



UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI (UAC)

FACULTE DES LETTRES, ARTS ET SCIENCES HUMAINES
(FLASH)



ECOLE DOCTORALE PLURIDISCIPLINAIRE « ESPACES, CULTURES ET
DEVELOPPEMENT » (EDP)

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'ETUDES APPROFONDIES
(DEA)

SPECIALITE: GEOGRAPHIE ET GESTION DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : Géosciences de l'Environnement et Aménagement de l'Espace

N° d'enregistrement / /EDP/GEN

**FACTEURS DE DEGRADATION
ENVIRONNEMENTALE DANS LE BASSIN VERSANT
SUPERIEUR DE L'OKPARA A L'EXUTOIRE DE NANON**

Présenté par :

Guy Aymard O. Y. BASSE

Sous la direction de :

Prof. Placide F G. A. CLEDJO

Professeur Titulaire des Universités de
CAMES

DGAT/FLASH/UAC

Soutenu, le 04 / 11 / 2016

Président : Prof. Brice TENTE Professeur Titulaire à l'UAC

Rapporteur : Prof. Placide CLEDJO Professeur Titulaire à l'UAC

Examineur : Dr Moussa GIBIGAYE Maître de conférences à l'UAC

Mention : Très Bien

Sommaire

Sommaire	1
Sigles et acronymes	3
Dédicace	4
Remerciements	5
Abstract	6
Introduction	7
CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE	9
1.1. Revue de littérature.....	11
1.2. Problématique.....	15
CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE RECHERCHE	16
2.1 Méthode de collecte et traitement des données	16
CHAPITRE III : SITUATION GEOGRAPHIQUE ET DETERMINANTS DE LA DEGRADATION DU BASSIN VERSANT SUPERIEUR DE L'OKPARA.....	30
3.1. Situation géographique	30
3.2. Déterminants de la dégradation du bassin versant supérieur de l'Okpara.....	32
CHAPITRE IV : DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL ET IMPACTS DES PRESSIONS ANTHROPIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT	46
4.2. Impacts des pressions anthropiques sur l'environnement	53
4.3. Modélisation prédictive de l'évolution des formations végétales	60
CHAPITRE V : DISCUSSION ET MESURES DE SAUVEGARDE DE L'ENVIRONNEMENT	64
5.1. Discussion.....	64
5.1.1. Dégradation environnementale du bassin supérieur de l'Okpara.....	64
Conclusion.....	69
Perspective pour la thèse	71
Bibliographie	75

Sigles et acronymes

ABE	: Agence Béninoise pour l'Environnement
A N C R – G E M	: Auto-évaluation Nationale des Capacités à Renforcer pour Gérer l'Environnement Mondial
ASECNA	: Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar
BU	: Bibliothèque Universitaire
CARDER	: Centre d'Action Régionale pour le Développement Rural
CENATEL	: Centre National de Télédétection et du suivi écologique
CLUE-S	: Conversion of Land Use and its Effets at Small regional extent
DGAT	: Département de Géographie et Aménagement du Territoire
EDP	: Ecole Doctorale Pluridisciplinaire
FLASH	: Faculté des lettres, Arts et Sciences Humaines
FSA	: Faculté des Sciences Agronomiques
GPS	: Global Positioning System
IGN	: Institut Géographique National
INSAE	: Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique
LABEE	: Laboratoire de Biogéographie et d'Expertise Environnementale
LIFAD	: Laboratoire d'Ingénierie de Formation et d'Assistance en Développement Local
MEHU	: Ministère de l'Environnement de l'Habitat et de l'Urbanisme
MEPN	: Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature
PNUD	: Programme des Nations Unies pour le Développement
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitation
UAC	: Université d'Abomey- Calavi

Dédicace

A

- ✓ Mes parents BASSE S. Alain et SABI DENIS Aïssatou, leur amour, leur dévouement et leur soutien sont reconnus à travers ce mémoire ;
- ✓ Mes frères BASSE Philippe et BASSE Arsène.

Remerciements

Au terme de cette étude, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, de façon directe ou indirecte, aux différentes étapes de sa réalisation.

Mes remerciements et mes sentiments de reconnaissances au Professeur Placide F.G.A. CLEDJO qui a accepté diriger ce mémoire malgré ses multiples occupations. Je lui dis merci du fond du cœur.

Mes sentiments de remerciement à tous les enseignants de l'Ecole Doctorale Pluridisciplinaire (EDP) qui ont contribué à notre formation et aux membres du jury pour avoir accepté examiner ce mémoire.

J'exprime ma profonde gratitude au Dr Djafarou ABDOULAYE pour son implication dans la rédaction de ce mémoire.

A mon aîné doctorant Moussa WARI pour le suivi et l'intérêt manifeste porté à ce mémoire ;
Mes remerciements s'adressent également :

- A mes aînés doctorants Abib G. SABI OROU BOGO, Nourou TOKO ISSIAKA, Aimé Grégoire SAMBA et Sabi Séko OROU SEKO ;
- A la famille OROU SEGO particulièrement à mon oncle Orou Gabé OROU SEGO et son épouse pour leur affection et leur soutien sans faille ;
- A la famille TAMA particulièrement mes tantes Marie-Joséphine THAMA et Viviane TAMA ainsi qu'à leurs époux pour leur assistance et soutien indéfectible ;
- A monsieur Etienne NOUATIN, Agent Comptable de l'UAC à la retraite pour son implication et son soutien dans la rédaction de ce mémoire ;
- A tous les auditeurs de DEA/DESS CIFRED de la promotion 2014-2015 en particulier aux sieurs Moïse BIO MAYE et Moussadikou ABDOULAYE qui ont contribué d'une façon ou d'une autre, à la réalisation du présent mémoire.
- A mes cousins Ismail KORA, Fadhel SALIFOU BIO, Nazaire ZIME BIO, Alfred SABI TABA pour leurs conseils et soutien indéfectible ;
- A mes amis Nadjib SIDI, Méschac DAOUDOU, Mesmin AWO, Abdel Gamal ALEROU, Abdel Faras ISSIAKO, Sabi Yakpa BOGOYI, BIO GOUNOU Aminou et Madjid YACOUBOU pour leur aide et conseils.

A tous infiniment merci !

Résumé

L'environnement du bassin supérieur de l'Okpara qui a fait l'objet de cette étude subit une forte dégradation. L'objectif visé est de déterminer les différents facteurs de cette dégradation et d'évaluer les impacts des pressions anthropiques sur l'environnement. Les techniques de la télédétection satellitale notamment l'interprétation et la classification des images Landsat 7 ETM+ de 2000 et Landsat 8 OLI de 2014 avec les outils de simulation (Land Change Modeler d'IDRISI Selva) ont permis d'analyser les changements intervenus et de faire des projections à l'horizon 2030. Aussi, la matrice de Léopold et le modèle PEIR ont été utilisés pour l'étude d'impact environnemental.

L'agriculture, l'exploitation forestière, la carbonisation et dans une moindre mesure l'élevage et la chasse ont été perçues comme les déterminants de dégradation de la végétation qui sont impulsés par la croissance démographique et les changements climatiques. Ce qui a entraîné une régression des forêts galeries, des forêts claires et savanes boisées et des forêts denses. A l'horizon 2030, la physionomie du bassin sera dominée par les mosaïques de champs et de jachères (46 %). Le devenir du bassin supérieur de l'Okpara reste donc une grande préoccupation si la tendance actuelle est maintenue.

Mots clés : Bassin versant, dégradation, exutoire, environnement, Okpara.

Abstract

The environment of the upper field of Okpara River which is concerned with this study has been facing a serious deterioration. The final goal is to determine the different elements of that deterioration and to evaluate the impact of the non-limited human-being actions on the environment. The technics of remote detection through satellite, especially interpretation and classification of pictures from Landsat 7 ETM+ of 2000 and Landsat 8 OLI of 2014 with simulation tools (Land Change Modeler of IDRISI Selva) have allowed analysis of changes which happened and some projections on the horizon 2030. So the matrix of Léopold and model PEIR used for the study of impact environment.

Agriculture, forest exploitation, carbonization and, to a little level, breeding and hunting, are the main elements determined by the resident populations as the great reasons of vegetation deterioration; those reasons are amplified by population growing and climate changes. This causes a regression of the forests galleries and the clear forests and wooded savannas and forests denses. On the horizon 2030, the physiognomy of basin will dominate by mosaics of fields and fallows (46 %). To become natural courses in these Common remains alarming then if the current tendency is maintained.

Keywords: Slope basin, degradation, outlet, environment, Okpara.

Introduction

En Afrique intertropicale, les écosystèmes subissent depuis plusieurs décennies une forte dégradation en raison de la péjoration des conditions climatiques et de l'anthropisation croissante (Bio Yèrè, 2014). La dégradation du couvert végétal contribue largement aux changements globaux, car la végétation est l'un des éléments importants du système environnemental (Arouna, 2012).

Le Bénin dispose de fortes potentialités en ressources naturelles. Les diverses pressions anthropiques sur l'environnement ont provoqué au fil des ans une dégradation avancée de ces ressources. Ainsi les causes de la dégradation sont liées directement ou indirectement à la démographie et aux activités humaines qui influencent l'environnement (Bamba, 2010). Le constat de cette dégradation est réel à toutes les échelles de perception écologique (biosphère, biome, peuplement, écosystème) (MEHU/PNUD, 2002). C'est le cas du bassin versant supérieur de l'Okpara situé au nord Bénin.

Le principal problème environnemental identifié au Bénin est la gestion des terres (Samba, 2011). Ces terres sont exploitées pour diverses activités dont l'agriculture, l'élevage et l'exploitation forestière. Le déboisement, la déforestation et le surpâturage sont entre autres les menaces qui pèsent sur l'environnement. Les actions anthropiques influencent négativement le fonctionnement normal de cet écosystème dont les ressources s'amenuisent au fil des années. Avec la poussée démographique, les populations riveraines exploitant le cours d'eau sont devenues plus nombreuses pendant que les ressources halieutiques diminuent (Badahoui et *al.*, 2010).

Le développement de l'élevage, de l'agriculture et surtout l'accroissement du cheptel et l'extension des domaines exploités ont engendré une dégradation des ressources naturelles en particulier des formations végétales au nord du Bénin (Djenontin et *al.*, 2009). A cet effet, plus de 50 000 ha de la végétation sont détruits chaque année par les feux pour de nouveaux défrichements agricoles dans la région septentrionale du Bénin (MEPN, 2008).

Il devient par conséquent nécessaire et urgent de se pencher sur la durabilité dans l'exploitation des ressources telle que recommandée dans la Lettre de Déclaration de Politique de Développement Rural du Bénin en mai 1991 qui préconisait, entre autres, la garantie de la pérennité du patrimoine écologique national grâce à une gestion des ressources naturelles plus soucieuse de la protection de ce patrimoine. Il est évident cependant que cette dégradation se

déroule depuis longtemps à la suite de pratiques impropres à une gestion rationnelle des terres et des eaux (Akognongbé et *al.*, 2014). Les pressions anthropiques sur les paysages naturels, associés et l'évolution démographique mondiale vont encore augmenter durant les décades à venir, ce qui nécessitera le développement de techniques et modèles adéquats pour évaluer les interactions entre ces ressources naturelles Bogaert et *al.*, 2004 cité par Bamba, 2010).

La présente étude vise à diagnostiquer les facteurs de dégradation dans le bassin versant supérieur de l'Okpara à l'exutoire de Nanon et proposer des approches de solutions en vue d'assurer sa gestion durable. Elle est structurée en cinq chapitres.

Il est abordé dans le chapitre I, le cadre théorique ensuite la méthodologie de recherche en chapitre II. Dans le chapitre III, il est question de la situation géographique et les déterminants de la dégradation du bassin supérieur de l'Okpara. En chapitre IV, la dynamique de l'occupation du sol et les impacts des pressions anthropiques sur l'environnement sont traités. Enfin, une discussion et mesures de sauvegarde de l'environnement sont abordées dans le chapitre V.

CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE

Le présent Chapitre vise à présenter la revue de littérature et la problématique de cette étude.

1.1. Revue de littérature

Elle comporte le point des connaissances et les définitions opératoires des concepts.

1.1.1. Point des connaissances

Plusieurs recherches ont été réalisées sur la problématique de la dégradation de l'environnement en générale et dans les bassins versants en particulier. Selon Pale (2000), l'homme à travers ses activités de production utilise des techniques qui ont certes fait leurs preuves dans un contexte environnemental fondamentalement différent, mais sont devenues aujourd'hui inefficaces voire destructrices. Il a aussi montré que l'ampleur croissante de l'occupation humaine et la pression foncière qui en résulte ne font qu'accélérer l'évolution régressive de l'environnement amorcée par les crises climatiques.

Quant à Cornet (2002), il a abordé cette question en montrant que la dégradation des terres se produit lorsque l'homme modifie les équilibres ou les dynamiques naturelles par surexploitation des ressources. Il affirme aussi que les actions humaines sont largement volontaires, parfois liées à l'ignorance et souvent déterminées par l'accroissement des besoins dans un contexte d'évolution technologique insuffisante et d'absence de règles d'accès aux ressources. Pour Lefèvre (2013), l'agriculture et l'élevage sont par ailleurs deux activités responsables de la pollution du sol et des rivières (pesticides, engrais) et de l'épuisement des ressources (eau, phosphore). Le prélèvement de la faune et de la flore sauvage pour l'alimentation contribue également à l'épuisement des ressources naturelles. Des études sur la dégradation environnementale ont été réalisées dans les départements du Borgou et de l'Alibori. Il ressort que la principale cause de la dégradation est l'agriculture surtout avec la culture cotonnière qui entraîne le recul du couvert végétal forestier et arboré, l'érosion et l'appauvrissement des sols, la perte de la biodiversité et les pollutions. Les autres causes liées aux actions anthropiques sont l'élevage bovin transhumant, l'exploitation forestière et la mauvaise gestion de l'espace agro-pastoral avec comme conséquence l'exploitation agricole et pastorale des forêts classées (Sounon Kon'de et *al.*, 2008).

Plusieurs travaux scientifiques dans le bassin supérieur du fleuve Ouémé (Houinato, 2001 ; Sinsin et Wotto, 2003 ; Orthmann, 2005 ; Sintondji, 2005 ; Mulindabigwi, 2005 ; Orékan,

2007 ; Sounon Bouko et *al.*, 2007) ont confirmé, s'il en était besoin, la relation entre les actions anthropiques et la dégradation de l'environnement. Ces divers auteurs ont montré que la dégradation des écosystèmes s'accélère à un rythme inquiétant, du fait des activités agricoles, de la pression pastorale et de l'exploitation forestière.

Les études réalisées par Toko (2005) ont montré que le bassin versant de l'Okpara est caractérisé par un accroissement de la population, une extension des zones de culture, la pratique des techniques culturales peu respectueuses de l'environnement, une pression accrue des activités pastorales et une intense production agricole, en particulier le coton.

Du reste, il ressort de cette analyse que la dégradation de l'environnement est principalement causée par l'intervention humaine. Les différents auteurs dans l'ensemble ont abordé la question de relation actions humaines – environnement. Mais, toutes ces études, tout en aboutissant à des résultats intéressants, présentent quelques limites par rapport au degré de pression des différentes actions humaines dans ce bassin.

Dans la présente étude une recherche approfondie est faite sur la dégradation environnementale tout en impliquant les populations riveraines elles-mêmes dans la prise des décisions. Un accent particulier est mis sur l'évaluation des impacts liés aux activités anthropiques des populations riveraines. Aussi, le processus de modélisation est utilisé pour analyser les effets des actions anthropiques dans le bassin versant de l'Okpara pour connaître l'état de dégradation de ce bassin dans les années à venir.

1.1.2. Définitions opératoires

Les concepts définis permettent une meilleure compréhension des termes utilisés. La définition des concepts occupe une place de choix dans la compréhension du sujet ; les concepts pouvant varier en fonction des contextes ou des disciplines d'où l'importance de bien les circonscrire.

Bassin versant

C'est l'espace géographique alimentant un cours d'eau et drainé par lui. Il a pour axe le cours d'eau principal et pour limite la ligne de partage des eaux (George et Verger cité par Toko, 2008). C'est donc un territoire drainé par un cours d'eau et ses affluents.

Le bassin versant se définit comme l'aire de collecte considérée à partir d'un exutoire, limitée par le contour à l'intérieur duquel se rassemblent les eaux précitées qui s'écoulent en surface

et en souterrain vers cette sortie. Aussi dans un bassin versant, il y a continuité : longitudinale, de l'amont vers l'aval (ruisseaux, rivières, fleuves), latérale, des crêtes vers le fond de la vallée, verticale, des eaux superficielles vers des eaux souterraines et vice-versa (LIFAD, 2006). Dans le cadre de l'étude, le bassin versant est celui de l'Okpara à l'exutoire de Nanon.

Conversion des formations végétales

C'est la transformation totale des formations végétales en d'autres formations végétales ou autres unités d'occupation du sol entre deux dates (Arouna, 2012). Dans le cadre de la présente étude, il s'agit de la conversion entre les unités telles que : forêts denses, galeries forestières, forêts claires et savanes boisées, savanes arborées et arbustives, plantations champs et jachères.

Dégradation du couvert végétal

C'est la diminution ou la disparition progressive de la couverture végétale du fait de l'utilisation des terres et/ou d'autres facteurs naturels et de leurs interrelations (Lambin et *al.*, 2001 ; Arouna, 2012). Dans le cadre de cette étude, le concept de dégradation renvoie à l'état de destruction des composantes de l'environnement et qui par conséquent, précise le fait qu'elles soient de moins en moins abondantes ou rares. Cette dégradation s'observe dans le bassin supérieur de l'Okpara.

Environnement

La loi n°98-030 du 12 février 1999 portant loi-cadre sur l'environnement en République du Bénin, MEHU, (1999) définit l'environnement comme l'ensemble des éléments naturels et artificiels ainsi que des facteurs économiques, sociaux et culturels qui influent sur les êtres vivants et que ceux-ci peuvent modifier.

Dans un sens usuel, l'environnement désigne tout ce qui nous entoure, qui agit sur l'homme et sur lequel l'homme agit. Du moment où l'on cherche à expliquer l'homme et son comportement dans l'espace, l'environnement désigne un milieu global, un ensemble intégré, un système de relation où les interactions mettent en jeu constamment des équilibres et des déséquilibres potentiels, Michèle cité par Godard (1996).

L'environnement dans cette étude prend en compte les composants physiques, naturels et les déterminants humains du bassin versant supérieur de l'Okpara. De ce fait, tout ce qui entoure et agit sur ce bassin est considéré et pris en compte.

Erosion

C'est un arrachement des particules de sol sous l'effet des forces exercées par l'eau. Ce phénomène général concerne l'intégralité du bassin versant mais aussi les berges et les lits des cours d'eau. Il peut être aussi défini comme le détachement et le transport des particules sous l'effet de la pluie, lorsque le sol n'est plus capable d'infiltrer l'eau. Cette situation se produit généralement sur des sols préalablement fragilisés, dans le cas d'une intensité de pluie supérieure aux capacités d'infiltration du sol ou sur des sols gorgés d'eau (Dupilet, 2003).

L'érosion réfère à l'enlèvement des matériaux à la surface d'un sol ou d'une roche par des phénomènes tels que la pluie, le vent et les vagues. Dans notre climat, l'eau et le vent sont donc les principaux agents responsables de l'érosion, tant en berge qu'au sol.

Facteurs de dégradation

Chacun des éléments physiques, naturels et humains qui concourent à la dégradation de l'environnement du bassin supérieur de l'Okpara.

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 (Arouna, 2012).

Dans la présente étude, elle est utilisée pour l'analyse et l'interprétation des différentes transformations subies par les formations végétales et les autres unités d'occupation du sol du bassin supérieur de l'Okpara.

Occupation du sol

C'est la couverture biophysique de la surface de la terre incluant la végétation, les cours et plans d'eau, les champs, les jachères et les installations humaines à un instant « t ».

L'occupation du sol peut être donc succinctement définie comme la couverture biophysique de la surface des terres émergées (Vigneau, 2013 cité par Toko, 2014).

1.2. Problématique

En Afrique tropicale, les écosystèmes subissent depuis plusieurs décennies une forte dégradation en raison des conditions climatiques et de l'anthropisation croissante. La conjonction de ces phénomènes naturels et anthropiques a pour conséquences la déforestation, la dégradation des sols et la désertification (Kadiri, 2012). Les écosystèmes humides du Bénin

sont actuellement menacés par une pression humaine de plus en plus forte de la part des populations riveraines qui continuent d'en prélever des ressources de manière incontrôlée et sans aucune référence à leur capacité d'auto-régénérescence (ANCR-GEM, 2008). La productibilité des savanes est étroitement dépendante des facteurs climatiques et pédologiques. L'érosion et le lessivage des sols constituent de sérieuses menaces pour la productibilité des savanes. Au Bénin, les pertes annuelles des sols sont estimées à plus de 27 millions de tonnes (Kadiri, 2012).

