. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. IRD/INRAB, 241 p.

14- Badiane A.N. et Szempruch B. (2000) : Gestion et utilisation de la matière organique dans la zone centre du Bassin arachidier (Senegal). In : P. Dugué. Fertilité et relation agriculture-élevage en zone de savane. Actes de 1'atelier : Les flux dc biomasse et la gestion de la fertilité à l'échelle des terroirs, Montpellier, France, 5-6 mai 1998. Colloques Cirad, p 79-87.

15- Bado B.V. (2002) : Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse PhD, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université de Laval, Quebec/Canada, 184 p.

16- Baize D. (2000) : Guide des analyses en pédologie. 2ème édition revue et augmentée. INRA, Paris. 257 p.

17- Balogoun I. (2009) : Influence du karité (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn) et du néré (*Parkia biglobosa* Jacqu. Benth) sur le microclimat, la fertilité du sol et le rendement du maïs dans les zones soudano-guinéennes au Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome, UAC/FSA Abomey-Calavi, Bénin, 75 p.

18- Balogoun I. (2016) : Caractérisation des facteurs édaphiques et climatiques pour l'amélioration de la productivité de l'anacardier au Bénin. Thèse de doctorat en sciences agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 157 p.

19- Becker, M. and Johnson, E.D. (1998) : Legumes as dry season fallow in upland rice-based systems of West Africa. *Biology and Fertility of Soils* 27 : pp 358–367.

20- Bello O. D. (2011) : Caractérisation chimique et biologique des systèmes de production à base de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) sur le plateau Adja au Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome, UAC/FSA Abomey-Calavi, Bénin, 87 p.

21- Ben Arfa N. (2006) : Politique agricole et changement structurel des exploitations agricoles : une application de la méthode de chaînes de Markov non stationnaires à la région de Midi-Pyrénées. Mémoire de Master, Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes, Montpellier, France, 86 p.

22- Biaou G. (1998) : Pouvoir local et gestion des ressources naturelles au Bénin. In Bierschenk, T. ; le Meur, P. ; M. von Oppen (Ed.). Les Institutions et technologies pour le développement rural en Afrique de l'Ouest, Margraf verlag, Germany, pp 203-211.

23- Bio-Lafia S. (2007) : Appréciation de la qualité des sols à travers la diversité des pratiques culturales : cas du village de Gounin, Commune de N'Dali. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Travaux (DIT), Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Bénin. 45p.

24- Blanchard M. (2010) : Gestion de la fertilité des sols et rôle du troupeau dans les systèmes coton-céréalesélevage au Mali-Sud, Savoirs techniques locaux et pratiques d'intégration agriculture élevage. Thèse de Doctorat Unique, Ecole Doctorale/Sciences, Ingénierie et Environnement, Université Paris-Est, Creteil, Val de Marne, 301 p.

25- Blaschke T. (2010) : Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65 (**1**) : pp 2–16.

26- Bloukounon G.Y.A., Saïdou A., Babatoundé S., Balogoun I., Arakogne S., Kassavi E. et Adegbidi A. (2015) : Effets des fumures NPK et déjections de petits ruminants sur la productivité et la valeur fourragère du maïs et de l'arachide au Sud Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques* 19 (2) volume spécial : pp 213-238.

27- Bogaert J., Barima Y.S.S., Ji J., Jiang H., Bamba I., Iyongo W.M.L., Mama A., Nyssen E., Dahdouh-Guebas F. & Koedam N. (2011) : A methodological framework to quantify anthropogenic effects on landscape pattern. *In* : Landscape ecology in Asian cultures (eds S.-K. Hong, J. Wu, J.-E. Kim & N. Nakagoshi), Springer, Verlag, New York, pp. 141-167.

28- Boserup E. (1970) : The conditions of agricultural growth : the economics of agrarian change under population pressure. George Allen & Unwin Ltd. London.

29- Brouwers J.H.A.M. (1993) : Rural people's response to soil fertility decline. The Adja case (Benin). Wageningen Agricultural University Papers 93-4, Wageningen, 146 p.

30- CENATEL (1990) : Carte de végétation du Bénin. Un instrument pour une meilleure gestion des ressources naturelles. Données de base et méthodologie, rapport, Cotonou, Bénin, 15 p.

31- Chabi M. (1997) : Impact de la colonisation agricole sur le milieu rural en pays Shabè. Mémoire de Maîtrise de Géographie, UNB, FLASH, 123p & annexes.

32- Chambers R. (1990) : Développement rural : pauvreté cachée. Londres : Karthala, CTA, 374 p.

33- CLAK, R. (1999) : Evaluation environnementale des plans et programmes : un outil pour protéger la biodiversité, Glasgow, Ecosse, 7 p.

34- Corgne S. (2004) : Modélisation prédictive de l'occupation des sols en contexte agricole intensif : Application à la couverture hivernale des sols en Bretagne. Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes 2- Haute-Bretagne, France, 230 p.

35- Coulibaly K., Vall E., Autfray P. et Sedogo P.M. (2012) : Performance technico-économique des associations maïs/niébé et maïs/mucuna en situation réelle de culture au Burkina Faso : potentiels et contraintes. *Tropicultura* 30 (3) : pp 147-154.

36- Dagnelie P. (1998) : Statistique théorique et appliquée. Tome 2 : Inférences statistiques à une et deux dimensions. De Boeck et Larcier, Paris-Bruxelles, France Belgique, 659 p.

37- Déry S. (1999) : Evolution des territoires agricoles et forestiers en Thaïlande : une interprètation cartographique. Cahiers d'outre-mer, 52(105) : pp 35-58.

38- Diallo D. et Keita D. (1995) : Un système paysan de classement des sols de la zone agroécologique du Djitoumou, Mali. Cahiers Agricultures 1995, 4, pp 371-375.

39- Djenontin J. A., Wennink B., Dagbenongbakin G. et Ouinkoun G. (2002) : Pratiques de gestion de fertilité dans les exploitations agricoles du Nord-Bénin. Actes du colloque, 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun.

40- Domenach H., Gonin, P. (2002) : "Editorial", Revue européenne des migrations internationales, 18 (2) : pp 7-9.

41- Donfack P. et Seignobos C. (1996) : Des plantes indicatrices dans un agrosystème incluant la jachère : les exemples des Peulh et des Guiziga du nord-Cameroun. J. Agric. Trad. Bota. Appl, 38(1) : pp. 231-250.

42- Donou B. (2015) : Extrêmes hydroclimatiques dans la bassin inférieur du fleuve ouémé : Impact agricole et scénarios de gestion, Thèse de Doctorat Unique en Géographie ; EDP/ FLASH/ UAC, 266 p.

43- Dossou-Yovo E. (2009) : Modélisation du fonctionnement hydrologique dans le bassin versant de l'Okpara à l'exutoire de Kaboua dans un contexte de changement global : contribution à la gestion intégrée des ressources en eau. Thèse d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Abomey-Calavi, Bénin. 106 p.

44- Douthwaite B., Manyong V.M., Keatinge J.D.H. et Chianu J. (2002) : The adoption of alley farming and Mucuna : lesson for research, development and extension. *Agroforestry Systems* 56 : pp 193-202.

45- Dubois J. (2008) : Diversité biologique et modes d'utilisation des espèces ligneuses alimentaires de la forêt classée de Pénessoulou. Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA, UP, 143 p.

46- Dubroeucq, D. (1977) : Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin au 1/200000, feuille de Savè, ORSTOM.

47- Dufumier M. (1996) : Les projets de développement agricole : manuel d'expertise, collection Economie et développement, éditions Karthala, Paris, 354 p.

48- Dugué P. (2002) : Flux de biomasse et gestion de la fertilité à l'échelle des terroirs : étude de cas au Nord-Cameroun et essai de généralisation aux zones de savane d'Afrique sub-saharienne. In : Dugué P., Fertilité et relations agriculture-élevage en zone de savane : actes de l'atelier sur les flux de biomasse et la gestion de la fertilité à l'échelle des terroirs, 5-6 mai 1998, Montpellier : CIRAD, p. 27-59.

49- Dugué P. (2010) : Développement des systèmes de production durables dans les projets vivriers. Etude d'évaluation environnementale et du développement de systèmes de production durables dans le cadre des projets de soutien à la production vivrière (Bénin, Togo, Ghana), FARM CIRAD, 135 p.

50- Dugué P., Vall E., Cathala M., Mathieu B., Olina J.P. et Seugé C. (2006) : Les paysans innovent, que font les agronomes? Le cas des systèmes de culture en zone cotonnière du Cameroun. In : Agronomes et innovations : 3è édition des entretiens du Pradel. Actes du colloque des 8-10 septembre 2004. Paris : L'Harmattan.

51- Dupré G. (1991) : Savoirs paysans et développement. Paris : Karthala, Orstom, 524 p.

52- El Hadraoui Y. (2013) : Etude diachronique de l'occupation du sol et de modélisation des processus érosifs du bassin versant du Bouregreg (Maroc) à partir des données de l'Observation de la Terre. Mémoire d'Igénieur Géomètre-Topographe. CNAM. Maroc. 88 p.

53- Erhabor J.O. and Glen C.F. (1999) : Soil Fertility Changes Under an Oil Palm-Based Intercropping System. Journal of Sustainable Agriculture, 14 (2) : pp 45-61.

54- Etèka A.C. (2005) : Contribution des jachères ‟ manioc'' dans l'amélioration du rendement des cultures et du prélèvement des nutriments : cas de la succession culturale manioc-maïs au centre du Bénin. Thèse de DEA. FSA/UAC, Abomey-Calavi, Bénin, 107 p.

55- FAO (1997) : Ouvrage sur l'aménagement durable des forêts, Rome. 150 p.

56- Ferraton N. et Touzard I. (2009) : Comprendre l'agriculture familiale, diagnostic des systemes de production. Quae, CTA, Presses agronomiques de Gembloux. 123 p.

57- Fotsing E., Verburg P.H, Degroot W.T., Cheylan J-P et Tchuente M. (2013) : Un modèle intégré pour explorer les trajectoires d'utilisation de l'espace. *ARIMA Journal*, 16 pp 1-28.

