

## MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du

**MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT**

**OPTION : EAU**

### THEME D'ETUDE

**CONTRIBUTION DE L'IMAGERIE SATELLITAIRE AU SUIVI DES  
RESSOURCES NATURELLES DANS LA PARTIE EST DU BURKINA FASO**

Par

**YOBOUET AMBROISE**

Travaux dirigés par :

M. SOME CORENTIN      Dr, Enseignant-Chercheur à ZiE, GVEA      Directeur de Mémoire

M. SOULAMA DRISSA      Ingénieur Chargé de la GRN à UICN      Maître de stage

*Soutenu à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et l'Environnement le 13/06/2011,  
devant le Jury d'évaluation composé de :*

Président:                      Mr. THIAM SINA

Membres et correcteurs:      Mr. FOWE TAZEN

Mr. LAWANI MOUNIROU

Mr. SOME CORENTIN

Mr. SOULAMA DRISSA

## **REMERCIEMENTS**

*Alors que ce mémoire s'achève j'aimerais exprimer toute ma gratitude et ma reconnaissance à l'endroit de notre Seigneur et Sauveur JESUS CHRIST pour toutes les dispositions matérielles, physiques, morales et spirituelles dont il m'a gratifiée tout au long de cette étude. Pour la réalisation de cette étude, j'ai bénéficié du soutien et de l'appui de personnes ressources.*

*Je tiens à remercier particulièrement Mr SANOU Nouhoun coordinateur du projet GWI-Burkina initiateur de cette étude.*

*Je remercie le Dr SOME Corentin Enseignant-chercheur à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour la coordination scientifique de ce document.*

*Merci à Mr SOULAMA Drissa pour sa disponibilité, pour son soutien et son suivi; pour les investissements matériels qu'il a concédé, permettant ainsi la réalisation des travaux sur le terrain.*

*Merci à Mr TAPSOBA Ludovic pour sa disponibilité, ses conseils et sa bonne humeur quotidienne.*

*Merci à Mr OUEDRAOGO François pour son appui technique et ses conseils.*

*Merci à mon ami ROMBA Stanislas pour toute son aide et sa spontanéité à répondre à mes requêtes.*

***Merci infiniment à tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de cette étude. Puisse ce travail être à la hauteur de vos attentes !***

## **RESUME**

Les études diagnostiques et les observations dans la province de Komandjari ont attiré l'attention des acteurs de développement sur l'état de fragilité de l'écosystème dans le milieu. Depuis lors plusieurs projets intervenant dans la province tentent de remédier à ce problème. Le Global Water Initiative (GWI) a pour sa part initié plusieurs activités dans ce sens ; il a mis en place un volet gestion de ressources naturelles dans son projet intitulé « Conservation des ressources en eau pour une gestion durable des moyens d'existence des populations de la partie Est ». À cet effet plusieurs activités ont été dorénavant et déjà menées entre autres la mise en place de structures de gestion des ressources naturelles et la réalisation des ouvrages hydrauliques. Cependant le Global Water Initiative est resté sur sa fin quant à la connaissance des véritables causes ayant provoqué la dégradation de l'environnement dont il s'est chargé de la restauration depuis 2008.

La présente étude est une réponse à la préoccupation du Global Water Initiative. Elle a consisté à utiliser de la télédétection pour caractériser l'évolution de l'occupation des terres et celle de l'activité photosynthétique de 1992 et 2011. La dynamique de l'occupation en relation avec l'évolution de l'activité photosynthétique et la précipitation ont permis de conclure que les pressions anthropiques sont la principales causes de la dégradation de l'environnement dans la partie aval de la Sirba. Cette dégradation est amplifiée par les variations climatiques dont les effets non négligeables perturbent l'équilibre des écosystèmes.

**Mots-clés :** Imagerie satellitaire, occupations des terres, variation climatique, NDVI, analyse diachronique, Q-Sirba

## **ABSTRACT**

Diagnostic studies and observations in the province of Komandjari attracted the attention of development agencies on the state of fragility of the ecosystem in the middle. Since then a number of projects operating in the province are trying to address this problem. The Global Water Initiative (GWI) for its part initiated several activities in this direction and has established a natural resources management component in its project entitled « Conservation of water resources for sustainable livelihoods of people the eastern part. » For this purpose several activities were carried out already now including the creation of structures of natural resource management and execution of hydraulic works. However, the Global Water Initiative I remained on its end on the knowledge of the real reasons that caused the environmental degradation it has undertaken the restoration since 2008.

This study is a response to the concern of Global Water Initiative. it has been used remote sensing to characterize the evolution of land occupation that of photosynthetic activity in 1992 and 2011. The dynamic of the occupation in relation to the evolution of photosynthetic activity and precipitation have permitted to conclude that human pressures are the main causes of environmental degradation in the downstream part of the Sirba. This deterioration is exacerbated by climatic variations with significant impact upset the balance of ecosystems.

**Keywords:** Satellite imagery, land use, climate change, NDVI, diachronic analysis, Q-Sirba

## SOMMAIRE

SOMMAIRE .....	1
INTRODUCTION GENERALE.....	6
1. Contexte de l'étude.....	6
2. Problématique de l'étude.....	9
3. Objectif de l'étude .....	10
3.1. <i>Objectif global</i> .....	10
3.2. Objectifs spécifiques .....	10
3.3. Hypothèses .....	10
I. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE .....	12
1. Le terrain d'expérimentation.....	12
2. Le milieu physique .....	14
1.1. Le climat .....	14
1.2. Le relief.....	14
1.3. Végétation .....	14
1.4. Les cours d'eau .....	15
3. Le contexte humain .....	15
2.1. La démographie .....	15
2.2. L'agriculture .....	15
2.3. L'élevage.....	16
II. MATÉRIELS ET MÉTHODES .....	17
1. Matériel .....	17
2. Méthode.....	17
2.1 Méthodologie de traitement des images .....	17
2.1.1 Acquisition et collecte d'images satellitaires.....	19
2.1.2 Géoréférencement et mosaïcage des images .....	19
2.1.3 Réalisation de compositions colorées et mission terrain de reconnaissance ..	19

2.1.4	Calcul du taux de variation des unités d'occupation .....	20
2.2	Méthodologie de l'analyse de l'évolution des paramètres climatiques .....	20
III.	RÉSULTATS ET INTERPRETTATIONS.....	21
1.	L'occupation des terres dans la zone d'étude.....	21
1.1.	Occupation des terres en 1992 .....	24
1.2.	Occupation des terres en 2002 .....	24
1.3.	Evaluation de la dynamique de l'occupation des terres de 1992 à 2002 .....	27
2.	Analyse statistique des paramètres du climat.....	28
1.1	Analyse des séries pluviométriques .....	28
1.2	Analyse des données NDVI.....	29
1.3	Corrélation entre NDVI et précipitations.....	30
3.	Interprétation des résultats .....	31
IV.	DISCUSSION .....	36
	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....	39
	BILAN PERSONNEL.....	42
	BIBLIOGRAPHIE .....	43
	ANNEXES .....	45

### **Liste des sigles et abréviations**

ATPC	: Assainissement Total Piloté par les Communautés
ATT	: Association TIN TUA
AUE	: Associations des Usagers de l'Eau
CES	: Conservation des Eaux des Sols
CLE	: Comité Local de l'Eau
CVD	: Conseils Villageois pour le Développement
CREPA	: Centre Régional pour L'Eau Potable et Assainissement
DGCN	: Direction Générale pour la Conservation de la Nature
DGRE	: Direction Générale des Ressources en Eau
DRS	: Défense et Restauration des Sols
DRAHRH-E	: Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et de Ressources Halieutiques de l'Est
DGIRH	: Direction Générale de l'Inventaire des ressources hydrauliques
FDAL	: Fin de la Défécation à l'Air Libre
GIRE	: Gestion Intégrée des Ressources en Eau
GPS	: Global Positioning System
GWI	: Global Water Initiative
IIED	: International Institute for Environment and Development
OMD	: Objectifs du Millénaire pour le Développement
PAC-GIRE	: Plans d'Action Communautaire pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau
PAGIRE	: Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau
PDL/K	: Programme de Développement Local de la Komandjari
PICOFA	: Programme d'Investissement Communautaire et de Fertilisation Agricole
PROGEREF	: Programme de Gestion des Ressources Forestières
MAHRH	: Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques
MEE	: Ministère de l'Environnement et de l'Eau
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index
RECOPA	: REseau de COmmunication sur le Pastoralisme
SIG	: Système d'Information Géographique
SP-PAGIRE	: Secrétariat Permanent du Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau

OFINAP : Office National des Aires Protégées  
UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature  
UTM : Universal Transverse Mercator

## **Liste des figures**

Figure 1 : Carte de la zone du projet .....	13
Figure 2: Organigramme méthodologique général de traitement des images.....	18
Figure 3: Carte d'occupation des terres en 1992 .....	25
Figure 4: Carte d'occupation des terres en 2002 .....	26
Figure 5: Troupeau de bœufs en transhumance .....	33
Figure 6: hameau de culture .....	33
Figure 7: Site d'orpaillage en exploitation .....	34
Figure 8: sol nu érodé.....	34

## **Liste des tableaux**

Tableau 1: Statistiques de l'occupation des terres en 1992 et 2002 .....	27
Tableau 2: Effectif du cheptel dans la région de l'Est en 2008.....	34

## **Liste des graphiques**

Graphique 1: Evolution de l'occupation des terres de 1992 à 2002 .....	28
Graphique 2: Evolution de la pluviométrie de 1971 à 2010 .....	29
Graphique 3: Evolution de l'indice de végétation tous les 15 jours de 2001 à 2010.....	30
Graphique 4: Evolution du NDVI et des précipitations de 2001 à 2010.....	31

## INTRODUCTION GENERALE

### 1. Contexte de l'étude

#### **Carte institutionnel, le projet GWI**

L'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) est une organisation unique - une union démocratique - composée de plus de 1.000 membres, 11.000 experts scientifiques dans ses commissions thématiques et 1000 employés, qui travaillent ensemble dans plus de 160 pays pour atteindre un objectif commun de la mission et la vision.

Depuis 2009 l'UICN s'est donné pour mission de façonner un avenir durable en Afrique Centrale et Occidentale. La vision qui a motivé cette mission est la quête d'un monde juste qui valorise et conserve la nature. Le but donc de la mission est d'encourager un environnement politique, économique et social favorisant une gestion et une utilisation durable des ressources naturelles, tant terrestres que maritimes, la conservation des sols et de la diversité biologique avec et au profit des populations.

Le programme de l'UICN au Burkina Faso est axé prioritairement sur les thématiques suivantes: Aires Protégées, Changement Climatique, Forêt, Gouvernance et Ressource en Eau.

Le programme Global Water Initiative (GWI) initié par le consortium qui réuni en son sein Catholic Relief Services (CRS) et l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) est un projet, financé par la Fondation Howard G. Buffett, qui cherche à relever le défi de fournir à long terme l'accès à l'eau potable et à l'assainissement, ainsi que la protection et la gestion des services des écosystèmes et des bassins hydrographiques, au profit des plus pauvres et des plus vulnérables dépendant de ces services.

L'approvisionnement en eau dans le cadre du GWI se fait à travers la sécurisation de la ressource et le développement d'approches nouvelles ou améliorées de la gestion de l'eau, et s'intègre dans un cadre plus large qui traite de la pauvreté, du pouvoir et des inégalités qui touchent particulièrement les populations les plus pauvres. Une orientation pratique sur l'approvisionnement en eau et l'assainissement avec des investissements visant à renforcer les institutions, augmentant la prise de conscience et l'élaboration de politiques efficaces.

Le consortium régional du GWI en Afrique de l'Ouest couvre cinq pays : le Sénégal, le Ghana, le Burkina Faso, le Mali, et le Niger. Il est composé des partenaires suivants :

- International Union for the Conservation of Nature (IUCN)
- Catholic Relief Services (CRS)

- CARE International
- SOS Sahel International (UK)
- International Institute for Environment and Development (IIED)

GWI-Burkina est un Projet de Conservation des ressources en eau pour une gestion durable des moyens d'existence des populations de la partie Est du Burkina Faso.

Il fait intervenir trois partenaires locaux : Association TIN TUA (ATT); Centre Régional pour l'Eau Potable et Assainissement (CREPA) ; REseau de COmmunication sur le PAstoralisme (RECOPA) et plusieurs partenaires techniques : Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE) ; Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et de Ressources Halieutiques de l'Est (DRAHRH-E) ; Secrétariat Permanent du Plan d'Action pour la GIRE (SP-PAGIRE) ; Direction Générale pour la Conservation de la Nature (DGCN) ; Office National des Aires Protégées (OFINAP).

### **Contexte national**

Dans le souci de rationaliser l'exploitation des ressources en eau disponibles, le gouvernement Burkinabé a adopté une approche pragmatique de gestion intégrée des ressources en eau du pays. Cette volonté s'est illustrée par l'adoption d'un Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PAGIRE) en 2003 (MAHRH/DGRE, 2003). Ce document de plan d'action fait suite à un document portant « Etat des lieux des ressources en eau et de leur cadre de gestion » adopté en 2001 et d'un document de politique et stratégie en matière. Ces trois documents constituent une sorte de trilogie qui balise le cadre institutionnel de la gestion de l'eau et des ressources connexes au Burkina Faso. L'objectif visé est d'adapter la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) au contexte du pays ; tout en restant fidèle aux principes reconnus au plan international en matière de gestion durable et écologiquement rationnelle des ressources en eau (MEE/, 1998, MAHRH /DGIRH, 2001).

Dans la première phase d'élaboration du PAGIRE (2003/2008) les aspects environnementaux abordés concernaient les mesures d'urgences telles que la protection des berges, la lutte contre l'ensablement, la préservation des zones humides et quelques mesures sur les plantes envahissantes. Bien qu'ayant disposé de la prise en compte pleine et entière de l'environnement, la question de la satisfaction des besoins de la population fut inscrite comme la priorité. Conscients des efforts consentis par le gouvernement et la faiblesse des moyens pour aborder toutes les problématiques notamment environnementales soulevées dans le PAGIRE, certains partenaires comme GWI, accompagnent le gouvernement par des

initiatives qui intègrent les aspects environnementaux. C'est le cas du projet « Conservation des ressources en eau pour une gestion durable des moyens d'existence des populations de la partie Est du Burkina qui sert de tremplin à la présente étude ».

A l'instar de tous les pays sahéliens, les problèmes de développement se confondent avec ceux de l'environnement. Le Burkina est confronté à d'énormes problèmes liés à des conséquences écologiques graves telles que la désertification, la sécheresse, les changements climatiques, la dégradation des sols, le déboisement. Par ailleurs, il faut noter que le climat a une grande influence sur les systèmes écologiques et socio-économiques en région sahélienne; sa modification peut avoir des incidences plus ou moins prononcées sur l'agriculture et la sécurité alimentaire, la diversité biologique, les ressources en eau, la santé et donc sur les moyens d'existences des populations. Au vu de ces différents enjeux, le Global Water Initiative au Burkina a procédé par dégrossissement sur le territoire national pour focaliser son attention sur la zone en queue de bassin versant de la Sirba qui illustre le mieux les problématiques suscitées. Aussi pour mieux répondre aux attentes d'accompagnement de la deuxième phase de mise en œuvre du PAGIRE qui a souligné la nécessité de prendre des mesures d'atténuation du changement climatique, ses partenaires de l'Initiative mondiale pour l'eau s'investissent dans la Sirba à mieux comprendre les effets de la variabilité et du changement climatique.

Le projet Global Water Initiative (GWI) s'inscrit dans cette logique. Il a pour objectif principal d'améliorer la qualité de vie des populations vulnérables du Burkina Faso à travers une gestion intégrée des ressources en eau, une situation exacerbée par la détérioration sans cesse croissante de l'environnement.

La mise en œuvre du GWI a commencé par une phase pilote qui a duré douze (12) mois suivie d'une phase de transition de six (6) mois. Depuis Septembre 2009 a démarré la première des trois phases de long terme qui dure chacune 3 ans.

La phase pilote et la phase complémentaire réussie du projet ont permis de nouer des partenariats stratégiques avec tous les intervenants de la zone d'intervention. L'étude diagnostique et celle sur les acteurs et espaces d'échanges de la gestion intégrée des ressources en eau du Burkina Faso (commanditée par la coordination régionale Afrique de l'Ouest du GWI) ont permis de faire une photographie exacte des besoins réels des acteurs dans la zone du projet. L'élaboration des plans d'action communautaire pour la gestion intégrée des Ressources en Eau (PAC-GIRE) ont permis de cerner les besoins, et les priorités des populations.