En général l'homme utilise les ressources naturelles à des fins de production : sols et terres pour l'agriculture et comme pâturages pour l'élevage, les cours d'eau et les lacs pour la pêche, la forêt pour la production de bois : bois de chauffe, bois d'œuvre et bois de production. Les écosystèmes outre qu'ils fournissent tout l'oxygène que nous respirons (la ressource naturelle la plus vitale) sont sources de très nombreux bienfaits pour l'homme, gratuit tant qu'ils sont préservés. Les écosystèmes des zones humides font partie de notre patrimoine naturel. L'homme a toujours été attiré par ces milieux pour les biens (sol agricole riche, bois d'énergie, eau potable, etc.) et les services (stockage de l'eau, transport, épuration de l'eau, etc.) qu'ils procurent (Clédjo, 2006).

Les formations végétales subissent actuellement une forte pression par endroits du fait des activités humaines (prélèvement du bois d'œuvre par des exploitants forestiers, occupation des berges pour les activités agricoles, etc.). Ce qui constitue un risque de dégradation et de comblement de la rivière Okpara (Ogouwalé, 2013).

Les effets directs ou indirects des mauvaises pratiques agricoles adoptées par les paysans sont la dégradation de la végétation, l'extension des espaces désertifiés, la destruction des écosystèmes, la pollution du milieu par les produits dérivés des pesticides et engrais chimiques (Adam, 2005 cité par Abdoulaye, 2011). Les menaces qui pèsent sur l'écosystème aquatique sont entre autres la pollution des eaux par les pesticides utilisés en agriculture et le comblement du cours d'eau de l'Okpara suite au déboisement des berges et du bassin versant.

La pollution altère les conditions physico-chimiques du milieu naturel et la structure de la population des espèces vivantes. Cette pollution peut également affecter directement l'homme au travers des ressources agricoles, l'eau et autres produits biologiques ainsi que les possibilités récréatives du milieu (Boko, 2004).

Les végétaux protègent les sols et constituent une barrière contre l'érosion et la dégradation de ceux-ci. Mais aujourd'hui, on constate une dégradation très poussée de cette végétation sur l'ensemble du secteur qui est soumis aux actions anthropiques de sorte qu'il n'existe pratiquement plus de surfaces conservées à l'état naturel (Toko, 2008). La perte du couvert végétal et des ressources naturelles expliquent actuellement l'intérêt que la communauté internationale accorde à la protection et à la conservation des écosystèmes (Bio Yèrè, 2014).

Les ressources naturelles diminuent constamment. Le Centre National de Télédétection a signalé que, de 1978 à 1998, les principales formations ont régressé de 3 millions d'hectares, soit 160000 ha par an (MEPN, 2008). Les tendances évolutives des écosystèmes montrent une diminution des superficies des formations denses au profit de celles des savanes, des jachères et des espaces cultivés. Ainsi, le couvert végétal est passé de 5 761 000 ha en 1990 à 4 561 000 ha en 2010, soit une perte de 20,8 % (Toko et *al.*, 2010). Près de 100 000 hectares de végétation naturelle sont détruits chaque année pour les besoins de l'agriculture (Mama et Houndagba, 1991).

Aujourd'hui la protection de l'environnement doit être une donnée fondamentale dans toute politique économique (Bassè, 2014). Pour faire face aux risques de dégradation auxquels les ressources naturelles sont exposées, il faudrait nécessairement prévoir un aménagement spatial de ces ressources, cela permettra une meilleure gestion des terres.

A cet effet, il est important que les ressources de ce bassin soient préservées pour un développement durable. C'est ce qui justifie le choix du présent sujet intitulée : « Facteurs de dégradation environnementale dans le bassin versant supérieur de l'Okpara à l'exutoire de Nanon ». Les questions de recherche méritent alors toute leur place dans cette étude.

- Quels sont les principaux facteurs de dégradation dans le bassin versant supérieur de l'Okpara ?
- Quels sont les impacts liés aux activités anthropiques des populations riveraines dans ce bassin versant ?
- Quelle est l'évolution des formations végétales dans le bassin versant supérieur de l'Okpara ?

1.2.1. Hypothèses

Cette étude se fonde sur les hypothèses suivantes :

- plusieurs activités sont responsables de la dégradation de l'environnement du bassin ;
- les activités socio-économiques menées ont un impact sur l'environnement du bassin versant supérieur de l'Okpara ;
- les formations végétales du bassin versant supérieur de l'Okpara évoluent de façon régressive.

1.2.2. Objectifs de recherche

❖ Objectif général

L'objectif global de cette étude est d'analyser les facteurs de dégradation environnementale du bassin versant supérieur de l'Okpara.

❖ Objectifs spécifiques

De façon spécifique, il s'agit de :

- identifier les différents facteurs de dégradation environnementale du bassin versant supérieur de l'Okpara ;
- évaluer les impacts environnementaux des activités anthropiques des populations riveraines de ce bassin versant ;
- faire une étude prospective de l'évolution des formations végétales de ce bassin à l'horizon 2030.

CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE RECHERCHE

Pour atteindre les objectifs assignés à la présente étude, la démarche méthodologique adoptée est basée sur une analyse diachronique et cartographique fondée sur l'utilisation de la télédétection complétée par les enquêtes sur le terrain.

Elle comporte trois phases qui sont : la collecte des données, le traitement et l'analyse des données quantitatives et qualitatives.

2.1 Méthode de collecte et traitement des données

Pour mieux comprendre le sujet, les concepts et de connaître le milieu d'étude, certains centres de documentation ont été parcourus.

2.1.1. Recherche documentaire

Dans le but de mieux comprendre les contours du sujet, des ouvrages généraux et spécifiques existant sur le sujet sont recensés et lus. Cette recherche a permis de faire le point des connaissances et d'élucider les concepts relatifs au thème. Les centres de documentation visités dans ce cadre, la nature des documents et les types d'informations recueillies sont consignés dans le tableau I.

Tableau I: Centres et types d'informations recueillies

Centres de documentation	Nature des documents	Types d'informations recueillies
BU	Livres, thèses, mémoires, rapports et articles	Informations générale et caractéristiques méthodologiques
FSA	Livres, thèses, mémoires et articles	Informations générales en rapport avec le sujet
FLASH	Mémoires, thèses, rapports et articles	Informations à caractère méthodologique
MEHU	Livres, mémoires, thèses et articles	Informations générales en rapport avec le sujet
INSAE	Livres et rapports	Statistique démographique
CENATEL	Photographie aérienne	Informations en rapport avec le sujet
LABEE	Livres, mémoires, thèses, articles et rapports	Informations générales et caractéristiques méthodologiques
ASECNA	Données climatiques, températures et pluviométrie	Informations climatiques et pluviométriques

Source : Recherches documentaires, 2015-2016

Les centres de documentation et bibliothèques ci-dessus ont été parcourus pour une documentation pouvant servir à la réalisation de cette étude.

2.1.1 Collecte des données relatives à l'OS1 : Identification des facteurs de dégradation environnementale

➤ Technique de collecte de données

Pour l'identification des facteurs de dégradation environnementale, l'administration des questionnaires et les observations directes ont été faites au cours des enquêtes de terrain.

Les entretiens ont eu lieu avec des personnes ressources (éleveurs, agriculteurs, agro-éleveurs, les responsables locaux, et les responsables en charge de la gestion des ressources végétales.

Quant aux observations directes, elles ont été faites au cours des enquêtes de terrain. Ces observations ont contribué à évaluer la disponibilité et les pressions exercées sur les espèces.

Une approche Participative Niveau Villageoise (APNV) a été utilisée pour collecter les informations relatives aux problèmes liés à la dégradation de l'écosystème du Bassin et appréhender les perceptions et les savoirs des communautés.

➤ **Outils de collecte de données**

Les outils de travail sont constitués d'un guide d'entretien, de questionnaires, d'un appareil photographique pour fixer quelques vues.

Méthode de toile d'araignée

➤ **Données socio-économiques**

✓ **Collecte**

Les données socio-économiques ont été collectées à l'aide d'un guide d'entretien. La méthode de collecte a consisté à réaliser des entretiens individuels. Ainsi, ces enquêtes ont été effectuées dans les villages et arrondissements riverains au bassin versant supérieur de l'Okpara. Les entretiens individuels ont été réalisés avec des personnes ressources desdits villages/arrondissements.

✓ **Traitement des données socio-économiques**

La toile d'araignée ou le radar ou encore la roue de suivi-évaluation a été utilisée pour faire une analyse comparative des principaux facteurs de dégradation dans le secteur d'étude selon les communautés locales. La roue de suivi-évaluation est un outil graphique qui a pour but d'illustrer l'état des différents paramètres d'un même indicateur, ou l'état d'un indicateur à travers différentes unités spatiales. Ici, chaque paramètre a été représenté par un rayon gradué du centre vers la périphérie. L'échelle de graduation correspond à celle des fréquences des choix pour les paramètres utilisés. L'analyse de la toile a permis de distinguer clairement les principaux facteurs de dégradation dans le bassin supérieur de l'Okpara selon les populations riveraines. Dans la présente étude, six paramètres : exploitation forestière, agriculture, carbonisation, élevage, feux de végétation, la pêche et laxisme de l'administration forestière, ont été choisis et évalués, d'où la représentation du radar à sept côtés.

- **Collecte des données relatives à la dynamique de l'occupation du bassin supérieur de l'Okpara**
- ✓ **Cartes et images utilisées**

Les données planimétriques utilisées au cours de cette étude sont :

- cartes topographiques, IGN au 1/200 000 ;
- images Landsat7 ETM+ de 2000, *Path* : 192 et *Row* : 053 du 25 novembre 2000 ;
- images Landsat8 OLI de 2014, *Path* : 192 et *Row* : 053 du 12 février 2014.

Ces données ont permis de réaliser les cartes d'occupation du sol du bassin supérieur de l'Okpara de 2000 et de 2014.

- ✓ **Méthodes de traitement des données planimétriques**

- **Interprétation des images satellites**

La comparaison des classifications a été la méthode utilisée pour évaluer la dynamique de l'occupation du sol du bassin supérieur de l'Okpara. Il consiste à interpréter une série multi-temporelle d'images satellites et ensuite comparer les superficies des classes d'occupation du sol. Cette méthode exige que le même système de classification soit appliqué pour chacune des images. Ainsi, les images Landsat de 2000 et de 2014 ont été classifiées sur la même base méthodologique. Ces images ont été alors interprétées avec les mêmes aires d'entraînement. Les aires d'entraînement ont été délimitées loin des zones de transition afin d'éviter d'inclure des pixels mixtes, c'est-à-dire des pixels qui pourraient être classés dans deux classes distinctes (Arouna, 2012).

La classification supervisée par maximum de vraisemblance a été réalisée à l'aide du logiciel Envi 5.1. Le contrôle-terrain a été ensuite réalisé pour vérifier les classes de pixels issues de la classification. Au cours de cette phase, les pixels mis dans la classe de rejet ont été aussi identifiés.

- **Exportation vers un Système d'Information Géographique**

Après l'intégration des observations du terrain, chaque image interprétée a été exportée vers un Système d'Information Géographique. Il s'est agi de convertir le fichier du format raster en format vecteur. Cela a été fait dans le logiciel ArcGIS 10.3. Dans ce système d'information

géographique ArcGIS, les superficies des différentes formations végétales et des autres unités d'occupation du sol ont été calculées. De même les cartes d'occupation du sol de 2000 et de 2014 du bassin ont été aussi réalisées.

2.1.1.1 Analyse statistique des changements d'état de la végétation

- **Taux moyen annuel d'exploitation spatiale (T)**

Le taux moyen annuel d'exploitation spatiale exprime la proportion de chaque unité paysagère qui change annuellement. Il est calculé à partir de la formule tirée de Bernier (1992) et adoptée par Oloukoï et *al.* (2006), Arouna et *al.* (2009).

$$T = \frac{\ln S_2 - \ln S_1}{(t_2 - t_1) \times \ln e} \times 100$$

S_1 et S_2 : Superficie d'une unité paysagère à la date t_1 et t_2 respectivement ; $t_2 - t_1$: Nombre d'année d'évolution ; \ln : Logarithme népérien ; e : Base des logarithmes népériens ($e = 2,71828$)

- **Matrice de transition**

La matrice de transition a permis de mettre en évidence les différentes formes de conversion qu'ont subies les unités paysagères entre deux dates instantanées. Elle est constituée 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 et diagonale, elle contient les superficies des unités paysagères restées inchangées. Dans cette matrice, les transformations se font des lignes vers les colonnes. Les superficies de ces différentes classes d'unités paysagères seront 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 10.3**.

- **Taux de conversion**

Le taux de conversion d'une classe d'unité paysagère correspond au degré de transformation subie par cette classe en se convertissant vers d'autres classes (Arouna, 2012). C'est alors la quantité de changements observés au niveau d'une unité paysagère entre les dates t_1 et t_2 . Il a permis ainsi de mesurer le degré de conversion d'une unité donnée en d'autres unités paysagères. Il est obtenu à partir de la matrice de transition suivant la formule :

$$T_c = \frac{S_{it} - S_{is}}{S_{it}} \times 100$$

S_{it} : Superficie de l'unité paysagère i à la date initiale t ; S_{is} : Superficie de la même unité demeurée stable à la date t_1 .

- **Taux de régression**

Ce taux exprime la réduction d'une superficie par un type de formation donnée entre deux dates. Il est calculé à partir de la formule suivante :

$$TR = S_2 - S_1 / S_1 \times 100$$

Avec TR le taux de régression, S_1 la superficie d'une unité de végétation à la date t_1 , S_2 la superficie de la même unité de végétation à la date t_2 .

- **Traitement des données**

Le logiciel ENVI 5.1 servira à l'interprétation des images satellites.

Le logiciel ArcGIS 10.3 permettra la réalisation des cartes d'occupation du sol du secteur d'étude.

2.1.2 Collecte des données relatives à l'OS 2 : Impacts des activités anthropiques sur le bassin versant supérieur de l'Okpara

Les méthodes d'évaluation des impacts utilisées sont entre autre la matrice de Léopold (1971), le modèle Pression-Etat-Impact-Réponse (PEIR) et la toile d'araignée ou radar.

- **Matrice de Léopold**

La matrice de Léopold a été utilisée à cet effet. Elle permet de déterminer le degré de perturbation (très fort, fort, moyen ou faible) de l'impact négatif, d'apprécier la durée (momentanée, temporaire ou permanente), et de l'étendue (ponctuelle, locale, ou régionale) du phénomène (l'occupation). Les composantes environnementales des milieux concernés sont représentées dans le tableau II.

Tableau II: Composantes environnementales des milieux concernés

Activités	Composantes environnementales des milieux concernés							
	Eau	Air	Sol	Flore	Faune	Social/Santé	Economie	Paysage
1- Agriculture								
1-1- Culture sur brûlis								
1-2- Utilisation des intrants agricoles								
2- Elevage								
2-1- Pâturage								
3- Exploitation forestière								
4- Chasse								
4-1- Braconnage								
- Impact négatif								+ Impact positif

Source : Résultat d'enquête, Octobre 2015

L'utilisation de cette matrice a permis de déterminer la nature des impacts, leur degré de perturbation, leur importance, et leur étendue. De façon globale, l'impact ici est la résultante de toutes les incidences qu'engendrent les systèmes cultureux sur l'environnement et sur le milieu social. Il est évalué en fonction de l'élément environnemental touché. Cet impact peut être fort, moyen, ou faible. Il peut être limité tout en mettant en place une politique ou une stratégie qui vise à minimiser celui-ci.

Le caractère des effets (positifs ou négatifs), a été évalué grâce à la comparaison des avantages et inconvénients des conséquences qu'engendrent ces mutations dans le secteur d'étude. Quant aux effets environnementaux des activités socio-économiques identifiés, ils se caractérisent par leur nature, leur importance et leur étendue grâce au cadre de référence pour l'évaluation de l'importance des effets de l'ABE représenté par le tableau III.

Tableau III: Cadre de référence pour l'évaluation de l'importance des effets

Durée	Etendue	Degré de perturbation			
		Faible	Moyen	Fort	Très fort
		Importance de l'effet			
Momentanée	Ponctuelle	Faible	Faible	Faible	Moyenne
Momentanée	Locale	Faible	Faible	Moyenne	Moyenne
Temporaire	Ponctuelle	Faible	Faible	Moyenne	Forte
Temporaire	Locale	Faible	Faible	Moyenne	Forte
Momentanée	Régionale	Faible	Moyenne	Moyenne	Forte
Permanente	Ponctuelle	Faible	Moyenne	Moyenne	Forte
Temporaire	Régionale	Faible	Moyenne	Forte	Forte
Permanente	Locale	Faible	Moyenne	Forte	Forte
Permanente	Régionale	Moyenne	Forte	Forte	Forte

Source : ABE, 2010

De façon globale, l'effet ici est la résultante de toutes les conséquences qu'engendrent les activités humaines sur l'environnement. L'effet peut être fort, moyen, ou faible et peut être limité tout en mettant sur place une mesure qui vise à minimiser celui-ci.

Les résultats ont été évalués à l'aide du modèle PEIR.

● **Modèle Pression-Etat-Impact-Réponse (PEIR)**

Cette approche est une méthode d'analyse des composantes environnementales dans tous leurs aspects et dimensions. Cette technique est utilisée pour recueillir les informations sur l'évolution du paysage, son comportement et sa dynamique (figure 2).

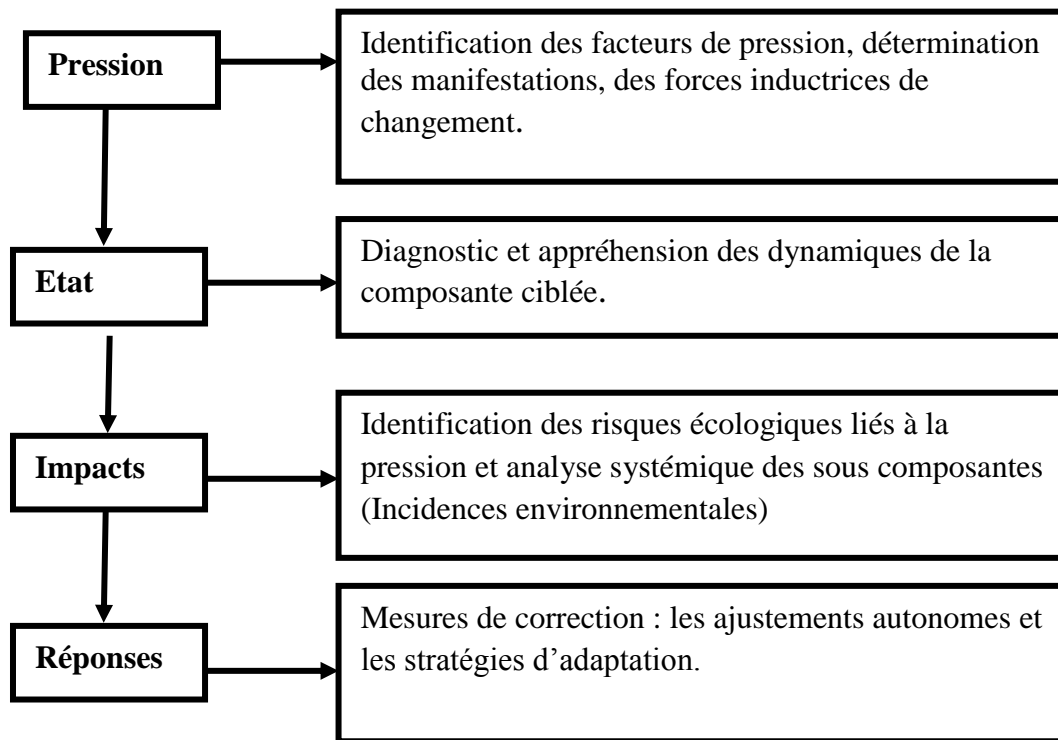


Figure 1: Cadre conceptuel de l'analyse des résultats

Source : Adapté de Bassè, 2014

Ce modèle a permis de caractériser à partir d'un état initial les impacts des forces motrices qui exercent une certaine pression sur les composantes de l'environnement du bassin versant supérieur de l'Okpara. Les différentes méthodes ont permis d'avoir des résultats probants sur les véritables causes de dégradation environnementale liées aux diverses activités anthropiques afin de proposer des stratégies de protection des ressources environnementales.

✓ **Echantillonnage**

Le choix des personnes à interroger a été fait suivant des critères bien définis. L'échantillonnage est fait par le choix raisonné en fonction des différents acteurs. Les critères suivants ont été considérés : localisation des villages riverains dans les communes concernées, avoir vécu dans le village pendant au moins ces 20 dernières années, être âgé au moins 30 ans. Ces critères sont retenus en considérant que les individus à cet âge mènent déjà des activités socio-économiques et peuvent être conscients des dégradations de l'environnement.

