

MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE  
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
(MESSRS)

-----  
UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO  
(U.P.B)

-----  
INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL  
(IDR)



N° d'ordre...../2009

BURKINA FASO

Unité -Progrès -Justice

## **MÉMOIRE DE DEA**

Présenté par, MIDEKOR Akoly Agblévi

En vue de l'obtention du **Diplôme d'Études Approfondies** en

Gestion Intégrée des Ressources Naturelles,

Option : **Production animale**, Spécialité: **Nutrition et Alimentation Animale**

### **Thème**

**Cartographie des utilisations du sol et des ressources en eau et analyse  
des perspectives associées à l'élevage dans le bassin du Kou.**

Devant le jury composé de :

**Président :**

**Pr Aimé Joseph NIANOGO**, Maître de Conférences, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso

**Membres :**

**Pr Hassan Bismarck NACRO**, Maître de Conférences, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso

**Dr Salam R. KONDOMBO**, Attaché de Recherche, INERA

**juillet, 2009**

## **DEDICACE**

A toi Jésus Christ mon Seigneur et mon sauveur.

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail qu'il me soit permis d'exprimer mes plus vifs remerciements à :

Ma très chère femme Hazara née Damiba et à mes enfants bien aimés David, Eliab et Johan pour leurs soutiens pendant ce travail.

Monsieur Aimé Joseph NIANOGO, Professeur Maître de Conférences à l'Université Polytechnique de Bobo, Directeur Régional de l'Union Mondiale pour la Nature (UICN), qui malgré ses multiples occupations a bien voulu m'encadrer et surtout m'a guidé tout le long de ce travail.

Monsieur Bismarck H. NACRO, Professeur Maître de Conférences à l'Université Polytechnique de Bobo et Monsieur Salam R. KONDOMBO, Docteur Attaché de Recherche à l'INERA pour avoir accepté de juger ce travail afin de nous permettre de le parfaire.

Monsieur Joost WELLEN, Coopérant technique du projet GEeau /APEFE qui m'a accueilli au sein du projet GEeau et qui a tout mis à ma disposition pour la réalisation de ce travail.

Monsieur Diallo Mamadou, Président de l'AEDE pour ses soutiens multiformes et ses encouragements.

Monsieur Didier BAZZO, Géographe à l'Observatoire de l'eau de la Guinée pour m'avoir initié à l'utilisation du logiciel Envi.

Monsieur Matthieu OUADIO du projet PAGREN pour ses précieuses informations et pour les données mises à ma disposition.

Monsieur Nestor F. COMPAORE du Programme VREO pour ses conseils et pour avoir accepté de relire ce document.

Monsieur Nicolas GARDIN Coopérant technique du projet ESO/APEFE pour avoir mis à ma disposition des données et des documents.

Monsieur Valentin IOGO Gestionnaire de la base de données du programme VREO pour ses différentes contributions combien utiles pour la réalisation de ce travail.

Monsieur Elie SAURET Doctorant au sein du projet ESO pour avoir relu ce document.

Monsieur Traoré Farid Doctorant au sein du projet GEeau pour avoir accepté de relire ce document.

Mme Emilie Landois de ITT France pour ses différentes aides et explications lors de l'utilisation du logiciel Envi.

Tous ceux (Messieurs Ouédraogo Moussa et Sanou André, Mesdames Ouédraogo née Barro, et Madame Bationo née Kantiono Madelaine) des Directions Régionales et Provinciales des Ressources animales et de la Direction Provinciale de l'Agriculture de l'Hydraulique et des

Ressources Halieutiques qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce travail.

Messieurs Bréhima SAWADOGO et Martial NITCHE pour leurs différentes aides.

Nous ne voudrions pas non plus oublier tous ceux qui nous ont aidés, soutenu ou encouragé tout au long de notre formation et durant ce travail. Qu'ils retrouvent en ces lignes l'expression de nos remerciements.