Fort de ces différents acquis le projet long terme a orienté ses actions dans les domaines essentiels suivants:

- la réalisation d'infrastructures hydrauliques à usage multiple, à cet effet 8 nouveaux forages ont été construits sur les 27 prévus et 5 des 20 anciens forages devant être réhabilités ont été réhabilités ; deux boulis ont été également construits.
- le changement de comportement des populations en matière d'assainissement et d'hygiène marqué par la mise en œuvre du concept « Assainissement Total Piloté par les Communautés » (ATPC). Ce concept basé essentiellement sur la sensibilisation a pour but d'amener les populations vers la Fin de la Défécation à l'Air Libre (FDAL).
- la mise en place de structures fonctionnelles pour la gouvernance des ressources naturelles. Les structures mise en place sont les Conseils Villageois pour le Développement (CVD), les Associations des Usagers de l'Eau (AUE) et le Comité Local de l'Eau de la Q-Sirba (CLE Q-Sirba). Ces structures sont suivies dans leur rapport de collaboration ; elles reçoivent également des formations dans le domaine de l'hygiène et de l'assainissement, la Conservation des Eaux et des Sols (CES), dans la Défense et Restauration des Sols (DRS) etc.

## 2. Problématique de l'étude

Une analyse diagnostique du GWI en 2008, faisant l'état de lieux du sous bassin de la Sirba a permis de montrer la fragilité des écosystèmes. Cet état de fragilité se traduit par une absence d'abri faunique due à la diminution incessante du couvert végétal et au manque de points d'eau (seules les quelques retenues d'eau faites et protégées pour les besoins de la faune dans les aires protégées ou dans les zones de concession constituent d'abreuvoir pour les animaux) et la hausse de la température. L'étude a par ailleurs montré des phénomènes d'amenuisement de la pluviométrie dans la zone de Fada N'Gourma à environs 80 km de notre zone d'étude; de 1923 à 2004 il a été constaté que la pluviométrie (données de la station pluviométrique de Fada) a baissé de 11 % soit 0.13% par an (rapport final du GWI; 2008). Cependant aucune étude approfondie n'a été faite pour déterminer les véritables causes liées à cette fragilisation de l'écosystème.

Par ailleurs il y a un manque d'information sur la disponibilité des ressources en eau dans la zone et de leurs relations avec les autres composantes du paysage. Peu d'études se sont intéressées à la question (Sawadogo ; 2010).

La présente étude entend faire une analyse et une compréhension de l'évolution du milieu physique (forêts, cours d'eau, bassin versant, relief, occupation des sols ...) à partir des images satellites LandSat de différentes périodes dans la zone du projet. Il s'agira en effet de recueillir les informations nécessaires à travers l'étude de ces images afin de voir si les phénomènes tels que : la variation des circonférences des plans d'eau ; la disparition ou l'assèchement des points d'eau (rivière) et la baisse de l'humidité dans le sol sont imputables aux changements climatiques (la pluviométrie) ou alors sont liés aux facteurs anthropiques. Cette étude sera appréciée par les données qui seront récoltées sur le terrain.

### 3. Objectif de l'étude

#### 3.1. Objectif global

L'étude s'investit à établir le statut physique de la partie aval du bassin versant de la Sirba et les facteurs explicatifs de son évolution.

#### 3.2. Objectifs spécifiques

**Objectif spécifique 1** Déterminer les caractéristiques physiques de la partie aval du bassin versant de la Sirba. Il s'agira de mettre en évidence les liens possibles entre les phénomènes d'assèchement des cours d'eau et les changements climatiques caractérisés par la variation des précipitations et la désertification causée autant par l'homme que par la sécheresse dans la zone d'étude.

**Objectif spécifique 2** Etablir les liens entre l'évolution de l'occupation des terres de la partie aval du bassin de la Sirba et les paramètres climatiques et anthropiques. Nous observerons également l'évolution de l'occupation des terres et de la végétation vis-à-vis des pressions anthropiques dans le sous bassin.

#### 3.3. Hypothèses

Pour atteindre ces objectifs, nous nous tacherons tout au long de cette étude de vérifier la véracité des hypothèses suivantes :

- Les différentes unités du paysage varient dans des proportions différentes ;
- l'évolution de la pluviométrie constituerait un phénomène favorisant l'occupation anarchique des sols et la transhumance.

Le présent rapport synthèse de l'étude comprend trois parties essentielles, consécutives à une présentation des objectifs de l'étude:

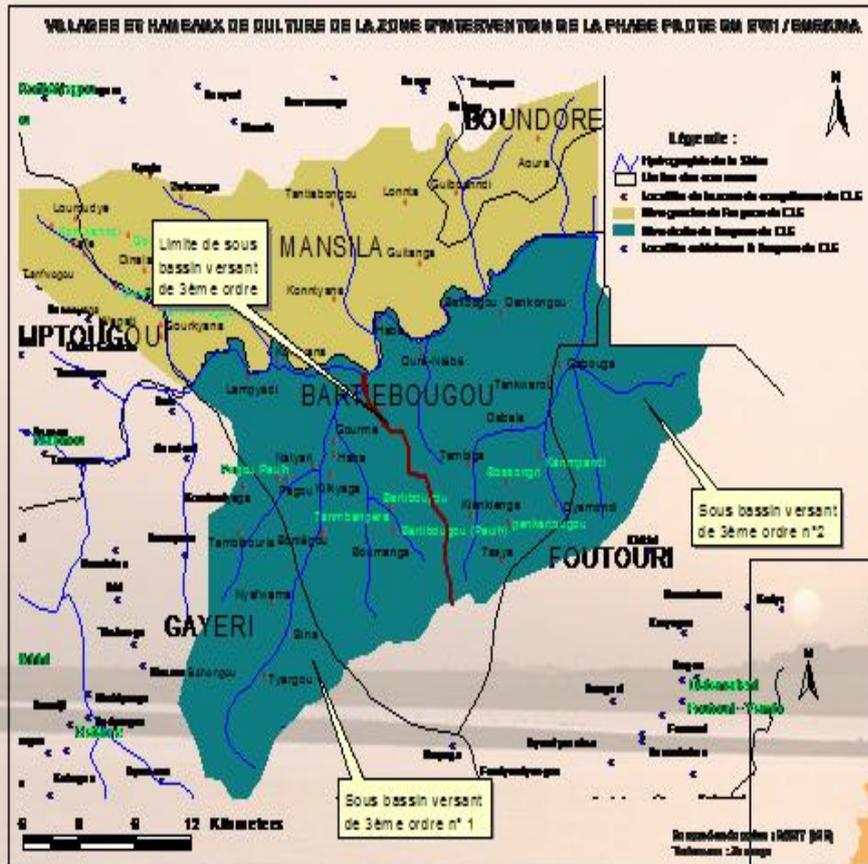
- la méthodologie adoptée pour atteindre les objectifs de l'étude tels que spécifiés dans les termes de référence ;
- les résultats obtenus et leur analyse et interprétation ;
- une conclusion et des recommandations.

## **I. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

### **1. Le terrain d'expérimentation**

GWI est un projet de développement qui a démarré depuis 2008 dans les régions de l'Est et du sahel au Burkina. Notre secteur d'étude est localisé dans la partie aval du sous-bassin de la Sirba entre 12°30 et 13°13 de latitude Nord, 0°29' et 1°00' de longitude Est. Il s'étend sur trois provinces : Komandjari, Yagha et Gnagna et couvre 45% de la commune de Mansila, 10% de la commune Boundoré, 80% de la commune de Foutouri, 60% de la commune de Gayéri, 20% de la commune de Bartiebougou et 45% de celle de Liptougou. La zone du projet correspond à une zone de compétence d'un Comité Local de l'Eau (CLE) d'après les dispositions nationales ; avec une population d'environ 186 908 habitants dont 94 045 femmes et 92 863 hommes.

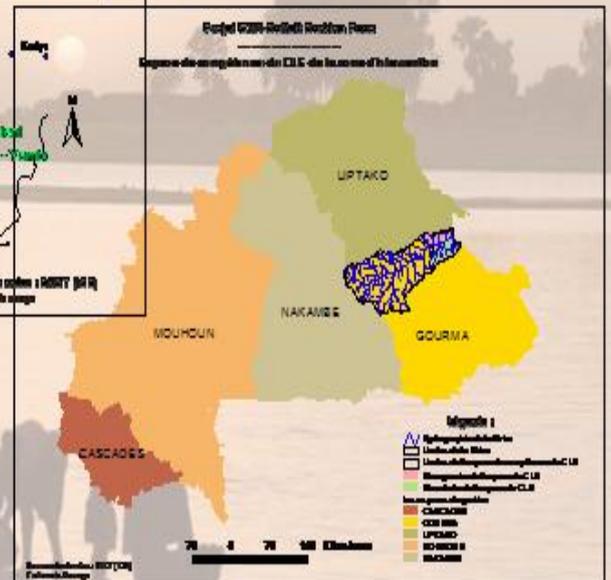
# Zone du Projet



**6 Communes:** Liptougou, Mansila, Boundore, Gayeri, Bartiebougou et Foutouri

**3 Provinces:** Yagha, Gnagna et la Komandjari

**2 Regions:** East et Sahel



**GWI Burkina Faso**

Figure 1 : Carte de la zone du projet (GWI, 2008)

## 2. Le milieu physique

### 1.1. Le climat

La zone du projet est sous l'influence d'un climat soudano-sahélien à faibles précipitations. La pluviométrie moyenne varie entre 600 et 700 mm. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 29 °C avec des écarts très importants. La température minimale est d'environ 10°C ; elle s'observe pendant le mois de Décembre. Les plus fortes températures sont enregistrées pendant le mois d'Avril et peut atteindre 42°C. L'évaporation sur nappe libre mesurée dans un bac de classe A atteint annuellement 2 900 à 3 000 mm (GWI, 2010).

### 1.2. Le relief

Le relief de l'ensemble du bassin versant est faiblement accidenté et est marqué par la présence de vastes plaines alluviales et de buttes cuirassées avec par endroits des affleurements rocheux. Ces buttes sont reliées aux plaines par des glacis cuirassés ou non et dont la pente varie entre 2 à 3% occasionnant de forts ruissellements des eaux de pluie et le déplacement des solides. (Ouédraogo et Béré, 2008). Selon BUNASOL (2009), on distingue :

- Les sols argileux (*sinon* en fulfulde, *boalli* en goulmancèma)
- Les sols sablonneux (*jarendi* en fulfulde et *tambiana* en goulmancèma)
- Les sols gravillonnaires (*carcaje* en fulfulde et *tantéchaga* en goulmancèma). Les sols dans la zone du sous bassin sont dégradés à environ 70 % de la superficie. Mais l'existence de nombreux bas-fonds offrent environ 30 % de sols riches propices à l'agriculture.

Le secteur est balayé par deux types de vent : l'harmattan en saison sèche et la mousson en saison hivernale. La vitesse du vent est très faible généralement inférieure à 8 m/s ; elle peut néanmoins atteindre 35 m /s en début et en fin de saison hivernale et au cours des orages.

### 1.3. Végétation

La végétation est constituée de forêt galerie, de savane et de steppes. Elle est dominée par la savane et de steppe arbustive.

Au Nord, la végétation est marquée par la domination de la savane arbustive. Les espèces ligneuses dominantes sont : *Combretum nigricans*, *Acacia senegal*, *Acacia gourmaensis* et *Balanites aegyptiaca*.

Au Sud de la province, la flore reste assez diversifiée. La végétation ligneuse est dominée par des espèces ligneuses caractéristiques de la savane arborée et arbustive dense à *Combretum glutinosum*, *Acacia macrostachya* *Combretum micranthum*, *Acacia nilotica*, *Acacia laeta*,

*Combretum nigricans*, *Acacia senegal*, *Commiphora africana*, *Bauhinia rufescens*, *Pterocarpus erinaceus*, *Capparis tomentosa*. (Ouédraogo, 2001 ; DPECV/Komondjari, 2010)

La strate herbacée est dominée par *Loudetia togoensis* et *Andropogon spp.* Les produits ligneux et non ligneux sont d'une importance vitale aussi bien pour les humains que pour le bétail et la faune sauvage.

#### **1.4. Les cours d'eau**

Les ressources hydrographiques sont rares et très peu disponibles ; le réseau hydrographique est constitué essentiellement de deux (02) cours d'eau non permanents, à savoir la Sirba et le Goulbi tous affluents du fleuve Niger. En ce qui concerne les eaux souterraines, il faut noter que la province de Komandjari est caractérisée par des acquifères alluvionnaires peu profonds (1 à 5 mètres) dans les bas-fonds au sud et plus profonds au nord où les profondeurs des puits traditionnels et modernes avoisinent respectivement 12 mètres et 15 mètres (Monographie de la Province de la Komondjari, 2003)

### **3. Le contexte humain**

#### **2.1. La démographie**

La structure spatiale du peuplement est dominée par de petits villages et des campements. La densité moyenne est estimée à 25 habitants/km<sup>2</sup>, relativement faible comparée aux régions du Centre Nord, Centre Est et du Plateau Central, estimées respectivement à 154 habitants/ km<sup>2</sup>, 63 habitants/km<sup>2</sup> et 43 habitants/Km<sup>2</sup>. Le taux de croissance est estimé à 3,51 %. Les populations sont majoritairement les Gourmantché; les Peulh et les Mossi aussi très présents dans la zone.

Le taux d'alphabétisation est très faible; pour remédier à ce handicap l'Association Tin Tua à mis en place le DIEMA dont l'objectif est d'alphabétiser les populations en langue locale.

#### **2.2. L'agriculture**

L'agriculture constitue l'activité socio-économique la plus pratiquée, elle génère plus de 40% des revenus de ménages. Elle emploie plus de 80% de la population. L'agriculture pratiquée est du type extensif avec utilisation des intrants. Les principales cultures sont le sorgho, le mil, le maïs pour les céréales, l'arachide, le niébé et le soja pour les cultures de rente. Les

cultures maraichères et fruitières sont à un stade embryonnaire faute de connaissance de technique culturale et de cours non pérenne.

### *2.3. L'élevage*

L'élevage est la deuxième activité socioéconomique. Il contribue pour 19% dans le revenu des ménages. Les principales espèces élevées sont : les bovins ; les ovins ; les caprins ; les porcins ; les asins ; les équins et la volaille.

## II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 1. Matériel

Les différentes analyses proviennent de l'exploitation des images satellitaires TM de Landsat. Le traitement des images a été réalisé à l'aide du logiciel ERDAS-Imagine 9.1. Le logiciel de Système d'Information Géographique (SIG) ACR-GIS nous a été d'une grande utilité. Un GPS a été également utilisé pour les missions de reconnaissance sur le terrain.

Pour l'étude des changements climatiques une série de données pluviométriques de la station pluviométrique de la commune de Gayéri a été exploitée. Cette série s'étend de 1971 à 2010 ; nous avons également eu recours aux NDVI de la zone pour le suivi de la végétation après 2002. Ces données NDVI ont téléchargées sur le site <http://iridl.ldeo.columbia.edu/>.

### 2. Méthode

#### 2.1 Méthodologie de traitement des images

La première étape a consisté à définir une nomenclature qui permet de faire ressortir les besoins liés à différentes problématiques (occupation physique, géomorphologie, pédologie, climatologie et à l'utilisation fonctionnelle) et qui propose des classes discernables sur des images satellitaires.

Parallèlement à la définition de la nomenclature, la méthodologie de l'analyse des images a été mise au point. Cette analyse a consisté à donner une interprétation visuelle des images la zone d'étude sur deux périodes différentes (1992 et 2002). Le but est d'observer l'évolution de l'occupation physique et de l'utilisation fonctionnelle des terres sur ces périodes. Pour y parvenir plusieurs étapes ont été suivies.

- Collecte d'images TM (1989) et ETM+ (1999, 2001 et 2006) de Landsat;
- le géoréférencement et le mosaïcage de chaque type d'imagerie ;
- la réalisation de compositions colorées d'images et des sorties terrain de reconnaissance du milieu ;
- l'exploitation synergique des images par classification dirigée des images;
- la sortie de la carte provisoire d'occupation des terres et la réalisation d'une mission terrain de vérification de la carte ;
- l'édition des données provisoires et la sortie de la carte finale d'occupation des terres ;
- la constitution d'une base de données d'occupation des terres de la zone d'étude.