Pour constituer l'échantillon à enquêter une catégorie d'acteurs pouvant être intéressés directement par le problème de dégradation de l'environnement a été ciblée à savoir : agriculteurs, éleveurs, exploitants forestiers. L'étude s'est également intéressée à certaines institutions capables de fournir des informations relatives à la dégradation de l'environnement et de ses corollaires.

L'échantillon a été défini avec une marge d'erreur de 5 % à partir du protocole de Schwartz défini comme suit :

$$Z = t^2 * pq / e^2$$

$t = 1,96$ (niveau de confiance à 95%) $e = 5 \%$, c'est la marge d'erreur

p = prévalence estimative ;

$q = 1-p$ c'est le degré de non homogénéité de la population ;

Les données sur la prévalence estimative des acteurs n'étant pas disponibles, nous allons prendre : $p=q=1/2=0,5$

Au total 190 acteurs sont enquêtés dans le secteur d'étude.

Tableau IV : Répartition de l'échantillon par localités sélectionnées

Communes	Villages	Populations	Nombres d'enquêtés
N'Dali	Binassi	2 192	40
	Gbégourou	3 268	40
	Ouari	671	20
Pèrèrè	Sontou	3538	20
Tchaourou	Kpassa	3 654	40
	Kika II	4 241	30
Total	6	17564	190

Source : Enquête de terrain, Décembre 2015

Traitement des données

Cette étape comprend le dépouillement des données recueillies sur le terrain, l'analyse et l'interprétation de celles-ci. Le dépouillement a été fait a été fait manuellement. Les différents résultats obtenus après le dépouillement sont analysés puis interprétés.

2.1.3 Collecte des données relatives à l'OS 3 : Etude prospective de l'évolution des formations végétales de ce bassin à l'horizon 2030

2.1.3.1 Méthode liée à la modélisation prédictive des formations végétales du bassin supérieur de l'Okpara

La modélisation spatiale de l'évolution de la végétation requiert l'utilisation d'un logiciel capable de prendre en compte l'analyse des tendances évolutives non linéaires en y intégrant les facteurs de changement. Elle vise à déterminer comment les formations seront sur le plan physiologique.

✓ Principe de la modélisation prédictive

Il existe plusieurs méthodes et outils de modélisation, parmi les plus utilisées et/ou diffusées on a : CA_MARKOV sur IDRISI (Eastman, 2009), CLUE-S (Verburg et *al.*, 2002 ; Orékan, 2007 ; Verburg et Overmars, 2009), Dinamica EGO (Soares-Filho et *al.*, 2002, 2006, 2009), Land Change Modeler utilisé sous ArcGIS (Arouna, 2012) et Land Change Modeler disponible sur IDRISI (Vigneau, 2013). Dans le cadre de la présente étude, c'est le Land Change Modeler (LCM) d'IDRISI Selva qui a été utilisé.

L'analyse bibliographique des travaux reposant sur des outils de simulation (Briassoulis, 2000 ; Kanevski et Maignan, 2004 ; Mas et *al.*, 2004 ; Wainwright et Mulligan, 2004 ; Houet et Hubert-Moy, 2006 ; Paegelow et Olmedo, 2005, 2008 ; Pontius et *al.*, 2007 ; Camacho Olmedo et *al.*, 2010), indique qu'ils reposent tous sur un processus commun de modélisation des changements des modes d'occupation et d'utilisation des sols (Toko, 2014). Il se décline en quatre étapes relatives au fonctionnement des modèles :

- une procédure non spatiale qui estime les quantités de chaque transition ;
- une procédure spatiale qui détermine la probabilité de changements ;
- une composante spatiale qui distribue les changements dans l'espace ;

- éventuellement un module spatial chargé de reproduire les caractéristiques du paysage.

✓ **Présentation et fonctionnement du modèle**

Le modèle prédictif travaille avec deux cartes d'occupation du sol, une carte actuelle et une carte antérieure. Dans le cas de la présente étude, il s'agit des cartes d'occupation du sol de 2000 et de 2014. Une étude comparative de ces deux dates a permis de déterminer les transitions, quantifier les surfaces concernées par chaque type de transition et localiser ces changements. Les matrices de transition ainsi calculées seront utilisées pour calculer les changements potentiels futurs. Chaque type de transition peut être expliqué par des facteurs connus, quantifiables et cartographiables. Le modèle va ensuite combiner les différents facteurs en leur assignant des poids plus ou moins forts afin d'expliquer les transitions qu'il a détecté entre les deux cartes d'occupation du sol fournies au début. Grâce à la mise en relation et la combinaison des facteurs explicatifs et des changements survenus entre les deux cartes d'occupation du sol d'origine, le modèle va réaliser via une méthode statistique des cartes de probabilité aux changements (Toko, 2014). Ces cartes de probabilité correspondent aux transitions retenues.

Le nombre de carte de probabilité est fonction du nombre de transition isolé. Ce sont alors les premières cartes fournies par le modèle. Ensuite, le modèle va produire une carte d'occupation du sol prospective pour une date t_n en se basant sur les cartes de probabilité précédemment réalisées.

✓ **Inputs de la modélisation**

La carte de végétation de 2000 et celle de 2014 sont les inputs fondamentaux pris en compte pour modéliser l'évolution de la végétation du bassin supérieur de l'Okpara.

• **Estimation de la quantité de changement**

Avec Land Change Modeler (LCM), la quantité de changement est calculée à l'aide de la chaîne de Markov, synthétisée sous forme d'une matrice de transition, généralement obtenue par la comparaison de cartes d'occupation et d'utilisation des sols à deux dates différentes. La matrice de transition entre 2000 et 2014 obtenue en superposant les deux cartes d'occupation des sols, indique la surface (ou le nombre de pixels) pour chaque transition. Cette matrice a été transformée en une matrice de probabilité de transition qui a permis de réaliser les projections sur 2030. Le nombre d'itérations obtenu est de 10000 avec une précision 84 %.

Les probabilités de transition annuelle sont obtenues par une simple correction linéaire des probabilités de transition. Cette correction consiste à réduire les probabilités les plus élevées (probabilités supérieures ou égales à celles des transitions de permanence) proportionnellement à l'erreur et à modifier les autres valeurs de probabilités afin que la somme des colonnes soit égale à 1.

- **Evaluation de la probabilité de changement**

La probabilité de changement dépend de la distribution des variables biophysiques et socioéconomiques qui influencent les LULCC. Les variables les plus couramment utilisés sont la pente, la distance aux voies de communication et aux agglomérations, les types de sols (Pontius et *al.*, 2008). La probabilité d'occurrence d'un type de transition donnée (LULCx vers LULCy) peut être définie à travers deux approches légèrement différentes : la détermination de l'aptitude d'un site pour un type d'occupation et d'utilisation du sol ou le calcul de la probabilité des types de transitions. Le modèle LCM calcule la probabilité de chaque transition. Ces données restituées sous forme de cartes sont produites à partir de la relation entre les variables explicatives et les transitions observées entre 2000 et 2014. Cette carte illustre l'importance et la localisation de ces transitions. Ainsi, elle servira à l'élaboration de la carte prédictive.

- **Procédures d'allocation spatiale des changements**

L'attribution du changement est un processus de décision qui sélectionne les pixels qui connaîtront un changement à partir des cartes de probabilité de changement ou cartes d'aptitude. Considérant que ce sont les sites les plus susceptibles de changer qui changent effectivement, LCM sélectionne les pixels qui présentent les valeurs de probabilité les plus fortes. Comme il y a généralement une concurrence entre les différentes transitions (le même site peut être un candidat à différentes transitions), LCM utilise une procédure d'affectation multi-objective basée sur les probabilités des différents types d'occupation du sol et la quantité de changement calculée précédemment.

- **Simulation des dynamiques spatiales et temporelles des changements d'occupation et d'utilisation des sols**

La simple sélection des pixels avec une probabilité de changement plus élevée (sans automate cellulaire) ne conduit pas à la reproduction de patrons spatiaux vraisemblables. LCM tend à favoriser les zones à proximité directe de la route pour le LULC 2 et celles étant à la même

altitude pour le LULC 3. Pour la classe LULC 2, on observe très nettement l'effet issu de l'utilisation de variables continues pour caractériser l'influence de la distance à la route.

CLUE présente un résultat semblable mais favorise les LULCC à LULC 3 en altitude due à la régression logistique. L'utilisation de zones de restriction ou d'incitation permet d'ajuster la probabilité de changement à certaines politiques de gestion qui ne peuvent être dérivés à partir des variables explicatives. LCM permet l'utilisation de zones de restriction ou d'incitation à un ou plusieurs pas de temps défini (s) par l'utilisateur durant la simulation.

- **Evaluation des simulations**

En général, l'évaluation des modèles est basée sur la comparaison entre la carte simulée et une carte de la situation réelle observée (carte réelle). L'évaluation peut concerner la ou les carte(s) de probabilité de changement (appelée aussi « soft classification ») ou les cartes des futures occupations et utilisations des sols. Dans le premier cas, la carte des probabilités de changement (valeurs continues) est comparée avec la carte réelle (valeurs catégorielles). Dans le second cas, les cartes simulée et réelle sont comparées. IDRISI offre un moyen d'évaluer les résultats de la simulation pour chaque cas : 1) la méthode ROC (Relative Operating Characteristics) (Pontius, 2000 ; Pontius & Schneider, 2001) ; 2) l'indice Kappa (Ponce, 2000). Mais l'évaluation de l'analyse de régression logistique est généralement basée sur une analyse ROC réalisée dans un autre logiciel.

Il faut remarquer que les méthodes d'évaluation sont toutes orientées sur l'évaluation de la coïncidence spatiale entre les changements simulés et les changements observés. Cette approche peut biaiser les évaluations vers une surévaluation des méthodes qui affectent les changements aux pixels qui présentent les valeurs plus élevées de probabilités de changements. En effet, la reproduction des patrons spatiaux du paysage se fait au dépend de la coïncidence spatiale. Pour les applications dans lesquelles la simulation des patrons spatiaux des paysages est importante, il est recommandé d'évaluer cet aspect, par exemple à l'aide d'indices de fragmentation (Mas et *al.*, 2010). IDRISI permet de calculer différents indices.

CHAPITRE III : SITUATION GEOGRAPHIQUE ET DETERMINANTS DE LA DEGRADATION DU BASSIN VERSANT SUPERIEUR DE L'OKPARA

3.1. Situation géographique

Plusieurs communes sont drainées par les eaux du bassin versant supérieur de l'Okpara. Le bassin versant supérieur de l'Okpara est situé entre 9°16' et 9°58' Nord d'une part et 2°35' et 3°04' Est d'autre part. Du point de vue administratif, il comprend les communes de N'Dali, Parakou, Tchaourou et Pèrère (figure 2).

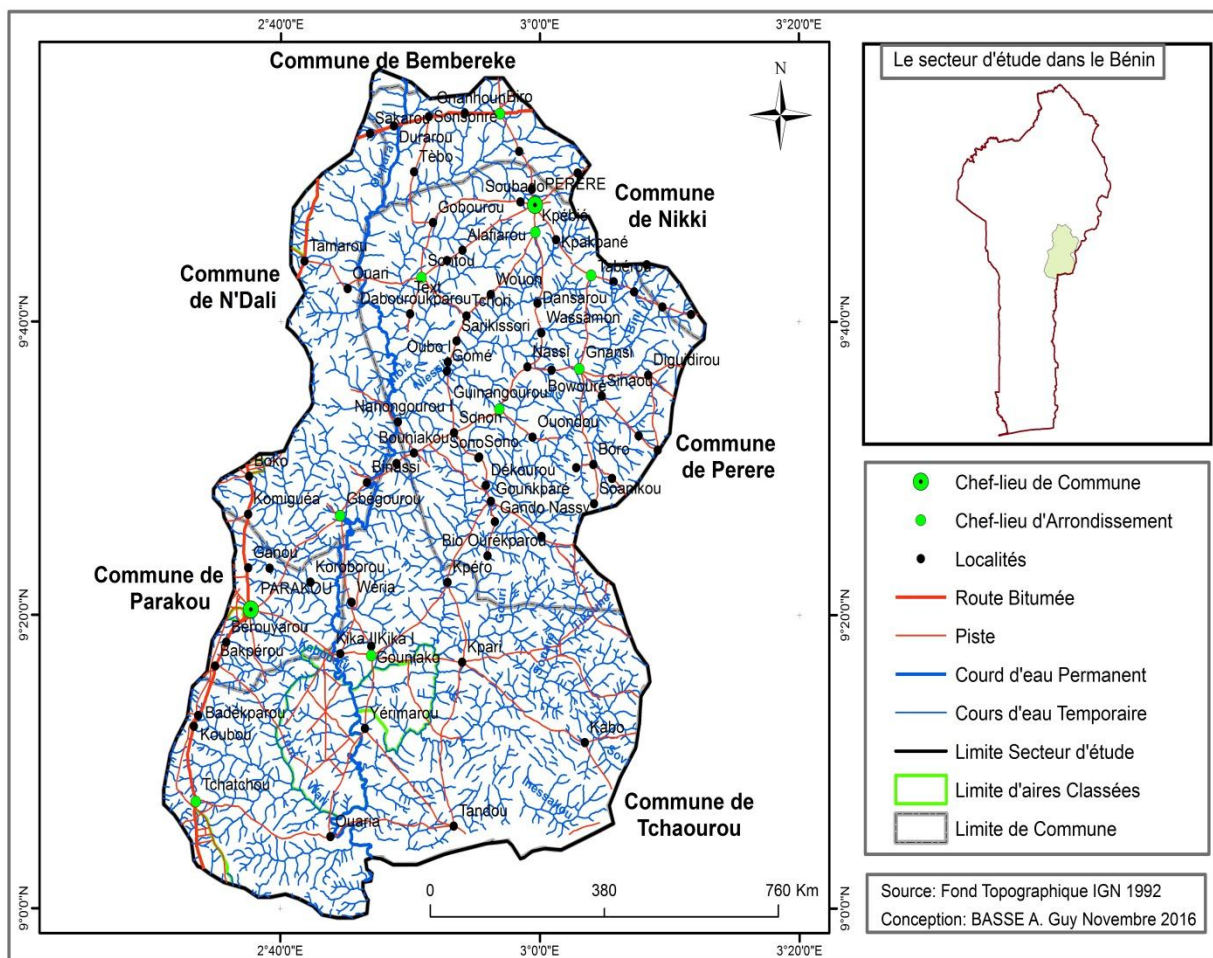


Figure 2: Situation géographique du bassin supérieur de l'Okpara

3.2. Déterminants de la dégradation environnementale

Les causes de la dégradation peuvent être situées à deux niveaux à savoir : les déterminants naturels et les déterminants anthropiques.

3.2.1. Déterminants naturels

Les processus naturels de dégradation et de régénération du milieu sont essentiellement régis par les facteurs climatiques, physiques et pédologiques. En effet, selon FOA (2006), les facteurs naturels déterminent le bilan hydrique et fixent les quantités d'eau disponibles pour les végétaux et les êtres vivants (Ogouwalé, 2013).

Par ailleurs, le manque d'eau dans le milieu est fonction des conditions physiques et pédologiques. En effet, combinés aux conditions climatiques, ces facteurs physiques et pédologiques confèrent au milieu ses « prédispositions à la dégradation et/ou à la régénérescence » (Diello, 2007 cité par Ogouwalé, 2013).

3.2.1.1. Climat

Le bassin supérieur de l'Okpara est sous l'influence du climat tropical de type soudanien. La figure 3 montre le régime pluviométrique mensuel de ce bassin. La pluviométrie moyenne mensuelle de ce bassin sur la période de 1960 à 2010 est de 96,85 mm.

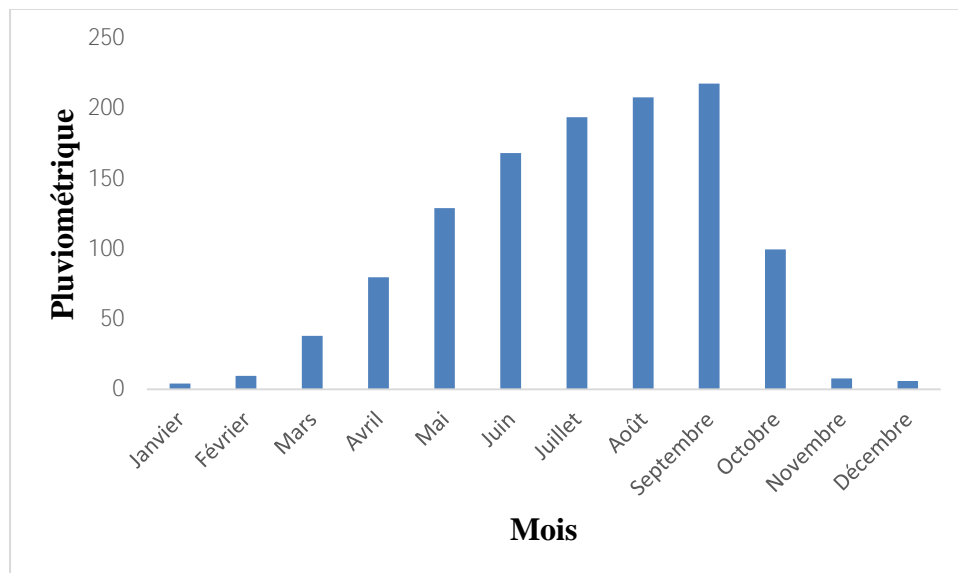


Figure 3: Moyenne mensuelle des pluies de 1960 à 2010

Source : ASECNA, 2012

Le bassin supérieur de l'Okpara est marqué par un régime Pluviométrique unimodal allant d'Avril à Octobre. De ce fait, le débit d'eau de l'Okpara varie selon la quantité d'eau par saison de pluie. Les hauteurs de pluie sont de 38 mm en mars et de 208 mm en août et 218 mm en septembre, de 99 mm en octobre pour atteindre les minimas de 6 mm et de 4 mm respectivement en décembre et janvier. La figure 4 présente les hauteurs annuelles des pluies dans le bassin supérieur de l'Okpara.

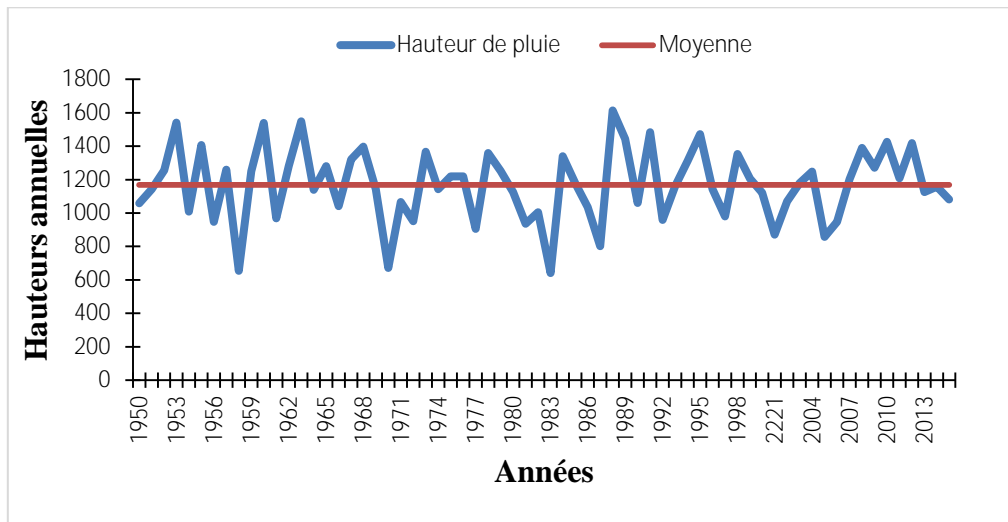


Figure 4: Hauteur annuelle des pluies dans le bassin supérieur de l'Okpara de 1950 à 2015

Source : ASECNA, 2015

Dans ce bassin, la hauteur moyenne annuelle des pluies de 1950 à 2015 est de 1169 mm avec un pic de 1615 mm en 1988. Les années 1958, 1970, 1983 et 1987 sont marquées par une baisse considérable des pluies avec respectivement une hauteur de 655 mm, 671 mm, 642 mm et 800 mm. L'indice pluviométrique est présenté par la figure 5.