58- Franquin P. (1968) : Analyse agroclimatique en régions tropicales: saison pluvieuse et saison humide. Cah. ORSTOM, sér. Biol., 9 : pp 15-24.

59- Geoghegan, J., Pritchard, L., Ogneva-Himmelberger, Y., Chowdhury, R.R., Sanderson, S., Turner II, B.L., (1998): "Socializing the pixel" and "pixelizing the social" in land-use and land-cover change. In : Liverman, D., Moran, E.F., Rindfuss, R.R., Stern, P.C. (Eds.), People and Pixels : Linking Remote Sensing and Social Science. National Academy Press, Washington, DC, pp. 51–69.

60- Gnanho J.B. (2011) : Facteurs humains de la dégradation de l'environnement dans la Commune d'Allada. Mémoire de DEA, EDP, FLASH, UAC, 91 P.

61- Gnanho J.B. (2016) : Dynamique de l'environnement sur le plateau d'allada au Bénin : tendances, facteurs et scenarii de gestion. Thèse de Doctorat Unique, EDP/ FLASH/ UAC, 263 p.

62- Gnimadi C. (2012) : Croissance démographique et dynamique socio-spatiale sur le plateau d'Allada. Thèse de Doctorat Unique en Géographie, Université de Lomé, 474 p.

63- Gomgnimbou, A. P. K., Savadogo, P. W., Nianogo, A. J. et Millogo-rasolodimby J. (2010) : Pratiques agricoles et perceptions paysannes des impacts environnementaux de la cotonculture dans la province de la Kompienga (Burkina Faso). *Science Naturelle* 7(2) : pp 165 – 175.

64- Gray, L.C. et Morant P. (2003) : Reconciling indigenous knowledge with scientific assessment of soil fertility changes in southwestern Burkina Faso. Geoderma, 111, pp. 425-437.

65- Grenier L. (1998) : Connaissances indigènes et recherche : Un guide à l'intention des chercheurs. Ottawa, Canada : CRDI.

66- Hattar B.I., Taimeh A.Y. et Ziladat F.M. (2010) : Variation in soil chemical properties along toposéquences in arid region of the Levant. Catena, 83, pp. 34-45.

67- Henao J. and Baanante C. (2006) : Agricultural Production and Soil Nutrient Mining in Africa : Implications for Resource Conservation and Policy Development [Online]. 13 p. http://www.eurekalert.org/africasoil/report/Soil_Nutrient_Mining_in_Africa_Report_Final.pdf.

68- Hoang L., Bedard S., Krishna M.M.G., Lin Y. and Englander S.W. (2002) : Cytochromec folding pathway: Kinetic native-state hydrogen exchange. Proc. Natl. Acad. Sci. 99 : pp. 12173–12178.

69- Honlonkou A. (1999) : Impact économique des techniques de fertilisation des sols : cas de la jachère à Mucuman au sud du Bénin ; Thèse de doctorat de 3ème cycle en sciences économique (économie Rurale). CIRES, Université de Côte d'Ivoire Abijan 188p.

70- Houedjissin C.R. (2004) : La ruralité : les nouvelles problématiques de la gestion durable des terroirs dans les communes rurales du Bénin. Cas de la commune d'Agbangnizoun, Thèse de Doctorat Unique soutenue à l'Université d'Abomey Calavi-Bénin. 175 p.

71- Hountondji H.Y.C. (2008) : Dynamique environnementale en zones sahélienne et soudanienne de l'Afrique de l'Ouest : Analyse des modifications et évaluation de la dégradation du couvert végétal. Thèse de Doctorat, Université de Liège, Belgique, p.131.

72- Huat J. (2008) : Diagnostic sur la variabilité des modes de conduite d'une culture et de leurs conséquences agronomiques dans une agriculture fortement soumise aux incertitudes : cas de la tomate de plein champ à Myotte, (Agro Paris Tech), 265 p.

73- Igué A. M., Agossou A. et Ogouvidé F.T. (2008) : Influence des systèmes d'exploitation agricole sur l'intensité de la dégradation des terres dans le département des Collines au Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique, 61, pp 39-51.

74- Igué A. M., Saidou A., Adjanohoun A., Ezui G., Attiogbe P., Kpagbin G., Gotoechan-Hodonou H., Youl S., Pare T., Balogoun I., Ouedraogo J., Dossa E., Mando A. et Sogbedji J. M. (2013) : Evaluation de la fertilité des sols au sud et centre du Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) Numéro spécial Fertilité du maïs – Janvier 2013. pp 12-23. ISSN : 1840-7099.

75- INRAB (1996) : Plan directeur de la recherche agricole du Bénin. Vol 2- Première partie. Plan de développement à long terme. Institut National des Recherches Agronomiques du Bénin, Edition ISNAR, 154 p.

76- INSAE (2015) : Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH4). Direction des Etudes Démographiques, Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE), Cotonou, Bénin, 490 p.

77- IPCC (2007) : Climate change 200: The physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University press, Cambridge, United Kingdom and New York, NI, USA, 996 p.

78- Ishida F., Tian, G. and Wakatsuki T. (2001) : Indigenous knowledge and soil management. In: *Sustaining Soil Fertility in West Africa*. Soil Sci. Soc. Am.J, 58, pp. 91-109.

79- Issa M. S. (2012) : Changement climatique et agrosystèmes dans le moyen Bénin : Impacts et stratégies d'adaptation. Thèse de Doctorat Unique, EDP/ FLASH/ UAC, 273 p.

80- Jabbar, M.A. 1994. Evolving crop-livestock farming systems in the humid zone of West Africa. *Journal for farming systems research-extension*, 4 (3) : pp 1451-1466.

81- Kabrah Y. et Koffi B. (2007) : Caractéristiques chimiques du sol sous palmeraie. Cahiers Agricultures. 9(1) : pp 73-6.

82- Kaméni E. D., Fotsing E. et de Groot W.T. (2012) : Passage d'un modèle acteur à un modèle multi-agents pour la gestion des ressources naturelles. Actes du 4e Colloque National sur la Recherche en Informatique et ses Applications – Thiès-Bambey, Sénégal, Avril 2012.

83- Kanté S. (2001) : Gestion de la fertilité des sols par classe d'exploitation au mali-sud. Wageningen (NL) : thèse Université Wageningen, Documents sur la gestion des ressources tropicales, 38, 236 p.

84- Kissira A. (2010) : Les activités humaines et la dégradation des ressources naturelles dans la Commune de Ségbana, au nord-est du Bénin : impacts sur la santé humaine et animale. Thèse de Doctorat de Géographie, EDP/FLASH/UAC, 284 p.

85- Kissou R., Traoré E., Gnankambary Z., Nacro, H.B. et Sédogo M.P. (2012) : Connaissance endogène de la classification et de la fertilité des sols en zone Sud-Soudanienne du Burkina Faso. *VetigO - la revue électronique en science de l'environnement*, 14(1) : http://vertigo.revues.org/14616. Consulté le 13 juin 2015.

86- Koudjo O. B. G. (2011) : Détermination de la date de semis optimale et de la dose optimale d'engrais pour une meilleure productivité du maïs (Zea mays) sur sols ferralitiques au Sud-ouest du Bénin : Cas de la Commune de Dogbo. Thèse d'Ingénieur Agronome, UAC/FSA Abomey-Calavi, Bénin, 146 p.

87- Lambin, E. F., Baulies, X., Bockstael, N., Fisher, D., Krug, T., Leemans, R., Moran, E.F., Rindfuss, R. R., Sato, Y., Skole, D., Turner II, B. L. et Vogel, C. (1999) : Land use and land cover change (LUCC) : Implementation strategy. IGBP Report 48, IHDP Report 10, 125 p.

88- Lamboni D. (2003) : Approche participative et utilisation du logiciel QUEFT pour la gestion de la fertilité des sols. Thèse, UL-ESA, Lomé, 117 p.

89- Langlois, P. (2001) : Le modèle SpaCell. Base de données du Groupe Modèles du GDR Libergéo : pp 111-125.

90- Langlois, P. (2005) : Les automates cellulaires pour la modélisation de systèmes spatiaux, in Modélisations en géographie: déterminismes et complexités, Ed. Guermond Y., Hermès Science, Lavoisier, pp. 321-352.

91- Langlois, P., Delahaye D. (2002) : RuiCells, automate cellulaire pour la simulation du ruissellement de surface. Revue internationale de géomatique, 12(4) : pp. 461- 487.

92- Lecomte B., Rey B., 1996. Le mépris des intellectuels envers les paysans, paysannes, serait-il en train de s'effacer au Sénégal ? Novembre 1996, http://base.dp-h.info/fr/fiches/premierdph/fiche-premierdph-2816.html, le 25 février 2014.

93- Lévi-Strauss C. (1962) : La pensée sauvage. Paris : Plon, 380 p.

94- M'Biandoun M., Guibert H. et Olina J.P. (2007) : Savoirs paysans et fertilité des terres au Nord-Cameroun. Cah. Agric, 16(3) : pp 185-197.

95- Malouhi N. 1997. Méthode d"analyses des sols. PAFPH Cotonou, 1997, 77p.Nacro S., Ouedraogo S.,Traoré K., Sankara E., Kaboré C. et Ouattara B. (2010) : Effets comparés des pratiques paysannes et des bonnes pratiques agricoles de gestion de la fertilité des sols sur les

propriétés des sols et les rendements des cultures dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. Int. J. Biol. Chem. Sci. 4(4): 1044-1055.

96- Malthus T. (1798) : Essai sur le principe de la population. Ed Gontier, Paris, 236 p.

97- Mama A., Sinsin B., De Cannière C. et Bogaert J. (2013) : Anthropisation et dynamique des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin. Tropicultura, 31 (1) : pp 78-88.

98- Marage D. (2004) : Déterminisme, dynamique et modélisation spatiale de la diversité floristique dans un contexte de déprise pastorale : Application à la gestion durable des espaces montagnards sous influence méditerranéenne. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts (ENGRE), Nancy, France, 236 p + annexes.