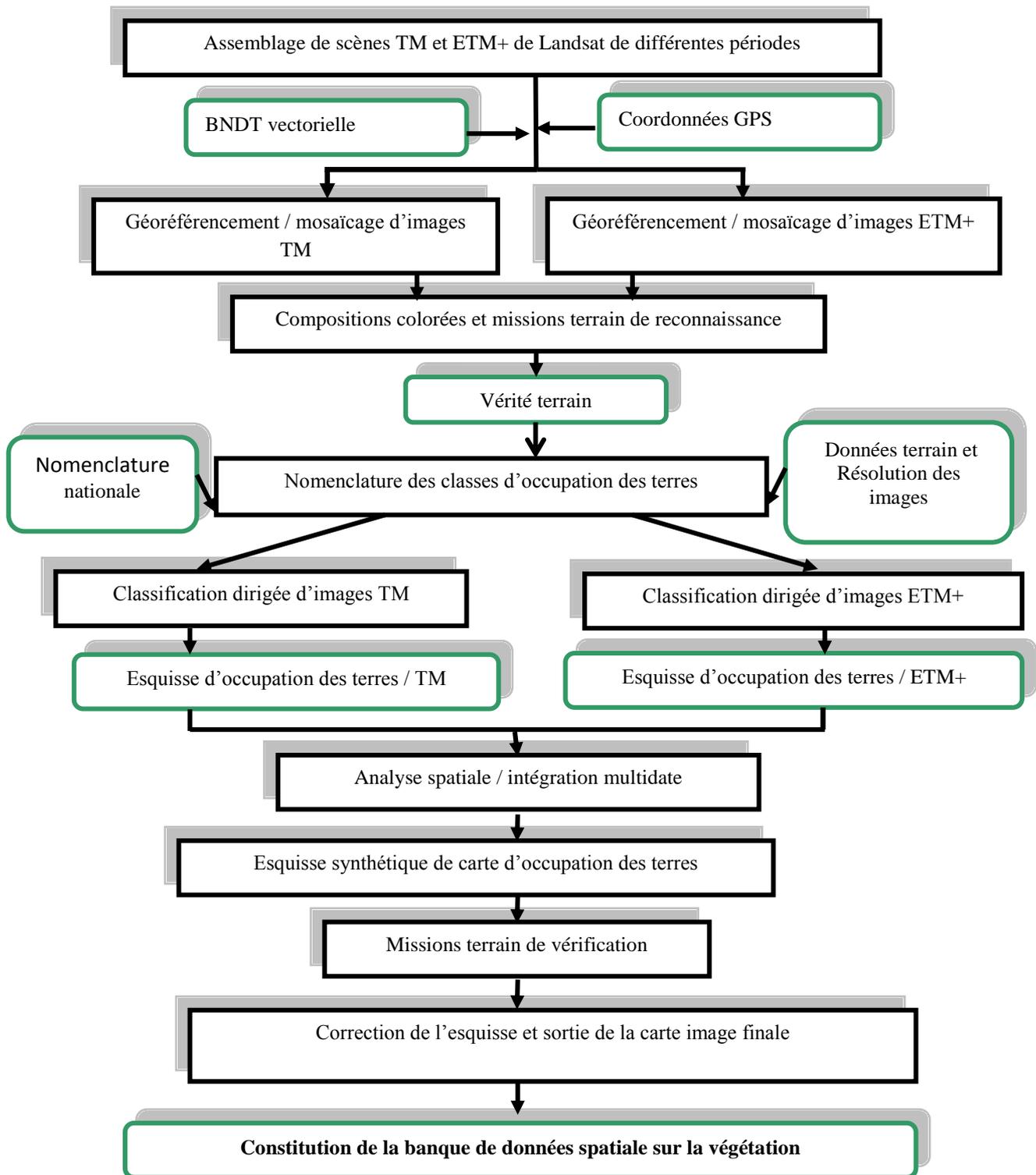


Figure 2: Organigramme méthodologique général de traitement des images

### 2.1.1 *Acquisition et collecte d'images satellitaires*

La recherche et l'acquisition des images se sont fait suivant les objectifs et les attentes de l'étude qui sont spécifiés dans le protocole. Il s'est agit de disposer d'une série d'images Landsat sur une longue période de préférence de 1972 à 2010. Le choix de ces images se justifie par le fait qu'elles soient adéquates en termes de périodes de prises de vue pour la discrimination de la majorité des unités d'occupation, notamment les classes de végétation. Elles présentent néanmoins quelques inconvénients majeurs. La difficulté d'accès aux images, ensuite, leur résolution spatiale de 30 mètres est faible.

### 2.1.2 *Géoréférencement et mosaïcage des images*

Chaque type d'imagerie a été géoréférencé puis mosaïqué et découpé aux limites de la zone d'étude. Les images de 1999 et 2001 ont été mosaiquées quoi qu'elles soient à différentes dates. Les données vectorielles de référence de la BNDT ont servi à faire le géoréférencement des images, notamment les fichiers de cours d'eau des zones d'étude. Les coordonnées GPS relevées lors des missions de terrain ont aussi été utilisées dans le but d'affiner les corrections géométriques. Le système de projection utilisé est celui retenu officiellement par l'IGB, c'est-à-dire projection UTM (*Universal Transverse Mercator* ou projection de Mercator Transverse Universelle). La correction géométrique effectuée a souvent obéi à la condition conventionnelle de 1 pixel maximum d'erreur RMS. Les scènes ont été géoréférencées les unes après les autres et mosaiquées dans une même base de données image afin de reconstituer l'ensemble de la zones d'étude.

### 2.1.3 *Réalisation de compositions colorées et mission terrain de reconnaissance*

La composition colorée a été réalisée suivant les bandes 4/3/2 ; elle a permis de faire ressortir les statistiques de l'occupation des terres. Les observations plus détaillées ont été effectuées de prêt sur quelques unités d'occupation (savane et steppe arbustive, savane et steppe herbeuse, savane et steppe arborée, territoire occupées par l'agriculture et culture pluviales, sols nus et habitats) pour apprécier la dynamique entre 1992 et 2002

#### 2.1.4 Calcul du taux de variation des unités d'occupation

Le taux de variation de chaque unité a été calculé à partir de la formule suivante :

$$\text{Taux de variation} = \left( \left( \frac{C0}{Cn} \right)^{1/n} - 1 \right)$$

C0 : pourcentage de l'unité d'occupation à l'année 0,

Cn : pourcentage de l'unité d'occupation à l'année n,

n : le nombre d'année.

#### 2.2 Méthodologie de l'analyse de l'évolution des paramètres climatiques

L'étude de l'influence de l'évolution des paramètres du climat sur les ressources naturelles a consisté à une analyse diachronique des impacts des précipitations sur les activités photosynthétiques de la végétation. La faiblesse des quantités de pluies précipitées annuellement et leur mauvaise répartition dans le temps et dans l'espace contribuent considérablement à la fragilisation de l'environnement et de ses écosystèmes (Diello et al. 2005). La pluviométrie est donc un élément important voie indispensable dont le suivi permet de faire des prévisions efficaces quant à la gestion des ressources naturelles.

Cependant, la difficulté est le manque de données pluviométriques suffisantes pour l'étude. Dans la zone d'étude, il y a seulement qu'un poste pluviométrique qui se trouve dans la commune de Gayéri. Les données disponibles sont limitées et peu fiables. Les NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ont été sollicités, vu qu'ils caractérisent bien l'activité photosynthétique de la végétation qui peut contribuer à l'estimation des précipitations (Tucker & Choudhury). Les NDVI permettent également de suivre l'évolution de la végétation après la période de 2002 ; période après laquelle nous ne disposons plus d'images satellitaire pour déterminer l'occupation des terres.

Les données pluviométriques utilisées sont donc issues de la station pluviométrique de Gayéri. Elles nous ont été fournies par le Programme d'Investissement Communautaire et de Fertilisation Agricole (PICOFA) et couvrent la période 1971 à 2010. Les données NDVI, quant à eux, ont été téléchargées sur le site <http://iridl.ldeo.columbia.edu/>

### III. RÉSULTATS ET INTERPRETTATIONS

#### 1. L'occupation des terres dans la zone d'étude

L'analyse des images satellitaires de différentes périodes a permis de faire ressortir les statistiques de l'occupation à ces périodes, une carte d'occupation du sol de l'ensemble de la zone d'étude a été élaborée sur chacune de ces périodes.

Les différentes classes retenues sont essentiellement les suivantes :

##### *A/ savanes arbustives*

Il en existe plusieurs types dans la zone, elles se mettent en place en fonction du type de relief et du type de sol. Les plus dominants sont les suivants :

- Savanes arbustives claires continues sur glacis non cuirassé, Elles se rencontrent particulièrement sur les plateaux cuirassés. Le recouvrement est compris entre 10 et 20%. La profondeur du sol est variable à cause de la présence de la cuirasse ferrugineuse. Les espèces ligneuses qui constituent cette unité se composent de : Combretum nigricans, Combretum glutinosum. Le tapis herbacé est à dominance de Loudetia togoensis
- Savanes arbustives claires discontinues sur glacis cuirassés. Cette formation s'observe sur les moyennes pentes de glacis. Elle se compose surtout de Combretum nigricans, Combretum micranthum. Cette végétation s'intercale le plus souvent avec des plages de sols dénudés généralement encroûtés où l'on observe parfois des affleurements de cuirasse. Les sols rencontrés sont des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés
- Savanes arbustives claires discontinues sur glacis cuirassés. Cette formation s'observe sur les moyennes pentes de glacis. Elle se compose surtout de Combretum nigricans, Combretum micranthum. Cette végétation s'intercale le plus souvent avec des plages de sols dénudés généralement encroûtés où l'on observe parfois des affleurements de cuirasse. Les sols rencontrés sont des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés
- Savanes arbustives peu denses discontinues sur glacis cuirassés. Elle est disséminée dans la rive gauche de la Sirba (Mansila, Liptougou et Boundoré) sur les glacis haut et moyenne pente. Les sols sont peu profonds, dominés par les sols brunifiés. Les espèces privilégiées sont surtout Acacia seyal, Acacia nilotica, Combretum glutinosum, Acacia hockii, etc. La discontinuité est marquée par une alternance de niveaux cuirassés avec des sols dénudés

### ***B/ Savanes herbeuses***

Il s'agit des zones où les arbres et arbustes sont ordinairement absents (recouvrement inférieur à 10%), uniquement tapis herbacée. Elles se rencontrent sur les glacis cuirassés, les glacis non cuirassés, les buttes à sommets cuirassés et sur les buttes rocheuses. Les buttes rocheuses sont parfois gréseuses ou granitiques. La végétation est de type herbacé très lâche et constituée principalement de *Andropogon pseudapricus*. Sur le plan pédologique, ce sont des lithosols sur roche. Les buttes à sommets cuirassés quant à elles, sont coiffées à leur sommet par une cuirasse ferrugineuse continue qui empêche l'enracinement des plantes. Mais leur pourtour est souvent ceinturé par des fourrés composés de ligneux comme *Combretum micranthum*, *Combretum glutinosum*, *Acacia pennata* etc.

Sur les glacis cuirassés, la strate herbacée se compose essentiellement de *Loudetia togoensis*, *Andropogon pseudapricus*, *Andropogon gayanus*, *Schoenefeldia gracilis* sur des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés

### ***C) steppes arborée et/ou arbustive***

Cette formation est le témoignage de la présence du climat sahélien. Elle est composée d'essences telles que *Acacia seyal*, *Acacia gourmaensis*, *Acacia nilotica*. Les sols dominants sont les sols ferrugineux tropicaux lessivés profonds sur les glacis haut et moyenne pente ou dans des dépressions dont la capacité de rétention en eau est meilleure.

### ***D) steppe herbeuse***

Comme ils sont bien décrits dans le lexique des termes joint en annexe, ce sont des formations qui se caractérisent par une discontinuité des herbacés sur les glacis de dénudation. Cette discontinuité est marquée par des plages nues dont les surfaces sont colmatées ou non. Les espèces herbacées sont principalement *Loudetia togoensis*, *Leptadenia hastata*. Les sols sont généralement des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés et brun subaride modal ou vertique. Elle est présente à l'extrême nord-est autour de Tankoulou peulh.

.

### ***E) Forêt galerie***

Elle prend en compte toute formation forestière tributaire de cours d'eau située à proximité; on distingue les cordons rizicoles et les galeries forestières (Guinko, 1985).

### ***F) Sol nus***

Il s'agit :

- De sols dénudés ou érodés, c'est à dire dégarnis de végétation et soumis à la battance des gouttes des pluies avec formation de croûtes d'érosion, qui réduisent l'infiltration des eaux de pluie et favorisent ainsi un ruissellement intense. Généralement, les couches humifères sont décapées exposant alors les couches minérales ;
- Sols dénudés à épandage gravillonnaire ; ils se rencontrent sur les hauts de pente de glaciais avec une surface continue généralement voilée par un épandage de graviers ferrugineux provenant du démantèlement des niveaux cuirassés. La végétation est quasi absente en raison de la très faible profondeur du sol (lithosols sur cuirasse à recouvrement gravillonnaire) ;
- Sols dénudés avec épandage de débris de roches Ces zones se rencontrent aux voisinages des buttes rocheuses. Les glaciais de piedmont sont constitués de blocs et cailloux rocheux. Le couvert végétal est absent à cause de la présence de la roche dure en faible profondeur.

### ***G) Territoires Cultivés et établissement humains***

Les territoires cultivés se composent de champs cultivés et de plantations : les champs occupent les plaines aménagées, les bas-fonds et les plaines alluviales. Les cultures qui sont pratiquées vont des cultures de rente aux cultures vivrières. Les cultures de rente sont le coton essentiellement, tandis que le petit mil, le sorgho, le maïs, les arachides, le niébé sont cultivés à importance diverse. Les agrumes et des cultures maraîchères (oignons, notamment) sont aussi pratiqués en contre-saison

Les principales espèces que composent les plantations sont : *Eucalyptus camaldulensis*, *Azadirachta indica*, *Gmelina arborea*, elles se rencontrent généralement sur les bas de pentes. Quant aux vergers, ce sont des plantations d'arbres fruitiers. Ils sont généralement implantés dans les bas-fonds et les plaines alluviales qui présentent des sols profonds avec une bonne

réserve en eau utile. Les principaux arbres fruitiers rencontrés sont : *Mangifera indica*, *Pjidium gajava*, *Musa spp*, *Anacardium occidentale*.

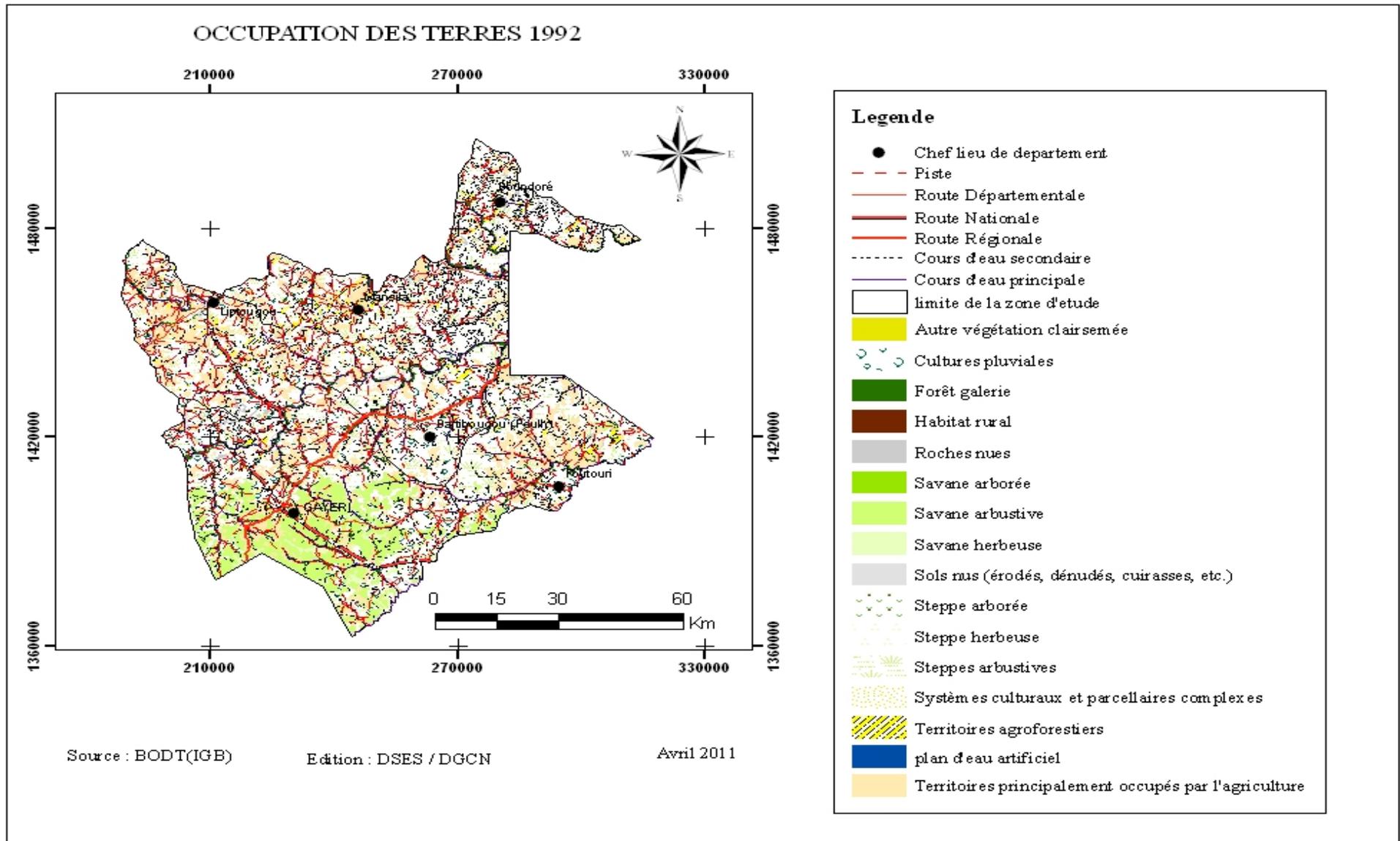
Les établissements humains englobent l'habitat et les carrières et mines. L'habitat est constitué des zones d'habitation d'assez grande importance qui sont perceptibles sur les images LandSat. Ce sont les chefs-lieux de provinces, de départements et certains gros villages