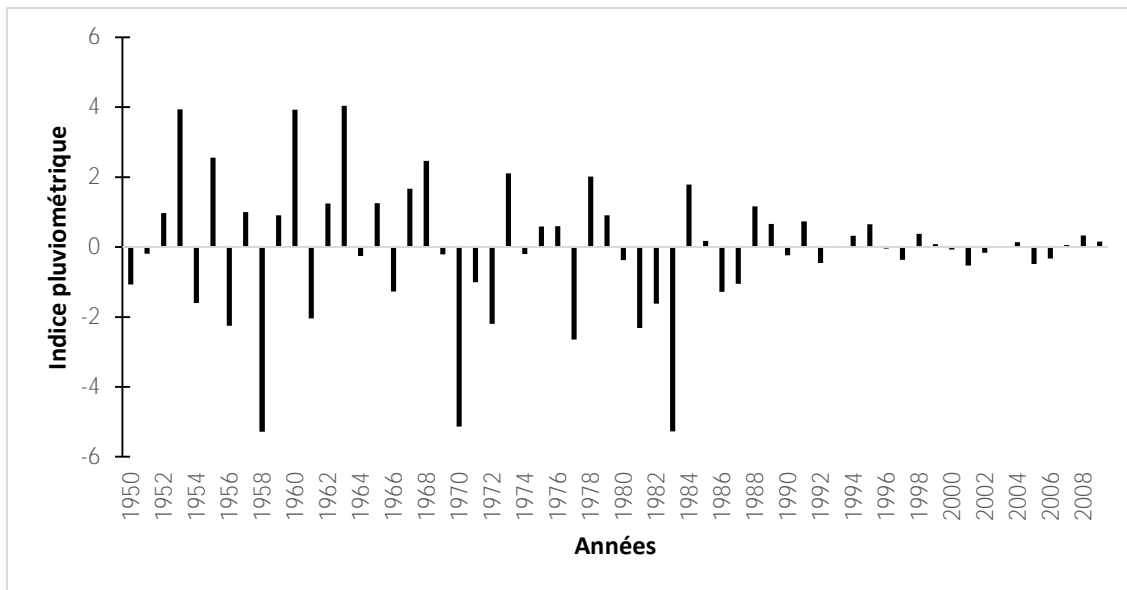


Figure 5: Indice pluviométrique dans le bassin supérieur de l’Okpara de 1950 à 2009

Source : ASECNA, 2012

De l’analyse de cette figure 5, il ressort que le bassin supérieur de l’Okpara est marqué par deux périodes. Une période humide allant jusqu’à 4,04 comme indice pluviométrique en 1963 et une période sèche allant jusqu’à -5,28 comme indice en 1958. Ces indices confirment que ce bassin a connu une baisse importante de sa pluviométrie annuelle au cours des années 1958, 1970 et 1983.

3.2.1.2 Aspects hydrographiques et pédologiques dans le bassin

✓ Aspects hydrographiques

Le bassin supérieur 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 commune de Parakou et ses environs à travers la retenue d’eau de l’Okpara (Ogouwalé, 2009). Il présente donc un réseau hydrographique important.

Dans le bassin supérieur de l’Okpara, en plus du cours d’eau de l’Okpara il est observé un cours d’eau appelé « Sui ». La figure 6 montre le réseau hydrographique du bassin supérieur de l’Okpara.

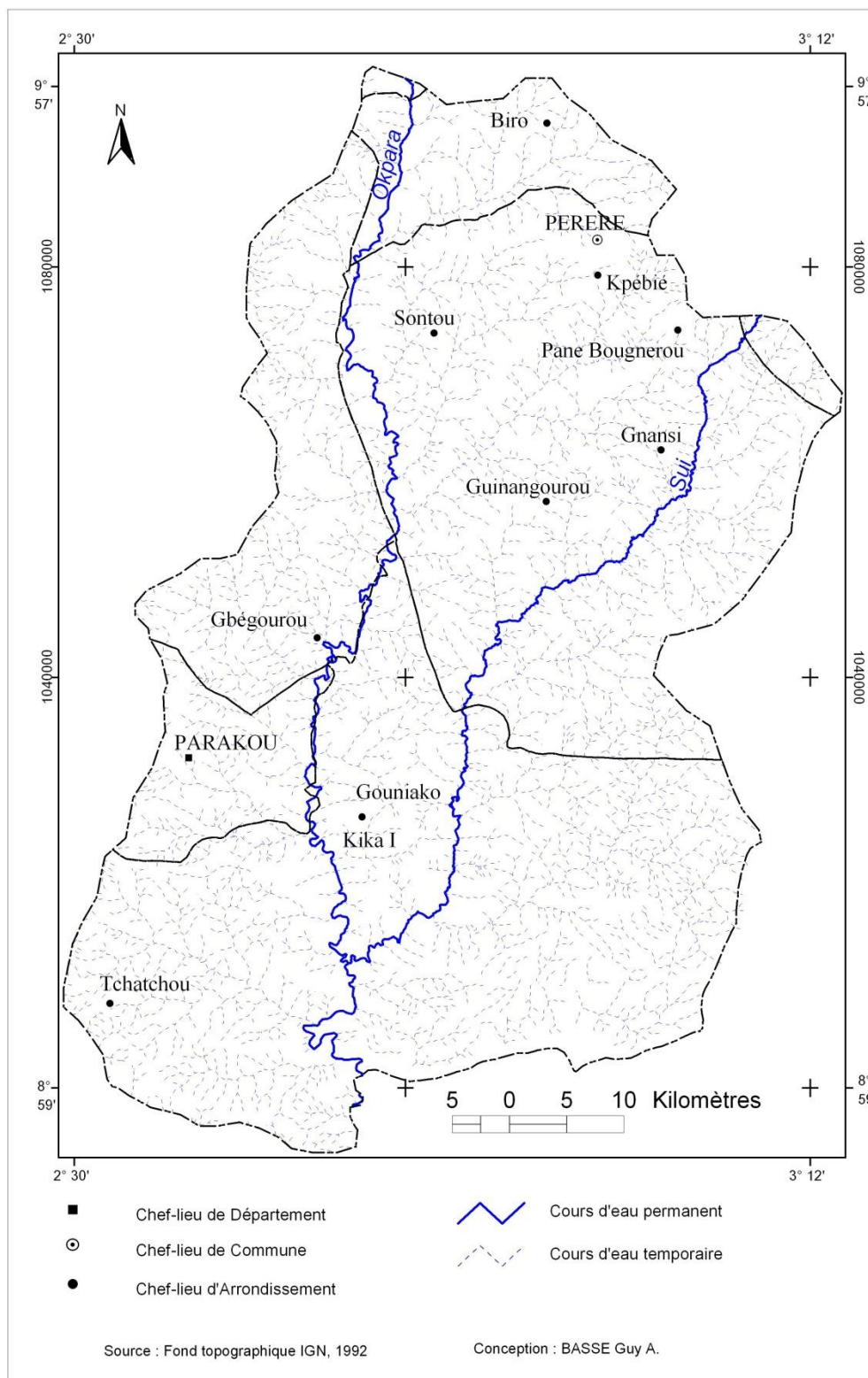


Figure 6: Réseau hydrographique du bassin supérieur de l'Okpara

Cette figure montre l'importance du réseau hydrographique de ce bassin. Ce qui démontre une fois encore l'utilité de l'Okpara qui est l'un des affluents du fleuve Ouémé. Ces caractéristiques expliquent la diversité des sols dans ce bassin.

✓ Aspects pédologiques

Les sols du bassin ont une structure verticale conforme à celle observée sur l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest (Ogouwalé, 2013). Les principaux types de sols sont ferrugineux tropicaux et soumis au lessivage. Ce sont des sols ayant une profondeur plus ou moins importante, leur perméabilité et leur porosité sont généralement bonnes. Par contre, ils ont des réserves minérales et une acidité forte une saturation réduite.

Ces sols apparaissent comme le résultat d'une altération intense et profonde. Presque partout, ils manifestent une grande homogénéité physique. Les terres utilisables correspondent à des sols relativement profonds de 1 à 4m généralement très drainés au moins sur 1m de profondeur.

Ces sols, de texture plus sableuse dans un climat moins pluvieux, ne peuvent être favorables qu'à des xérophiles. Sur les sols ferrugineux, le coefficient moyen d'infiltration en saison de pluie est supérieur à 50 % (Ogouwalé, 2009).

Les sols quoique peu profonds, sont très souvent riches en éléments minéraux et par conséquent sont favorables aux cultures telles que l'igname (*Dioscora spp*), le sorgho (*Sorghum bicolor*). Très cultivés, les sols sont sensibles à l'érosion avec d'importantes contraintes sur l'agriculture. Les sols identifiés dans le bassin sont présentés par la figure 7.

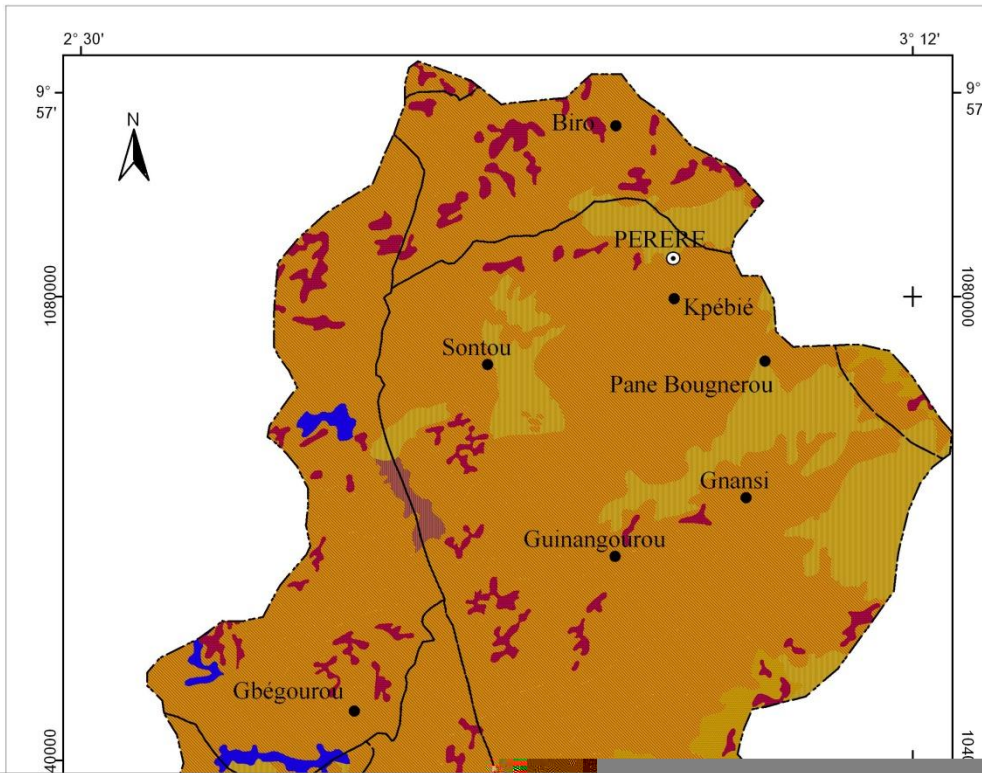


Figure 7: Types de sols dans le bassin supérieur de l'Okpara

Diverses variétés de sol sont observées dans le bassin versant 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 (Ogouwalé, 2013).

3.2.1.3. Végétation

La végétation est composée de forêt claire et savane boisée, savanes arbustives et arborées. On y rencontre aussi les forêts denses et la Galerie forestière. Mais l'action de l'homme y a provoqué de nombreux bouleversements, faisant naître une végétation « humanisée » caractérisée par la disparition de nombreux ligneux et des ressources fauniques. Les savanes arborées et arbustives saxicoles sont des formations qui occupent essentiellement les affleurements rocheux, aux sols peu évolués, graveleux et peu profonds. On note la présence des arbustes aux troncs minces à frondaison lâche et quelques arbres.

Les espèces fréquentes sont : *Combretum nigricans*, *Detarium microcarpum*, *Gardenia erubescens* et *Gardenia ternifolia*. Les espèces ligneuses rencontrées dans les champs et les jachères sont celles épargnées à cause de leur importance socio-économique. Il s'agit essentiellement du Karité (*Vitellaria paradoxa*) et du Néré (*Parkia biglobosa*).

Les recrûs ligneux rencontrés très souvent dans les jachères et champs sont : *Daniellia oliveri*, *Parinari cura-tellifolia* et *Pteleopsis suberosa*. La composition floristique de la strate herbacée varie avec l'âge de la formation. Les espèces dominantes sont : *Pennisetum polystachion*, *Andropogon pennisetum*, *Indigo fera* et *Tephrosia pedicellata*.

3.2.2. Déterminants anthropiques

Les déterminants anthropiques contribuent énormément à la dégradation du bassin supérieur de l'Okpara. Il s'agit de la croissance démographique et des activités socio-économiques menées par les populations riveraines.

3.2.2.1. Croissance démographique

Les Communes de ce bassin connaissent un taux d'accroissement relativement important. La population de ce bassin est estimée à environ 420636 habitants (RGPH, 2002). La figure 8 montre l'évolution démographique des communes du bassin supérieur de l'Okpara.

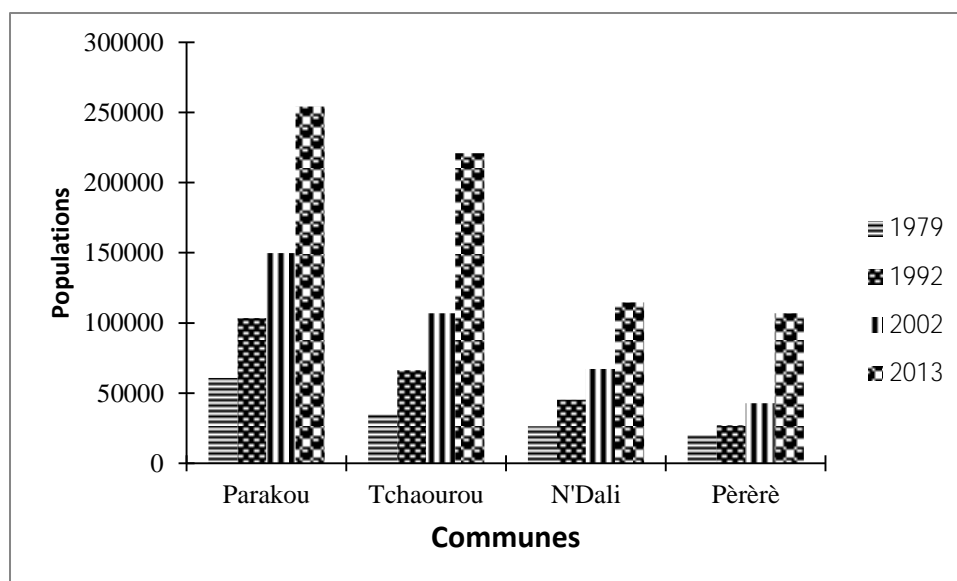


Figure 8: Evolution démographique des Communes du bassin supérieur de l'Okpara

Source : INSAE, 1979 ; 1992 ; 2002 ; 2013

Ces communes, de 2002 à 2013, ont connus un taux d'accroissement très élevés. En intervalle de 10 ans, le nombre d'habitants s'est doublé et par conséquent une forte pression de prélèvement des ressources naturelles. Le tableau ci-dessous présente la synthèse du taux d'accroissement de la population des localités de ce bassin entre 2002 et 2013.

Tableau V: Taux d'accroissement naturel dans le bassin supérieur de l'Okpara entre 2002 et 2013

Communes	Taux d'accroissement (%) entre 2002 et 2013
N'Dali	4,84
Parakou	4,81
Pèrèrè	5,61
Tchaourou	6,68
Moyenne	5,49

Source : INSAE, 2013

La pression humaine sur les terres du fait de la croissance démographique entraîne une forte dégradation du milieu naturel et une perturbation des équilibres environnementaux (Sounon et al., 2007). Cette évolution rapide ne reste pas sans conséquences sur les ressources de ce bassin à travers les activités que mènent cette population.

3.2.2.2. Activités socio-économiques menées dans le bassin versant de l'Okpara

Plusieurs activités sont pratiquées dans ce bassin. Il s'agit entre autres de :

❖ Agriculture

A l'instar de la plupart des communes des zones rurales du Bénin, l'économie de la commune est dominée par l'agriculture. L'agriculture béninoise est essentiellement une agriculture pluviale, extensive et itinérante sur brûlis marquée par une faible productivité (Bassè, 2014). Dans ce secteur d'étude, l'agriculture occupe une place très importante. C'est la principale activité des populations riveraines et elle est pratiquée par plus de 70 % des habitants de ces milieux. Il est constaté que les techniques de production utilisées sont rudimentaires et inappropriées. Comme moyens de défrichage, on assiste aux feux de végétation. Il y a aussi l'exploitation des versants abrupts sans précautions particulières, labours orientés dans la mauvaise direction et à l'utilisation de doses d'engrais et de pesticides de plus en plus élevées. Cette pratique peut devenir un danger pour la qualité des ressources en eau tant que les activités agricoles ne sont pas organisées et contrôlées. La planche 1 présente les champs observés dans la zone humide de l'Okpara.



Planche 1: Champs de maïs (a) et de coton (b) dans la zone humide de l'Okpara à Ouari (N'Dali)

Coordonnées : X= 9°39'10'' et Y= 2°43'02''

Prise de vue : Bassè, Octobre 2015

Les champs montrés par la planche 1 se font le long du cours d'eau dans le souci d'obtenir un bon rendement. Pour cultiver ces champs, les agriculteurs font le déboisement. Ce qui entraîne le recul de la végétation voire la disparition de certaines espèces. Les produits phytosanitaires utilisés sont aussi transportés par ruissellement vers le cours d'eau.

❖ Elevage

Au Nord du Bénin, l'élevage occupe la deuxième place après l'agriculture.

Il est la principale activité des Peulhs et fait l'objet d'épargne traditionnelle chez les agriculteurs (Djènontin, 2010). Cet élevage est de type extensif et concerne surtout les bovins, les caprins, les ovins et les volailles.

En période de sécheresse, de nombreux problèmes liés à l'eau, au pâturage et à la transhumance interviennent (Abouki et *al.*, 2007). Dans cette période, le déficit fourrager est régulier car les feux courants éliminent toute la paille de graminées et la plupart des cours d'eau sont asséchés. La transhumance exerce une pression de plus en plus forte sur les pâturages naturels. Ce qui peut être source de conflit entre éleveurs et cultivateurs d'une part puis participer à la destruction du couvert végétal d'autre part. Ces animaux, au cours de leur abreuvement contribuent à la pollution de l'eau et à son ensablement par piétinement (Photo 1).



Photo 1: Abreuvement des bœufs dans le cours d'eau de l'Okpara à Binassi

Coordonnées : X= 9°26'38'' et Y= 2°45'52''

Prise de vue : Bassè, Décembre 2015

La photo 1 montre un troupeau de bœuf dans le cours d'eau de l'Okpara à Binassi. Les éleveurs (peulhs) amènent leurs bœufs afin qu'ils s'abreuvent. Ces animaux contribuent à l'érosion des berges et à la pollution de ce cours d'eau.

❖ Pêche

Cette activité n'est pas très développée dans le bassin supérieur de l'Okpara et constitue une activité saisonnière. Elle se pratique dans les retenus d'eau et le barrage de l'Okpara. Les techniques de pêche utilisées sont traditionnelles et caractérisées par l'utilisation des filets (filets maillants, filets éperviers), les lignes et les nasses. Certains pêcheurs utilisent des produits prohibés comme moyens pour pêcher les poissons.

❖ Exploitation forestière

Elle se traduit par la destruction anarchique des arbres à des fins de bois d'œuvre et de bois d'énergie. Ainsi, la principale source d'énergie des populations riveraines est constituée essentiellement le bois et le charbon de bois (Planche2).

Cette activité est plus remarquable à travers les exploitants forestiers qui s'adonnent à la coupe des végétations pour vendre sous forme de madriers. Elle est pratiquée aussi bien par les locaux tout comme les étrangers et ce parfois en complicité avec les autorités locales.

L'exploitation forestière est surtout gérée par les exploitants forestiers privés. Outre les scieries, dont les techniques d'exploitation ne sont plus à la pointe du progrès, il existe un nombre élevé de scieurs dont les méthodes de sciage occasionnent des pertes considérables dans le bassin versant de l'Okpara.



Planche 2: Exploitation forestière à Ouari (N'Dali)

Coordonnées : X= 9°42'09'' et Y= 2°45'51''

Prise de vue : Bassè, Décembre 2015

La planche 2 montre une partie de végétation abattue par les exploitants privés. La photo a) de la planche 2 montre quelques débris de bois coupés par les scieurs. La photo b) quant à elle

montre un tas de bois retrouvé à Ouari. Cette destruction est enregistrée dans la galerie forestière du cours d'eau de l'Okpara ce qui favorise l'érosion des berges et la réduction ou perte de la biodiversité de celui-ci.

❖ Chasse

La chasse est une activité saisonnière marginale pratiquée surtout par diverses ethnies en majorité les Baribas. Elle est dirigée par des confréries de chasseurs des villages. Malgré l'existence des confréries de chasseurs dans les villages, les cas de braconnages sont notés dans les aires protégées. Les braconniers abattent sans distinction tous les animaux sauvages rencontrés sur leur passage. Cette activité est remarquable pendant la saison sèche (entre Février et Mars).