99- Mcintire Bourzat D. et Pingali P. (1992) : Crop livestock interactions in sub-saharan Africa. Washington DC, World Bank.

100- Mélé G. A. (2009) : Contribution au maintien de la fertilité des sols dans les périmètres rizicoles : cas du village de Lèma. Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Licence Professionnelle, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 75p.

101- Moser S. C. (1996) : A Partial Instructional Module on Global and Régional Land Use/ Corver Change Assessing the Data and Searching for Général Relationshinps Géojournal 39 (3) : pp 241- 283.

102- Nacro S., Ouedraogo S., Traore K., Sankara E., Kabore C. et Ouattara B. (2010) : Effets comparés des pratiques paysannes et des bonnes pratiques agricoles de gestion de la fertilité des sols sur les propriétés des sols et les rendements des cultures dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 4 (4) : pp 1044-1055.

103- Naitormbaide M., Lompo F., Gnankambary Z., Ouandaogo N. et Sedogo M. (2010) : Les pratiques culturales traditionnelles appauvrissent les sols en zone des savanes du Tchad. Int. J. Biol. Chem. Sci. 4(4) : pp 871-881.

104- Ogouwalé E. (2001) : Vulnérabilité/Adaptation de l'agriculture aux changements climatiques dans le Département des Collines. Mémoire de Maîtrise de Géographie, DGAT/FLASH/ UAC, 117 p.

105- Ogouwalé E. (2006) : Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : Indicateurs, scénarios et prospectives de la sécurité alimentaire. Thèse de Doctorat Unique de Géographie, EDP/ FLASH/ UAC, 299 p.

106- Ogouwalé R. (2009) : Ressources hydro-pluviométriques : états et tendances dans le bassin supérieur de l'Okpara. Diplôme d'Etude Approfondie, Faculté des Lettres Arts Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 74p.

107- Ogouwalé R. (2013) : Changements climatiques, dynamique des états de surface et prospectives sur les ressources en eau dans le bassin versant de l'Okpara à l'exutoire de Kaboua. Thèse de Doctorat Unique, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 203 p.

108- Oloukoï J. (2012) : Utilité de la télédétection et des systèmes d'information géographique dans l'étude de la dynamique spatiale de l'occupation des terres au centre du Bénin. Thèse de Doctorat Unique de Géographie de l'Université d'Abomey- Calavi, EDP/FLASH/UAC, 305 p.

109- Oloukoi, J. (2013) : Scénario socio-économique et écologique des changements de l'occupation des terres au Bénin », VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 13 Numéro 1 | avril 2013, mis en ligne le 16 avril 2013, consulté le 02 février 2014. URL : http://vertigo.revues.org/13267 ; DOI : 10.4000/vertigo.13267.

110- Orekan V. O.A. (2007) : Implementation of the local land-use and land-cover change model CLUE-s for Central Benin by using socio-economic and remote sensing data. Ph.D. Thesis, Bonn University, 204 p.

111- Orou Séko R. (2013) : Contribution à la restauration des sols agricoles dans la commune de Banikoara. Diplôme d'Etude Approfondie, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 92p.

112- Ouedraogo J., Ouedraogo E. et Nacro H. B. (2014) : Effet de l'interaction entre des modes de gestion de fertilité et la macrofaune sur la productivité du niébé et du sorgho en zone nord soudanienne du Burkina Faso. Int. J. Biol. Chem. Sci. 8(1) : pp 104-114.

113- Pieri C. (1989) : Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. Ministère de la coopération, CIRAD/IRAT, Paris, France. 444 p.

114- Richards P. (1985) : Indigenous agricultural revolution: ecology and food production in West Africa. Hutchinson, London, 192 p.

115- Röling N.G., Hounkonnou D., Offei S.K., Tossou R. et van Huis A. (2004) : Linking science and farmers' innovative capacity: diagnostic studiesfrom Ghana and Benin. NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences, 52(3/4) : pp 211-235.

116- Roose E. J. (1980) : Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Thèse de doctorat, université d'Orléans, France. 204 p.

117- Saïdou A. (2005) : Capitalisation des expériences et pratiques en matière de restauration et de gestion de la fertilité des sols et de lutte anti érosive : Rapport principal. PAMRAD/INRAB , Natitingou. 102 p.

118- Saïdou A. (2006) : Converging strategies by farmers and scientists to improve soil fertility and enhance crop production in Benin. PhD thesis, Wageningen University, the Netherlands, 123 p.

119- Saïdou A. (2011) : Cours d'engrais et de fertilisation. FSA/UAC, Notes de cours, 46 p.

120- Saïdou A., Adjei-Nsiah S., Kossou D., Sakyi-Dawson O. & Kuyper T. W. (2007) : Sécurité foncière et gestion de la fertilité des sols : études de cas au Ghana et au Bénin. *Cahiers Agricultures* : 16 (5) : pp 405-412.

121- Saïdou A., Etèka A.C., Amadji G.L., Hougni D-G. J.M. et Kossou D. (2012) : Dynamique des champignons endomycorhiziens dans les jachères manioc sur sols ferrugineux tropicaux du Centre Bénin. Annales des Sciences Agronomiques, 16(2) : 215-228.

122- Saïdou A., Janssen B. H. et Temminghoff E. J. M. (2003) : Effetcs of soils properties, mulch and NPK fertiliser on maize yields and nutrient budgets on ferralitic soil in southern Benin. Agriculture, Ecosystems and Environment. 100, pp 265-273.

123- Saïdou A., Kossou D., Azontondé A. et Hougni D.-G.J.M. (2009) : Effet de la nature de la jachère sur la colonisation de la culture subséquente par les champignons endomycorhiziens : cas du système 'jachère' manioc sur sols ferrugineux tropicaux du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 3(3) : pp 587-597.

124- Saïdou A., Kossou D., Brussaard L., Richards P. et Kuyper T.W. (2008) : Earthworm activities in cassava and egusi melon fields in the transitional zone of Benin : linking farmers' perceptions with field studies. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences* 56 (1/2) : pp 123-135.

125- Saïdou A., Kossou D., Brussard L., Richards P., & Kuyper T.W. (2008) : Earthworm activities in cassava and egusi melon fields in the transitional zone of Benin : linking farmer" perception with field studies. NJAS- Wageningen Journal of Life Sciences. 2008, 56(1/2) : pp 123-135.

126- Saïdou A., Kuyper T.W., Kossou D.K., Tossou R. and Richards P. (2004) : Sustainable soil fertility management in Benin : learning from farmers. *NJAS- Wageningen Journal of Life Sciences* 52, pp 349-369.

127- Sanchez P. A. (2002) : Soil fertility and hunger in Africa. Science, 295, pp 2019-2020.

128- Sébillotte M. (1976) : Jachère, système de culture, système de production : méthodologie d'étude. In : Actes des Journées d'études Agronomie- sciences humaines, 5-6 juillet, Institut national agronomique de Paris-Grignon, Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée 24(2-3) : pp. 241-264.

129- Somé A., Alexandre D. et Hien V. (1998) : Bio-indicateurs paysans de la fertilité des sols et gestion du cycle culture-jachère (zone soudanienne, Burkina Faso). Actes de l'atelier jachère et systèmes agraires. In Tersiguel & Becker, pp 159-165.

130- Somé F. (2002) : Impact de la « propriété foncière » des migrants sur la gestion des ressources naturelles : cas de Dibien dans la Province de Tuy. Mémoire de Maîtrise, Université de Ouagadougou. Burkina Faso. 99 p.

131- Sossa E.L, Amadji G. L., Vissoh P. V., Hounsou B. M., Agbossou K. E. et Hounhouigan D. J. (2014) : Caractérisation des systèmes de culture d'ananas (Ananas comosus (L.) Merrill) sur le plateau d'Allada au Sud-Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 8(3) : pp 1030-1038.

132- Sounon Bouko B., Sinsin B. & Bio Goura B. (2007) : Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes au Bénin.*Tropicultura,* 25 (4) : pp 193-199.

133- Totin V. S. H. (2005) : Tendance hydroclimatique et scénarios de gestion des ressources en eau sur les plateaux du sud Bénin. Mémoire de DEA, Université d'Abomey- Calavi, Cotonou, Bénin, 83 p.

134- Vissin W.E. (2007) : Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Thèse de Doctorat Unique, Dijon, France, 285 p.

135- Vissoh P.V., Gbèhounou G., Ahanchédé A., Röling N.G. et Kuyper T.W. (2008) : Evaluation of integrated crop management strategies to copewith Striga infestation in permanent land use systems in southernBenin. Int. J. Pest Manage, 54(3) : pp 197-206.

136- Vissoh P.V., Mongbo R., Gbèhounou G., Hounkonnou D., Ahanchédé A.,Röling N. et Kuyper T.W. (2007) : The social construction of weeds:different reactions to an emergent problem by farmers, officials andresearchers. International Journal of Agricultural Sustainability, 5(2&3) : pp 161-175.

137- Volkoff B. et Willaime P. (1963) : Notice explicative de la carte des sols du Dahomey au 1/1.000.000.

138- WinklerPrins A.M.G.A. (2003): Local soil knowledge: insights, applications, and challenges. Geoderma, 111, pp. 165 – 170.

139- Wokou G. (2014) : Croissance démographique, Rythme climatique et mutation agricole et environnementale dans le bassin du Zou au Bénin. Thèse de Doctorat Unique, EDP /FLASH/UAC, 248 p.

140- Yabi C. (2001) : Migration rurale et questions foncières dans le secteur Savè-Ouèssè-Tchaourou. Mémoire de maîtrise de géographie, UNB, FLASH, 111 p & annexes.

141- Yabi I. (2007) : Etude de l'agroforesterie à base de l'anacardier et des contraintes climatiques à son développement dans le Centre du Bénin. Thèse de Doctorat Unique, Université d'Abomey-Calavi. Ecole Doctorale Pluridisciplinaire "Espace, Cultures et Développement", 239 p.

142- Yabi T. (2007) : Impact de la production agricole dans le développement socio-économique des arrondissements de Toui et de Kilibo. Mémoire de Maîtrise de Géographie, DGAT/ FLASH/ UAC, 101 p.