### *1.1. Occupation des terres en 1992*

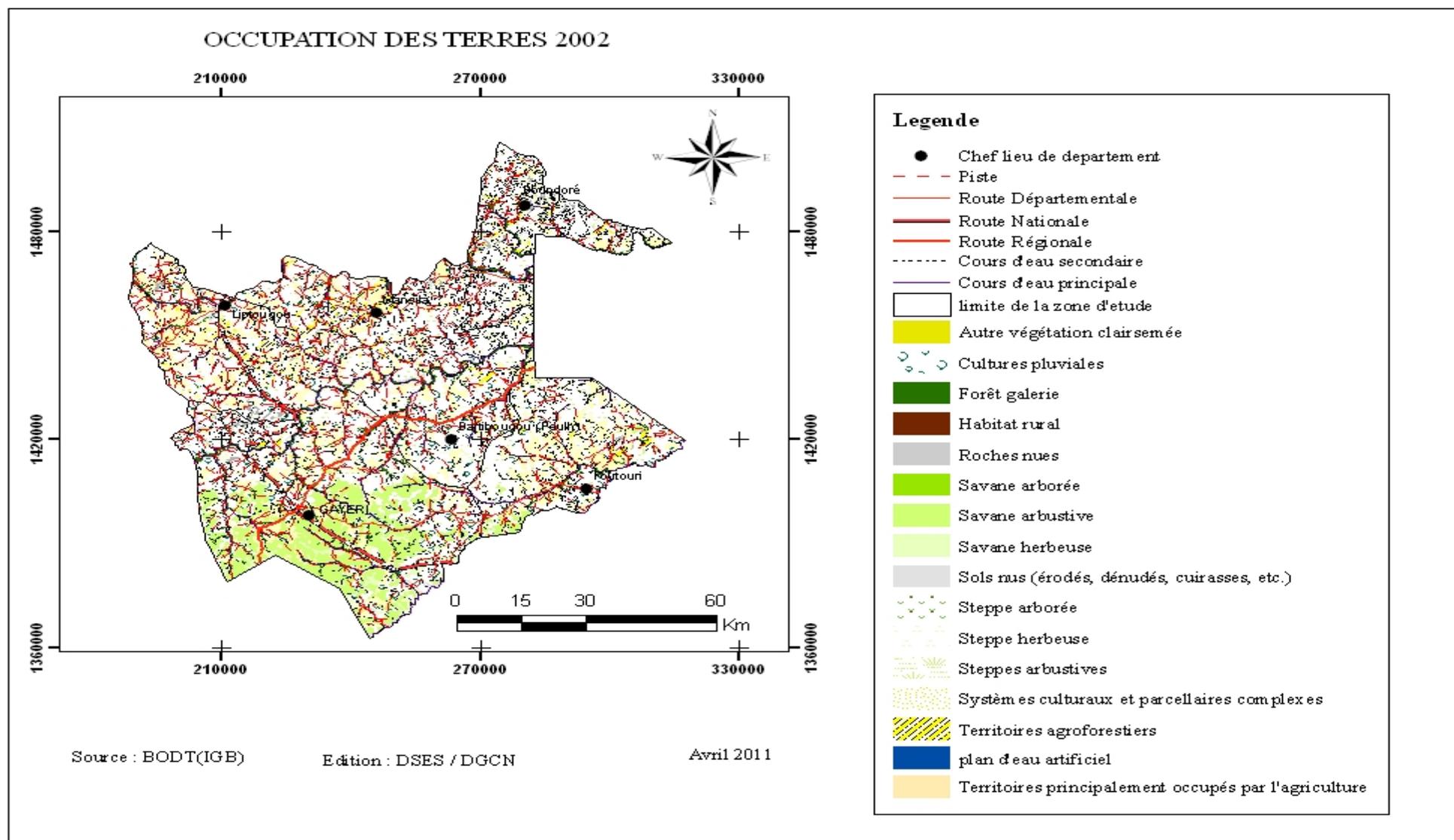
L'examen de cette carte montre une forte portion des savanes et steppes arbustives (51,10%), suivie des territoires occupés par l'agriculture et les cultures pluviales (34,20%), la forêt galerie (8,31%). Les savanes et steppes arborées (3,28%) dépassent légèrement les savanes et steppes herbeuses qui représentent 2,71% ; les sols nus et les habitats sont faiblement représentés (0,70%) (Voir figure 5)

### *1.2. Occupation des terres en 2002*

L'examen de l'extrait cartographique effectuée sur des images satellitaire datant de 10 années après l'année de référence(1992) montre une forte extension des territoires occupés par l'agriculture et les cultures pluviales (42,42%), les savanes et steppes arbustives occupent désormais 36,36% de la zone d'étude. Les savanes et steppes herbeuses représentent 8,8%, la forêt galerie 3,56% et les savanes et steppes arborées 2,15%, les sols nus et les habitats s'étendent sur environs 15400 hectares soient 1,76% (voir figure.6).



**Figure 3:** Carte d'occupation des terres en 1992



**Figure 4:** Carte d'occupation des terres en 2002

### 1.3. *Evaluation de la dynamique de l'occupation des terres de 1992 à 2002*

L'analyse des figures 5 et 6, présentant la dynamique de l'occupation des terres dans la zone d'étude a permis de déterminer les statistiques d'occupation du sol (tableau 1).

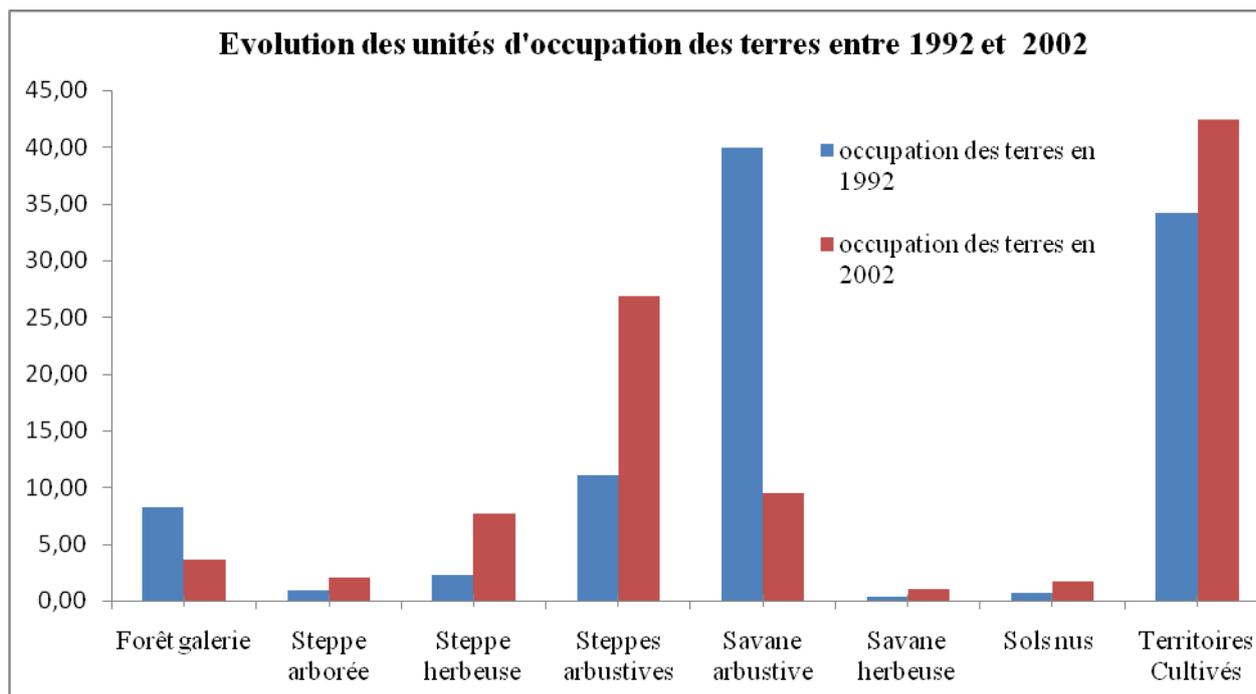
Les résultats de l'interprétation des images satellitaires sur la période de 1992 à 2002 révèlent une diminution significative des végétations : forêt galerie et savanes et steppes arbustives. Corrélativement on assiste à une augmentation des territoires cultivés et des sols nus (érodés, dénudés, cuirasses,...).

**Tableau 1:** Statistiques de l'occupation des terres en 1992 et 2002

DESCRIPTION	Pourcentage (%) en 1992	Pourcentage (%) en 2002	taux de variation
Forêt galerie	8,31	3,59	-0,08
Steppe arborée	0,96	2,04	0,08
Steppe herbeuse	2,32	7,72	0,13
Steppes arbustives	11,13	26,85	0,09
Savane arbustive	39,97	9,52	-0,13
Savane herbeuse	0,40	1,10	0,11
Sols nus	0,70	1,74	0,10
Territoires Cultivés	34,20	42,42	0,02

Le taux de variation est une valeur algébrique dont le signe dépend de l'évolution de chaque unité. A partir du tableau 1, on peut constater que les taux d'évolution de la forêt galerie et la savane arbustive sont négatifs ; ceci confirme le caractère régressif de ces unités d'occupation tandis que les autres unités d'occupation s'augmentent ; cela s'observe beaucoup plus aisément sur le graphique 1.

Sur la période de dix ans (1992-2002) ; la forêt galerie a diminué de 87,51% correspondant à 220707 hectares de forêts disparues ; quant à la savane arbustive, elle a régressé de 93,12% soit 1129189 hectares. Les plans d'eau sont très faiblement représentés environs 0,78% de la zone d'étude et ne sont pas pérennes.



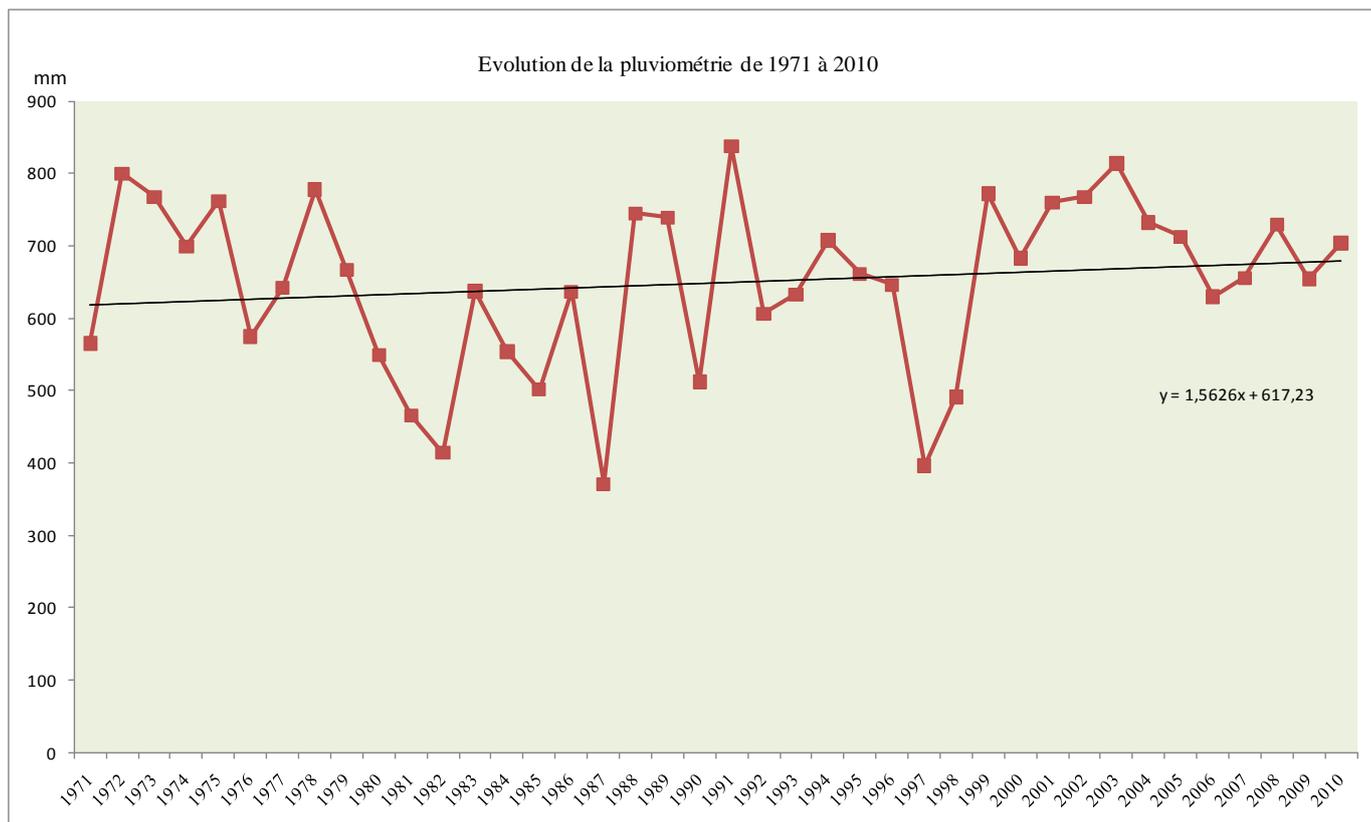
**Graphique 1:** Evolution de l'occupation des terres de 1992 à 2002

## 2. Analyse statistique des paramètres du climat

### 1.1 Analyse des séries pluviométriques

Les séries pluviométriques datent de 1971 à 2010. La pluviométrie annuelle varie de façon très irrégulière d'une année à l'autre. La pluviométrie maximale annuelle est de 837 mm, elle a été observée en 1991 et la pluviométrie minimale annuelle qui est de 370,9 mm a été observée en 1987. De 1978 à 1982 on a constaté une diminution annuelle régulière de la pluviométrie, de 1982 à 1999 les pluviométries annuelles ont connu de fortes variations annuelles. Mais, la tendance générale montre que la pluviométrie connaît une légère augmentation depuis 1971.

La saison de pluie dans la queue de la Sirba commence au mois de Mai et prend fin en Octobre. C'est pendant les mois de Juillet et Août que l'on observe les plus fortes précipitations journalières. Le nombre moyen de jours de pluies par année est de 46 jours. En 2003 il a plu 55 jours et seulement 38 jours en 2007. La pluviométrie maximale journalière a été enregistrée en 1991 avec une valeur de 109 mm.

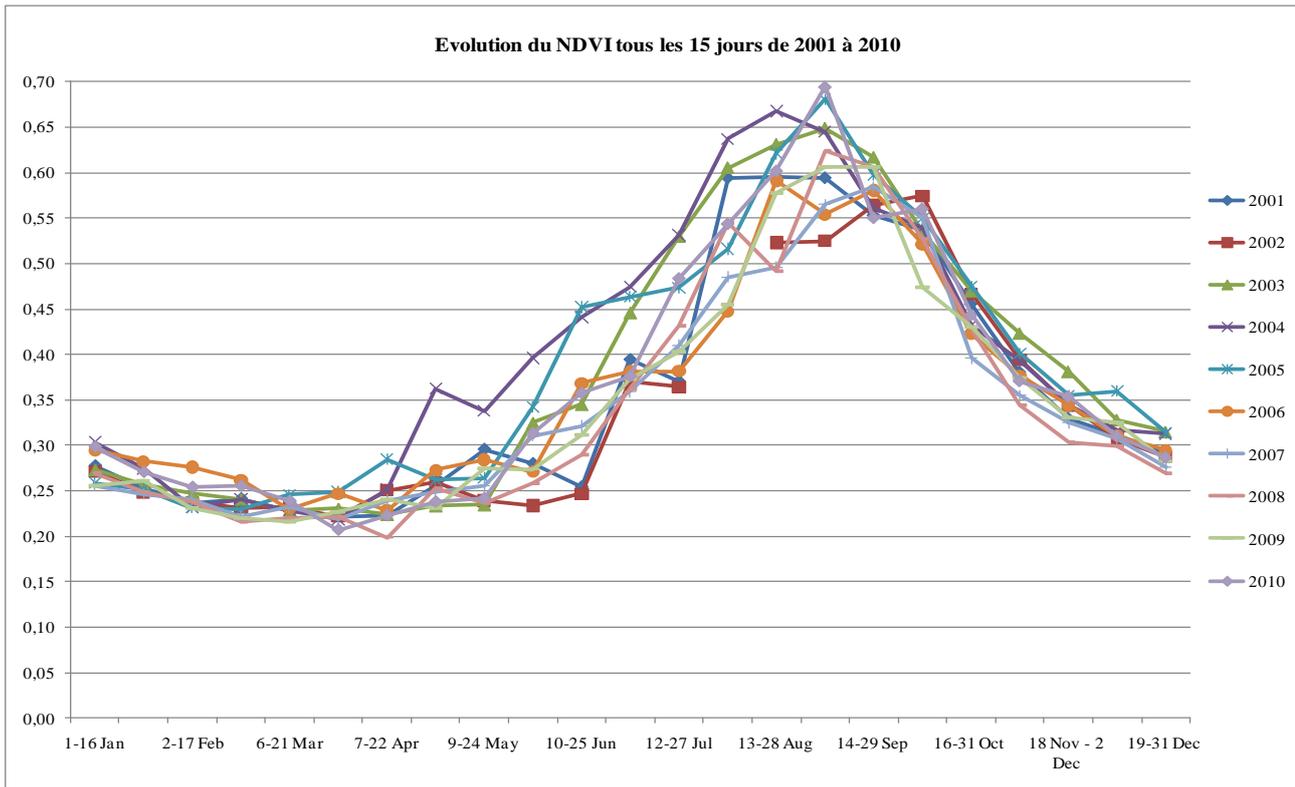


**Graphique 2:** Evolution de la pluviométrie de 1971 à 2010

### 1.2 Analyse des données NDVI

Les valeurs du NDVI oscillent entre 0,2 et 0,7 ; les valeurs les plus faibles sont observées lors des mois de Mars et d'Avril. En Janvier le NDVI est compris entre 0,25 et 0,3 ; il commence à décroître à partir du mois de février jusqu'à atteindre ses plus faibles valeurs entre Mars et Avril. Exceptionnellement en Avril 2008, le NDVI a eu une valeur remarquable de 0,1989. En mai le NDVI commence à croître jusqu'à atteindre sa valeur maximale entre Août et Septembre. C'est en Septembre 2010 que la valeur maximale du NDVI a été observée dans la zone d'étude (0,6948). Après Septembre le NDVI décroît jusqu'en Janvier.