❖ Maraîchage

Cette activité est pratiquée dans le lit du cours d'eau de l'Okpara et dans les zones humides (retenu d'eau, barrage). Elle contribue au comblement, à l'ensablement et à la pollution du cours d'eau par l'usage des engrais minéraux et organiques. La photo 2 ci-dessous montre une culture maraîchage faite sur les berges du cours d'eau Okpara.



Photo 2: Le maraîchage dans la zone humide du cours d'eau Okpara à Kpassa

Coordonnées : X= 0470502 ; Y= 1026247

Prise de vue : Bassè, Décembre 2015

Dans cette zone les maraichers utilisent de l'engrais chimique pour traiter leurs cultures afin d'obtenir de bon rendement. Ces cultures sont arrosées par un système de drainage grâce aux motopompes déposées dans le cours d'eau. La plupart de ces cultures est faite dans une pente ce qui facilite l'écoulement des produits phytosanitaires et des sédiments dans le cours d'eau.

❖ Carbonisation

Elle occupe aussi une place non négligeable dans le bassin supérieur de l'Okpara. Elle est pratiquée par bon nombre de paysans pour subvenir à leurs besoins financiers ou de bois d'énergie. Puisque la principale source d'énergie des populations riveraines est constituée essentiellement du bois et du charbon de bois. La planche 3 montre un endroit où il est pratiqué la carbonisation et le lieu de vente des charbons recueillis à Ouari.



Planche 3: Activité de carbonisation et vente de charbon à Ouari (N'Dali)

Coordonnées : X= 9°42'09'' ; Y= 2°45'51''

Prise de vue : Bassè, Décembre 2015

La photo a) de la planche 3 montre un lieu de fabrication de charbon. Quant à la photo b), elle montre un lieu de vente de charbon après fabrication. Cette activité est aussi une cause de la déforestation dans le bassin supérieur de l'Okpara. Ce qui entraîne la modification de la structure du paysage et la composition chimique du sol.

❖ Les activités de lessive, vaisselle et toilette

Les populations des villages riverains se servent de l'eau du cours d'eau pour satisfaire leurs besoins de lessive et de nettoyage de la vaisselle (Photo 2). Ces populations en profitent pour se laver et satisfaire d'autres besoins.



Photo 3: Les activités de lessive et de vaisselle le long du cours d'eau de l'Okpara à Gbégourou
Coordonnées : X= 9°26'38'' et Y= 2°45'52''

Prise de vue : Bassè, Décembre 2015

La photo 3 montre des personnes qui mènent les activités de lessives et vaisselles. Certaines personnes en profitent pour se laver (toilette). Ces diverses activités se font aux abords et même dans le lit du cours d'eau. On constate que les riverains utilisent cette eau sans aucune réglementation. Le cours d'eau est pollué par le rejet des eaux savonneuses issues de ces activités.

3.2.3. Facteurs de dégradation des ressources naturelles selon la perception des populations

Les principaux facteurs de dégradation dans la zone d'étude selon la perception des populations peuvent être classés en deux catégories : les facteurs directs et les facteurs indirects. Les facteurs directs de dégradation de la végétation sont les activités qui touchent directement la structure et la floristique de la végétation. Les déterminants directs identifiés sont : l'agriculture, l'exploitation forestière, la carbonisation, l'élevage et la chasse. Les facteurs indirects de dégradation de la végétation sont ceux qui commandent les déterminants directs précédemment décrits. Ceux identifiés sont : la croissance démographique, et le laxisme de l'administration forestière (figure 9).

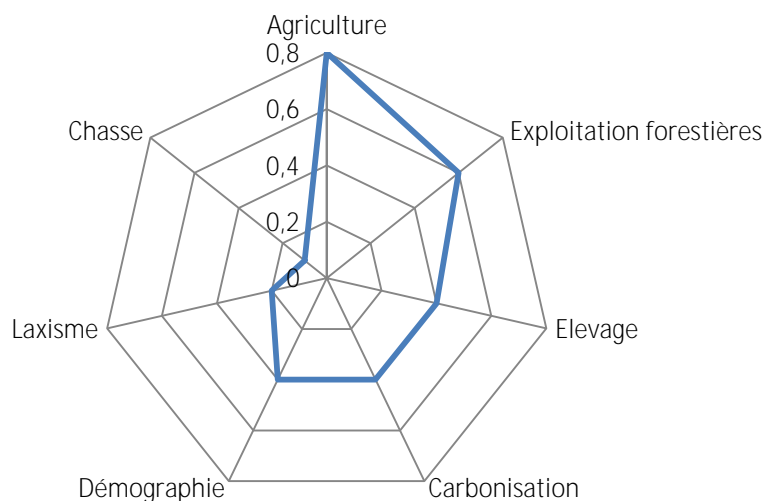


Figure 9: Perceptions locales des déterminants de dégradation de la végétation

Source : Adapté de Kadiri, 2012

L'examen de cette figure révèle que l'agriculture, l'exploitation forestière et la carbonisation sont les déterminants les plus importants de la dégradation de la végétation. L'agriculture à travers les défrichements culturaux a converti complètement les formations végétales en espace agricole. La carbonisation et l'exploitation forestière transforment les formations végétales relativement denses en formation végétales moins denses. Le laxisme de l'administration forestière participe à la dégradation du couvert végétal. Quant à la chasse, elle est perçue par les populations locales comme un déterminant de dégradation de la végétation car les chasseurs en cherchant à rendre accessibles les aires giboyeuses provoquent les feux de végétation qui constituent de puissants déterminants de dégradation de la végétation. La croissance démographique, le laxisme sont les déterminants indirects de dégradation de la végétation selon les différents acteurs. Les différents déterminants de dégradation de la végétation sont relatifs pour la plupart à la satisfaction des besoins socio-économiques de la population.

CHAPITRE IV : DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL ET IMPACTS DES PRESSIONS ANTHROPIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT

4.1. Dynamique de l'occupation du sol de 2000 à 2014

L'évolution de l'occupation du sol de 2000 et 2014 est représentée suivant deux cartes faites sur la base des images Landsat 7 ETM+, 2000 et Image Landsat 8 OLI, 2014.

4.1.1. Etat des superficies des unités d'occupation en 2000

La physionomie de la végétation du bassin supérieur de l'Okpara était largement dominée par les forêts claires, les savanes boisées, les forêts denses, les savanes arborées et arbustives qui représentaient près de 90 % de la superficie (Figure 10, Tableau VI). On y rencontrait aussi, les forêts galeries, les champs et jachères, les plantations et les agglomérations.

Tableau VI: Formations végétales et autres unités d'occupation de sol en 2000

Unités d'occupation du sol	Superficies 2000 (Km ²)	Proportion (%)
Forêt Galerie	76,19	1,49
Forêt dense	1411,62	27,58
Forêt Claire et savane boisée	2375,94	46,42
Savanes arborée et arbustive	801,20	15,65
Plantations	18,50	0,36
Mosaïques de champs et jachères	377,80	7,38
Plan d'Eau	38,43	0,75
Agglomération	18,79	0,37
Total	5118,47	100

Source : Interprétation des images Landsat 7 ETM+ de 2000

Cet état de dégradation des formations végétales est représenté par la figure 10 qui suit. Cette figure montre la physionomie des différentes formations végétales en 2000.

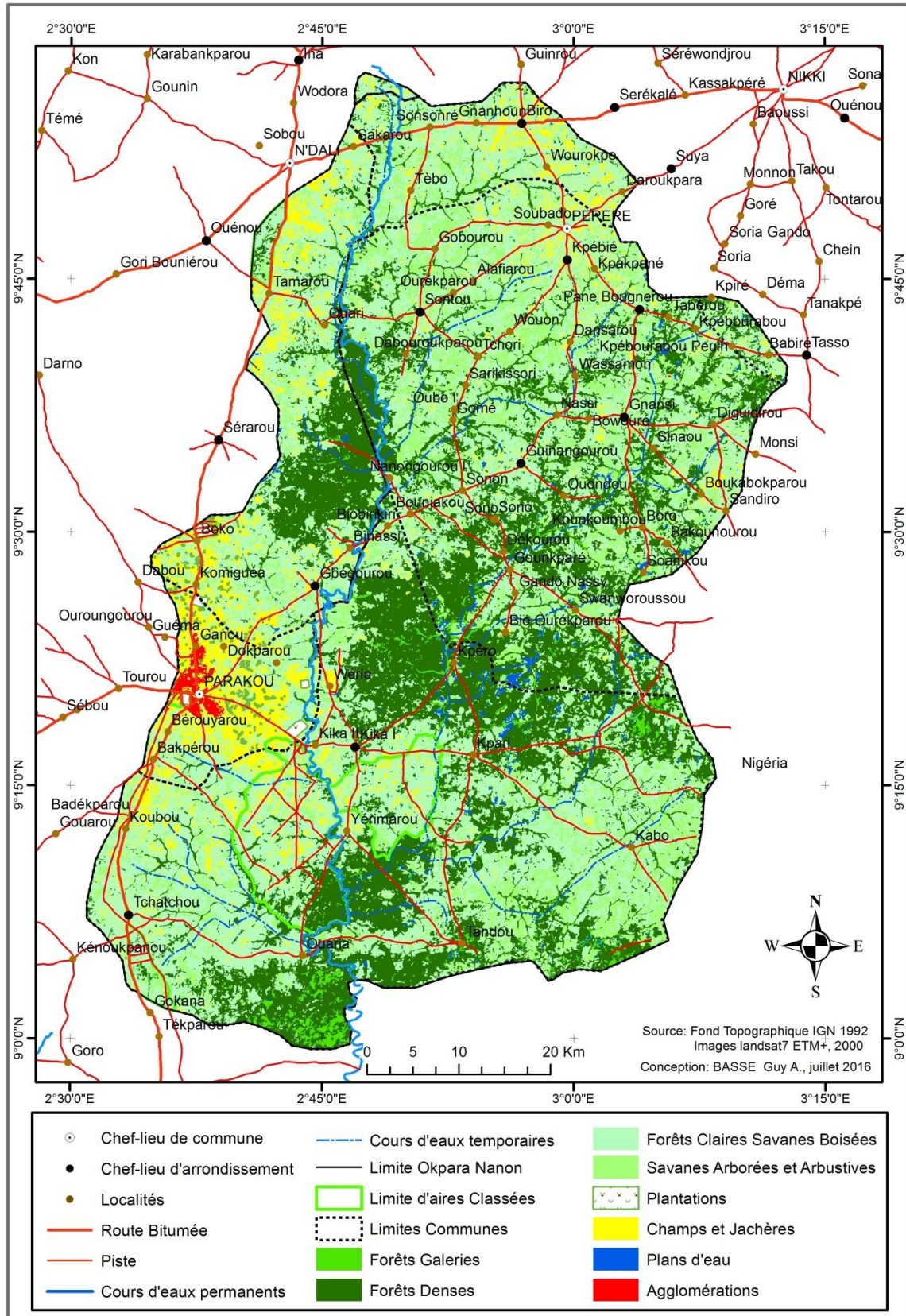


Figure 10: Unités d'occupation de sol du bassin supérieur de l'Okpara en 2000

4.1.2. Etat des superficies des unités d'occupation du sol en 2014

En 2014, la physionomie de la végétation du bassin supérieur de l'Okpara est dominée par les mosaïques de champs et jachères (47,26 %) suivie des savanes arborées et arbustives (29,36 %). Les forêts claires, les savanes boisées ne représentent que de 18,87 % de la superficie (Figure 11, Tableau VII). On y rencontre aussi les forêts denses, les forêts galeries, les plantations et les agglomérations mais de faibles proportions.

Tableau VII: Formations végétales et autres unités d'occupation du sol en 2014

Unités d'occupation du sol	Superficies 2014 (Km ²)	Proportion (%)
Forêt Galerie	11,69	0,23
Forêt dense	128,76	2,52
Forêt Claire et savane boisée	966,11	18,87
Savanes arborée et arbustive	1502,94	29,36
Plantations	25,41	0,50
Mosaïques de champs et jachères	2418,96	47,26
Plan d'Eau	20,01	0,39
Agglomération	44,59	0,87
Total	5118,47	100

Source : Interprétation des images Landsat 8 OLI de 2014

Cet état de dégradation des formations végétales est représenté par la figure 11 qui suit. Cette figure montre ce que sont devenues les différentes formations végétales en 2014.

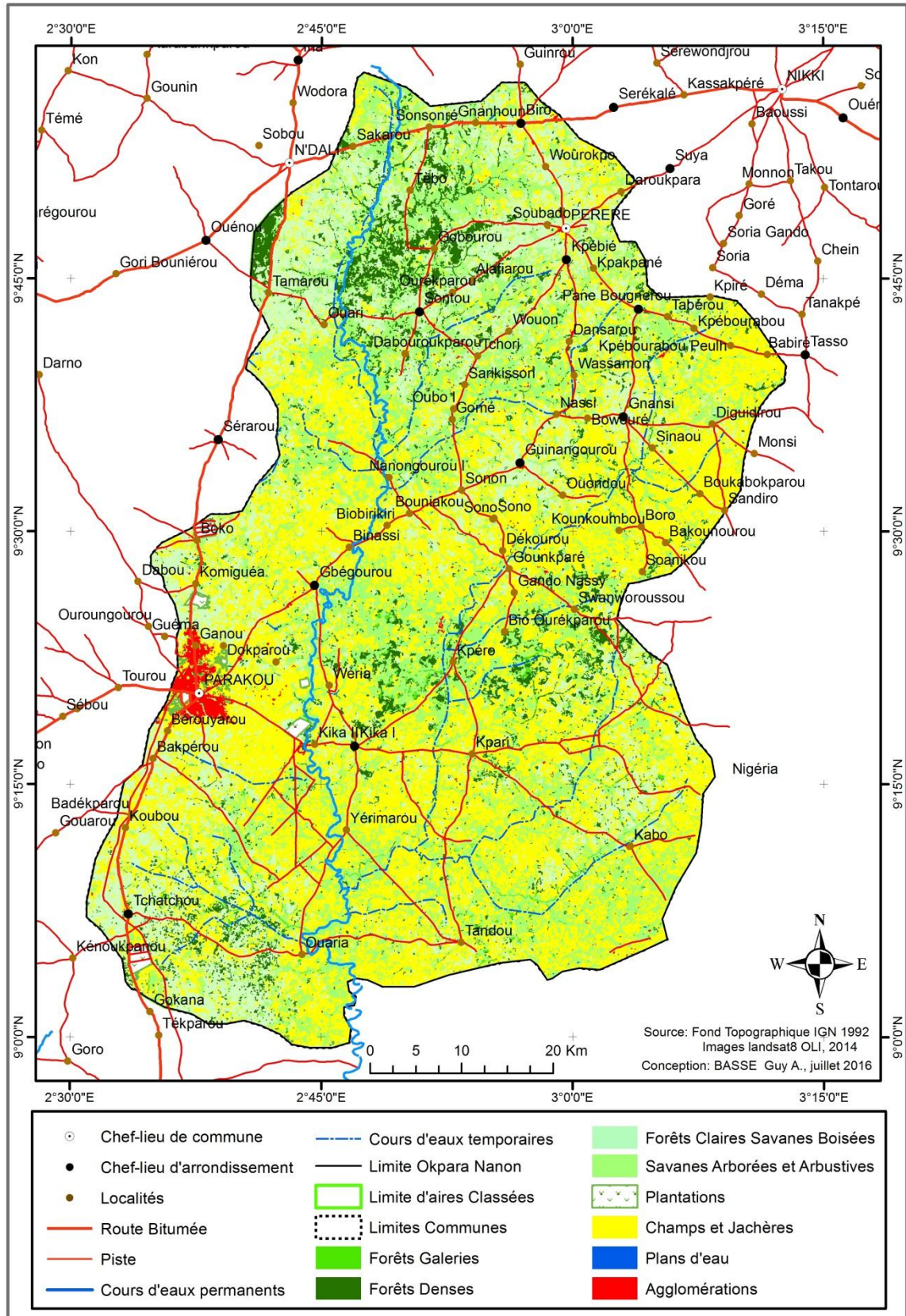


Figure 11: Unités d'occupation de sol du bassin supérieur de l'Okpara en 2014

4.1.3. Evolution des formations végétales et unités d'occupation de sol de 2000 à 2014

La dynamique des différentes unités d'occupation du sol de 2000 à 2014 est synthétisée par la matrice de transition (Tableau VIII). Dans les cellules des lignes et des colonnes se trouvent respectivement les formations végétales et les autres unités d'occupation du sol de 2000 et de 2014. Les conversions se font des lignes vers les colonnes. Les cellules de la diagonale correspondent aux superficies des unités qui sont demeurées stables de 2000 à 2014. Les unités qui sont en dehors de la diagonale représentent les changements de végétation et d'autres unités d'occupation du sol.

Tableau VIII: Matrice de transition des unités d'occupation des terres de 2000 à 2014

Unités de 2000	Unités de 2014								Sup Total 2000 (Km ²)
	FG	FD	FCSB	SAA	PL	MCJ	P_E	AG	
FG	11,69	0	4,02	37,02	0,37	22,72	0	0,37	76,19
FD	0	128,76	137,80	518,96	0,37	623,95	0	1,78	1411,62
FCSB	0	0	824,29	509,24	4,86	1030,44	0	7,11	2375,94
SAA	0	0	0	437,72	0,09	361,43	0	1,96	801,20
PL	0	0	0	0	16,26	2,15	0	0,09	18,50
MCJ	0	0	0	0	3,46	360,13	0	14,21	377,80
P_E	0	0	0	0	0	18,14	20,01	0,28	38,43
AG	0	0	0	0	0	0	0	18,79	18,79
Sup Total 2014 (Km ²)	11,69	128,76	966,11	1502,94	25,41	2418,96	20,01	44,59	5118,47

Source : Interprétation des images Landsat 7 ETM+ de 2000 et Landsat 8 OLI de 2014

Légende :

FG : Forêt Galerie ; FD : Forêt Dense ; FCSB : Forêt Claire et Savane Boisée ; SAA : Savanes Arborée et Arbustive ; PL : Plantations ; MCJ : Mosaique de Champs et Jachères ; P_E : Plan d'Eau ; AG : Agglomération.

11,69 : Superficie restée stable entre 2000 et 2014

L'examen du tableau permet de retenir que 8 classes d'occupation du sol ont été observées entre 2000 et 2014. Il faut noter que toutes les classes sont restées identiques entre ces deux années. L'analyse de l'évolution des formations végétales à partir de la matrice de transition

permet de mieux cerner les différentes transformations subies par la végétation de 2000 à 2014.

❖ *Evolution de la forêt galerie*

De 2000 à 2014, la superficie de la galerie forestière est passée de 76,19 à 11,69 Km² soit une régression de près de 85 %. L'analyse de la matrice de transition montre que la galerie forestière a été convertie essentiellement en savane arborée (49 %) et arbustive et en mosaïques de Champs et jachères (28 %). Ces différentes valeurs prouvent que la galerie forestière connaît une importante évolution régressive.

❖ *Evolution de la forêt dense*

De 2000 à 2014, la forêt dense est passée de 1411,62 à 128,76 Km² soit un taux de régression de près de 91 %. L'analyse de la matrice de transition montre que la forêt dense a été convertie principalement en mosaïques de champs et jachères (44 %) et savane arborée et arbustive (36 %). Ces différentes valeurs prouvent que la forêt dense connaît une forte évolution régressive.

❖ *Evolution de forêt claire et savane boisée*

De 2000 à 2014, la superficie de la forêt claire et savane boisée est passée de 2375,94 à 966,11 Km² soit une régression de 59 %. L'analyse de la matrice de transition montre que la majeure partie de cette superficie est convertie en mosaïques de Champs et jachères (1035,60 Km² soit 44 %). Ces différentes valeurs prouvent que la forêt claire et savane boisée connaît une énorme régression.

❖ *Evolution des savanes arborée et arbustive*

Contrairement aux formations végétales précédentes, les savanes arborée et arbustive ont connu une évolution progressive de 2000 à 2014. En effet, leur superficie est passée de 801,20 Km² en 2000 à 1502,94 Km² en 2014. Cela est certainement dû à la conversion des autres formations végétales en savanes arborée et arbustive. En effet, la matrice de transition révèle que le taux de conversion en savane arborée et arbustive est 71 %. Les savanes arborée et arbustive connaissent donc une relative progression de 2000 à 2014.

❖ *Evolution des mosaïques de champs et jachères*

Les mosaïques de champs et jachères ont connu également une énorme évolution progressive de 2000 à 2014. Leur superficie est passée de 377,80 en 2000 à 2418,96 Km² en 2014. Cela peut s'expliquer par l'emprise que les populations ont sur les formations végétales. La matrice de transition montre que le taux de conversion en mosaïques de champs et jachères est de 85 %. Les champs et jachères connaissent donc une relative progression.