143- Yangambi C.S.A. (1956) : Specialist Meeting on Phytogeography / Réunion de spécialistes du C.S.A. en matière de phytogéographie. Scientific Council for Africa South of the Sahara, Yangambi, 28th July – 8th August 1956, Publication 22, C.C.T.A, 35 p.

144- Yèmadjè H.R., Crane T., Mongbo R., Saïdou A., Azontondé A., Kossou D. et Kuyper W.T. (2014) : Revisiting land reform: land rights, access and soil fertility management on the Adja plateau in Benin, International Journal of Agricultural Sustainability, 12(3) : pp 355-369.

145- Zodomè F. (2007) : Pression foncière et sécurité alimentaire dans la Commune d'Allada. Mémoire de Maîtrise de Géographie, DGAT/FLASH/UAC, 92 p.

Webographie

1- http.//fr.dir.grpoups.yahoo.com/group/agro30/message313 (Consulté le 23 janvier 2013 à 21 heures)

2- http://www.inter-reseaux.org/ressources-thematiques/politiques (Consulté le 30 juin 2014 à 11 heures)

3- http://www.agricoles/article/politiques-agricoles-au-benin (Consulté le 16 avril 2014 à 22 heures)

4- « http://fr.wikipedia.org/wiki/Thomas_Malthus » (Consulté le 12 mars 2015 à 15 heures)

5- http://thesefsa.uac.bj (Consulté le 26 février 2015 à 21 heures)

6- http:/ / WWW. Populatiodata.net (Consulté le 23 février 2015 à 23 heures)

7- http ://WWW.virtualcentre.org/fr/res/int/atelier_niamey/default_htm »contribministère de l'environnement et des forêts (Consulté le é 17 avril 2013 à 22 heures).

8- http:/fr./environnement, 2012 (consulté le 25 juin 2012 à 10 heures 15 minutes).

Annexes 1

CURRICULUM VITAE

Nom et Prénoms : AKPO Marius Afouda

Adresses : Abomey-Calavi

Tél : (+229) 95 22 02 97 / 96 05 96 13

Email : mariusakpo@yahoo.fr

Date et lieu de naissance : 19 Septembre 1985 à Kaboua (Savè-Bénin)

Situation matrimoniale : Célibataire avec un (01) enfant

Langues écrites : Français et anglais

Fonction : Géographe Environnementaliste

Diplôme récent : DEA en Géographie et Gestion de l'Environnement (GEN)

Cursus scolaire et Universitaire :

- Etude doctorale (2013-2016) : Doctorant en Géosciences de l'Environnement et Aménagement de l'Espace
- Cours Universitaire (2012-2013) pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA) en Géosciences de l'Environnement et Aménagement de l'Espace à la Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines (FLASH) de l'Université d'Abomey-Calavi au Bénin.
- Cours Universitaire (2006-2010) pour l'obtention du Diplôme de Maîtrise au Département de Géographie et Aménagement du Territoire à la Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines (FLASH) de l'Université d'Abomey-Calavi au Bénin.
- Cours secondaire (1998-2005) : Attestation du BEPC et du BAC série D en 2005.
- Cours primaire (1991-1997) : Attestation du CEP

Liste des publications

- **Akpo M. A**., Saïdou A., Yabi I., Balogoun I., Bio Bigou L.B. 2016. Indicateurs paysans d'appréciation de la qualité des sols dans le bassin de la rivière Okpara au Bénin. *Etude et Gestion des Sols*, 23 : 53-65.

- **Akpo M. A., A**. Saidou, I. Balogoun, I. Yabi et L.B. Bio Bigou. 2016. Evaluation de la performance des pratiques de gestion de la fertilité des sols chez les producteurs du bassin de la rivière Okpara au Bénin. *European Scientific Journal*, 12 (30) : 370-390.

- Akpinfa E., Kissira A., **Akpo M. A**. et Houssou S. C. 2016. Evaluation économique de la dégradation des terres dans la zone agroécologique du Centre Bénin. *European Scientific Journal*, accepté pour publication.

- Irotori A. Y., Tenté A. B., Houehanou T., **Akpo A. M.** et Yabi I. 2016. Etude des facteurs déterminant de l'infestation du *Vitellaria paradoxa* c.f. g aertn. par les loranthaceae au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, accepté pour publication.

- Eteka I.J., Vissin W.E., Amoussou E., Yabi I. et **Akpo M. A**. 2016. Influence de la variabilité pluviométrique sur la production du maïs dans les départements du zou et des collines au Bénin. *Actes du colloque en hommage au Professeur Fulgence AFOUDA, Risques et catastrophes climatiques : vulnérabilité et adaptation en Afrique de l'Ouest*, Volume 2 : Agroclimatologie. IBSN-10 : 978-99919-2-470-0, pp 114-128.

- Irotori A. Y., Tenté A. B., Djègo J., **Akpo A. M.** et Yabi I. 2016. Caractérisation des pratiques endogènes de conservation des bois sacrés dans le département de l'Atacora au Bénin. Cahiers du CBRST, 10 : 649-669.

Articles à soumettre pour publication dans les revues scientifiques

- **Akpo M. A**., Saïdou A., Mama Adi, Bio Bigou L.B., Balogoun I. et Yabi I. Gestion de la tenure foncière et dynamique de l'occupation des sols dans le bassin de l'Okpara au Bénin. A soumettre pour publication.

- **Akpo M. A**., Saïdou A., Mama Adi, Bio Bigou L.B., Balogoun I. et Yabi I. Efficacité des pratiques de restauration de la fertilité des sols

<u>Participation aux colloques et ateliers scientifiques</u>

Novembre 2016 : Participation à l'Atelier Scientifique National, organisé par Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, du 22 - 24 novembre 2016 à la Maison d'Acceuil « Sainte Anouarite » à Abomey-Calavi.

Octobre 2014 : Participation à la XVI^{ème} édition des Journées Scientifiques Internationales de Lomé (JSIL), du 20 au 25 Octobre 2014 sur le campus de Lomé (Togo).

Septembre 2013 : Participation au 4ème Colloque des Sciences, Cultures et Technologies de l'Université d'Abomey-Calavi, du 23 au 28 Septembre 2013 sur le campus d'Abomey-Calavi, Bénin.

Juin 2011 : Participation au 3ème Colloque des Sciences, Cultures et Technologies de l'Université d'Abomey-Calavi, du 6 au 10 Juin 2011 au Centre CIEVRA d'Akassato, route d'Allada (Bénin).

Octobre 2010 : Participation à la XIVème édition des Journées Scientifiques Internationales de Lomé (JSIL) du 25 au 29 Octobre 2010 sur le campus de Lomé (Togo).

Septembre 2010 : Participation aux Journées « Porte ouverte » de la Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines de l'Université d'Abomey-Calavi, du 11 au 12 septembre sur le campus d'Abomey-Calavi (Bénin).

Annexe 2

Questionnaires destinés aux producteurs

<table>
<tr><th>N°</th><th>Questions</th><th>Réponses</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Identification
Commune …….arrondissement……..Village…….
Nom du chef de ménage……..
Sexe : 0=Féminin 1=Masculin……....
Age :……...
Niveau d'instruction : 0=Aucun ; 1=Primaire ; 2=Secondaire (préciser) ; 3=Supérieur (préciser) 4=Formation Professionnelle ; 5=Alphabétisé (préciser) 6 = Autres (préciser) ……..
Ethnie : 1= Shabè ; 2= Bariba ; 3= Peulh 4 = Fon, 5= Lokpa ; 6= Autres (préciser) …….…….
Religion : 1= Musulman ; 2=Chrétien ; 3= Animiste ; 4=Autre (préciser)…….….
Situation matrimoniale : 1=Marié(e) ; 2=Divorcé(e) ; 3=Veuf (ve) ; 4=Célibataire ; 5=Autre (préciser) ….……...
Nom de l'enquêté membre du ménage :……...
Lieu de résidence : 1= Champs ; 2= Village ; 3= Ville…….
Type de ménage : 1= Monogame……..2= Polygame……...…
Quelles sont vos activités : 1=Agriculture, 2=Elevage, 3=Commerce, 4=Transformation des produits agricoles, 5=Autres (préciser)……
Composition du ménage
<table>
<tr><td></td><td>Moins de 6 ans</td><td>6 à 14 ans</td><td>14 à 60 ans</td><td>60 et plus</td></tr>
<tr><td>Homme</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>femme</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
Nombre d'enfants en charge de l'enquêté : Homme…..Femme……..….
Appartenance à un groupement 1= oui 2= non …….
Si oui l'effectif …….
Contact avec les services de vulgarisation……1=oui 2=non ……...</td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Quel est votre activité principale ? 1=agriculture ; 2= Elevage ; 4= transformateurs des produits agricoles ; 8=Commerçant ; 16=autres à préciser……</td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Quels sont les produits que vous cultivez ? 1=maïs ; 2=igname ; 3=riz ; 4= Coton ; 5= Autres à préciser.....……</td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>Quelles sont vos activités secondaires et à quelle période l'exercer-vous ?
<table>
<tr><td>Activité secondaires</td><td>Périodes d'exécution</td><td>Autres sans périodes</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
</table></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td>De combien d'hectare environ de terres cultivables disposez-vous ?.....</td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>Quel est le nombre d'hectare cultivé chaque année ?.....</td><td></td></tr>
<tr><td>7</td><td>Comment avez-vous accédé à ces terres ? 1=Emprunt 2=Héritage 3=Métayage 4=Achat</td><td></td></tr>
<tr><td>8</td><td>Quelle est la qualité de ces terres que vous cultivez ? 1= Médiocre 2=Peu fertile 3=Fertile 5=Très fertile</td><td></td></tr>
<tr><td>9</td><td>Quelle est l'évolution des rendements sur ces différentes terres ? 1=Baisse 2=Stagnation 3=Progression</td><td></td></tr>
</table>