Une observation plus approfondie montre que les graphiques représentatifs des NDVI des années 2004, 2005 et 2010 sont beaucoup moins convexes que les autres ; celui de 2010 présente d'ailleurs un pique. Le graphique correspondant aux NDVI de 2003 présente un sommet convexe. Mais la tendance générale laisse croire que le sommet prend une forme de pique au fil du temps. Ce pique est atteint entre fin Août et début Septembre (voir graphique3)



**Graphique 3:** Evolution de l'indice de végétation tous les 15 jours de 2001 à 2010

### 1.3 Corrélation entre NDVI et précipitations

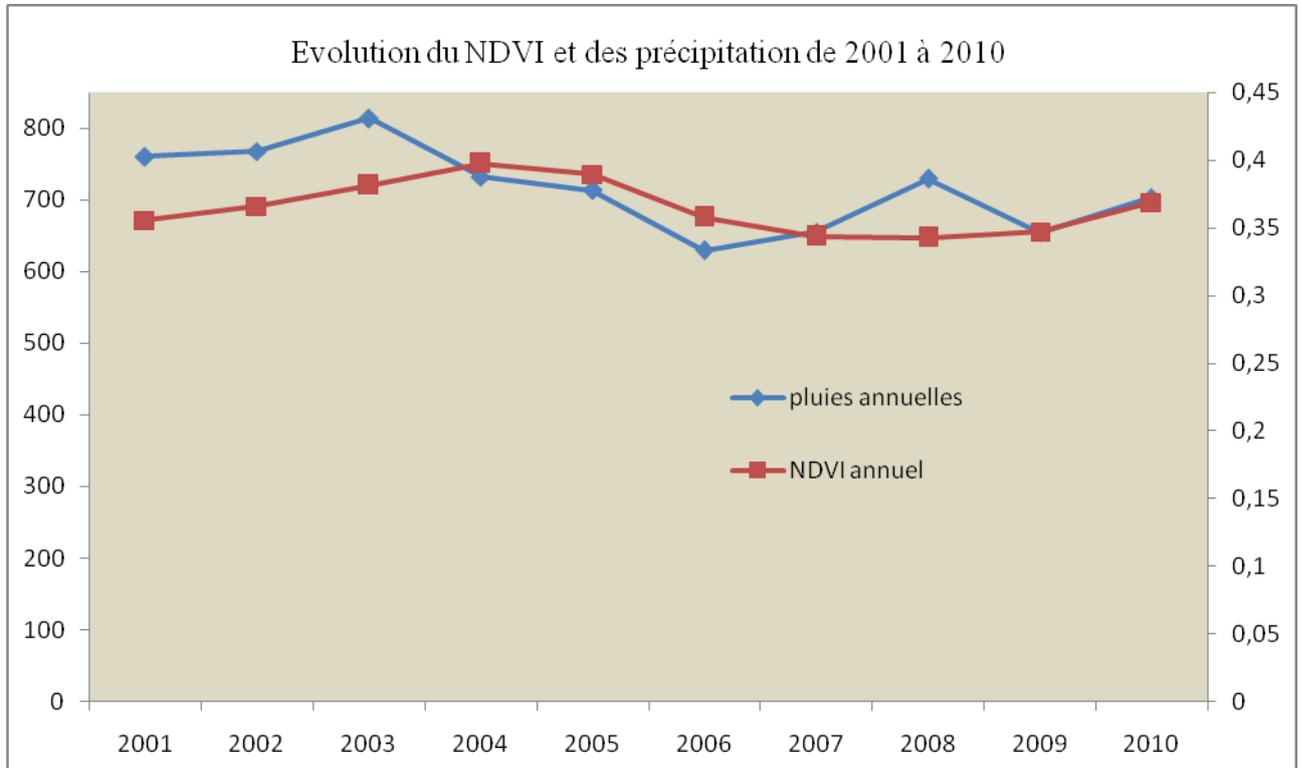
L'impact des précipitations sur les NDVI reste visiblement le même au fil des années (graphique 3) ; c'est-à-dire que les valeurs maximales des NDVI apparaissent juste quelques jours (15 jours dans le cas général) après les fortes précipitations.

En début avril il y a le soleil, NDVI faible, après avril démarre la saison des pluies le NDVI commence donc à augmenter jusqu'à atteindre la valeur asymptotique aux alentours de 0,7 entre fin Août et début Septembre. Cette valeur est atteinte juste après les mois de Juin et Juillet pendant lesquels on enregistre les précipitations les plus élevées. Pendant les mois d'Août, Septembre et Octobre les pluies deviennent rares, mais on constate une augmentation du NDVI ; cela s'explique par le reverdissement des champs mis en place par les paysans grâce aux nappes nouvellement chargées.

En observant les cumuls moyens annuels des NDVI et des précipitations on remarque que la pluviométrie et les NDVI évoluent dans le même ordre (graphique 4).

L'année 2003 a été exceptionnellement pluvieuse comparativement aux autres années ; on a enregistré 813,5 mm ; l'année suivante (2004) la pluviométrie enregistrée est relativement plus faible (732,1). Cependant, on remarque que le NDVI est beaucoup plus élevé (0,3976).

Cette valeur singulière pourrait s'expliquer par la recharge de la nappe sur une longue période ; on peut facilement remarquer que le NDVI maximal pour le mois de Janvier est celui de 2004 (0,277).



**Graphique 4:** Evolution du NDVI et des précipitations de 2001 à 2010

### 3. Interprétation des résultats

L'analyse diachronique sur la période de 10 ans (1992 et 2002) de l'occupation des terres porte à croire que les pressions anthropiques sont liées à la démographie galopante (taux de croissance naturel 3,51%), à la forte migration interne et à la transhumance. En effet, pour satisfaire les besoin en énergie et en alimentation de cette population croissante, la demande en bois d'œuvre et les surfaces agricoles cultivées augmentent. Ce qui engendre très souvent les feux de brousse, les défrichements agricoles anarchiques et les coupes abusives entraînant une dégradation irréversible des ressources naturelles.

En plus de cela, il faut noter que la zone présente des caractéristiques agroclimatiques favorables au développement des activités agricole et pastorale.

### ***Pression anthropique d'origine agricole***

Les observations faites sur le terrain et les enquêtes ont révélé que les espaces favorables pour les cultures sont la forêt galerie et la savane arbustive. Elles sont situées dans des bas-fonds et les zones exondées.

Les occupations des terres ne sont pas réglementées ; elles se font dans une anarchie totale. Il y a un manque de suivi des agriculteurs lors des défrichements par les agents de l'environnement. L'absence d'intensification agricole (en termes de producteur), fait que les surfaces cultivées s'étendent à un rythme équivalent à celui de la croissance démographique.

Les espaces cultivables sont attribués par les autorités villageoises. Ainsi donc chaque cultivateur peut défricher là où bon lui semble. Cette pratique est motivée par la faible densité de la population (25 habitants/km) dans la zone. Les conflits sur la gestion des terres et des ressources en eau sont monnaie courante dans la zone. La mise en place des Conseils Villageois pour le Développement (CVD) a eu un effet positif, car elle a concouru à réduire les conflits.

Les pratiques culturales utilisées sont rudimentaires cela fait que les rendements des productions sont relativement faibles (maïs : 750 Kg/ha, mil : 450 Kg/ha, sorgho : 650 kg/ha, ...) et les productions annuelles sont très peu satisfaisantes. Les paysans se sentant victime des mauvais rendements trouvent comme seule alternative de défricher de nouvelles forêts tous les ans. Les parcelles abandonnées se transforment plus tard en steppes ou deviennent des sols totalement nus exposés à l'érosion lors de la saison de pluies.

On rencontre à chaque 2 ou 3 km un hameau de culture. Ces hameaux de culture sont des petits villages formés généralement d'une seule concession d'environ 3 cases et qui sont habités seulement pendant la période des cultures. Les forêts autour des ces hameaux subissent les plus fortes pressions anthropiques (voir figure 8). Ces hameaux sont abandonnés lorsqu'il n'y a plus de forêts à une distance proche pour les cultures.

Les technologies relatives à l'amélioration de la gestion de la fertilité des sols et celle des cultures qui devraient constituer la base de l'amélioration de la productivité ne sont que faiblement adoptées par les producteurs. Après plusieurs années d'exploitation les sols s'appauvrissent et se dénudent ; en dix (10) ans environ 6000 hectares de forêts et de savanes sont devenus des sols nus et laissés à la merci de l'érosion.



**Figure 6:** hameau de culture



**Figure 5:** Troupeau de bœufs en transhumance

### ***Pression anthropique due à l'élevage***

Par ailleurs, la forte concentration de bétail dans la zone est un facteur qui contribue à l'amenuisement et au bouleversement des écosystèmes. L'abattage des espèces fourragères est un fait important dans la régression de la forêt galerie et de la savane arbustive. En effet, pour l'alimentation de leur bétail les pasteurs n'hésitent pas à abattre toute sorte d'espèces fourragères. Le système d'élevage est extensif, accompagné d'une forte demande en eau et en fourrages. Le cheptel de plus en plus nombreux entraîne la régression des aires de pâturage. La précarité en eau et en fourrage oblige les éleveurs dès le début de la saison chaude à migrer chaque année vers les sous-bassins de l'Est et vers le Togo et le Bénin pour la recherche de pâturage et d'eau.

La transhumance est une pratique courante dans la queue de la Sirba ; elle permet d'assurer une exploitation optimale des ressources pastorales disponibles et s'adapter aux variations spatio-temporelles des disponibilités fourragères. La région de l'Est est la destination et /ou une zone de transit de nombreux troupeaux en transhumance provenant des régions du sahel, du centre Nord, mais aussi du Niger et du Mali. Les troupeaux en transit sont en destination du Togo, du Ghana, et du Bénin. Chaque année, la région de l'Est exporte en moyenne 526300 têtes d'animaux (GWI, 2008).

En tenant compte de la définition que BOUDET (1984) donne à la capacité de charge disant que « La **capacité de charge** d'un pâturage est la **quantité de bétail** que peut supporter le pâturage **sans se détériorer**, le bétail devant rester en **bon état d'entretien**, voire prendre du poids ou produire du lait pendant son séjour sur le pâturage. »; on pourrait dire que ; la capacité de charge est très relative dans la zone, dans le sens que ; pendant les saisons de pluies les animaux sont en très bon état, ils prennent du poids et produisent du lait mais sont

très maigres et meurent parfois par manque d'eau ou de nourriture en saisons sèches. Cependant, étant donné que le milieu est en constante dégradation on peut toute suite conclure que la capacité de charge est largement dépassée.

Les causes du surpâturage sont dues au fait que le bétail représente pour une grande majorité d'éleveurs un facteur de stabilité économique. Il représente dans certaines circonstances une barrière contre l'inflation et réduit les risques des ménages, liés aux caprices saisonniers et à l'incertitude des récoltes en production de céréales.

**Tableau 2:** Effectif du cheptel dans la région de l'Est en 2008 (GWI, 2008)

	Asins	Aquin	Caprins	Bovins	Ovins	Porcins
Région de l'Est	133473	4795	1 149 783	896506	742806	742806
% Effectifs nationaux	13%	12%	11%	11%	10%	6%

Le tableau 2 montre à quel point l'élevage dans l'Est du Burkina est un maillon essentiel de l'économie des ménages voire même à l'échelle nationale.

### *Site d'orpaillage*

La zone du projet dispose de plusieurs sites d'orpaillage; nous ne disposons pas de chiffres pouvant illustrer cette hypothèse mais le constat fait sur le terrain montre que ces sites attirent une forte population. Ce sont d'ailleurs les endroits où la dégradation de l'environnement se fait le plus sentir. Après exploitation d'un site, le relief change de forme, la végétation, si elle renaît plusieurs années plus tard, change de type. En somme, un site d'orpaillage en exploitation transforme définitivement l'écosystème du milieu (figure 7).



**Figure 7:** Site d'orpaillage en exploitation



**Figure 8:** sol nu érodé

L'analyse des données pluviométriques et des NDVI montre que le changement climatique caractérisé ici par la pluviométrie, bien qu'il se fait sentir dans la zone n'a pour l'instant aucun incident majeur directe sur la végétation ; cependant il perturbe la stabilité des écosystèmes aquatiques dans la zone d'étude et les activités saisonnières des paysans.

La tendance des courbes représentatives des NDVI annuels à tendre vers un pique montre que le nombre de jours pluvieux diminue tandis que les précipitations journalières augmentent. Toute la quantité de pluie de l'année se concentre en un poignet de jour et provoque des fortes inondations. En effet, le sol de la zone a une texture argileuse d'où très peu perméable, lors des fortes précipitations il y a formation des croutes de battance. Ces croutes de battance réduisent le taux d'infiltration et favorisent le ruissellement des eaux pluviales et l'érosion hydrique et l'oxydation. Les conséquences que génèrent cette situation sont plusieurs : l'envasement des cours d'eau, la disparition de la matière organique et la réduction des aptitudes agricoles des sols.

La concentration des fortes précipitations sur des courtes périodes provoque également la destruction des champs et emporte les cultures. Plusieurs difficultés entachent de plus en plus la bonne exécution des activités à cause de l'arrivée tardive et de la rupture précoce des pluies parfois, lors de la floraison-formation des gousses. L'irrégularité des pluies, leur mauvaise répartition dans le temps et dans l'espace et la forte évaporation constituent un des facteurs limitant la production agricole. La pluviométrie constitue en cela un facteur d'occupation des terres du fait que les paysans exploitent avec opportuniste les terres (les bas fonds sont exploités les années les moins pluvieuses et les berges les années les plus pluvieuses).

L'évolution des NDVI pourrait être expliquée par le fait que la forêt galerie et la savane arbustive ont continué et continuent de se dégrader après 2002 au profit des sols nus et des steppes. Ainsi donc les activités photosynthétiques de la végétation sont ralenties et lorsqu'elles commencent elles évoluent vite et durent sur une faible période à cause des défiches.

#### IV. DISCUSSION

La classification de l'occupation du sol résultant de l'analyse des images Landsat de 1992 et 2002 a permis de donner une précision globale sur la dynamique de l'occupation des terres. Elle a montré que la forêt galerie et la savane arbustive sont en pleine régression, avec des taux de régression annuelle respectifs estimés à 8%.et 13% au profit des territoires occupés par les champs, les sols nus et les steppes.

Les raisons pouvant justifié ces régressions sont multiformes et différent en fonction du climat et du type de végétation, etc. Dans ce cas précis l'étude est intervenue dans le sahel ; l'analyse des données relatives à la croissance démographique, au fort taux de migration, à la transhumance, aux NDVI et à la pluviométrie ont permis de se rendre compte que pour le suivi des ressources naturelles il est important d'associer deux groupes de paramètres portant sur : les pressions anthropiques et le l'évolution du climat.

Il est clair que l'approche méthodologique de l'étude d'occupation des terres faisant appel au traitement des imageries satellitaires est efficace et concluant. Cependant dans cette étude nous n'avons pas pu prendre en compte tous les éléments utiles pouvant décrire le suivi des ressources naturelles à cause des difficultés d'accès et à la faible résolution des images LandSat. Nous aurions bien voulu faire ressortir sur chaque image les différents aspects de l'érosion, les hameaux de cultures, les circonférences des cours d'eau (très faible circonférence), etc. mais cela a été impossible. Les cartes établies à l'échelle de 1/1500000 ; elle ne permet pas de visualiser toutes les unités d'occupations sur-citées.