❖ *Synthèse de la conversion des formations végétales*

De 2000 à 2014, les formations végétales naturelles constituées de la galerie forestière, de forêt dense, de forêt claire et savane boisée ont été converties en savanes arborée et arbustive. Entre ces années, seules les savanes arborée et arbustive ont connues une nette progression (Figure 12). Il faut aussi remarquer qu'une petite partie des savanes arborée et arbustive est convertie en faveur des plantations.

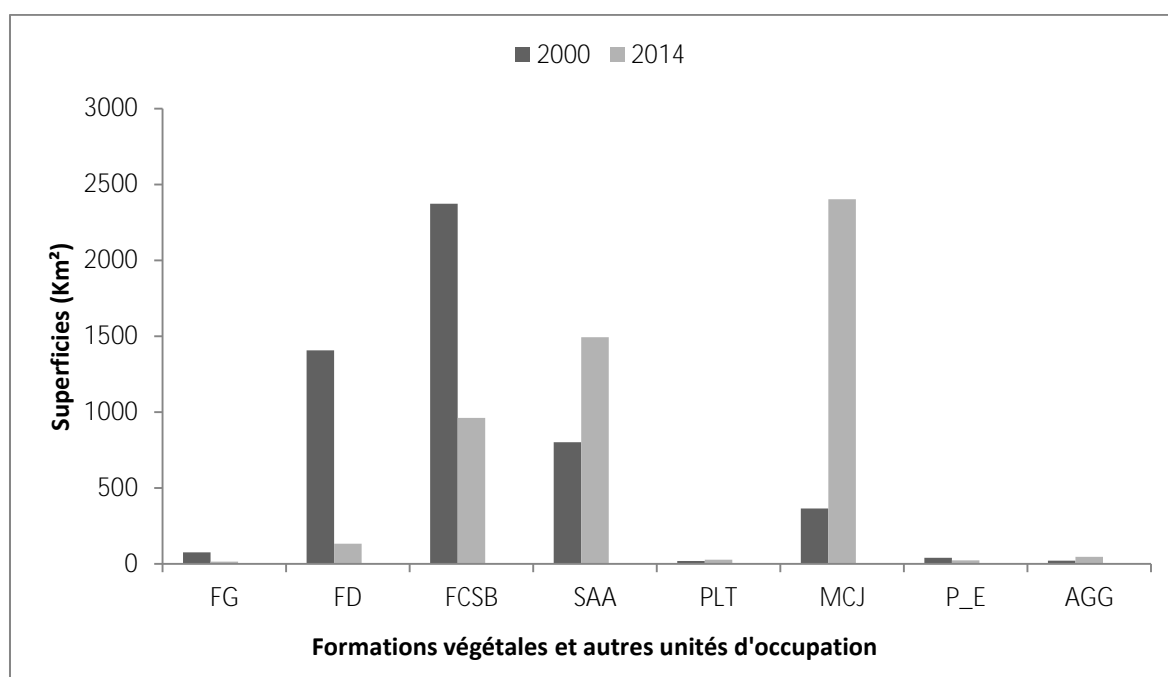


Figure 12: Evolution des formations végétales et autres unités d'occupation

Source : Interprétation des images Landsat 7 ETM+ de 2000 et Landsat 8 OLI de 2014

Légende :

GF : Galerie forestière ; FD : Forêt dense ; FCSB : Forêt claire et savane boisée ; SAA : Savanes arborée et arbustive ; MCJ : Mosaïque de Champs et jachères ; AGG : Agglomération ; PLT : Plantation

La figure 12 montre l'évolution des unités d'occupation du sol dans le bassin supérieur de l'Okpara. Une importante régression de la forêt dense, forêt claire et savane boisée est remarquée en 2014 et une grande progression des savanes arborée et arbustive la même année. Il est aussi constaté une évolution croissante des champs et jachères entre 2000 et 2014.

4.2. Impacts des pressions anthropiques sur l'environnement

4.2.1. Impacts sur les ressources naturelles

Les activités anthropiques participent à la destruction du couvert végétal. L'agriculture est l'activité principale des populations riveraines du bassin versant supérieur de l'Okpara. Pour répondre à leurs besoins, ces populations augmentent les champs et réduisent la durée des jachères au détriment de la végétation. Au niveau des périphéries des formations naturelles, la culture extensive est responsable de la destruction du couvert végétal (Photo 4). Cette destruction provoque une érosion rapide et l'épuisement précoce des sols.



Photo 4: Sol nu dans les périphéries de la retenue d'eau de Kpassa (Kika)

Coordonnées : X= 0470451 et Y= 1026324

Prise de vue : Bassè, Décembre 2015

La photo 4 montre une absence de végétation dans les environs de la retenue de Kpassa. Cette situation est le résultat des pressions humaines sur les espèces végétales. Ainsi, le sol resté nu perd ses matières minérales et organiques et qui sont ruisselées vers la retenue d'eau.

❖ Sols

Une partie significative des terres cultivables a été dégradée par les activités humaines telles que : le dessouchement, l'application de la culture attelée et l'utilisation des tracteurs qui favorisent le bouleversement des horizons supérieurs et le processus de l'érosion. La

mécanisation agricole permet l'emblavure de vastes superficies avec la conquête de nouvelles terres dans les formations naturelles. Ainsi certaines espèces végétales sont systématiquement abattues. Aussi la destruction des horizons diminue la stabilité du sol. Les éléments colloïdaux se trouvent donc entraînés en profondeur par lessivage ou latéralement en surface par des agents de transports (érosifs, fluviaux). Les buttes pratiquées surtout pour la culture de l'igname causent encore plus le détachement des particules du sol. A partir de cet instant, l'action de l'érosion devient facile et rapide. Au fil du temps, les agrégats superficiels sont détruits et les fines particules sont entraînées par les eaux de ruissellement.

4.2.2. Dégradation chimique

L'utilisation des intrants (engrais, insecticides, pesticides, herbicides) est l'un des facteurs responsables de l'appauvrissement de la flore et de la faune sauvage. L'emploi généralisé des pesticides peut aussi avoir des conséquences sur la fertilité du sol, avec des impacts sur la quantité et la qualité des produits agricoles.

Les différents types d'érosion identifiés sont entre autres l'érosion hydrique dans les champs et l'érosion hydrique des berges. L'eau qui tombe sur les terres du bassin versant décroche des particules de sols et les entraîne par ruissellement vers le cours d'eau (*l'érosion hydrique dans les champs*). Au niveau de *l'érosion hydrique des berges*, l'énergie transportée par l'eau déstabilise ou arrache des morceaux des berges surtout si celle-ci est fragilisée. Ceci est possible en absence des formations végétales.



Planche 4: Erosion des berges du cours d'eau de l'Okpara à Gbégourou

Coordonnées : X= 9°26'38'' et Y= 2°45'52''

Prise de vue : Bassè, Décembre 2015

Les cultures au ras des berges éliminent la végétation protectrice. Les animaux qui ont accès aux cours d'eau piétinent les berges. Outre de la terre, l'érosion hydrique des sols emporte avec elle de nombreux autres éléments qui peuvent détériorer la qualité de l'eau, parmi lesquels :

Les nutriments : l'azote très soluble dans l'eau se retrouve facilement dans les nappes souterraines par lessivage. Le phosphore, surtout associé aux particules de sol, se retrouve dans les cours d'eau par ruissellement ;

Les micro-organismes, dont certains sont pathogènes, sont emportés avec les particules de sol ;

Les matières en suspensions : ce sont de fines particules, organiques ou non, qui sont assez légères pour être transportées dans l'eau. Elles peuvent, entre autres, colmater les frayères et asphyxier les œufs de poissons.

Les impacts des activités socioéconomiques sur les composantes de l'environnement sont analysés grâce au modèle de matrice de Léopold (Tableau VII).

Tableau IX: Analyse des impacts des activités socio-économiques sur les composantes environnementales

Activités	Composantes environnementales des impacts							
	Eau	Air	Sol	Flore	Faune	Social/Santé	Economie	Paysage
1- Agriculture								
1-1- Culture sur brûlis	Pollution	Pollution	Dégradation des sols	Destruction du couvert végétal à cause des pratiques culturales archaïques	Baisse de productivité des animaux due à la destruction de leurs écosystèmes qui servent d'habitat	Perte des essences médicinales		Diminution sensible du couvert végétal dû aux pressions anthropiques
1-2- Utilisation des intrants agricoles	Pollution	Pollution	Compactage, érosion lessivage		Intoxication et disparition de certaines espèces animales	Maladie respiratoire irritation cutanée intoxication alimentaire	Meilleur rendement de la production agricole, augmentation des sources de revenu des populations	Vulnérabilité du couvert végétal
2- Elevage								
2-1- Pâturage	Pollution des eaux		Colmatage et érosion du sol	Destruction de la flore		Conflit entre éleveurs et agriculteurs	Existence de source importante de revenus	Destruction du sol et de la végétation
3- Chasse								
3-1- Braconnage			Pulvérisation et le compactage des sols superficiels suite aux	Destruction de la flore	Fuite et disparition de certaines espèces animales		Source de revenu des populations riveraines	Dégradation du sol et destruction du couvert végétal

			piétinement des animaux lors de leurs fuite				suite aux pressions anthropiques et animales
4- Pêche							
4-1-	Technique de pêche	Pollution et comblement du cour d'eau	Dégradation des berges		Diminution des espèces halieutiques		Augmentation des sources de revenu des populations et satisfaction des besoins alimentaires
5 Maraîchage							
	Utilisation d'intrants	Pollution	Pollution	Compactage, érosion, lessivage		Intoxication alimentaire	Meilleur rendement et augmentation des sources de revenu

Source : Résultats d'enquête, 2015

Ce tableau a permis de relever les différents impacts des activités socio-économiques sur les composantes environnementales. Il ressort que toutes les activités menées ne sont sans conséquences sur l'environnement.

Le modèle PEIR (Pression-Etat-Impact-Réponse) a permis aussi d'analyser les composantes environnementales dans tous leurs aspects et dimensions (figure 13).

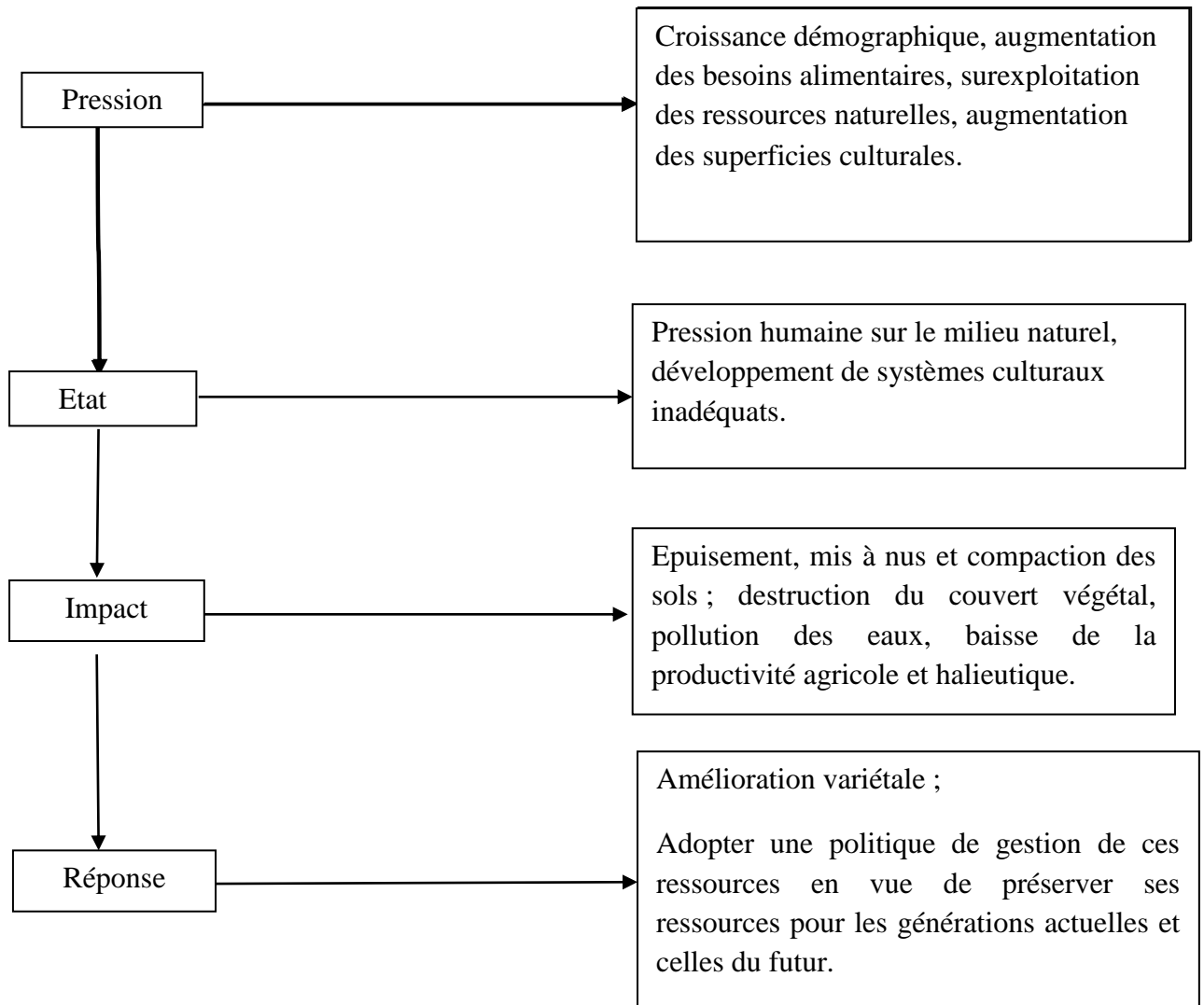


Figure 13: Analyse des impacts environnementaux liés aux activités anthropiques dans le bassin supérieur de l'Okpara

Source : Travaux de terrain, Décembre 2015

4.3. Modélisation prédictive de l'évolution des formations végétales

La prédiction a été faite sur une période de 16 ans soit à l'horizon 2030 en considérant que les pratiques actuelles de l'exploitation des ressources naturelles seront toujours maintenues. Les probabilités de transition établies, déduites des cartes d'occupation du sol de 2000 et de 2014

constituent les bases de cette prédiction (les inputs du modèle). La carte d'occupation du sol de 2030 présente l'évolution probable des différentes unités d'occupation en tenant compte des facteurs de changement.

4.3.1. Tendances évolutives des formations végétales à l'horizon 2030

Les probabilités de transition déduites à partir des cartes d'occupation du sol de 2000 et de 2014 ont permis d'obtenir l'état probable de l'occupation du sol à l'horizon 2030 (figure 14).

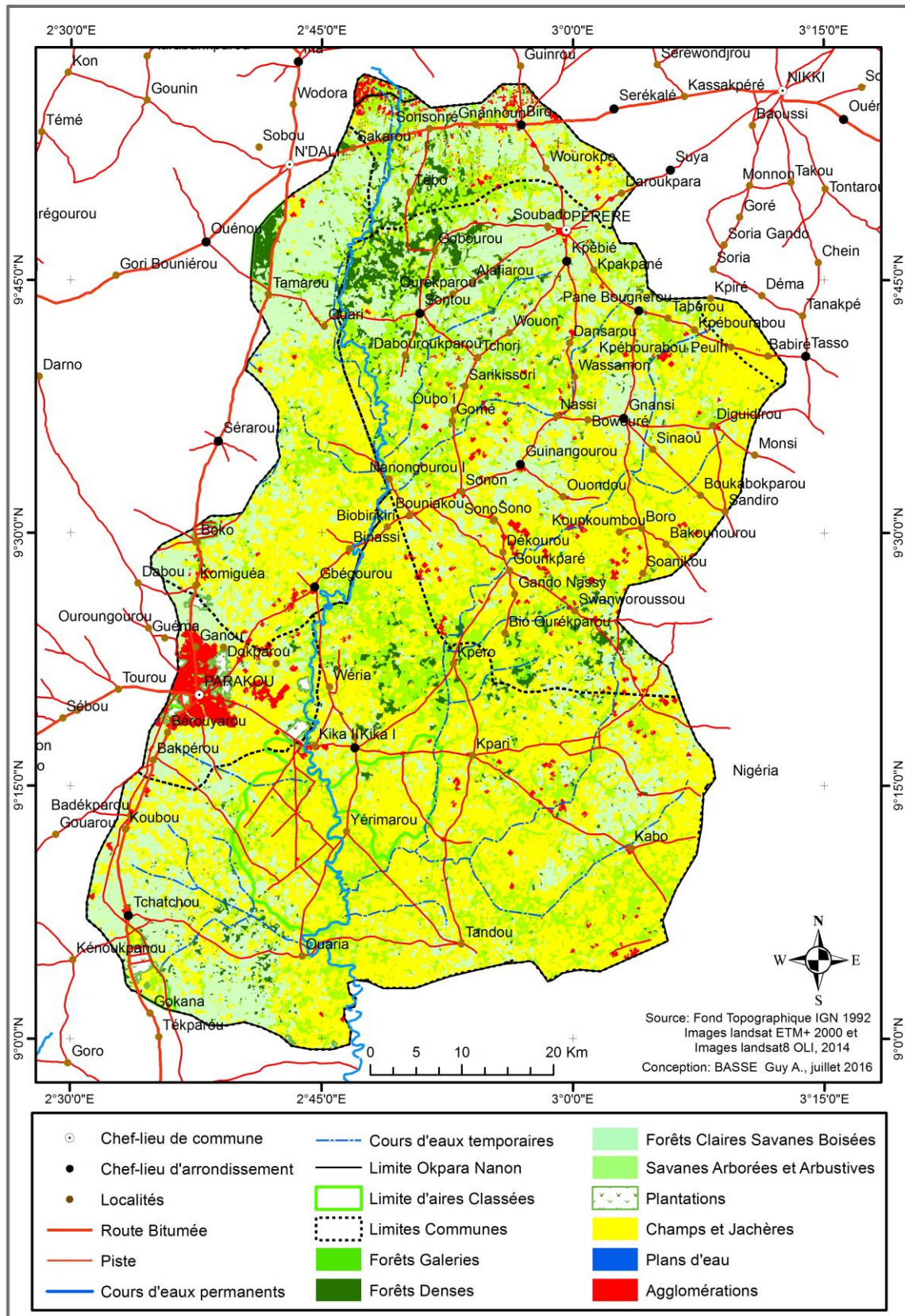


Figure 14: Projection des unités de l'occupation du sol du bassin supérieur de l'Okpara en 2030

De l'examen de la figure 14, on note de façon générale que la physionomie du bassin supérieur de l'Okpara, sera probablement dominée par les savanes arborées et arbustives. Plus spécifiquement, les savanes arborées et arbustives seront les unités les plus importantes de ce bassin. Par ailleurs, les mosaïques de champs et de jachères connaîtront une extension de leurs superficies au détriment des formations végétales. Le tableau présente les superficies probables des différentes formations végétales du bassin supérieur de l'Okpara en 2030.

Tableau X: Bilan des superficies du bassin supérieur de l'Okpara à l'horizon 2030

Unités d'occupation du sol	Superficies 2030 (Km ²)	Proportion (%)
Forêt Galerie	7,75	0,15
Forêt dense	178,72	3,49
Forêt Claire et savane boisée	917,96	17,93
Savanes arborée et arbustive	1473,74	28,79
Plantations	29,64	0,58
Mosaïques de champs et jachères	2364,41	46,19
Plan d'Eau	0,28	0,01
Agglomération	146,33	2,86
Total	5118,47	100

Source : Modélisation des UOS à partir des images Landsat 7 ETM+ de 2000 et Landsat 8 OLI de 2014

4.3.2. Tendances évolutives des formations anthropiques à l'horizon 2030

Les formations anthropiques à l'horizon 2030 seraient par ordre d'importance : les mosaïques de champs et de jachères, les plantations et les agglomérations.

Les mosaïques de champs et de jachères sont de loin les unités qui domineront probablement la physionomie du bassin supérieur de l'Okpara (46,19 %). A l'horizon 2030, le bassin supérieur de l'Okpara peut apparaître comme une zone essentiellement agricole.

Les plantations représenteraient 0,58 % de la superficie des différentes formations du bassin supérieur de l'Okpara à l'horizon 2030. Ce sont pour la plupart les plantations de teck (*Tectona grandis*), d'acajou (*Anacardium occidentale*) et mangue (*Maguifera sp*).

Les agglomérations à l'horizon 2030 couvriront probablement 2,86 % de la superficie totale du bassin supérieur de l'Okpara.

CHAPITRE V : DISCUSSION ET MESURES DE SAUVEGARDE DE L'ENVIRONNEMENT

Il est question ici d'une discussion faite sur les différents résultats issus des travaux de recherche et enfin proposer des mesures de sauvegarde de l'environnement.