## RESUME

Le bassin versant du Kou avec sa multiplicité d'usages et d'usagers connaît de grands changements et de sérieuses modifications au niveau de ses ressources, notamment les ressources en eau. Cette situation est source de conflits potentiels entre les différents usagers (entre les agriculteurs eux-mêmes, entre les agriculteurs et les éleveurs surtout). Il est important dans un premier temps de faire l'état des différentes occupations du bassin par la télédétection à travers l'élaboration d'une méthodologie cartographique.

Deux scènes d'images satellitaires Landsat 7 ETM+ de l'année 2000 couvrant le bassin du Kou ont été utilisées :

- Image de gauche : 11197052\_05220001216 (16 décembre 2000) (path:197 et row:052)
- Image de droite : 171196052\_05220001107 (07 novembre 2000) (path:196 et row:052)

Le logiciel de télédétection Envi (the Environment for Visualizing Images) et le logiciel de Système d'Information Géographique ArcGIS (ArcView 9) ont été utilisés pour l'élaboration de la méthodologie et les différentes cartes thématiques réalisées.

Cette étude a permis de dénombrer 441 puisards agricoles en majorité le long du Kou, 146 forages dont 90 fonctionnels pour l'alimentation humaine, 15 points d'eau pastoraux (ou abreuvement) dont 4 situés sur le Kou et deux AEPS pastoraux non fonctionnels.

Les espaces agricoles sont bien délimités alors qu'aucune zone exclusivement pastorale n'existe dans le bassin à part la zone réservée pour le pâturage saisonnier dans la forêt classée de Dinderesso.

Il ressort que 19,24% des terres du bassin sont constitués par les champs cultivés ou des friches. La maraîcher-culture occupe 1,11% des terres. Le pâturage dans la forêt classée de Dindéresso représente 2350 hectares (1,29%). D'intenses activités d'élevage sont menées dans la ville de Bobo-Dioulasso et sa périphérie mais aucune statistique complète n'existe à l'heure actuelle.

La télédétection et le SIG constituent des outils importants dans le suivi des changements, de l'utilisation et de la gestion des ressources naturelles.

Mots clés : Eau, agriculture, élevage, télédétection, SIG,

## ABSTRACT

The catchment area of Kou with its multiplicity of uses and users knows great changes and serious modifications on the level of its resources, in particular the water resources. This situation causes potential conflict between the various users (between the farmers themselves, the farmers and the livestock's holders especially). For these reasons, it is important to conduct a survey on the various land occupations of the basin by remote sensing through the development of a mapping methodology.

Two scenes of satellite images Landsat 7 ETM+ of the year 2000 covering the basin of Kou were used:

- Image of left: I1197052\_05220001216 (December 16, 2000) (path:197 and row:052)
- Image of right-hand side: I71196052\_05220001107 (November 07, 2000) (path:196 and row:052)

Remote sensing software Envi (the Environment for Visualizing Images) and the Geographical Information System (GIS) software ArcGIS (ArcView 9) were used for the development of methodology and the different maps. The established methodology comprises 18 steps grouped in 3 great phases.

This study made it possible to count 441 agricultural wells situated in majority along Kou river, 146 drillings including 90 functional for the human consumption, 15 pastoral water points including 4 located on Kou river and two simplified pastoral drinkable water conveyance systems that are non-functional.

Agricultural spaces are well delimited whereas there is no determined pastoral zone in all Kou basin except for the seasonal pasture delimited by PAGREN Project in the classified forest of Dinderesso.

The cultivated fields or of the waste lands occupy 19,24% of the grounds of the basin. The gardening farming represents 1,11%. The pasture in the classified forest of Dinderesso occupies 2350 hectares (1,29%). Intense activities of breeding are undertaken in the town and its periphery but no complete statistics exists at the present time.

The remote sensing and GIS constitute useful tools in the follow-up of the changes, the use and the management of natural resources.