10	Face aux terres médiocres et peu fertiles, en dehors de la baisse des rendements, existe-il des critères biologiques (animaux et végétaux) vous permettant de les identifier ? -Si oui, lesquels ?	
11	Quels sont les critères qui vous permettent d'identifier les sols fertiles ?	
12	Comment procédez-vous pour maintenir fertile ces sols ?	
13	Pour améliorer vos rendements, utilisez-vous des engrais minéraux ou des fumures organiques ?	
14	Entre engrais minéraux et fumures organiques, lequel utilisez-vous le plus ? -Pourquoi ?	
15	En dehors des fumures organiques, quelles sont encore les méthodes que vous utilisez pour maintenir fertiles ces sols ? 1=Jachère 2=Brûlis 3= Assolement	
16	Associez-vous l'agriculture à l'élevage ? -Si oui, pourquoi ?	
17	Pensez-vous que cette association permet d'améliorer la fertilité des sols ? -Si oui, comment ?	
18	Quel nombre de sacs de déchets d'animaux utilisez-vous par unité de surface et par ha ?	
19	Utilisez-vous aussi des ordures ménagères ? 1=Oui 2=Non -Si oui, comment ? - Quel est le nombre de sacs utilisez-vous par unité de surface ou par ha ?	
20	Ces méthodes sont-elles efficaces dans l'amélioration de la fertilité des sols et des rendements ?	
21	Existe-il des cultures qui freinent la dégradation et maintient la fertilité des sols ? -Si oui, citez –les	
22	Quelle quantité de légumineuses utilisez-vous par unité de surface ou par ha ? - Comment les utilisez-vous ?	
23	Devant une terre vierge, existe-il des indicateurs vous permettant de déterminer la fertilité des sols (animaux et végétaux) ? -Si oui, lesquels ?	
24	Existe-il encore des critères vous permettant de reconnaître l'état de fertilité des sols ?	
25	Pratiquez-vous de l'agroforesterie et les cultures de couloirs ? -Si oui, pourquoi ?	
26	L'agroforesterie permet-elle d'améliorer la fertilité des sols ?	

27	Appartenez-vous à un groupement villageois des producteurs ?	
28	Bénéficiez-vous des encadrements de la part des autorités en charges de la production agricole dans votre localité ?	
29	Mettent-ils à votre disposition des engrais minéraux et des fumures organiques ?	
30	Vous ont-ils apprirent d'autres méthodes de fertilisation des sols en dehors de celle que vous connaissiez ?	
31	Ces méthodes sont-elles efficaces ?	
32	Il y a-t-il une différence entre ces méthodes et celles que vous utilisiez ?	
33	Quel est l'impact de ces méthodes sur les sols, sur l'environnement et sur tous les écosystèmes associés ?	
34	Donnez l'évolution des superficies par produit cultivé sur les cinq dernières années ?	

Produits	2009	2010	2011	2012	2013

35	Donnez l'évolution de la production par produit cultivé sur les cinq dernières années ?				

Produits	2009	2010	2011	2012	2013

36	Avez-vous des contrats de livraison avec des clients ? 1=oui 2=non……	
37	Si oui quelles sont ces clients et quelles quantités leur livrez et à quels prix ?	

Nature du client	Lieu de livraison	Unité de livraison	Quantité	Prix de livraison

38	Avez-vous des sources de financement ? 1=oui 2=non…….	
39	Si oui quelles sont ces sources de financement et le montant ?	

Sources de financement	Montant

40	Quelles sont vos perspectives pour la production agricole ?	
41	Quelle est votre système de culture ? 1= intensif 2= semi-intensif 3= extensif	

Fiches de collecte des paramètres de rendement et croissance du maïs

Nom du chercheur :
Nom du technicien :
Date de collecte :
Commune :
Village :
Nom du producteur :
Système de culture :
FICHE N° : Mesure des paramètres du rendement de ma**ïs (données de terrain)**

Répétition	**Nombre total de pieds récolté**	**Nombre total d'épis récolté**	**Nombre d'épis pleins**	**Poids de la paille (kg)**	**Poids des épis (kg)**	**Ech. Frais de paille (g)**	**Ech. Frais d'épis (g)**
R1							
R1							
R1							
R1							
R2							
R2							
R2							
R2							
R3							
R3							
R3							
R3							
R4							
R4							
R4							
R4							
R5							
R5							
R5							
R5							
R6							
R6							
R6							
R6							

Nom du chercheur :

Nom du technicien :

Date de collecte :

Commune :

Village :

Nom du producteur :

Système de culture :

FICHE N° : Mesure de la longueur des épis de maïs **(données de terrain)**

Répétition	**Longueur des épis (cm)**				
	Epis1	**Epis2**	**Epis3**	**Epis4**	**Epis5**
R1					
R1					
R1					
R1					
R2					
R2					
R2					
R2					
R3					
R3					
R3					
R3					
R4					
R4					
R4					
R4					
R5					
R5					
R5					
R5					
R6					
R6					
R6					
R6					

Nom du chercheur :

Nom du technicien :

Date de collecte :

Commune :

Village :

Nom du producteur :

Système de culture :

FICHE N° : Mesure de circonférence des épis de maïs **(données de terrain)**

Répétition	Largeur des épis (cm)				
	Epis1	Epis2	Epis3	Epis4	Epis5
R1					
R1					
R1					
R1					
R2					
R2					
R2					
R2					
R3					
R3					
R3					
R3					
R4					
R4					
R4					
R4					
R5					
R5					
R5					
R5					
R6					
R6					
R6					
R6					

Annexe 3 : Données de terrain utilisées pour le modèle Spacelle

FID_point_	POINT_X	POINT_Y	Type_2015
0	454640	1021718	Mosaïque de cultures et jachères
1	452717	1021003	Surface rocheuse
2	447606	1010562	Surface rocheuse
3	453211	999571	Surface rocheuse
4	454640	998417	Surface rocheuse
5	454860	994845	Agglomération
6	462828	1004132	Agglomération
7	454256	1001110	Surface rocheuse
8	450244	1018915	Surface rocheuse
9	451398	1009078	Agglomération
10	470522	1004022	Agglomération
11	456343	947655	Agglomération
12	454347	946966	Surface rocheuse
13	454140	945899	Surface rocheuse
14	452832	945727	Surface rocheuse
15	456549	941735	Surface rocheuse
16	457169	938844	Surface rocheuse
17	459303	937055	Surface rocheuse
18	460128	937124	Surface rocheuse

19	459972	936366	Surface rocheuse
20	459922	935781	Surface rocheuse
21	470082	935146	Surface rocheuse
22	462904	904015	Surface rocheuse
23	464610	919098	Surface rocheuse
24	464117	919818	Surface rocheuse
25	463245	919439	Surface rocheuse
26	461085	918909	Agglomération
27	461237	915119	Agglomération
28	467035	911329	Surface rocheuse
29	465898	910836	Agglomération
30	462033	907994	Marécage
31	461350	909662	Marécage
32	459569	906592	Agglomération
33	471940	1028746	Marécage
34	473080	1025589	Surface rocheuse
35	506500	1015501	Agglomération
36	485886	1016641	Agglomération
37	487816	1005238	Mosaïque de cultures et jachères
38	447619	1010970	Surface rocheuse
39	457706	937952	Agglomération

40	443678	890944	Surface rocheuse
41	442869	890052	Surface rocheuse
42	444844	889400	Surface rocheuse
43	443668	887184	Surface rocheuse
44	446593	1016544	Plantation
45	441725	1030356	Plantation
46	433417	1033478	Plantation
47	437121	1036457	Plantation
48	438497	1039209	Plantation
49	442254	1037092	Plantation
50	441777	1034023	Plantation
51	450562	1005289	Plantation
52	423786	1011163	Plantation
53	492842	1012168	Plantation
54	491043	1006665	Plantation
55	454213	877124	Plantation
56	459505	888237	Plantation
57	452943	888449	Plantation
58	469347	894058	Mosaïque de cultures et jachères
59	466172	907922	Plantation

Annexe 4

Intensités des changements globaux par transition, entre catégories d'occupation du sol, des forêts denses vers les autres catégories et vice-versa (1990-2000 et 2000-2014)

Interval	1990_2000							
Categories	Observed Annual Gain number of elements	Gain Intensity percent of 2000 category	Uniform Intensity percent of interval's domain	Uniform Annual Gain number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of 2000 category	Omission Intensity percent of 2000 category	Hypothesized 2000 Error percent of interval's domain
Saa	27	0,12	1,72	475	448	0,00	94,38	11,63
Pt	1	1,01	1,72	1	1	0,00	45,72	11,63
Pe	1	0,85	1,72	2	1	0,00	55,07	11,63
Mcj	1030	4,52	1,72	260	770	74,78	0,00	11,63
Gf	22	1,20	1,72	33	11	0,00	34,22	11,63
Fo	3	0,29	1,72	19	16	0,00	85,56	11,63
Fcsb	51	0,30	1,72	347	295	0,00	85,23	11,63
Ag	11	2,18	1,72	8	3	25,58	0,00	11,63

Time Interval	1990_2000							
transitions TO	Saa							
FROM Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of 1990 non-Saa	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Pt	0	0,15	0,08	0	0	47,81	0,00	0,08
Pe	0	0,00	0,08	0	0	0,00	100,00	0,08
Mcj	10	0,08	0,08	10	0	0,52	0,00	0,08

Gf	7	0,37	0,08	1	5	78,69	0,00	0,08
Fo	0	0,04	0,08	1	0	0,00	47,99	0,08
Fcsb	9	0,05	0,08	14	5	0,00	32,91	0,08
Ag	0	0,00	0,08	0	0	0,00	100,00	0,08

Time Interval	1990_2000							
transitions TO	Pt							
FROM Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of 1990 non-Pt	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Saa	0	0,00	0,00	0	0	0,00	100,00	0,01
Pe	0	0,00	0,00	0	0	0,00	100,00	0,01
Mcj	1	0,00	0,00	0	0	77,54	0,00	0,01
Gf	0	0,00	0,00	0	0	0,00	100,00	0,01
Fo	0	0,00	0,00	0	0	0,00	100,00	0,01
Fcsb	0	0,00	0,00	0	0	0,00	43,90	0,01
Ag	0	0,00	0,00	0	0	0,00	100,00	0,01