BOU KHEIR et al (2001) a, certes, réussi à établi à l'échelle 1/100 000 avec les images LandSat, la situation des zones à risques d'érosion hydrique pour les sols dans la région « Jbaïl – Qartaba au Liban; mais cela fut possible avec l'aide et une bonne connaissance des facteurs d'érosion telles que : l'érosivité de la pluie et des sols, l'intensité de la pente et surtout l'occupation des sols.

Les images ayant servi à l'étude diachronique de l'occupation des terres datent de près d'une décennie, les données ne sont pas d'actualité, elles permettent d'avoir juste un aperçu de comment évolue les différentes unités d'occupation. En se servant de la formule du taux d'évolution nous parvenons à nous faire une idée de la situation de l'occupation actuelle des terres. On peut ainsi déterminer que la forêt galerie représentait 1,84% en 2010 et représentera 1,81% en 2012 de la surface totale de la zone ; quant aux sols nus, ils ont augmenté jusqu'à 3,61% en 2010 et atteindrons 3,62% en 2012.

De part ces nouvelles données on peut facilement se représenter la nouvelle tendance de l'occupation des terres dans le temps présent; mais cette façon de procéder pourrait être une source d'erreur d'autant plus que les facteurs naturels qui influencent l'occupation des terres tels que la démographie, la pluviométrie, etc. changent d'une année à l'autre. A cela, on peut remarquer le changement possible des pratiques quotidiennes des populations vis-à-vis des ressources naturelles et les différents projets que initie l'Etat (PROGEREF, PDLK) dans la région du Koumandjari visant à récupérer les forêts, qui peuvent aussi provoquer un renversement de la situation. Mais quoi que nous n'ayons aucune certitude pour le confirmer, nous pouvons affirmer que les pratiques sont demeurées plus ou moins pareilles depuis 1992 et les projets initiés n'ont pas eu une grande répercussion dans la zone d'étude.

Par contre, nous pouvons dire que les tests de démonstrations, visant à améliorer les rendements de cultures, effectués dans 9 villages du Komandjari par le PICOFA depuis 2009 ont donné des résultats relativement positifs (voir annexes 5 et 6). Les paysans pourraient à l'avenir s'en inspirer pour améliorer leur production et réduire le défrichement anarchique des forêts.

Les données pluviométriques utilisées ici sont issues d'une seule station pluviométrique (station pluviométrique de Gayéri), cependant la zone d'étude est traversée par les isohyètes 600 et 700, ce qui signifie, bien entendu, que cette seule station ne suffit pas pour une étude conséquente. Les observations sur le terrain montrent d'ailleurs que la partie Sud de la Sirba est beaucoup plus arrosée que le Nord.

Sachant que plusieurs études ont montré de façon efficiente la relation entre les précipitations et les NDVI ; nous nous sommes inscrits dans cette même logique pour apporter solutions au manque de données sur la situation de l'occupation après 2002. Concernant cette thématique, Pierre Diello et al (2005) a montré qu'il y a une corrélation entre le NDVI et le cumul pluviométrique avec des coefficients de détermination compris entre 0,81 et 0,84. Ses investigations ont permis d'obtenir un meilleur ajustement lorsque la pluie et le NDVI sont au demi degré carré ( $0,91 < R^2 < 0,96$ ) ; pour ainsi dire, qu'il y a une meilleure adéquation entre ces deux paramètres quand ils sont à la même échelle spatiale. Ainsi donc, nous sommes parvenus à suivre l'évolution de la végétation par ricochet les ressources naturelles grâce aux NDVI.

La tendance générale de l'évolution de la pluviométrie sur les 30 années précédentes montre quelle augmente avec une moyenne de 650 mm. Cette évolution a connue de fortes variations depuis 1971 jusqu'à 2000 ; depuis lors elle tend à se stabiliser. Cette sorte de stabilisation est marquée par une courte période de pluie avec d'importantes quantités d'eau.

Dans le cadre de la promotion des semences améliorées ; le rapport qui a fait suite à la formation sur la production de semences améliorées, organisée par INERA avec l'appui financier du PICOFA dans le Komandjari, n'a pas manqué de souligner les difficultés que pose ce changement de climat.

Par ailleurs le document de référence de la 10<sup>ième</sup> réunion du Forum pour le "partenariat avec l'Afrique tenue à Kyoto au Japon reconnaît que le changement climatique affectent et affecteront les moyens de subsistance des populations pauvres et des secteurs importants concernant la réalisation des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD).

En faisant un rapprochement de l'occupation des terres et la variation de la pluviométrie depuis la dernière décennie, on pourrait supposer que la variabilité climatique dans la zone est imputable aux activités de l'homme. Pierre CARREGA et al, affirme que « aux échelles fines : depuis que l'homme modifie son milieu, à savoir depuis le néolithique, il devient acteur du climat et plus simple spectateur ». Il soutien sa position par le fait que l'homme en défrichant une forêt, de façon schématique, accroît l'amplitude thermique quotidienne, diminue la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air par baisse de l'évapotranspiration et accélère la vitesse du vent près du sol, tout en augmentant l'érosion. « Bref, il modifie le climat et l'écosystème ». Mais, dans notre cas, cette affirmation doit être prise avec réserve d'autant plus que ce changement s'observe de plus en plus sur tout le territoire du Burkina par les inondations que causent les fortes précipitations (1<sup>er</sup> Septembre 2009 à Ouagadougou).

Marc CARRIERE à montrer que en zones arides et semi-arides la variabilité des précipitations dans l'espace et dans le temps font que le disponible fourrager est rarement identique d'un lieu à l'autre, ou d'une année sur l'autre, pour une population animale donnée. Il en résulte un "déséquilibre constant" entre l'offre et la demande fourragère, déséquilibre qui donne, d'emblée, une place importante aux facteurs climatiques, dans la dynamique des relations herbivores plantes. Cette variabilité à la fois intra et interannuelle fait que le territoire pastoral prend un caractère fortement "polarisé", aussi bien à l'échelle locale (en fonction de la répartition des averses), qu'au niveau régional (complémentarité entre zones agroécologiques voisines). Dès lors, les pasteurs doivent se plier à la conjoncture, et déplacer leurs troupeaux là où l'herbe pousse, c'est-à-dire exploiter le milieu de façon "opportuniste (Marc CARRIERE, 1996).

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Nous avons pu au travers de cette étude montrer que l'environnement se dégrade dans la queue de la Sirba et cela depuis deux décennies. Rien qu'en 10 ans (1992 à 2002) seulement, plus de 85,51% des forêts galerie et 93,12% des savanes ont disparues au profit des sols nus et des steppes. L'analyse des activités (agriculture et élevage) des populations ont a montré que les pressions anthropiques sont la première cause de la dégradation des ressources naturelles dans la queue de la Sirba. A cela s'ajoute les effets de la variation de la pluviométrie. Elle se caractérise par une réduction de la durée de saison et du nombre de jours et pluies doublée d'une augmentation des quantités d'eau. Ce qui a pour conséquences des inondations régulières et fortes érosions. . Cette situation amène les paysans à exploiter avec opportunisme te les ressources naturelles.

Cette étude a montré que la pluviométrie joue un le rôle important dans la dynamique des ressources. Il est donc fondamental d'étudier les modifications significatives des paramètres climatiques ainsi que leur impact sur l'environnement pour déterminer de véritables politiques de gestion des ressources naturelles. Nous proposons pour cela : l'installation des postes pluviométrique et de thermomètre dans chacune des six communes de la queue de Sirba pour déterminer respectivement la pluviométrie et la température ; l'installation d'un héliographe dans au moins une commune pour la mesure de la durée d'ensoleillement et déterminer quotidiennement le rayonnement solaire.

A l'évidence, des systèmes d'élevage qui a pour buts respectifs : la production de lait, la production de viande de qualité, la croissance numérique du troupeau, ou le maintien de la biodiversité, ne peuvent agréer une même lecture du nombre optimal d'animaux que doit héberger un milieu pastoral donné. Pour trouver une solution efficace au problème de surpâturage l'on pourrait commencer par réduire la capacité des charges tout en recherchant en priorité

1. le maintien de la couverture herbeuse du sol (lutte contre l'érosion).
2. le maintien de la diversité floristique (conservation du patrimoine biologique).
3. le maintien de la valeur fourragère des parcours (conservation des productions animales potentielles).

Sur le plan socio-économique la transhumance a su montrer ses avantages aussi bien dans la zone d'étude que dans toute la sous région Ouest Africaine; il s'avère dès lors opportun d'élaborer et mettre en œuvre des politiques et des stratégies visant à soutenir le pastoralisme

transhumant, tout en créant les conditions de sa transformation vers le système agro-pastoral sédentaire. Nous proposons à cet effet les solutions suivantes :

1. Élaborer et harmoniser les codes pastoraux en prenant en compte la dimension régionale.
2. Renforcer les capacités des éleveurs, en favorisant l'émergence d'organisations professionnelles d'éleveurs, la formation en gestion intégrée des parcours et des troupeaux, et améliorer les systèmes d'élevage, notamment dans le sens de l'intégration agriculture-élevage.
3. Promouvoir l'enseignement et la recherche sur l'amélioration des systèmes pastoraux au travers les structures de gestion des ressources mise en place (CLE, AUE, CVD).

Vu le niveau de dégradation de l'environnement dans la queue de la Sirba il devient de plus en plus indispensable de mettre en place une bonne stratégie pour la sécurité alimentaire, un accent particulier doit être mis sur la restauration et l'amélioration de la fertilité des sols. Le sol constitue le capital ou la ressource de base. Une fois la fertilité des sols restaurée et améliorée, le matériel végétal choisi peut alors exprimer tout son potentiel productif. Ces résultats peuvent être atteints par :

- ✓ Une utilisation rationnelle des ressources locales comme le fumier de ferme, les composts, les résidus de récolte, les engrais verts combinée à l'apport de phosphate naturel
- ✓ Une amélioration des techniques culturales. L'apport d'intrants seuls ne suffit pas à garantir la productivité et la durabilité des systèmes de culture. L'apport de fumure organo-minérale doit être intégrée dans un système d'association ou de rotation culturale approprié pour améliorer la productivité et la durabilité des systèmes de culture.
- ✓ Une meilleure connaissance de l'écologie des cultures et de leur environnement pour mieux cerner des interactions susceptibles d'améliorer la productivité des cultures.

Les tests initiés par le PICOFA ont porté des résultats concluant (annexes 5 et 6); il convient donc de motiver les populations à s'adonner à cette pratique qui non seulement permet un bon rendement agricole mais est un moyen de protéger les ressources naturelles.

On a constaté que les espèces faunique sont en voie d'extinction parce que toutes les cours d'eau tarissent en saison sèche ; il serait appréciable que l'on construise des retenus d'eau en dans les endroits qui sont reconnus comme abritant plusieurs espèces animales. Etant donné, l'importance de l'élevage dans l'Est du Burkina on pourrait interdire la chasse sur une certaine période afin de permettre aux différentes espèces animales de se multiplier.

Les populations pourraient diversifier leurs sources de revenus en s'adonnant à d'autres activités telles que l'apiculture, la production du beurre de karité...

Il faut développer une approche participative dans la gestion de l'environnement, cette stratégie permettra de responsabiliser les populations dans la gestion des ressources de leur terroir. L'approche participative s'entend comme la confirmation de la place prépondérante des villageois dans la réalisation de leurs aspirations individuelles et collectives, avec ou sans appui externe. Elle permet de poser les bases d'un développement local intégré et durable répondant aux aspirations des populations. L'application de ladite approche doit s'appuyer sur les fondements suivants :

- Les populations sont les premières responsables de leur terroir car c'est de celui-ci qu'elles tirent la subsistance nécessaire à leur vie et à leur épanouissement social et culturel;
- Les populations connaissent leurs terroirs et leurs aspirations mieux que quiconque; par conséquent, leur savoir ainsi que la perception qu'elles ont de leur développement doivent être pris en compte ;

Toute intervention qui ne prend pas suffisamment en compte ces deux conditions précédentes est susceptible de ne pas intéresser les populations. Les structures locales (CLE, CVD, AUE) mise en place serviront de canevas entre les populations et acteurs de développement.

## **BILAN PERSONNEL**

Ce stage au sein de l'UICN pour le compte du projet GWI a été très enrichissant pour moi sur le plan personnel et professionnel. J'ai pu découvrir les traits positifs du travail et de côtoyer diverses personnes prêtes à partager leur connaissance et à faire profiter de leur expérience.

J'ai pu m'intégrer facilement au sein d'une équipe dynamique, compétente composée de personnes venant de plusieurs structures (UICN, CRS, CREPA, Association Tin Tua, RECOPA), qui œuvre pour le bien et le bon déroulement des activités définies par le projet. Leur motivation a été une source d'inspiration pour moi et un premier contact très enrichissant avec le monde professionnel.

J'ai pu également profiter des sorties terrain qui m'ont permis de voir les différentes activités réalisées et celles en cours de réalisation ; ça été là encore une belle opportunité de découvrir la province du Komandjari et ses différents peuples. Je me souviens encore des nuits à la belle étoile avec des populations que je venais à peine de rencontrer ; quoi que inhabituelle c'était vraiment génial et instructif.

La tâche qui m'était confiée était bien définie ; les objectifs attendus étaient réels que je pouvais les visualiser. Le thème d'étude que j'étais appelé à traiter s'inscrivait bien dans la logique de ma formation et plus encore répondait bien avec mes attentes. J'ai eu donc beaucoup de motivation à étudier ce thème ; c'était pour moi une aubaine pour mettre en pratique mes connaissances théoriques.

Cependant il faut noter quelques difficultés rencontrées lors de l'étude. Ces difficultés sont essentiellement liées aux accès aux données. Il n'existait pas suffisamment de données concernant la zone d'étude. Il a fallu pour cela contacter plusieurs directions (DGCN, Direction de la Météo) ; tout cela m'a permis de tisser de bonnes relations dans le monde professionnel.

## **BIBLIOGRAPHIE**

**André OZER & Pierre OZER** : Désertification au Sahel : crise climatique ou anthropique ?

**BOUDET G.**, 1984 - Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Série Manuel et Précis d'élevage, N° 4, IEMVT, Minist. Coop., Paris, (4ème éd.): 266 p.

**Document de Référence APF/TOKYO-2008/09** : Impacts du changement climatique sur l'évolution et la viabilité de la réalisation des OMD sur l'ensemble du continent africain

**GWI-Burkina, Août 2010** : Enquête de base sur des pratiques de gestion des ressources naturelles des communautés.

**GWP/AO, Ouagadougou, Burkina Faso, 2009**: Capitalisation du processus d'élaboration du PAGIRE et de sa mise en œuvre au Burkina Faso.

**M. GROUZIS, J. ALBERGEL, J.P. CARBONNEL "ORSTOM," université P. et M. Curie.** Péjoration climatique au Burkina Faso effets sur les ressources en eau et les productions végétales

**N. PHILIPPON, N. MARTINY, P. CAMBERLIN, Yves RICHARD** : Impact des précipitations sur l'activité photosynthétique de la végétation en Afrique semi-aride subsaharienne, Journées de Climatologie – Nantes, 13-14 mars 2008 Climat et société : Climat et végétation.

**P. CARREGA, Equipe GVE UMR Espace, Université de Nice-Sophia Antipolis**

**P. DIELO, GIL MAHE, JEAN-EMMAUEL, PATUREL, A. DEZETTER, F. DELCLAUX, E. SERVAT & F. OUATTARA** : Relations indices de végétation.pluie au Burkina Faso: cas du bassin versant du Nakambé, Hydrological Sciences.Journal.des Sciences Hydrologiques, 50(2) avril 2005.

**Président de la Commission « Climat et société » du CNFG; Vincent DUBREUIL Equipe COSTEL UMR 6554 CNRS LETG, Université Rennes 2; Yves RICHARD UMR Centre de recherche de climatologie, Université de Bourgogne** : Climatologie et développement durable, In Revue Hist.& Géographes, n° 387 Vers une géographie du développement durable. Juillet 2004 ; pp.205-209.

**Programmation régionale du PAPISE dans le grand Est ; Mars 2004.** Rapport de la mission de pré-diagnostic dans les régions Centre-Est et Est.

**Programme National de Gestion de l'Information sur le Milieu (PNGIM)/Secrétariat Permanent du Conseil National pour la Gestion de l'Environnement, 1996.**

Nomenclature nationale pour la constitution des bases de données de l'occupation des terres.  
Document de synthèse.