Key words: Water, agriculture, breeding, remote sensing, SIG,

## TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	ii
Remerciements .....	iii
Résumé .....	v
Abstract .....	vi
Table des matières .....	1
Liste des tableaux .....	3
Liste des figures .....	4
Liste des abréviations et des acronymes. ....	5
Introduction .....	7
PREMIERE PARTIE .....	9
1. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE DE LA PROBLEMATIQUE LIEE A LA GESTION ET L'UTILISATION DE L'EAU.....	10
1.1. Présentation de la zone d'étude: le bassin du Kou.....	10
1.1.1. Situation géographique et Climat.....	10
1.1.2. Géologie .....	11
1.1.3. Topographie et Pédologie.....	12
1.1.4. Ressources forestières et utilisation de la terre .....	12
1.1.5. Faune .....	13
1.1.6. Milieu humain et cadre institutionnel.....	13
1.1.7. Hydrographie.....	16
1.2. Problématique de la gestion et de l'utilisation de l'eau dans le bassin du Kou.....	16
1.3. Généralités sur la télédétection et le système d'information géographique (SIG)....	20
1.3.1. Télédétection .....	20
1.3.1.1. Origine.....	20
1.3.1.2. Principe.....	21
1.3.1.3. Objectifs et domaines d'application de la télédétection.....	21
1.3.2. Le Système d'Information Géographique (S.I.G.) .....	22
1.3.2.1. Origine.....	22
1.3.2.2. Domaines d'utilisation de la télédétection et le SIG .....	22
DEUXIEME PARTIE .....	23

2. ETUDE CARTOGRAPHIQUE DES OCCUPATIONS DU SOL DU BASSIN DU KOU PAR TELEDETECTION ET ANALYSE DE L'UTILISATION DE LA RESSOURCE EAU PAR LES UTILISATEURS.....	24
2.1. Contexte et objectifs de l'étude.....	24
2.1.2. Les objectifs de l'étude .....	24
2.1.2.1 Objectif global.....	24
2.1.2.2. Objectifs spécifiques .....	24
2.2. Matériels et Méthodes .....	24
2.2.1. Outils et matériels.....	24
2.2.1.1. Outils .....	24
2.2.2. Démarche méthodologique .....	26
2.2.2.1. Phase 1 : Travaux préparatoires de bureau.....	26
2.2.2.2. Phase 2 : travaux de terrain .....	29
2.2.2.3. Phase 3 : travaux post terrain .....	29
2.2.3. Enquête sur l'élevage.....	31
3. RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	32
3.1. Cartographie des activités agro-pastorales dans le bassin.....	32
3.1.1. L'agriculture.....	34
3.1.2. L'élevage.....	35
3.1.2.1. Le bétail et les systèmes de production animale dans le bassin du Kou .....	35
L'embouche bovine et des petits ruminants.....	38
La production laitière .....	38
La Commercialisation du bétail .....	38
3.1.2.2. Les pâturages.....	39
3.1.2.3. L'hydraulique pastorale.....	40
3.2. Cartographie des ressources et de leur utilisation .....	41
3.3. Discussions.....	45
Conclusions et perspectives .....	50
Références Bibliographiques.....	52
ANNEXES .....	60



## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Cheptel des villages du bassin du Kou appartenant au département de Bama .....	15
Tableau 2 : Répartition des différentes formations paysagères.....	34
Tableau 3: Niveau d'utilisation des ressources en eau.....	42
Tableau 4 : Les caractéristiques des capteurs et images Landsat.....	70