Time Interval	1990_2000							
transitions TO	Pe							
FROM Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of 1990 non-Pe	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Saa	0	0,00	0,00	1	1	0,00	100,00	0,01
Pt	0	0,00	0,00	0	0	0,00	100,00	0,01
Mcj	0	0,00	0,00	0	0	0,00	100,00	0,01
Gf	1	0,06	0,00	0	1	97,32	0,00	0,01
Fo	0	0,00	0,00	0	0	0,00	100,00	0,01
Fcsb	0	0,00	0,00	0	0	0,00	100,00	0,01
Ag	0	0,00	0,00	0	0	0,00	100,00	0,01

Time Interval	1990_2000							
transitions TO	Mcj							
FROM Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of 1990 non-Mcj	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Saa	1012	3,03	1,92	554	459	45,30	0,00	6,90
Pt	0	0,15	1,92	2	1	0,00	93,42	6,90
Pe	0	0,00	1,92	3	3	0,00	100,00	6,90
Gf	7	0,39	1,92	41	34	0,00	82,86	6,90
Fo	1	0,07	1,92	22	22	0,00	96,86	6,90
Fcsb	9	0,05	1,92	399	391	0,00	97,82	6,90
Ag	1	0,15	1,92	9	9	0,00	93,52	6,90

Time Interval	1990_2000							
transitions TO	Gf							
FROM Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of 1990 non-Gf	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Saa	15	0,04	0,03	11	3	22,66	0,00	0,05
Pt	0	0,00	0,03	0	0	0,00	100,00	0,05
Pe	0	0,27	0,03	0	0	87,99	0,00	0,05
Mcj	1	0,01	0,03	4	3	0,00	67,45	0,05
Fo	0	0,04	0,03	0	0	20,63	0,00	0,05
Fcsb	5	0,03	0,03	6	1	0,00	10,13	0,05
Ag	0	0,00	0,03	0	0	0,00	100,00	0,05

Time Interval	1990_2000							
transitions TO	Fo							
FROM Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of 1990 non-Fo	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Saa	1	0,00	0,00	1	0	1,52	0,00	0,01
Pt	0	0,00	0,00	0	0	0,00	100,00	0,01
Pe	0	0,00	0,00	0	0	0,00	100,00	0,01
Mcj	0	0,00	0,00	1	0	0,00	81,03	0,01
Gf	0	0,01	0,00	0	0	63,12	0,00	0,01
Fcsb	1	0,01	0,00	1	0	30,33	0,00	0,01
Ag	0	0,00	0,00	0	0	0,00	100,00	0,01

Time Interval	1990_2000							
transitions TO	Fcsb							
FROM Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of 1990 non-Fcsb	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Saa	33	0,10	0,10	35	2	0,00	5,45	0,09
Pt	0	0,00	0,10	0	0	0,00	100,00	0,09
Pe	0	0,00	0,10	0	0	0,00	100,00	0,09
Mcj	10	0,08	0,10	13	4	0,00	27,56	0,09
Gf	6	0,31	0,10	2	4	67,66	0,00	0,09
Fo	3	0,35	0,10	1	2	71,09	0,00	0,09
Ag	0	0,00	0,10	0	0	0,00	100,00	0,09

Time Interval	1990_2000							
transitions TO	Ag							
FROM Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of 1990 non-Ag	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Saa	2	0,01	0,02	6	4	0,00	67,43	0,10
Pt	0	0,15	0,02	0	0	89,42	0,00	0,10
Pe	0	0,00	0,02	0	0	0,00	100,00	0,10
Mcj	9	0,07	0,02	2	7	75,59	0,00	0,10
Gf	0	0,01	0,02	0	0	0,00	66,19	0,10
Fo	0	0,00	0,02	0	0	0,00	100,00	0,10
Fcsb	0	0,00	0,02	3	2	0,00	89,26	0,10

Interval	1990_2014							
Categories	Observed Annual Gain number of elements	Gain Intensity percent of 2014 category	Uniform Intensity percent of interval's domain	Uniform Annual Gain number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of 2014 category	Omission Intensity percent of 2014 category	Hypothesized 2014 Error percent of interval's domain
Saa	681	2,07	2,60	1143	462	0,00	40,41	17,41
Pt	69	4,10	2,60	2	67	97,19	0,00	17,41
Pe	2	4,17	2,60	0	2	100,00	0,00	17,41
Mcj	623	3,18	2,60	323	300	48,13	0,00	17,41
Gf	60	3,73	2,60	12	48	80,36	0,00	17,41
Fo	37	4,08	2,60	1	36	96,61	0,00	17,41
Fcsb	205	2,51	2,60	226	20	0,00	8,95	17,41
Ag	51	3,30	2,60	22	29	56,46	0,00	17,41

Interval	1990_2014							
Categories	Observed Annual Loss number of elements	Loss Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of interval's domain	Uniform Annual Loss number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of 1990 category	Omission Intensity percent of 1990 category	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Saa	702	2,11	2,60	1143	441	0,00	38,61	16,66
Pt	2	2,37	2,60	2	0	0,00	20,55	16,66
Pe	4	4,17	2,60	0	4	100,00	0,00	16,66
Mcj	342	2,66	2,60	323	19	5,58	0,00	16,66
Gf	67	3,77	2,60	12	55	82,27	0,00	16,66
Fo	39	4,09	2,60	1	38	96,78	0,00	16,66
Fcsb	571	3,37	2,60	226	345	60,49	0,00	16,66
Ag	3	0,77	2,60	22	19	0,00	86,41	16,66

Time Interval	1990_2014							
transitions TO	Saa							
FROM Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of 1990 non-Saa	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Pt	0	0,00	2,06	3	3	0,00	100,00	3,68
Pe	3	2,38	2,06	2	1	26,46	0,00	3,68
Mcj	224	1,74	2,06	305	81	0,00	26,70	3,68
Gf	43	2,45	2,06	30	14	31,40	0,00	3,68
Fo	17	1,84	2,06	22	4	0,00	19,13	3,68
Fcsb	393	2,32	2,06	305	88	22,31	0,00	3,68
Ag	1	0,29	2,06	15	14	0,00	92,20	3,68

Time Interval	1990_2014							
transitions TO	Pt							
FROM Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of 1990 non-Pt	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Saa	22	0,07	0,10	35	13	0,00	36,45	0,85
Pe	0	0,08	0,10	0	0	0,00	25,62	0,85
Mcj	36	0,28	0,10	13	24	64,87	0,00	0,85
Gf	1	0,04	0,10	2	1	0,00	62,24	0,85
Fo	1	0,08	0,10	1	0	0,00	24,42	0,85
Fcsb	9	0,05	0,10	18	9	0,00	51,96	0,85
Ag	0	0,06	0,10	0	0	0,00	39,93	0,85

Time Interval	1990_2014							
transitions TO	Pe							
FROM Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of 1990 non-Pe	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Saa	1	0,00	0,00	1	1	0,00	54,10	0,04
Pt	0	0,00	0,00	0	0	0,00	100,00	0,04
Mcj	1	0,01	0,00	0	1	66,42	0,00	0,04
Gf	0	0,00	0,00	0	0	30,48	0,00	0,04
Fo	0	0,00	0,00	0	0	0,00	100,00	0,04
Fcsb	0	0,00	0,00	1	0	0,00	77,43	0,04
Ag	0	0,05	0,00	0	0	93,87	0,00	0,04

Time Interval	1990_2014							
transitions TO	Mcj							
FROM Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of 1990 non-Mcj	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Saa	454	1,36	1,16	362	92	20,32	0,00	3,49
Pt	1	1,86	1,16	1	1	51,96	0,00	3,49
Pe	0	0,00	1,16	2	2	0,00	100,00	3,49
Gf	14	0,77	1,16	23	10	0,00	40,99	3,49
Fo	14	1,44	1,16	10	4	26,50	0,00	3,49
Fcsb	139	0,82	1,16	219	80	0,00	36,57	3,49
Ag	1	0,25	1,16	6	5	0,00	83,33	3,49

Time Interval	1990_2014							
transitions TO	Gf							
FROM Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of 1990 non-Gf	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Saa	37	0,11	0,09	31	6	16,60	0,00	0,23
Pt	0	0,06	0,09	0	0	0,00	31,76	0,23
Pe	0	0,16	0,09	0	0	41,04	0,00	0,23
Mcj	10	0,08	0,09	12	2	0,00	16,35	0,23
Fo	0	0,04	0,09	1	1	0,00	58,14	0,23
Fcsb	12	0,07	0,09	16	3	0,00	21,85	0,23
Ag	0	0,03	0,09	0	0	0,00	66,66	0,23

Time Interval	1990_2014							
transitions TO	Fo							
FROM Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of 1990 non-Fo	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Saa	17	0,05	0,06	19	2	0,00	9,43	0,29
Pt	0	0,06	0,06	0	0	12,46	0,00	0,29
Pe	1	0,82	0,06	0	1	94,40	0,00	0,29
Mcj	1	0,01	0,06	7	6	0,00	82,93	0,29
Gf	2	0,10	0,06	1	1	42,15	0,00	0,29
Fcsb	16	0,09	0,06	9	6	40,68	0,00	0,29
Ag	0	0,01	0,06	0	0	0,00	81,49	0,29

Time Interval	1990_2014							
transitions TO	Fcsb							
FROM Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of 1990 non-Fcsb	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Saa	161	0,48	0,41	136	25	15,37	0,00	1,01
Pt	0	0,06	0,41	0	0	0,00	85,86	1,01
Pe	1	0,74	0,41	0	0	48,81	0,00	1,01
Mcj	30	0,24	0,41	56	26	0,00	45,79	1,01
Gf	7	0,38	0,41	7	1	0,00	7,90	1,01
Fo	7	0,69	0,41	4	3	44,73	0,00	1,01
Ag	0	0,06	0,41	2	2	0,00	86,08	1,01