**RANIA BOU KHEIR, MICHEL-CLAUDE GIRARD , AMIN SHABAN , MOHAMAD KHAWLIE, GHALEB FAOUR et TALAL DARWICH :** Apport de la télédétection pour la modélisation de l'érosion hydrique des sols dans la région côtière du Liban, Télédétection, 2001, Vol. 2, n° 2, p. 79-90

**Rapport Final GWI Octobre 2008.** Gestion intégrée des ressources en eau des bassins des affluents est des fleuves Niger et volta au Burkina Faso ; p 14-99

**REPUBLIQUE DU NIGER COMITE INTERMINISTÉRIEL DE PILOTAGE DE LA**  
**Revue conjointe 2010 de la mise en œuvre du Programme national**  
**d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement (PN-AEPA) et du Plan**  
**d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PAGIRE) [PN-**  
**AEPA/PAGIRE]**

**P.M. SAWADOGO** Gouvernance de L'Eau et Biodiversité : Cas des écosystèmes fragiles du sous bassin versant en queue de la Sirba au Burkina, mémoire Master 2010, p 55

**STRATEGIE DE DEVELOPPEMENT RURAL SECRETARIAT EXECUTIF** Etude sur l'approfondissement du diagnostic et l'analyse des systèmes de production agro-sylvo-pastoraux dans le cadre de la mise en oeuvre de la Stratégie de Développement Rural, Rapport final Décembre 2005

**V.J. MAMA et J. OLOUKOI :** Evaluation de la précision des traitements analogiques des images satellitaires dans l'étude de la dynamique de l'occupation du sol, Télédétection, 2003, vol. 3, n° 5, p. 429–441

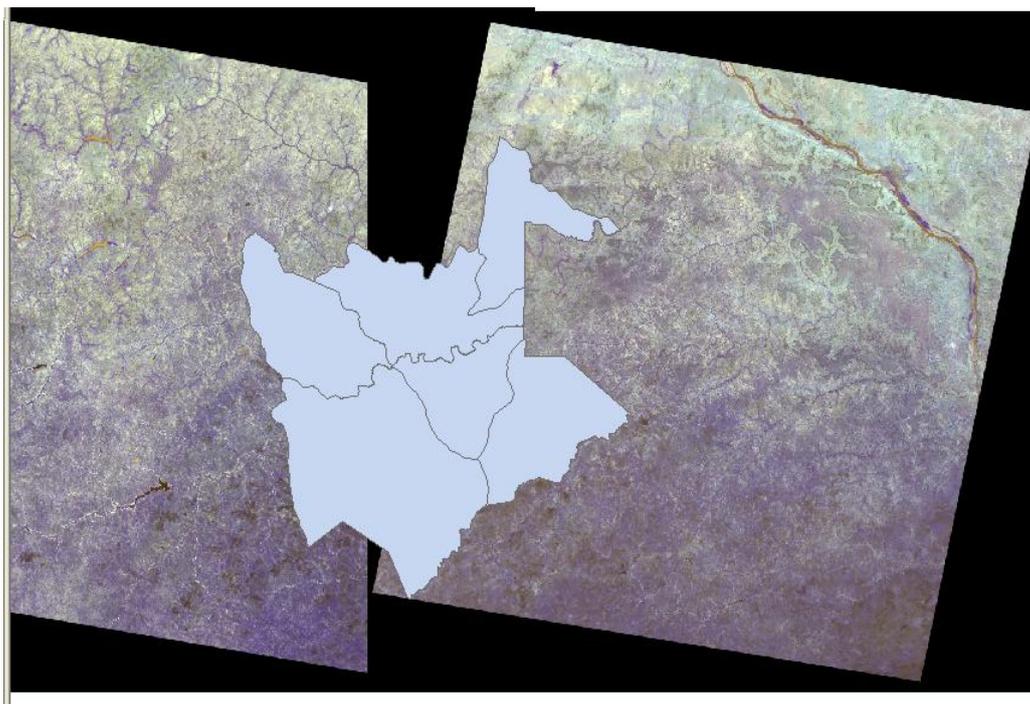
## **ANNEXES**

Annexe I: Données pluviométriques de la station de Gayéri .....	46
Annexe II: Présentation de la zone d'étude sur les deux scènes d'images .....	47
Annexe III: Extraction de la zone d'étude après mosaïcage .....	47
Annexe IV: Synthèse des résultats obtenus sur le maïs .....	48
Annexe V: Synthèse des résultats obtenus sur le Sorgho.....	49
Annexe VI : Espèces menacées de disparition dans l'espace du sous bassin versant.....	50
Annexe VII: Lexiques selon nomenclature nationale 1996 .....	51
Annexe VIII: Lexique selon Ministère des Ressources Naturelles du Canada.....	57

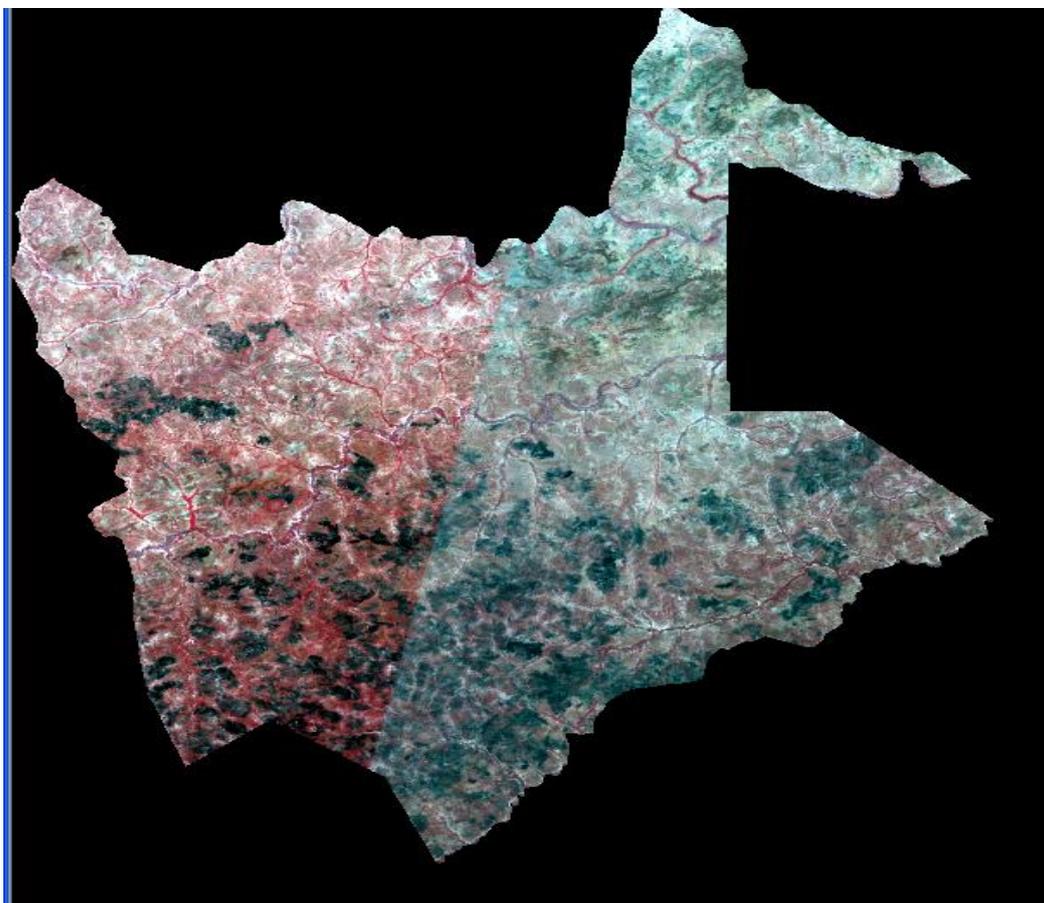
**Annexe I: Données pluviométriques de la station de Gayéri**

Année	Pluviométrie annuelle	Pluviométrie maximale journalière
1971	565,2	39,5
1972	799,9	53,1
1973	767,7	75,5
1974	699,3	70,5
1975	761,8	58,2
1976	574,7	60,2
1977	642,5	53
1978	777,3	54,5
1979	667,2	48
1980	549,5	45,1
1981	465,8	51
1982	414	44,3
1983	637,2	59
1984	553,6	52,3
1985	501,3	67,4
1986	636,7	50
1987	370,9	38,6
1988	744,4	74,5
1989	739,2	96,5
1990	512,2	65,7
1991	837	109
1992	606,2	85,5
1993	633	70
1994	707,4	70,4
1995	661,2	67,2
1996	646,2	76
1997	396,1	83,2
1998	490,8	50,1
1999	772,2	75,5
2000	682,6	55,9
2001	760,1	79,1
2002	767,3	61,5
2003	813,5	69
2004	732,1	45,9
2005	712,7	47,5
2006	629,3	53,3
2007	655,5	108
2008	729,1	75
2009	654,3	60
2010	703,5	

**Annexe II:** Présentation de la zone d'étude sur les deux scènes d'images



**Annexe III:** Extraction de la zone d'étude après mosaïcage



**Annexe IV:** Synthèse des résultats obtenus sur le maïs

villages	nombre d'exploitants	Variété du paysan						Variété améliorée					
		Fumures minerales			Fumures orgao-minérales			Fumures minerales			Fumures orgao-minérales		
		S (ha)	P (T)	R (T/ha)	S (ha)	P (T)	R (T/ha)	S (ha)	P (T)	R (T/ha)	S (ha)	P (T)	R (T/ha)
Djora	6				1,5	4,20554	2,8037				1,5	4,82497	3,22
Boala	7				1,75	4,0361	2,3063				1,75	5,78053	3,30
Carimama	4				1	0,7	0,7				1	0,958832	0,96
Bartiébougou	7	0,87	1,098836	1,25	0,87	1,2162	1,3979	0,87	1,3426	1,54	0,87	1,76387	2,03
Haaba	3	0,375	0,69444	1,85	0,375	0,7986	2,1296	0,375	0,52	1,39	0,375	0,62499	1,67
Foutouri	1	0,25	0,36944	1,478	0,25	0,461	1,844	0,25	0,5083	2,03	0,25	0,6	2,40
Lougou	3	0,375	0,59	1,57	0,375	0,93725	2,4993	0,375	0,5555	1,48	0,375	1,283	3,42
Total	31	1,87	2,752716	1,53	6,12	12,35469	2,0187	1,87	2,9265	1,56	6,12	15,836192	2,59

S : Superficie en ha

P : Production en tonnes

R : Rendement tonnes/ha

Fumure minérale : NPK + Urée

Fumure minérale : NPK + Urée + Burkina Phosphate + compost

Variété améliorée : ICSV 1049

Synthèse des résultats obtenus sur le maïs

**Annexe V: Synthèse des résultats obtenus sur le Sorgho**

village	nombre d'exploitants	Variété du paysan						Variété améliorée					
		Fumures minerales			Fumures orgao-minérales			Fumures minerales			Fumures orgao-minérales		
		S (ha)	P (T)	R (T/ha)	S (ha)	P (T)	R (T/ha)	S (ha)	P (T)	R (T/ha)	S (ha)	P (T)	R (T/ha)
Djora	7				1,75	2,596	1,48				1,75	3,158	1,6
Boala	5				1,25	2,062	1,65				1,25	3,003	2,4
Carimama	7				1,75	1,1694	0,67				1,75	1,419	0,81
Tankoualou	8	1,5	1,839	1,18	1,5	2,5897	1,72	1,5	1,805	1,5	1,5	3,053	2,05
Lougou	4	0,625	0,764	1,25	0,625	0,9467	1,57	0,625	1,111	1,8	0,63	1,411	2,31
Foutouri	2	0,25	0,313	1,25	0,25	0,4166	1,66	0,25	0,417	1,66	0,25	0,66	2,64
Haaba	5	0,625	0,868	1,39	0,625	1,2839	2,05	0,625	1,426	2,28	0,62	1,389	2,22
Bartiébougou	3	0,375	0,521	1,39	0,37	0,7638	2,03	0,375	0,79	2,1	0,37	0,938	2,5
Total	41	3,375	4,304	1,28	8,12	11,828	1,45	3,375	5,548	1,64	8,12	15,03	1,85

Source : Résultats des tests de démonstration effectués dans 9 villages du Komandjari par PICOFA

**Annexe VI : Espèces menacées de disparition dans l'espace du sous bassin versant**

<b>Famille</b>	<b>Espèce</b>	<b>statut dans le sous bassin</b>	<b>statut au plan national ou au niveau de la zone sahélienne</b>
Capparacées	<i>Crateva adansonii</i>	disparue	menace non signalée au niveau national ni au niveau de la zone sahélienne
Burséracées	<i>Boswellia dalzielii</i>	en voie de disparition	menacée
Fabacées	<i>Pterocarpus lucens</i>	disparue	menacée au plan national et au sahel
Apocynacées	<i>Saba senegalensis</i>	menacée au sahel	menace non signalée au niveau national ni au niveau de la zone sahélienne
Moracées	<i>Ficus sur</i>	disparue	menace non signalée au niveau national ni au niveau de la zone sahélienne
Mimosacées	<i>Acacia albida</i>	très menacée	menace non signalée au niveau national ni au niveau de la zone sahélienne
Capparacées	<i>Moerua crassifolia</i>	en voie de disparition	menace non signalée au niveau national ni au niveau de la zone sahélienne
Apocynacées	<i>Adenium obesum</i>	en voie de disparition	en voie de disparition au plan national
Capparacées	<i>Boscia senegalensis</i>	en voie de disparition	menace non signalée au niveau national ni au niveau de la zone sahélienne

**Annexe VII: Lexiques selon nomenclature nationale 1996**

- **Lexique sur l'occupation physique**

**CHEF-LIEU DE PROVINCE** : Agglomération abritant le siège de l'autorité provinciale.

**CHEF-LIEU DE DEPARTEMENT** : Centre abritant le siège de l'autorité départementale

**VILLAGE** : Unité territoriale habitée par un ensemble de 20 ménages au moins, reconnue par l'autorité administrative.

**CAMPEMENT** : Groupement d'habitations à caractère précaire plus ou moins régulièrement occupé, dont les occupants ont des activités professionnelles engagées dans le secteur agricole (agriculture, élevage), mais aussi piscicole, minier ou de chasse.

**ROUTE NATIONALE** : Voie de communication terrestre, de première importance, reliant deux ou plusieurs chefs-lieux de provinces et/ou desservant les pays voisins, et classée comme telle par l'administration.

**ROUTE NATIONALE REVETUE** : Route nationale dont la couche de roulement est constituée de graviers goudronnés, d'enrobés ou de pavés.

**ROUTE NATIONALE NON REVETUE** : Route nationale dont la couche de roulement est en terre.

**ROUTE REGIONALE** : Voie de communication terrestre reliant deux ou plusieurs agglomérations à l'intérieur d'une région et classée comme telle par l'administration.

**ROUTE REGIONALE A PRATICABILITE PERMANENTE** : Route régionale utilisable en toute saison.

**ROUTE REGIONALE A PRATICABILITE INTERMITTENTE** : Route régionale est temporairement interrompue.

**ROUTE DEPARTEMENTALE** : Voie de communication terrestre reliant deux chefs-lieux de département.

**CHEMIN RURAUX** : Voies de communication terrestre non classées.

**COURS D'EAU PERMANENT** : Cours suivi par l'écoulement naturel continu de l'eau à la surface du sol et drainant un secteur donné.

**COURS D'EAU TEMPORAIRE** : Cours d'eau ou partie d'un cours d'eau dont l'écoulement dépend directement des précipitations et dont le lit est complètement sec à certaines époques.

**PLAN D'EAU** : Etendue d'eau.

**BARRAGE** : Ouvrage artificiel coupant le lit d'un cours d'eau et servant à en assurer la régulation, à satisfaire les besoins en eau des populations et du bétail, à l'irrigation des cultures ou à produire de l'énergie.

**LAC** : Grande étendue d'eau douce intérieure.

**RETENUE** : barrage de dimension réduite.

**MARE** : Petite étendue d'eau dormante.

**CHAMP** : Portion de terre destinée aux cultures.

**CHAMP CULTIVE** : Parcelle de terre qui porte des traces évidentes d'un aménagement agricole.

**CHAMP NON CULTIVE** : Parcelle de terre dont les traces de culture ne sont pas évidentes mais dont la couverture végétale n'a pas la physionomie d'une formation naturelle.

**PLANTATION** : Terrain occupé par des végétaux plantés pour la production d'aliments (canne à sucre, banane, mangues, oranges ...), de boissons (rôniers), d'oléagineux (palme), de matières premières industrielles (tabac, canne à sucre ...), ou de bois.

**VERGER** : Plantation d'arbres fruitiers.

**PLANTATION FORESTIERE** : Parcelle plantée d'arbres pour la production de bois ou la régénération du milieu.

**PLANTATION AGRICOLE** : Parcelle de terre cultivée en plantes (canne à sucre, banane, tabac, ananas) qui bénéficie d'un entretien régulier.

**FORET DENSE SECHE** : Peuplement fermé avec des arbres et des arbustes atteignant diverses hauteurs (mais généralement de taille moins élevée que pour les forêts denses humides, hauteur moyenne supérieure à 10 m et recouvrement supérieur à 70%):la plupart des arbres des

étages supérieurs perdent leurs feuilles une partie de l'année (exceptionnellement ils restent sempervirents: forêt sèche sempervirente);le sous-bois est formé d'arbustes soit sempervirents, soit décidus et sur le sol se trouve ça et là des touffes de graminées.