5.1. Discussion

Une discussion est menée sur deux points à savoir : la dégradation environnementale du bassin supérieur de l'Okpara et la dynamique des ressources naturelles.

5.1.1. Dégradation environnementale du bassin supérieur de l'Okpara

L'analyse des résultats sur le bassin supérieur de l'Okpara montre que les causes de la dégradation environnementale sont liées aux facteurs climatiques aggravées par les facteurs anthropiques. Les résultats de l'étude réalisée par Ogouwalé (2009) dans le même bassin, montre que la dynamique climatique et ses impacts se caractérisent par une diminution des hauteurs de pluie et une augmentation des températures minimales et maximales.

Les activités socioéconomiques qui contribuent énormément à la dégradation des composantes de l'environnement sont entre autres : l'agriculture, l'élevage, l'exploitation forestière, la carbonisation et la pêche. Agbahouga et *al.*, (2001) ont rapporté que les intimidations qui pèsent sur les ressources naturelles du Bénin se résument essentiellement à la destruction de l'habitat des espèces à la faveur des activités agricoles et l'exploitation des produits forestiers non ligneux. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par Akognongbé et *al.*, (2014) qui montrent que les pratiques agricoles, l'élevage transhumant, les feux de végétation, l'exploitation frauduleuse de bois sont les pratiques facteurs de dégradation de l'environnement.

Dans ce secteur d'étude, il est remarqué une certaine pratique agricole plus élevée le long du cours d'eau à cause de l'humidité. Cette pratique se fait dans certains cas par l'utilisation des produits phytosanitaires, ce qui entraîne une dégradation du cours d'eau et de ses ressources. Cette analyse va dans le même sens que les résultats de l'ANCR-GEM (2008), stipulant que les activités agricoles sont pour une grande partie responsables de la pollution par les nutriments, les polluants organiques persistants, les pesticides réglementés par la convention de Rotterdam et les sédiments.

Les manifestations les plus visibles de la dégradation environnementale sont le recul du couvert végétal, l'extension de l'érosion sous toutes ses formes et, à plusieurs endroits, la baisse généralisée de la qualité des eaux des cours et plans d'eau (Houngbo, 2008). Cette forte

exploitation forestière est en partie liée à l'absence au Bénin de mesures concrètes pour la conservation de la biodiversité. Selon Toko (2008), l'impact des activités anthropiques sur les formations naturelles est perceptible à travers la structure de la végétation caractérisée par de faibles valeurs de densité et de surface terrière des ligneux.

L'hypothèse n° 2, qui prédit que les activités socio-économiques menées ont un impact sur l'environnement du bassin versant supérieur de l'Okpara, est donc vérifiée.

5.1.2. Dynamique des ressources naturelles

La dynamique des formations végétales et autres unités d'occupation du sol du bassin supérieur de l'Okpara a été étudiée sur la période 2000-2014. Elle est caractérisée par la régression des formations végétales naturelles au profit des champs et des jachères. Selon (Arouna, 2012), la conversion et la modification des formations végétales sont les deux phénomènes qui sont à la base de l'évolution de la végétation soit vers un état climacique ou alors vers un état de dégradation. Le bassin supérieur de l'Okpara ne fait pas exception à cette affirmation. L'état actuel de la végétation est caractérisé par la dégradation totale des formations végétales hormis les savanes arborée et arbustive qui connaissent un accroissement. Les formations végétales climaciques étant un état de référence dans l'analyse de l'évolution dans le temps d'une végétation, leur disparition signifie alors quelles ont été converties en d'autres unités d'occupation du sol (Arouna, 2012).

En effet, les résultats de la présente étude montrent que les forêts galeries et les forêts claires et savanes boisées ont connu une régression de leur superficie qui est passée respectivement de 1,49 % et 46,42 % en 2000 à 0,23 % et 18,87 % en 2014. Alors que les savanes arborées et arbustives ont connu une évolution progressive de leur superficie qui est passée de 15,65 % en 2000 à 29,36 % en 2014. Cette tendance régressive des forêts galeries et des forêts claires et savanes boisées au profit des savanes arborées et arbustives et des champs et jachères est due aux pressions anthropiques. La pratique de la culture de contre-saison le long du cours d'eau, conduit au défrichement des forêts galeries ; c'est ainsi qu'une grande partie des forêts galeries a été convertie en champs. Les essences de valeur comme *Khaya senegalensis*, *Diospyros mespiliformis* sont aussi exploitées dans certaines galeries pour des besoins en bois d'œuvre et en bois de service. La destruction des forêts galeries aboutit à un déséquilibre écologique commençant par le comblement des cours d'eau et la disparition de toute la diversité aquatique. De même, les forêts denses ont été majoritairement converties en mosaïques de champs et de jachères et accessoirement en savanes. Ces forêts denses sont en voie de totale disparition. Ce qui confirme les résultats d'étude de Arouna (2012) stipulant

que la conversion des formations végétales fermées (forêts denses sèches) en zone agricole est un phénomène extrême de destruction irréversible de la végétation. Par ailleurs, l'extension des champs et jachères concorde avec le fort taux d'accroissement des populations dans le bassin.

Plusieurs recherches sont parvenues à la même conclusion notamment celles effectuées par Hountondji (2008) montrant que dans les zones soudaniennes et soudano-guinéennes, le taux de diminution moyen annuel de la forêt dense sèche et des galeries forestières est estimé à 2,8 %. De même, les études faites par Toko (2014) ont montré que dans les communes de Banikoara et Karimama les forêts galeries et les forêts claires et savanes boisées des parcours naturels ont connu une régression de leur superficie qui est passée respectivement de 1,88 % et 12,8 % en 2000 à 1,83 % et 6,04 % en 2013. Par ailleurs, il a démontré que la pratique des feux de végétation tardifs est l'œuvre des braconniers, des agriculteurs et aussi des éleveurs qui pensent procéder à une régénération rapide de la végétation. Les passages répétés des troupeaux transhumants nationaux et transfrontaliers engendrent une dégradation des sols et du couvert végétal. A travers ces analyses, l'hypothèse n°3 selon laquelle les formations végétales connaissent une évolution régressive est alors justifiée.

La modélisation prédictive de l'occupation de sol du bassin supérieur de l'Okpara à l'horizon 2030 a révélé que la physionomie de ce bassin, sera probablement dominée par les savanes arborées. Les forêts galeries et surtout les forêts claires et savanes boisées connaîtront une réduction sensible de leur superficie. Ce bassin connaîtra aussi une quasi-disparition de ses forêts denses.

5.2. Mesures de sauvegarde de l'environnement

Au regard des observations et analyses faites, des actions d'information et communication, formation, et mesures d'accompagnement sur la gestion des ressources en eau et de son environnement sont proposées.

5.2.1. Information et communication

Pour une bonne mise en œuvre du projet de sauvegarde de l'environnement, la phase d'information et de communication est importante. Dans le cas d'espèce, il est proposé aux autorités locales ou autres structures compétentes de :

- élaborer et vulgariser des paquets de thèmes d'information et de communication sur la gestion durable des ressources en eau et écosystèmes associés du cours d'eau (la déforestation, la pollution, l'érosion hydrique, la pêche durable...);
- sensibiliser les différents acteurs riverains sur le respect des règles d'utilisation des sols visant à minimiser le ruissèlement, l'érosion et les pertes d'engrais au niveau du bassin versant qui interdisent l'implantation des champs et des cultures maraîchères dans le lit du cours d'eau et à moins de 25m des berges ;
- sensibiliser les populations riveraines sur les techniques de pêches ;
- promouvoir l'agriculture biologique aux abords du cours d'eau (interdiction formelle de toutes sortes de produits phytosanitaires) ;
- poursuivre les reboisements dans les terroirs riverains au cours d'eau, sur son bassin versant et ses affluents.

5.2.2. Formation des acteurs

Il est nécessaire, dans une vision à long terme de :

- Former tous les producteurs du bassin versant sur les techniques et technologie de lutte anti érosive, de restauration et de fertilisation des terres ;
- former les agriculteurs sur le compostage dont les avantages sont innombrables : meilleure stabilisation de la matière organique, effets positifs sur la structure du sol, le régime hydrique, etc. ;
- former les pêcheurs à l'utilisation des engins adéquats de pêche ;

5.2.3. Mesures préconisées et actions d'accompagnement

- Réaliser des puits et pompes pour éviter que la population fasse la lessive au niveau du cours d'eau ;
- Réaliser des retenues d'eau pour l'abreuvement des animaux ;
- Interdire aux producteurs le lavage des appareils de traitement des cultures le long du cours d'eau ;
- Accompagner les pêcheurs dans l'installation des étangs piscicoles comme celui installé à Songhai ;
- Poursuivre les reboisements dans les terroirs riverains au cours d'eau, sur son bassin versant et ses affluents ;
- Monter des polices communautaires de surveillance du cours d'eau ;

- Impliquer profondément les élus locaux dans le suivi des gestions de l'environnement du cours d'eau et son écosystème afin d'une utilisation rationnelle et durable.

Des projets d'aménagement de l'espace rural relatif à la conservation des eaux et des sols, à la maîtrise de l'eau à des fins agricoles et pastorales et au reboisement peuvent être exécutés.

Les lois sur la décentralisation notamment la loi n° 97-029 du 15 janvier 1999 portant organisation des communes en République du Bénin placent les collectivités locales dans une position privilégiée en matière de protection et de sauvegarde de l'environnement.

Les services compétents du Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (MAEP), en l'occurrence le CARDER, devraient offrir les conseils techniques appropriés aux agriculteurs, aux éleveurs et exploitants forestiers afin qu'ils puissent améliorer leurs pratiques en vue d'accroître la productivité des écosystèmes.

Conclusion

La présente étude effectuée sur la dégradation environnementale du bassin versant supérieur de l'Okpara à l'exutoire de Nanon a permis de relever les déterminants de la dégradation du bassin et ensuite d'analyser la dynamique des unités d'occupation du sol et enfin les impacts des pressions anthropiques sur les composantes de l'environnement dudit bassin.

L'étude des déterminants de l'environnement a permis de mettre en exergue les différents éléments physiques, biophysiques et humains qui caractérisent la dynamique environnementale du bassin supérieur de l'Okpara. La perception locale des déterminants de dégradation de la végétation a été aussi analysée. L'agriculture, l'exploitation forestière, la carbonisation, l'élevage et la chasse ont été perçues par les populations riveraines comme les déterminants directs de dégradation de la végétation. Parmi ceux-ci, l'agriculture, la carbonisation et l'exploitation forestière ont été identifiées comme les principaux déterminants de dégradation du couvert végétal.

L'analyse diachronique de l'occupation du sol a montré que les formations végétales naturelles constituées de la galerie forestière, de forêt dense, de forêt claire et savane boisée ont connus une régression entre 2000 et 2014. Ces formations végétales ont été converties au profit des savanes arborée et arbustive et des mosaïques de champs et jachères. Lorsqu'on fait le bilan des superficies des formations végétales entre ces deux années, on constate que seules les savanes arborées et arbustives ont connues une large progression. Cette dynamique ne reste pas sans inconvénients sur le cours d'eau de l'Okpara. Les effets directs enregistrés sont entre autres le comblement du cours d'eau et l'érosion des berges voire la pollution. Enfin les prélèvements anarchiques des essences forestières par les populations riveraines ont contribué à la déforestation des berges et bassins versants de l'Okpara.

Le devenir du bassin supérieur de l'Okpara a été projeté à partir de la modélisation prédictive basée sur des probabilités de transition en considérant que les pratiques actuelles de l'exploitation des ressources naturelles seront maintenues. Sur la base des probabilités de transition, la modélisation prédictive réalisée à l'horizon 2030 présage que les savanes arborées et arbustives occuperont 28,79 % de la superficie totale du bassin supérieur de l'Okpara. Par contre les forêts galeries et les forêts claires et savanes boisées couvriront respectivement 0,15 % et 17,93 % des superficies de ces parcours en 2030.

Les politiques ne pourront résoudre, à elles seules, maints problèmes de dégradation, mais une combinaison de politiques, d'activités éducatives, de connaissances scientifiques, de planification et de mise en vigueur de lois applicables peuvent fournir les mécanismes nécessaires pour ralentir la dégradation et assurer la protection de l'homme et de l'environnement. Seule une approche aussi intégrée peut garantir la gestion efficace des ressources en terres et en eau.

Perspective pour la thèse

Thème : « Dégradation des formations végétales et sédimentation dans le bassin supérieur de l'Okpara à l'exutoire de Nanon dans le contexte du changement climatique »

Problématique

Justification du sujet

La recherche d'un meilleur cadre de vie des populations du pays passe par des activités exercées par les hommes pour la transformation de ce capital ou potentiel que constituent ces ressources naturelles en biens de consommation servant de déterminant de base à long terme pour un développement et une croissance. Les écosystèmes humides du BENIN sont actuellement menacés par une pression humaine de plus en plus forte de la part des populations riveraines qui continuent d'en prélever des ressources de manière incontrôlée et sans aucune référence à leur capacité d'auto-régénérescence (ANCR-GEM, 2008).

Les écosystèmes outre qu'ils fournissent tout l'oxygène que nous respirons (la ressource naturelle la plus vitale) sont sources de très nombreux bienfaits pour l'homme, gratuit tant que les écosystèmes sont préservés. Les écosystèmes des zones humides font partie de notre patrimoine naturel. L'homme a toujours été attiré par ces milieux pour les biens (sol agricole riche, bois d'énergie, eau potable, etc.) et les services (stockage de l'eau, transport, épuration de l'eau, etc.) qu'ils procurent (Clédjo, 2006).

Les formations végétales subissent actuellement une forte pression par endroits du fait des activités humaines (prélèvement du bois d'œuvre par des exploitants forestiers, occupation des berges pour les activités agricoles, etc.). Ce qui constitue un risque de dégradation et de comblement de la rivière Okpara (Ogouwalé, 2013).

Les effets directs ou indirects des mauvaises pratiques agricoles adoptées par les paysans sont la dégradation de la végétation, l'extension des espaces désertifiés, la destruction des écosystèmes, la pollution du milieu par les produits dérivés des pesticides et engrais chimiques (Adam, 2005 cité par Abdoulaye, 2011). Les menaces qui pèsent sur l'écosystème aquatique sont entre autres la pollution des eaux par les pesticides utilisés en agriculture et le comblement du cours d'eau de l'Okpara suite au déboisement des berges et des bassins versant.

La pollution altère les conditions physico-chimiques du milieu naturel et la structure de la population des espèces vivantes. Cette pollution peut également affecter directement l'homme au travers des ressources agricoles, l'eau et autres produits biologiques ainsi que les possibilités récréatives du milieu (Boko, 2004).

Cependant, le phénomène d'érosion s'est largement aggravé au cours des dernières décennies. Déboisement, redressement des cours d'eau, augmentation de l'efficacité du réseau de drainage, toutes ces pratiques diminuent de beaucoup le temps de séjour de l'eau dans le bassin versant. Elle arrive ainsi en plus grande quantité d'un même coup, ce qui lui donne plus d'énergie et donc un plus grand pouvoir érosif.

Les changements pluviométriques observés ont largement influencé les écoulements. Ainsi, la sécheresse pluviométrique des dernières décennies serait responsable de la sécheresse hydrologique enregistrée dans le bassin versant (Ogouwalé, 2013).

Les végétaux protègent le sol et constituent une barrière contre l'érosion du sol et la dégradation de ceux-ci. Mais aujourd'hui, on constate une dégradation très poussée de la végétation sur l'ensemble du secteur qui est soumis aux actions anthropiques de sorte qu'il n'existe pratiquement plus de surfaces conservées à l'état naturel (Toko, 2008). La perte du couvert végétal et des ressources naturelles expliquent actuellement l'intérêt que la communauté internationale accorde à la protection et à la conservation des écosystèmes (Bio Yèrè, 2014).

Les ressources naturelles diminuent constamment. Le Centre National de Télédétection a signalé que, de 1978 à 1998, les principales formations ont régressé de 3 millions d'hectares, soit 160000 ha par an (MEPN, 2008). Les tendances évolutives des écosystèmes montrent une diminution des superficies des formations denses au profit de celles des savanes, des jachères et des espaces cultivés. Ainsi, le couvert végétal est passé de 5 761 000 ha en 1990 à 4 561 000 ha en 2010, soit une perte de 20,8 % (Toko et *al.*, 2010). Près de 100 000 hectares de végétation naturelle sont détruits chaque année pour les besoins de l'agriculture (Mama et Houndagba, 1991).

Aujourd'hui la protection de l'environnement doit être une donnée fondamentale dans toute politique économique (Bassè, 2014). Pour faire face aux risques de dégradation auxquels les ressources naturelles sont exposées, il faudrait nécessairement prévoir un aménagement spatial de ces ressources, cela permettra une meilleure gestion des terres.

A cet effet, il est important que les ressources de ce Bassin soient préservées pour un développement durable. C'est ce qui justifie le choix du présent sujet intitulée : « Dégradation des formations végétales et sédimentation dans le bassin supérieur de l'Okpara à l'exutoire de Nanon dans le contexte du changement climatique ». Les questions de recherche méritent alors toute leur place dans cette étude.

- ✓ Quelle est la tendance évolutive des formations végétales dans le bassin supérieur de l'Okpara ?
- ✓ Quels sont est l'état actuel et future de l'évolution de la végétation dans le bassin supérieur de l'Okpara ?
- ✓ Quels sont les impacts liés au changement climatique et aux activités anthropiques des populations riveraines dans ce bassin ?
- ✓ Quelle est la quantité de sédiments perdue dans ce bassin ?

1.1 Hypothèses

Cette étude se fonde sur les hypothèses suivantes :

- ✓ les formations végétales du bassin versant supérieur de l'Okpara évoluent de façon régressive ;
- ✓ l'évolution régressive de la végétation a modifié la structure de la végétation induisant la baisse de la diversité floristique ;
- ✓ le changement du climat a un impact sur la dynamique des formations végétales de ce bassin ;
- ✓ le devenir du bassin supérieur de l'Okpara sera marqué de plus en plus par la régression des formations végétales.

1.2 Objectifs de recherche

1.2.1. Objectif global

L'objectif global de cette étude est d'analyser les facteurs de dégradation environnementale et la quantité de perte en terre du bassin versant supérieur de l'Okpara.

1.2.2. Objectifs spécifiques

De façon spécifique, il s'agit de :

- ✓ caractériser les formations végétales du bassin supérieur de l'Okpara ;
- ✓ cartographier les différentes formations végétales du bassin supérieur de l'Okpara;
- ✓ analyser l'impact du changement climatique sur les formations végétales du bassin supérieur de l'Okpara ;
- ✓ modéliser la dynamique des formations végétales de ce bassin à l'horizon 2050.

BIBLIOGRAPHIE

ABDOULAYE D., 2011. Impact de la dynamique des états de surface sur l'écoulement dans le sous bassin de l'Ouémé à BETEROU. Mémoire de DEA, EDP/ FLASH/ UAC, Bénin, 83p.

AKOGNONGBE A., ABDOULAYE D., VISSIN E. W. et BOKO M., 2014. Dynamique de l'occupation de sol dans le bassin versant de l'Ouémé à l'exécutoire de Bétérou (Bénin). *Afrique science*, 10(2) : 228-242.

ANCR-GEM, 2008. Auto-évaluation Nationale des Capacité à Renforcer pour gérer l'Environnement Mondial. Rapport 2008,161p.

AROUNA O., 2012. Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la Commune de Djidja au Bénin : Implication pour l'aménagement du territoire. Thèse de doctorat, EDP/ FLASH/ UAC, 246p.

AROUNA O., DJOGBENOU C. P., TOKO I. & SINSIN B., 2009. Dynamique et caractéristiques phytoécologiques des formations végétales résiduelles dans la Commune de Djidja au Bénin. *Actes du colloque du deuxième colloque des sciences, cultures et technologies de l'Université d'Abomey-Calavi sur la « contribution des laboratoires de recherche à la formation des compétences et au développement technologique, socioéconomique et culturel des nations»*. Abomey-Calavi, 26-30 mai 2009. Conseil scientifique de l'Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, Bénin.

BADAHOUI A., FIOGBE E. D., BOKO M., 2010. Les causes de la dégradation du lac Ahémé et ses chenaux. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(4): 882-897.

BAMBA I., 2010. Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en République Démocratique du Congo, thèse de doctorat en science Université Libre de Bruxelles, 183 p.

BASSE G. A., 2014. Dynamique environnementale et préservation de l'écosystème du cours d'eau de l'Okpara dans la commune de N'Dali. Mémoire de maîtrise, DGAT/ FLASH/UAC, 74p.

BIO YERE T. I., 2014. Cartographie des changements spatio-temporels de l'occupation du sol dans l'arrondissement de Founougo (commune de Banikoara). Mémoire de maîtrise, DGAT/FLASH/UAC, 73p.