Time Interval	1990_2014							
transitions TO	Ag							
FROM Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 1990 category	Uniform Intensity percent of 1990 non-Ag	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 1990 Error percent of interval's domain
Saa	10	0,03	0,08	26	16	0,00	60,63	1,08
Pt	0	0,32	0,08	0	0	77,16	0,00	1,08
Pe	0	0,00	0,08	0	0	0,00	100,00	1,08
Mcj	39	0,30	0,08	9	30	75,86	0,00	1,08
Gf	0	0,02	0,08	1	1	0,00	76,21	1,08
Fo	0	0,00	0,08	1	1	0,00	100,00	1,08
Fcsb	1	0,01	0,08	13	12	0,00	90,06	1,08

Time Interval	1990_2014							
transitions FROM	Saa							
TO Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 2014 category	Uniform Intensity percent of 2014 non-Saa	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 2014 Error percent of interval's domain
Pt	22	1,32	2,09	48	26	0,00	53,86	3,47
Pe	1	0,96	2,09	2	1	0,00	70,14	3,47
Mcj	454	2,32	2,09	365	89	19,69	0,00	3,47
Gf	37	2,29	2,09	30	7	17,91	0,00	3,47
Fo	17	1,88	2,09	21	4	0,00	17,80	3,47
Fcsb	161	1,96	2,09	181	21	0,00	11,46	3,47
Ag	10	0,66	2,09	55	44	0,00	81,14	3,47

Time Interval	2000_2014							
transitions FROM	Ag							
TO Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 2014 category	Uniform Intensity percent of 2014 non-Ag	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 2014 Error percent of interval's domain
Saa	5	0,01	0,02	6	1	0,00	22,60	0,05
Pt	2	0,09	0,02	0	1	79,18	0,00	0,05
Pe	0	0,69	0,02	0	0	97,53	0,00	0,05
Mcj	4	0,02	0,02	4	0	10,44	0,00	0,05
Gf	1	0,03	0,02	0	0	39,56	0,00	0,05
Fo	0	0,01	0,02	0	0	0,00	57,74	0,05
Fcsb	1	0,01	0,02	2	1	0,00	43,67	0,05

Time Interval	2000_2014							
transitions FROM	Fcsb							
TO Category	Observed Annual Transition number of elements	Transition Intensity percent of 2014 category	Uniform Intensity percent of 2014 non-Fcsb	Uniform Annual Transition number of elements	Hypothesized Annual Error number of elements	Commission Intensity percent of transition	Ommission Intensity percent of transition	Hypothesized 2014 Error percent of interval's domain
Saa	685	2,07	1,70	522	163	23,82	0,00	3,78
Pt	15	0,88	1,70	33	18	0,00	55,07	3,78
Pe	0	0,41	1,70	1	1	0,00	80,35	3,78
Mcj	238	1,22	1,70	360	121	0,00	33,71	3,78
Gf	22	1,33	1,70	29	8	0,00	26,63	3,78
Fo	28	3,09	1,70	11	16	59,10	0,00	3,78
Ag	2	0,15	1,70	34	32	0,00	93,05	3,78

Liste des figures

Figure 1 Situation géographique du bassin de l'Okpara au Bénin 39
Figure 2: Evolution inter annuelle de la pluviométrie dans le bassin de l'Okpara 41
Figure 3: Diagramme climatique de Savè (1984-2013) 42
Figure 4: Diagramme climatique de Parakou (1984-2013) 43
Figure 5 : Réseau hydrographique du bassin de l'Okpara au Bénin 45
Figure 6: Formations pédologiques du bassin de l'Okpara 48
Figure 7: Importance des formations végétales dans le bassin de l'Okpara au Bénin 51
Figure 8: Evolution de la population entre 1979 et 2013 dans le bassin de l'Okpara 56
Figure 9: Importance (%) de la population dans les différents secteurs économiques dans le bassin de l'Okpara au Bénin 60
Figure 10: Diagramme systémique des facteurs de la dynamique de l'occupation des terres 61
Figure11: Relations entre états d'occupation du sol définis par les huit règles de transition sous SpaCelle 62
Figure 12: Méthodologie générale d'élaboration des scénarios 62
Figure 13: Relation groupes socioculturels et types d'indicateurs utilisés pour apprécier le niveau de fertilité d'un sol représenté dans un système d'axes de l'Analyse Factorielle des Correspondances 63
Figure14: Résultats de l'AFC montrant les positions des groupes socioculturels et des indicateurs de reconnaissance des sols dégradés 63
Figure15: Positionnement des groupes socio-culturels et des pratiques endogènes de restauration de la fertilité des sols dans un système d'axes de l'Analyse Factorielle des Correspondances 64
Figure 16: Rendement grain sec du maïs obtenu dans les deux campagnes agricoles 64
Figure 17: Différents modes d'accès à la terre en fonction des groupes socioculturels 65
Figure 18: Occupation du sol en 1990 66
Figure 19: Occupation du sol en 2000 115
Figure20: Occupation du sol en 2014 92
Figure 21: Evolution des unités d'occupation du sol entre 1990 à 2014 94
Figure 22: Intensité des changements opérés par catégorie d'occupation du sol entre 1990 et 2000 100
Figure 23 : Intensité des changements opérés par catégorie d'occupation du sol entre 2000 et 2014 101
Figure24: Intensités et vitesses des changements par unité d'occupation du sol entre 1990-2000 106
Figure 25: Intensités et vitesses des changements par unité d'occupation du sol entre 2000-2014 118
Figure26: Carte prédictive des unités d'occupation du bassin de l'Okpara à l'horizon 2050 selon le scénario environnemental 122
Figure 27: Carte prédictive des unités d'occupation du bassin de l'Okpara à l'horizon 2050 selon le scénario tendanciel 125
Figure28: Perceptions locales sur les facteurs de dégradations des terres agricoles 126
Figure29: Occupation du sol en 2014 128
Figure30: Evolution des unités d'occupation du sol entre 1990 à 2014 132
Figure31: Intensité des changements opérés par catégorie d'occupation du sol entre 1990 et 2000 133
Figure32: Intensité des changements opérés par catégorie d'occupation du sol entre 2000 et 2014 134
Figure33: Intensité et vitesses des changements par unité d'occupation du sol entre 1990 et 2000 135
Figure34: Intensité et vitesses des changements par unité d'occupation du sol entre 2000 et 2014 136
Figure35: Carte prédictive des unités d'occupation du bassin de l'Okpara à l'horizon 2050 selon le scénario tendanciel 138

Figure36: Carte prédictive des unités d'occupation du bassin de l'Okpara à l'horizon 2050 selon le scénario environnemental 139
Figure37: Perceptions locales sur les facteurs de dégradations des terres agricoles 141

Liste des tableaux

Tableau I: Ampleur de l'immigration des colons agricoles dans le bassin de l'Okpara 57
Tableau II: Liste des villages échantillonnés par commune et selon les groupes socioculturels 69
Tableau III: Liste des villages sélectionnés par commune et les groupes socioculturels dominant 72
Tableau IV: Valeurs des paramètres utilisés pour le calcul de la taille de l'échantillon 73
Tableau V: Caractéristiques des villages ou localités 79
Tableau VI: Caractéristiques des couleurs des unités d'occupation du sol suivant HSV 86
Tableau VII: Description du scénario A 95
Tableau VIII: Description du scénario B 96
Tableau IX: Facteurs de changements 96
Tableau X : Description des facteurs de changements et sources des données utilisées 97
Tableau XI: Caractérisation des types de sol par les différents groupes socio-culturels 99
Tableau XII: Liste des espèces végétales indicatrices des sols fertiles répertoriées de façon participative avec les groupes socioculturels dans la zone d'étude 103
Tableau XIII: Liste des espèces végétales indicatrices des sols dégradés répertoriées de façon participative avec les groupes socioculturels dans la zone d'étude 104
Tableau XIV: Importance (en pourcentage des personnes enquêtées) des pratiques endogènes de restauration de la fertilité des sols selon les groupes socio-culturels 105
Tableau XV: Importance (en pourcentage des producteurs enquêtés) des pratiques améliorées introduites de restauration de la fertilité des sols selon les groupes socio-culturels 108
Tableau XVI: Caractéristiques chimiques des sols (moyenne ± erreurs standards) dans les différents systèmes de production. 111
Tableau XVII: Anova à deux facteurs (Valeur de Fisher) réalisé sur les paramètres de croissance des plants de maïs 112
Tableau XVIII: Effet des sytèmes de culture sur Paramètres de croissance (moyenne $\pm$ erreur standard) au cours des deux campagnes 113
Tableau XIX: Anova à deux facteurs (Valeur de Fisher) réalisé sur les paramètres de rendement des plants de maïs 115
Tableau XX: Effet des sytèmes de culture sur Paramètres de rendement (moyenne $\pm$ erreur standard) au cours des deux campagnes 116
Tableau XXI: Répartition des personnes enquêtées en fonction du mode d'accès à la terre 120
Tableau XXII: Matrice de transition (nombre de pixel) permettant d'établir la transition d'une occupation du sol vers une autre entre 1990 et 2000 dans le bassin de l'Okpara 130
Tableau XXIII: Matrice de transition (nombre de pixel) permettant d'établir la transition d'une occupation du sol vers une autre entre 2000 et 2014 dans le bassin de l'Okpara 130
Tableau XXIV: Matrice de transition (nombre de pixel) permettant d'établir la transition d'une occupation du sol vers une autre entre 1990 et 2014 dans le bassin de l'Okpara 131
Tableau XXV: Dynamique des unités d'occupation du sol selon les scénarii à l'horizon 2050 137

Liste des planches

Planche 1 Galerie forestière sur les berges de la rivière Okpara…….	53
Planche 2 : Savane boisée dans la commune de Pèrèrè…….	54
Planche 3: Plantation d'anacardier et de teck dans les localités de Yaoui et de Kika…..	55
Planche 4: Champs de maïs à Gninsy et champs d'igname à Diguidirou……	55
Planche 5: Mesure de la longueur et de la largeur des feuilles……	77
Planche 6: Mesure des paramètres de rendement……	99
Planche 7: Principaux systèmes de culture dans le bassin de l'Okpara……...	142