**FORET** : Peuplement d'arbres et d'arbustes de différentes tailles.

**FORET CLAIRE** : Peuplement ouvert avec des arbres de petite et moyenne taille (hauteur moyenne supérieure ou égale à 10 m et recouvrement compris entre 40 et 70%) dont les cimes sont plus ou moins jointives, l'ensemble du couvert demeurant clair ; strate graminéenne parfois peu dense ou en mélange avec une autre végétation herbacée et suffrutescente.

**FORET GALERIE** : Toute formation forestière tributaire de cours d'eau située à proximité; on distingue les cordons rizicoles et les galeries forestières (Guinko, 1985).

**FOURRE** : Peuplement fermé formé uniquement d'arbustes et de plantes suffrutescentes, à feuillage sempervirent ou décidu, généralement difficile à pénétrer, sans tapis graminée ou avec quelques touffes isolées. Parfois ces fourrés sont formés presque uniquement de bambous (hauteur inférieure à 7 m et recouvrement supérieur à 70 %).

**BROUSSE TIGREE** : Formation buissonnante constituée de bandes de végétation arbustive dense alternant avec des plages de sol nu évoquant le pelage du tigre

**FOURRE RIPICOLE** : Fourré qui se trouve le long des cours d'eau.

**SAVANE** : Formation herbeuse comportant une strate herbacée supérieure continue d'au moins 80 cm de hauteur, qui influence une strate inférieure ; graminées à feuilles planes disposées à la base ou sur les chaumes ; ordinairement brûlée annuellement ; plantes ligneuses ordinairement présentes.

**SAVANE BOISEE** : Arbres et arbustes formant un couvert généralement clair laissant largement passer la lumière (recouvrement supérieur ou égal à 50 %).

**SAVANE ARBOREE** : Arbres et arbustes disséminés parmi le tapis herbacé (recouvrement entre 20 et 50 % avec strate arborée inférieure à supérieure à 10%).

**SAVANE ARBUSTIVE** : Uniquement arbustes disséminés dans le tapis herbacé (recouvrement entre 10 et 50 % et strate arborée inférieure à 10 %).

**SAVANE HERBEUSE** : Arbres et arbustes ordinairement absents (recouvrement inférieure à 10%), uniquement tapis herbacée.

**STEPPE** : Formation herbeuse ouverte, parfois mêlée de plantes ligneuses ; généralement non parcourues par les feux. Les graminées sont annuelles et accompagnées de plantes vivaces largement espacées, n'atteignant généralement pas 80 cm, à feuilles étroites, enroulées ou pliées, principalement disposées à la base.

**STEPPE ARBOREE ET/OU ARBUSTIVE** : Steppe avec arbres et/ou arbustes.

**STEPPE HERBEUSE** : Steppe sans arbres ou arbustes.

**PRAIRIE** : Formation herbeuse des milieux humides où dominant les graminées.

**PRAIRIE AQUATIQUE** : Formation herbeuse des eaux dormantes ou courantes.

**PRAIRIE MARECAGEUSE** : Formation herbeuse sur sol gorgé d'eau plus ou moins en permanence.

**SOL DENUDE** : Sol dégarni de couvert végétal sans trace d'érosion apparente.

**SOL ERODE** : Sol dégradé par l'action de l'eau ou du vent.

**AFFLEUREMENT ROCHEUX** : Partie du substratum visible à la surface du sol.

**CUIRASSE** : Matériau meuble cimenté par les oxydes de fer ou les hydroxydes de fer ou les hydroxydes d'aluminium, parfois des oxydes de manganèse; le cuirassement est un phénomène particulier en domaine tropical. La cuirasse affleurant est le résultat du travail de l'érosion (décapage, ablation)

**ARBRE** : Plante ligneuse de taille égale ou supérieure à 7 m.

**ARBUSTE** : Plante ligneuse de 4 à 7 m de hauteur et à tiges simples.

**ARBRISSEAU** : Plante ligneuse de 4 à 7 m de hauteur et à tiges multicaules ou ramifiées à une très faible hauteur de la base.

**SOUS-ARBRISSEAU** : Plante ligneuse de moins de 4 m de hauteur.

- **Lexique sur l'utilisation fonctionnel**

**HABITAT** : Ensemble et arrangement des habitations dans un espace donné.

**PECHE** : Lieu de prélèvement et/ou de distribution de poissons.

**CHASSE** : Espace destiné au prélèvement du gibier.

**TOURISME et LOISIRS** : Espace dont l'agrément ou le pittoresque attire des visiteurs.

**AIRE PROTEGEE** : Espace délimité et protégé par des textes juridiques et coutumiers.

**MINES** : Zone où on exploite des substances utiles (autres que les matériaux rocheux) soit à ciel ouvert, soit par puits et galerie.

**CARRIERE** : Terrain où on extrait à ciel ouvert des matériaux rocheux.

**AIRES DE PARCOURS** : Espace comprenant les pâturages et les points d'eau utilisés pour l'alimentation et le déplacement du bétail.

**CULTURE VIVRIERE** : Culture dont le producteur consomme l'essentiel ou la totalité des produits.

**CULTURE DE RENTE** : Culture dont le producteur vend l'essentiel ou la totalité des produits.

**ARBORICULTURE** : Culture des arbres ou des arbustes en vue d'un revenu. Elle s'exprime par des vergers ou des plantations; introduit une longue durée dans les activités agricoles.

**CULTURE MARAICHERE** : Culture intensive consacrée à la production de légumes ou de petits fruits.

**EXPLOITATION DES LIGNEUX** : Activité artisanale ou industrielle pour la production de bois et la valorisation des ligneux.

**PRODUCTION ANIMALE** : Activité visant l'entretien et la reproduction d'animaux domestiques pour l'autoconsommation et/ou le marché.

**JACHERE** : Terre mise en repos pendant une certaine durée, à l'intérieur d'une rotation des cultures.

- **Lexique sur la géomorphologie**

**PLAINE** : Région où les interfluves sont réduits à des reliefs très faibles. C'est une étendue de zone plane faiblement ondulée, généralement assez vaste et moins élevée que les terrains environnants.

**PLAINE ALLUVIALE** : Surface continentale étendue plane et peu élevée, ou dépression allongée, parcourue par des cours d'eau, avec accumulation d'alluvions.

**BAS-FOND** : Terrain bas enfoncé. Endroit peu profond dans un lac, un cours d'eau, une mer. Désigne généralement le lit majeur d'un cours d'eau peu encaissé avec un secteur inondable saisonnièrement et un secteur exondé seulement sous l'eau pendant les crues exceptionnelles.

**PLATEAU** : Surface de terrain plane ou faiblement inclinée dans un seul sens entaillée ou délimitée par des vallées assez encaissées. Un plateau peut être tabulaire (lorsque sa surface est particulièrement plane) ou ondulé (lorsque de petits vallons, affluents des rivières principales viennent découper sa surface).

**PLATEAU GRESEUX** : Plateau dont le substratum lithogique est constitué de grès (roche sédimentaire quartzeuse).

**PLATEAU A RECOUVREMENT DE CUIRASSE** : Plateau dont le sommet est formé de cuirasse généralement ferrugineuse dont l'origine est liée à des migrations et des dépôts d'oxydes de fer, d'alumine et d'argile kaolinitique.

**GLACIS** : Pente douce et unie se développant dans des roches tendres, les vieux granites altérés, les schistes et les grès friables dans les régions tropicales à saison sèche au pied des reliefs importants par ruissellement diffus et érosion aréolaire. C'est une forme de relief consistant en surface plane et peu inclinée (quelques degrés)

On distingue :

**Les glacis cuirassés** : qui sont généralement anciens et, les sols sont indurés à faible ou moyenne profondeur.

**Les glacis non cuirassés** qui sont récents et encore fonctionnels portant des sols profonds.

**COLLINES** : Reliefs issus de la forte dissection d'un plateau. On parle encore de chaînes de collines lorsqu'elles s'étendent sur des dizaines voire des centaines de kilomètres. C'est le cas

par exemple des collines barrémiennes à roches volcano-sédimentaires aurifères : (Arc Korsimoro-Kaya-Kongoussi).

Ces collines peuvent être recouvertes de cuirasse en leur sommet : on parle de colline à **sommet cuirassé**. Quand la cuirasse a été démantelée, le **sommet est dit non cuirassé**. Les sommets cuirasses sont généralement tabulaires et les sommets non cuirassés sont arrondis.

**BUTTES** : Petites collines isolées ; on parle aussi de butte témoin pour désigner une butte représentant sur une plate forme démantelée par l'érosion, les restes du relief ancien.

**BUTTES À SOMMET NON CUIRASSE** : sont des buttes dont le sommet est constitué de matériaux lithologiques. Il s'agit généralement de granite, plus rarement de schistes.

**BUTTE À SOMMET CUIRASSE OU BUTTE CUIRASSEE**: une dalle de cuirasse ferrugineuse ou bauxitique fossilisant le sommet.

**BUTTE ROCHEUSE**: Dalle de roche fossilisant le sommet

**TALWEG** : ligne joignant les points les plus bas d'une vallée. Dans des vallées drainées, le lit de la rivière coïncide généralement avec le talweg

**TALUS** : Versant rocheux à pente abrupte avec formation d'éboulis à la base.

**Annexe VIII**: Lexique selon Ministère des Ressources Naturelles du Canada

- **Lexique des termes sur la télédétection**

**REECHANTILLONNAGE D'IMAGE** : Technique de correction géométrique utilisée en traitement numérique des images.

**PLUS PROCHE VOISIN** : Technique de rééchantillonnage par laquelle est calculé l'indice de luminance du pixel d'une image corrigée à partir de l'indice de luminance du pixel le plus rapproché de ce pixel dans l'image d'entrée.

Grâce à un procédé d'interpolation, les valeurs des pixels de sortie sont obtenues comme des fonctions des valeurs des pixels d'entrée combinées à la distorsion calculée. Les techniques de

rééchantillonnage les plus communément utilisées sont le plus proche voisin, l'interpolation bilinéaire et la convolution cubique.

**COMPOSITION COLOREE FAUSSES COULEURS :** Une image dont les bandes spectrales sont affichées dans une combinaison de couleurs différentes des couleurs d'acquisition. C'est une méthode pour afficher des images multibandes. L'assignation de trois bandes spectrales d'une image aux couleurs de base rouge, vert et bleu (RVB) permet de produire une image couleur. La bande spectrale couvrant la longueur d'onde du bleu est souvent affectée par les effets atmosphériques, tels que le brouillard, c'est pourquoi elle est peu utilisée. Lorsque la longueur d'onde des bandes spectrales d'une image ne correspond pas à celle des couleurs RVB, l'image affichée n'apparaît pas en couleurs naturelles, mais plutôt en fausses couleurs. Par exemple, la végétation pourrait être observée en diverses teintes de bleu, rouge, vert ou jaune, alors que sa couleur naturelle est verte. Ce type d'image est utile pour l'extraction d'information qui ne peut être identifiée dans une image en couleurs naturelles, par exemple l'information sur l'état et les types de végétation.

**SIGNATURE SPECTRALE :** Distribution en fréquence du rayonnement réfléchi ou émis par un la signature d'une classe est une mesure quantitative des propriétés spectrales d'une classe dans une ou plusieurs classes spectrales. La signature d'une classe inclut la valeur minimale, la valeur moyenne et la valeur maximale ainsi qu'une matrice de covariance.

**ZONE D'ENTRAINEMENT (OU SITE D'ENTRAINEMENT) :** Élément ou région identifiée d'une image formant un ensemble de comparaison pour la classification automatique des éléments de cette image. Un site d'entraînement est un petit échantillon d'une région homogène choisie par l'analyste avant d'effectuer la classification. Chaque site est identifié à partir d'une carte, de données de terrain ou d'autres sources (cartes d'utilisation des sols). Les sites d'entraînement doivent être exempts d'anomalies et être suffisamment grands pour constituer une bonne représentation statistique. Il doit aussi y avoir un nombre suffisant de sites afin de prendre en considération les variations locales de la classe (par exemple : l'âge, la santé des cultures, les méthodes agricoles, le teneur en humidité, etc.). Le choix des sites d'entraînement doit se faire de façon à éviter les bordures où les pixels sont formés de la rétrodiffusion de cibles diverses (pixels mélangés), et également de façon à éviter les discontinuités telles les routes, les lignes de transmission, les édifices, les cultures temporaires, etc. Une fois sélectionné, le site d'entraînement servira à générer la signature spectrale de chaque classe définie.

**TRAITEMENT D'IMAGE** : Ensemble des diverses opérations de traitement des données de photographie ou d'image, incluant notamment la compression d'image, la restauration d'image, l'accentuation d'image, le prétraitement, la quantification, le filtrage spatial et toutes autres techniques de reconnaissance de formes de l'image.

**CLASSIFICATION DIRIGEE**: Procédure utilisée pour l'identification de zones « spectralement similaires » d'une image. On identifie d'abord des sites d'entraînement dont on extrait la signature spectrale et à partir desquels on extrapole pour le reste de l'image. La classification dirigée est basée sur une connaissance *a priori* de la position et de la nature d'un thème quelconque de l'image. Cette connaissance peut être acquise par travail de terrain, photographie aérienne ou par toute autre source d'information indépendante. Les sites d'entraînement (généralement de petites surfaces isolées par rapport à l'image entière), sont utilisées pour « entraîner » l'algorithme de classification à reconnaître les différents thèmes en fonction de leur signature spectrale telle que définie sur l'image. Pour un thème en particulier, les sites d'entraînement doivent être représentatifs de toute la variabilité du thème observée sur l'image. Des variables environnementales, telles que le type de sol, la teneur en humidité et la santé de la végétation, peuvent modifier la signature spectrale d'un thème et de ce fait, affecter la précision de la carte classifiée résultante.

Plusieurs aspects doivent être pris en considération lorsqu'on effectue une classification dirigée. On doit d'abord déterminer le plan de classification approprié. Ensuite, les sites d'entraînement doivent être choisis pour chacun des thèmes et on doit calculer les statistiques. On choisit ensuite l'algorithme de classification approprié et on classe chaque pixel de l'image (incluant ceux qui ont servi aux sites d'entraînement). Finalement, on évalue la précision de la classification.

Plusieurs types de classification ont été développés pour les données de télédétection. Les différences entre ces types de classification résident dans leur capacité à tenir compte de la variabilité de l'information de télédétection. Un des algorithmes les plus utilisés est celui de l'USGS (United States Geological Survey). Ce Land Use/Land Cover Classification System comporte quatre niveaux de classification et met l'accent sur les ressources plutôt que sur les gens et leurs activités. Chaque niveau de classification tient compte de certaines caractéristiques de l'image telles que la résolution.

Parmi les algorithmes de classification les plus fréquemment utilisés l'on retrouve : celui de la distance minimale à la moyenne, celui du parallélépipède et celui du maximum de vraisemblance gaussienne. L'algorithme de la distance minimale à la moyenne utilise la valeur moyenne de chacun des sites d'entraînement de l'image. Chaque pixel de l'image est ensuite comparé aux moyennes de chaque site d'entraînement utilisé dans la classification. Le pixel sera assigné au thème dont la distance euclidienne à la moyenne est la plus petite. L'algorithme du parallélépipède utilise un vecteur moyen plutôt qu'une simple valeur moyenne. Le vecteur définit les limites inférieures et supérieures des thèmes auxquels le pixel sera comparé. Si la valeur du pixel est à la fois au-dessus du minimum et au-dessous du maximum d'une classe, il est assigné à celle-ci. Si le pixel ne se situe à l'intérieur des limites d'aucuns vecteurs, il est alors assigné à la classe « nulle » (qui contient les pixels non classifiables). L'algorithme du maximum de vraisemblance gaussienne évalue la variance et la co-variance de chacun des thèmes. En tenant compte du vecteur moyen et de la matrice de co-variance, l'algorithme calcule la probabilité statistique d'un pixel d'appartenir à une classe. Le pixel est assigné à la classe détenant la probabilité la plus élevée.

**FILTRE MEDIAN** : Le filtre médian préserve l'information texturale plus efficacement que le filtre moyenne. Toutefois, le filtre modifie l'information radiométrique et ne préserve pas la signature des cibles ponctuelles. Lorsqu'on se sert de ce filtre comme filtre spatial, il préserve bien les arêtes tout en lissant des données.

**VALUS** : Terme en anglais (signifiant « valeur ») qui désigne les valeurs des pixels d'une carte image classifiée. Ces valeurs servent à constituer la base de données. Ce sont elles qui servent à remplir les champs dans la base de données.

**BASE DE DONNEES** : Banque d'information de données apparentées se présentant habituellement sous une forme numérique organisée de telle sorte que la récupération et la mise à jour des informations peuvent se faire de façon sélective et efficace.