BOKO M., 2004. Religions, croyances et perceptions de l'environnement. Séminaire de Tronc Commun, EDP, Université d'Abomey-Calavi, 16 p.

BRIASSOULIS H., 2000. Analysis of land Use Change: Theoretical and Modelling Approaches. Regional Research Institute, West Virginia University, Web Book: <http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>

CLEDJO P., 2006. La gestion locale de l'environnement dans les cités du lac Nokoué. Thèse Unique-Gestion de l'environnement, EDP/ FLASH/ UAC, Bénin, 315p.

CORNET A., 2002. La désertification à la croisée de l'environnement et du développement : un problème qui nous concerne. pp. 91-130 ; in R. Barbault, Cornet A., Jouzel J., Megie G., Sachs I., & J. Weber Edit. *Johannesburg Sommet Mondial du Développement Durable 2002, Quels enjeux ? La contribution des scientifiques au Débat.* Paris, ADPF, 201p.

DJENONTIN A. J. P., HOUINATO M., TOUTAIN B., SINSIN B., 2009. Pratique et stratégies des éleveurs face à la réduction de l'offre fourragère au nord du Bénin, *Revue sécheresse* vol. 2 n°4, 2009; 20 (4) : 346-353pp.

DUPILET D., 2003. Guide technique de la lutte contre l'érosion des sols en Caps et Marais d'Opale, *Maison du parc*, 44p.

EASTMAN R., 2009. Idrisi Taiga, Guide to GIS and Image Processing, manual version 16.02, Clark University.

GODARD O., 1996. L'environnement, du concept au champ de recherche et à la modélisation. Une hiérarchie enchevêtrée dans la formation du sens ; *Revue internationale de systémique*, Paris, 7p.

HOUINATO M. R. B., 2001. Phytosociologie, écologie, production et capacité de charge des formations végétales pâturées dans la région des Monts kouffe (Benin).Thèse de doctorat, Faculté des sciences, laboratoires de Systématique et phytosociologie. ULB, Belgique, 241p.

HOUNTONDI Y. C. H., 2008. Dynamique environnementale en zones sahéenne et soudanienne de l'Afrique de l'Ouest : Analyse des modifications et évaluation de la dégradation du couvert végétal. Thèse de doctorat, Faculté des sciences, Université de Liège, Belgique, 133p.

KADIRI A., 2012. Etude phytoécologique de la forêt classée de Ouénou Bénou (commune de Bembèrèkè). Mémoire de maîtrise, DGAT/ FLASH/ UAC, Bénin, 90p.

KANEVSKI M. & MAIGNAN M., 2004. Analysis and modelling of spatial environmental data, EPEL Press.

LEFEVRE T., 2013. Des activités humaines et leurs conséquences, 2013/01/13 à 10 :26

LIFAD, 2006 : Etat des lieux de la gestion des ressources en eau du Bénin, Volume 1, 121p.

MAMA J. et HOUNDAGBA C. J., 1991. Document préparatoire pour la conférence des Nations-Unies pour l'environnement et le développement. Rapport du Bénin, CENATEL, Cotonou, 116 p.

MAS J. F., PUIG H., PALACIO J. L. & SOSA A. A., 2004. Modelling deforestation using GIS and artificial neural networks, Environmental Modelling and Software, 19, (5), pp. 461-471.

MEHU/PNUD, 2002. Stratégie nationale et plan d'action pour la conservation de la diversité biologique du Bénin, 71p et Annexes.

MEPN, 2008. Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature, Rapport final 81p.

MULINDABIGWI V., 2005. Influence des systèmes agraires sur l'utilisation des terroirs, la séquestration du carbone et la sécurité alimentaire dans le bassin versant de l'Ouémé supérieur au Bénin. Thesis, Institut für Gartenbauwissenschaft, Rhenischen Friedrich-Willem-Universität, Bonn, 253 p.

OGOUALE R., 2013. Changements climatiques, dynamique des états de surface et perspectives sur les ressources en eau dans le bassin versant de l'Okpara à l'exutoire de kaboua. Thèse de doctorat unique, Abomey- Calavi, EDP/FLASH/UAC, 204p.

OLOUKOI J., MAMA V.J. et AGBO F. B., 2006. Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le Département des Collines au Bénin. *Téledétection* 6 (4): 305-323.

OREKAN V. O. A., 2007. Implementation of the local land-use and land-cover change mode for central Benin by using socio-economic and remote sensing data. Dissertation, University of Bonn, 230p.

ORTHMANN B., 2005. Vegetation ecology of a woodland-savanna mosaic in central Benin (West Africa): Ecosystem analysis with a focus on the impact of selective logging. Dissertation, University of Rostock, 148 p.

PAEGELOW M. & OLMEDO M. T. C., 2005. Possibilities and limits of prospective GIS land cover modeling a compared case study: Garrotxes (France) and Alta Alpujarra Granadina (Spain). *International Journal of Geographical Information Science* 19, pp. 697–722.

PALE O. F., 2000. Le rôle de l'action anthropique dans la dégradation des ressources naturelles à Niaogho-Béguédo, *Bérichte des Sonderforschungs bereichs* 268, Band 14, Frankfurt a.M. 2000, pp. 521-533.

SINSIN B. & WOTTO J., 2003. Changes in floristic composition of grazing land in northern soudanian zone(Benin), In: Allsopp N, Palmer A., R., Milton, S. J., Krikman K. P., Kerly G. I.H., Hurt C.R. & Brown C.J.(eds) *Rangelands in the new millennium*, VIIth International Rangeland Congress, Durban South Africa, 26 July- 1August 2003,pp402-404 ISBN 095845348-9. *African Journal of Range & Forage Science*, 20(2):89-100

SINTONDI L. O. C., 2005. Modelling the rainfall-runoff process in the Upper Ouémé Ctchment (Terou in Benin Republic) in a context of global change: extrapolation from the local to the regional scale. Dissertation, University of Bonn, 205p.

SOARES-FILHO B. S., NEPSTAD D., CURRAN L., VOLL E., CERQUEIRA G., GARCIA R. A., RAMOS C. A., MCDONALD A., LEFEBVRE P. & SCHLESINGER P., 2006. Modeling conservation in the Amazon basin, *Nature*, London, 440, pp 520-523.

SOARES-FILHO B.S., PENNACHIN C. L. & CERQUEIRA G., 2002. DINAMICA – a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier, *Ecological Modelling*, 154, (3), pp. 217-235.

SOUNON BOUKO B., SINSIN B. & SOULE B. G., 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): 221-227.

SOUNON KON'DE L. S. A. et al., 2008. Evaluation du cout économique et financier de la dégradation environnementale dans les zones arides au Bénin : cas des départements du Borgou et de l'Alibori. Rapport définitif, 83 p.

TOKO I. I., 2008. Etude de la variabilité spatiale de la biomasse herbacée, de la phénologie et de la structure de la végétation le long des topos séquences du bassin supérieur du fleuve Ouémé au Bénin. Thèse de doctorat, EDP/ FLASH / UAC, 241 p.

TOKO I. I., AROUNA O., DJOGBENOU P. C. et SINSIN B., 2010. Impact de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol sur la végétation en zone soudano-guinéenne au Bénin, article 27 p.

TOKO I. N., 2014. Cartographie et modélisation de la dynamique des parcours naturels des troupeaux transhumants dans les communes de Banikoara et de Karimama (Nord-Bénin). Mémoire de DEA, EDP/FLASH/UAC, 101p.

VIGNEAU C., 2013. Cartographie et modélisation des changements d'occupation du sol dans le Haut-Videssos 1942-2008. Mémoire de Master 2, Université de Toulouse, 75 p.

VISSIN W. E., 2001. Contribution à l'étude de la variabilité des précipitations et des écoulements dans le bassin versant béninois du fleuve Niger. Mémoire de DEA, CRC/Université de Bourgogne, Dijon, 53 p.

WAINWRIGHT J. & MULLIGAN M., 2004. Environmental Modelling: Finding simplicity in complexity, Wiley. <https://books.google.com>, novembre 2014 à 09h 28mn.

Liste des figures

Figure 1: Situation géographique du bassin supérieur de l'Okpara	15
Figure 2: Cadre conceptuel de l'analyse des résultats	24
Figure 3: Moyenne mensuelle des pluies de 1960 à 2010.....	31
Figure 4: Hauteur annuelle des pluies dans le bassin supérieur de l'Okpara de 1950 à 2015.....	32
Figure 5: Indice pluviométrique dans le bassin supérieur de l'Okpara de 1950 à 2009	33
Figure 6: Réseau hydrographique du bassin supérieur de l'Okpara	34
Figure 7: Types de sols dans le bassin supérieur de l'Okpara	36
Figure 8: Evolution démographique des Communes du bassin supérieur de l'Okpara.....	39
Figure 9: Perceptions locales des déterminants de dégradation de la végétation.....	45
Figure 10: Unités d'occupation du sol du bassin supérieur de l'Okpara en 2000.....	50
Figure 11: Unités d'occupation du sol du bassin supérieur de l'Okpara en 2014.....	52
Figure 12: Evolution des formations végétales et autres unités d'occupation.....	53
Figure 13: Analyse des impacts environnementaux liés aux activités anthropiques dans le bassin supérieur de l'Okpara	57
Figure 14: Carte des unités de l'occupation du sol du bassin supérieur de l'Okpara en 2030 ..	59

Liste des tableaux

Tableau I: Centres et types d'informations recueillies.....	18
Tableau II: Composantes environnementales des milieux concernés	22
Tableau III: Cadre de référence pour l'évaluation de l'importance des effets.....	23
Tableau IV : Répartition de l'échantillon par localités sélectionnées.....	25
Tableau V: Taux d'accroissement naturel dans le bassin supérieur de l'Okpara entre 2002 et 2013	38
Tableau VI: Formations végétales et autres unités d'occupation de sol en 2000	46
Tableau XI: Formations végétales et autres unités d'occupation du sol en 2014.....	48
Tableau VIII: Matrice de transition des unités d'occupation des terres de 2000 à 2014.....	53
Tableau IX: Analyse des impacts des activités socio-économiques sur les composantes environnementales.....	56
Tableau X: Bilan des superficies du bassin supérieur de l'Okpara à l'horizon 2030	63

Liste des photos et planches

Planche 1: Champs de maïs (a) et de coton (b) dans la zone humide de l'Okpara à Ouari (N'Dali).....	40
Photo 1: Abreuvement des bœufs dans le cours d'eau de l'Okpara à Binassi.....	41
Planche 2: Exploitation forestière à Ouari (N'Dali).....	42
Photo 2: Le maraîchage dans la zone humide du cours d'eau Okpara à Kpassa.....	43
Planche 3: Activité de carbonisation et vente de charbon à Ouari (N'Dali).....	44
Photo 3: Les activités de lessive et de vaisselle le long du cours d'eau de l'Okpara à Gbégourou.....	44
Photo 4: Sol nu dans les périphéries de la retenue d'eau de Kpassa (Kika).....	52
Planche 4: Erosion des berges du cours d'eau de l'Okpara à Gbégourou.....	53

ANNEXES

I- Questionnaires à l'endroit des populations riveraines

Commune : Arrondissement :

Village : Date de l'enquête :

N°	Questions	Codes
0	Identification	
0.1	Nom de l'enquêté :	
0.2	Age : 1=30 ans ; 2=35ans ; 3=40ans ; 4=45ans ; 5= 50ans ; 6=Autre	/___/
0.3	Sexe : 0= féminin 1= masculin	/___/
0.4	Profession 1= Agriculteur ; 2= Eleveur ; 3= Exploit. Forest ; 4= Autre (à préciser)	/___/
1	Identification des activités	
1.1	Menez-vous une activité dans la zone humide du cours d'eau Okpara ? 1= Oui 2= Non	/___/
1.2	Si oui, quelles sont les activités que vous menez dans le bassin versant de l'Okpara ? 1=Agriculture ; 2= Elevage ; 3= Exploit. Forest ; 4= Culture maraîchère 5= Pêche ; 6= Autre (à préciser)	/___/
1.3	Comment pratiquez-vous cette(es) activité(s) ?	/___/
1.4	Les activités pratiquées dans ce bassin sont-elles règlementées ?	/___/

	<i>1= Oui ; 2= Non</i>	
2	Effets des activités socio-économiques sur les composantes de l'environnement	
2.1	Comment appréciez- vous les effets de vos activités sur votre cadre de vie ? <i>1= Effets négatifs ; 2= Effets positifs</i>	/__/
2.4	Quelle est l'impact de ces activités sur votre condition de vie ? <i>1= Impact négatif ; 2= Impact positif</i>	/__/
2.5	Y a-t-il régression de la végétation ? <i>1= Oui ; 2= Non</i>	/__/
2.6	Si Oui, quelles en sont les causes ? <i>1=Agriculture ; 2= Elevage ; 3= Exploit. Forest ; 4= Carbonisation ; 5= Autre (à préciser)</i>	/__/
2.7	Y a-t-il régression de la faune ? <i>1= Oui ; 2= Non</i>	/__/
2.8	Si Oui, quelles en sont les causes ? <i>1=Déforestation ; 2= Chasse ; 3= Croissance démo. ; 4= Autres (à préciser)</i>	/__/
2.9	Y a-t-il de nouvelles activités introduites dans votre village ? <i>1= Oui ; 2= Non</i>	/__/
2.10	Si Oui, lesquelles ?	/__/
2.11	Pourquoi ces activités ont été introduites ? <i>1=Raisons économiques ; 2=Raisons sociales ; 3=Raisons environnementales ; 4= Autres (à préciser)</i>	/__/
2.12	Ces activités ont-elles des répercussions sur l'environnement ? <i>1= Oui ; 2= Non</i>	/__/
2.13	Si oui, comment ? <i>1= Destruction du couvert végétal ; 2= Dégradation du sol ;</i>	/__/

	<i>3= Disparition de certaines espèces animales ; 4=Autres (à préciser)</i>	
2.14	Quelle(s) disposition(s) prenez-vous pour la sauvegarde de l'environnement ? <i>1=Reboisement ; 2= Agriculture biologique ; 3= Utilisation rationnelle des ressources naturelles ; 3= Autres (à préciser)</i>	<i>/__/</i>
3	Evaluation contingente	
3.1	Estimez-vous que la protection de votre environnement est : <i>1= Très importante ; 2= Importante ; 3= Sans importance</i>	<i>/__/</i>
3.2	Si le gouvernement effectuait des activités de conservation des ressources de votre écosystème dans le but d'une utilisation rationnelle et durable, seriez-vous prêt à en payer le coût ? <i>1= Oui ; 2= Non</i>	<i>/__/</i>
3.3	Où jetez-vous les ordures ménagères ? <i>1= Dans le cours d'eau ; 2= Dans une dépression ; 3= Dans une fausse abandonnée ; 4= Autres (à préciser)</i>	<i>/__/</i>

Questionnaire à l'endroit de la Mairie, du CADER, des institutions et ONG intervenant dans le secteur agricole, Direction de l'environnement, Direction des eaux et Forêt

N°	Questions	Codes
0	Identification	
0.1	Date et lieu de l'enquête :	
0.2	Nom et prénoms de l'enquêté :	
0.3	Sexe : 0= Femme, 1= Homme	/___/
0.4	Profession :	
1	Identification des activités et occupation du bassin	
1.1	Avez-vous une idée sur l'évolution de l'occupation de la zone humide de ce cours d'eau ? 1= Oui ; 2= Non	/___/
1.2	Quelles sont les activités menées dans le bassin versant l'Okpara ? <i>1= Agriculture ; 2= Elevage, 3= Exploit. Forest.; 4= Pêche, 5= Cultures maraîchères , 6= Autres (à préciser)</i>	/___/
1.3	Quelles sont les modifications qu'a connu l'écosystème de ce bassin ? <i>1=Progression ; 2=Régression ; 3=Stabilité ; 4= Autres (à préciser)</i>	/___/
1.4	Quelle sont les activités menées dans le bassin versant de l'Okpara ? <i>1=Agriculture ; 2= Elevage ; 3= Exploit. Forest ; 4= Culture maraîchère 5= Pêche ; 6= Autre (à préciser)</i>	/___/
2	Impact des activités humaines sur l'environnement	
2.1	Ces activités ont-elles des répercussions sur l'environnement ? <i>1= Oui ; 2= Non</i>	/___/
2.2	Si oui, comment ?	/___/

	<p><i>1= Destruction du couvert végétal ; 2= Dégradation du sol ;</i></p> <p><i>3= Disparition de certaines espèces animales ; 4=Autres (à préciser)</i></p>															
2.3	<p>Estimation des superficies emblavées par paysan dans ce bassin ?</p> <p><i>1=[1-5ha[;2=[5-10ha[; 2=[10-15ha[;3=[15-20ha[;4=Plus de 20ha</i></p>	/__/														
2.4	<p>Selon vous, quels sont les activités ou facteurs qui contribuent plus à la destruction de la végétation ?</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Activités</th> <th style="width: 50%;">Score :</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><i>0= impact faible ; 1= impact moyen ; 2= impact fort</i></td> </tr> <tr> <td>Agriculture</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Elevage</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Exploitation forestière</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carbonisation</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Autres</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Activités	Score :		<i>0= impact faible ; 1= impact moyen ; 2= impact fort</i>	Agriculture		Elevage		Exploitation forestière		Carbonisation		Autres		
Activités	Score :															
	<i>0= impact faible ; 1= impact moyen ; 2= impact fort</i>															
Agriculture																
Elevage																
Exploitation forestière																
Carbonisation																
Autres																
2.5	<p>Quelles sont les solutions que vous préconisez contre la dégradation du bassin versant de l'Okpara?</p> <p><i>1= Reboisement ; 2= couloirs de transhumance ; 3=Sensibilisation ; 4=Autres (à préciser) ; 5=Aucune</i></p>	/__/														
2.6	<p>La mairie est-elle associée dans la gestion du bassin versant ?</p> <p><i>1= Oui ; 2= Non</i></p>	/__/														
2.7	<p>Quelles sont les institutions ou services chargés de l'aménagement du bassin versant de l'Okpara ?</p> <p><i>1= Mairie ; 2= Direction des eaux et Forêts ; 3= ONG (à préciser) ; 4= Autres (à préciser)</i></p>	/__/														

2.8	Commentaire sur l'évolution de la dégradation environnementale dans le bassin versant de l'Okpara ?	
-----	---	--

Table des matières

Sommaire	1
Sigles et acronymes	3
Dédicace	4
Remerciements	5
Abstract	6
Introduction	7
CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE	9
1.1. Revue de littérature.....	10
1.2. Problématique.....	12
CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE RECHERCHE	16
2.1 Méthode de collecte et traitement des données	16
2.1.1 Collecte des données relatives à l'OS1 : Identification des facteurs de dégradation environnementale	17
2.1.2 Collecte des données relatives à l'OS 2 : Impacts des activités anthropiques sur le bassin versant supérieur de l'Okpara	21
2.1.3 Collecte des données relatives à l'OS 3 : Etude prospective de l'évolution des formations végétales de ce bassin à l'horizon 2030	26
CHAPITRE III : SITUATION GEOGRAPHIQUE ET DETERMINANTS DE LA DEGRADATION DU BASSIN VERSANT SUPERIEUR DE L'OKPARA.....	30
3.1. Situation géographique	30
3.2. Déterminants de la dégradation du bassin versant supérieur de l'Okpara.....	33
3.2.1. Déterminants naturels.....	31
3.2.2. Déterminants anthropiques.....	37
3.2.2.2. Activités socio-économiques menées dans le bassin versant de l'Okpara... 39	
3.2.3. Facteurs de dégradation des ressources naturelles selon la perception des populations	44
CHAPITRE IV : DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL ET IMPACTS DES PRESSIONS ANTHROPIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT	46
4.2. Impacts des pressions anthropiques sur l'environnement	53
4.2.1. Impacts sur les ressources naturelles.....	53
4.2.2. Dégradation chimique	54
4.3. Modélisation prédictive de l'évolution des formations végétales	60
4.3.1. Tendances évolutives des formations végétales à l'horizon 2030	61
4.3.2. Tendances évolutives des formations anthropiques à l'horizon 2030.....	63

CHAPITRE V : DISCUSSION ET MESURES DE SAUVEGARDE DE L'ENVIRONNEMENT	64
5.1. Discussion.....	64
5.1.1. Dégradation environnementale du bassin supérieur de l'Okpara	64
5.1.2. Dynamique des ressources naturelles.....	63
5.2. Mesure de sauvegarde de l'environnement.....	63
5.2.1. Information et communication	66
5.2.2. Formation des acteurs.....	67
5.2.3. Mesures préconisées et actions d'accompagnement	67
Conclusion.....	69
Perspective pour la thèse	71
Bibliographie.....	75
Liste des figures.....	79
Liste des tableaux.....	80
Liste des photos et planches.....	80
Annexe.....	81