Liste des photos

Photo 1 : Formation saxicole dans la localité de Yaoui……..	54
Photo 2: Prélèvement d'échantillons de sol avec la tarrière hollandaise……..	75
Photo3: Aspect d'un sol fertile à Gbanlin…….	76
Photo4: Aspect d'un sol dégradé à Toui……...	76
Photo 5: Buttes d'ignames à Yaoui commune de Ouèssè…….	77
Photo 6 : Un champ de monoculture de soja à Tchatchou……	102
Photo 7: Photo illustrant l'agroforesterie……..	102
Photo 8: Buttes d'ignames à Yaoui commune de Ouèssè…….	143
Photo 9 : Un champ de monoculture de soja à Tchatchou……	144
Photo 10 : Photo illustrant l'agroforesterie……...	146

Table des matières

Sommaire 2
Remerciements 4
Liste des sigles et acronymes 6
Résumé 7
Abstract 8
Introduction générale 9
CHAPITRE I : PROBLEMATIQUE, CLARIFICATION DES CONCEPTS ET REVUE DE LA LITTERATURE 12
1.1- Problématique 12
1.2- Objectifs de recherche 14
1.3- Hypothèses de travail 15
1.4- Clarification des concepts et points des connaissances 15
1.4.1- Clarification des concepts 15
1.4.1.1- Savoirs locaux et connaissances endogènes 15
1.4.1.2- Connaissances scientifiques 16
1.4.1.3- Fertilité des sols 17
1.4.1.4- Technologie agricole 17
1.4.1.5- Théorie de la performance 18
1.4.1.6- Perception paysanne et construction sociale de la réalité versus réalité scientifique 19
1.4.1.8- Systèmes de production 20
1.4.1.9- Dégradation de l'environnement 21
1.4.1.10- Gestion des ressources naturelles 21
1.4.1.11- Migration 22
1.4.1.12- Tenure foncière 23
1.4.1.14- Matrice de transition 23
1.4.1.15- Modèle et modélisation 23
1.4.1.16- Scénario 25
1.4.1.17- Occupation du sol / Utilisation du sol 25
1.4.1.18- Pression démographique 27
1.4.1.19- Croisance démographique 27
1.4.2- Revue de littérature 28
1.4.2.1- Indicateurs de reconnaissance de la qualité des sols 28
1.4.2.2- Pratiques endogènes de la fertilité des sols 29

1.4.2.3- Migration agricole et dynamique de l'occupation et de l'utilisation des terres 31
1.4.2.4- Dynamique de la population et gestion des ressources naturelles 33
1.4.2.5- Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres 34
CHAPITRE II 38
2.1- Situation géographique du bassin de l'Okpara 38
2.2- Caractéristiques biophysiques du bassin de la rivière Okpara au Bénin 40
2.2.1- Caractéristiques climatiques 40
2.2.2- Hydrographie 44
2.2.3- Relief du bassin de l'Okpara 46
2.2.4- Formations végétales 51
2.3- Population et activités économiques dans le secteur de l'étude 56
2.3.1- Peuplement et état de la population 56
2.3.2- Groupes socio-culturels 58
2.3.3- Caractéristiques de l'économie du bassin de l'Okpara 59
CHAPITRE III : APPROCHE METHODOLOGIQUE 68
3.1- Matériel de collecte de données 68
3.1.1- Matériel de terrain 68
3.1.2- Matériels de laboratoire 69
3.2- Etude des indicateurs paysans de reconnaissance de l'état de fertilité des sols dans le bassin de l'Okpara 69
3.2.1- Choix des villages d'étude 69
3.2.2- Méthode d'échantillonnage et conduite des enquêtes 70
3.2.3- Méthodes et outils de collecte des données 70
3.2.4- Traitement et analyse des données 71
3.3- Analyse des méthodes de gestion de la fertilité des sols dans le milieu d'étude 71
3.3.1- Conduite des enquêtes 71
3.3.2- Taille de l'échantillon 72
3.3.3- Méthodes et outils de collectes des données 73
3.3.4- Traitement et analyse des données 73
3.4- Evaluation de la performance des pratiques de restauration de la fertilité des sols 74
3.4.1- Matériel 74
3.4.2- Méthodes 74
3.4.2.1- Méthodes d'enquête et d'évaluation des rendements 74
3.4.2.2- Méthodes d'analyse des sols 75

3.4.2.3- Méthode de mesure des paramètres de croissance 76
3.4.2.4- Méthode de mesure du rendement en grain et paille 77
3.4.2.5- Estimation des paramètres de performance de maïs 78
3.4.3- Traitements statistiques 78
3.5- Etude du mode d'accès à la terre et du mode d'occupation des terres considérant les pratiques de gestion durable de la fertilité des sols. 79
3.5.1- Collecte des données de terrain 79
3.5.1.1- Choix des localités 79
3.5.1.2- Données collectées et méthodes de collecte 80
3.5.1.3- Traitement des données socioéconomiques et analyse statistique 80
3.5.2- Données utilisées et méthodologie de la dynamique de l'occupation du sol 81
3.5.2.1- Télédetection 81
3.5.2.1.1- Données satellitaire et auxiliaire 81
3.5.2.1.2- Matériel 82
3.5.2.1.3- Traitement des images satellitaires Landsat 82
3.5.2.2.- Cartographie des résultats de la classification des images dans ArcGIS 85
3.5.2.2.1- *Vectorisation dans ArcMap* 85
3.5.2.2.2- Symbolisation graphique dans ArcMap 86
3.5.2.2.3- Mise en page cartographique dans ArcMap 86
3.5.2.3- Analyse diachronique d'occupation des terres 87
3.5.2.4- Détermination des changements depuis 1990 87
3.5.2.5- Détermination des facteurs de changements 87
3.5.2.4- Système d'Information Géographique 88
3.5.2.4.1- Détection de changements au niveau des unités d'occupation du sol 88
3.5.2.5- Intensités et vitesses des unités d'occupation du sol entre les 1990 et 2014 89
3.5.3- Prédiction de l'évolution des unités d'occupation du sol (2050) 90
3.5.3.1- Choix du modèle de simulation et données requises 90
3.5.9.2- Simulation des changements d'occupation des sols 93
3.5.4- Détermination des facteurs de changements 96
CHAPITRE IV : PRATIQUES PAYSANNES D'APPRECIATION ET DE GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS 98
4.1- Indicateurs paysans d'appréciation de la qualité des sols dans le bassin de l'Okpara au Bénin 98
4.1.1- Connaissance endogène des producteurs des types de sols 98

4.1.2- Indicateurs locaux de reconnaissance de la qualité des sols 100
4.2- Pratiques de restauration de la fertilité des sols 104
4.2.1- Stratégies endogènes de restauration de la fertilité des sols 104
4.2.2- Pratiques améliorées introduites de restauration de la fertilité des sols 107
4.2.3- Caractéristiques des différentes technologies de restauration de la fertilité des sols pratiquées dans la zone d'étude 108
4.3- Efficacité des pratiques de restauration de la fertilite des sols 111
4.3.1- Caractéristiques physico-chimiques des sols 111
4.3.2-Effet des différents types de système de culture et du mode d'utilisation des sols sur les paramètres de croissance des plants de maïs 112
4.3.3- Effet des différents types de système de culture et du mode d'utilisation des sols sur les paramètres de rendement du maïs 114
5..1- Statuts fonciers et mode d'accès à la terre 120
5.2- Typologie des transactions foncières 121
5.3- Etats de l'occupation du sol dans le bassin de l'Okpara au Bénin en 1990, 2000 et 2014 124
5.3.1- Occupation du sol dans le bassin de l'Okpara au Bénin en 1990 124
5.4- Dynamique des unités d'occupation du sol entre 1990 et 2014 129
5.4.1- Matrice de transition des unités d'occupation du sol du bassin de l'Okpara (1990-2000) 129
5.4.2- Matrice de transition des unités d'occupation du sol du bassin de l'Okpara (2000-2014) 130
5.4.2- Matrice de transition des unités d'occupation du sol du bassin de l'Okpara (1990-2014) 131
5.5- Synthèse de la conversion de l'occupation du sol de 1990 à 2014 132
5.6- Intensités et vitesses des changements à l'intérieur de chaque unité d'occupation du sol entre 1990 et 2014 133
5.6.1- Intensités des changements par catégorie d'occupation du sol entre 1990 et 2014 133
5.6.2- Intensités et vitesses des changements à l'intérieur de chaque catégorie d'occupation du sol entre 1990 et 2014 134
5.7- Modélisation prédictive de l'occupation des terres à l'horizon 2050 136
CHAPITRE VI : PERCEPTIONS LOCALES ET DISCUSSION GENERALE 141
6.1- Perceptions locales sur les facteurs de dégradation des terres agricoles 141
6.2- Pratiques culturales et leur impact sur la gestion de la fertilité du sol 142
6.2.1- Techniques culturales 142
6.2.2- Systèmes de production 144

6.3- Discussion générale 147
6.3.1- Indicateurs de reconnaissance de la qualité des sols 147
6.3.1.1- Pertinence des critères d'identification des types de sol 147
6.3.1.2- Pertinence des indicateurs locaux d'appréciation et de reconnaissance de la qualité des sols 149
6.3.2- Pratiques de gestion de la fertilité des sols 150
6.3.2.1- Diversité des stratégies de restauration de la fertilité des sols et rationalité paysanne 150
6.3.2.2- Contraintes à l'adoption des pratiques de restauration de la fertilité des sols 152
6.3.3- Efficacité des pratiques de gestion de la fertilité des sols 154
6.3.3.1- Comparaison des caractéristiques physico-chimiques des sols considérant les systèmes de culture 154
6.3.3.2- Systèmes de culture et paramètres de croissance des plants de maïs 155
6.3.3.3- Systèmes de culture et le rendement du maïs 155
6.3.4- Tenure foncière et dynamique de l'occupation des terres 156
6.3.4.1- Approche méthodologique 156
6.3.4.2- Insécurité foncière comme contrainte à l'adoption des pratiques de gestion durable des terres 156
6.3.4.3- Problématique de la dynamique d'occupation des terres agricoles 157
Conclusion générale et perspectives 159
Références bibliographiques 161
Annexes 1 174
Annexe 2 177
Annexe 3 : Données de terrain utilisées pour le modèle Spacelle 183