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du bassin du Kou.....	10
Figure 15 : Carte d'occupation des sols du bassin du Kou .....	32
Figure 16 : Cartographie des points d'eau pastoraux du bassin versant du Kou .....	41
Figure 17: Cartographie des ressources en eau du bassin versant du Kou.....	43
Figure 18 : Cartographie de l'utilisation des ressources en eau du bassin.....	44
Figure 2 : Evolution de la température à Bobo-Dioulasso pour la période de 1998-2005.....	61
Figure 3 : Evolution climatique de la ville de Bobo-Dioulasso – Fluctuation des précipitations annuelles.....	61
Figure 4 : Evolution climatique de la ville de Bobo-Dioulasso – Evapotranspirations journalières.....	62
Figure 5 : Moyenne mensuelle de l'humidité relative à Bobo-Dioulasso.....	62
Figure 6 : Carte géologique du bassin du Kou .....	63
Figure 7 : L'hydrographie du bassin versant du Kou.....	64
Figure 8 : Le bassin du Kou vu dans les différentes bandes de Landsat 7 ETM+ .....	65
Figure 9 : Composition colorée fausse vraie couleur 321 à partir de deux (02) scènes de Landsat ETM+ de l'année 2000.....	66
Figure 10 : Composition colorée 432 à partir de deux (02) scènes de Landsat ETM+ de l'année 2000 .....	67
Figure 11 : Composition colorée 741 ayant servi à délimiter la ville de Bobo-Dioulasso .....	68
Figure 12 : Composition colorée 751 ayant servi à délimiter les plantations d'anacarde et d'eucalyptus .....	68
Figure 13 : Composition colorée 432 avec application de masques inversés .....	69
Figure 14 : Signatures spectrales extraites à partir des régions d'intérêt.....	69

## **LISTE DES ABREVIATIONS ET DES ACRONYMES.**

AEDE	Association Eau Développement et Environnement
AEPS	Adduction d'Eau Potable Simplifiée
APEFE	Association pour la Promotion de l'Education et de la Formation à l'Etranger
APIPAC	Association des Professionnels de l'Irrigation Privée et des Activités Connexes
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
BERA	: Bureau d'Etude et de Recherches Appliquées
BDOT	Base de Donnée d'Occupation des Terres
BDRESO	Base de Données du Programme des Ressources en Eau du Sud Ouest
CAO	Conception Assisté par Ordinateur
CCT	Centre Canadien de la Télédétection
CGIS	Système d'Information Géographique du Canada
CIC-B	Comité Inter-professionnel des Céréales du Burkina
CIR-B	Comité Inter-professionnel du Riz du Burkina
CLE-K	Comité Local de l'Eau du Kou
C.N.I.G.	Conseil National de l'Information Géographique
DAO	Dessin Assisté par Ordinateur
DSAP	Direction des Statistiques Agro-Pastorales
ENVI	Environment for Visualizing Images
ERS	European Remote Sensing satellite system
ETM+	Enhance Thematic Mapper Plus
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FAPAQ	Société de la Faune et des Parcs du Québec
FIT	Front InterTropical
FNPP	Programme de Partenariat entre les Pays-Bas et la FAO
FOV	Field Of View
GEeau	Projet Gestion de l'eau
GPS	Global Positionning System
Hbts	Habitants
ICCN	Institut Congolais pour la Conservation de la Nature
IDL	Interactive Data Langage
IDR	Institut du Développement Rural
IFOV	Instantaneous Field Of View

INSD	Institut National de la Statistique et de la Démographie
IRFA	Institut de Recherche Fruits et Agrumes
IRS	Indian Remote Sensing
IWACO	Bureau Néerlandais d'étude en eau et environnement
Km <sup>2</sup>	Kilomètre carré
MRA	Ministère des Ressources Animales
Mm <sup>3</sup>	Million de mètre cube
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
ONEA	Office National des Eaux et l'Assainissement
ORD	Office Régional de Développement
PAFDK	Projet d'Aménagement Participatif des Forêts Classées de Dindéresso et du Kou
PAGREN	Projet d'Aménagement et de Gestion des Ressources Naturelles
PNAF	Programme National d'Aménagement des Forêts
RESO	Ressources en Eau du Sud Ouest
RSI	Research Systems Inc
SAWES	Sahelian Agency for Water Environment and Sanitation
SIG	Système d'Information Géographique
SOFRECO	Société Française de Réalisation Etudes et Conseils
SPAI	Sous Produits Agro Industriels
SPOT	Système Probatoire Observation Terre (Satellite Pour l'Observation de la Terre)
UICN	Union Mondiale pour la Nature
US	United States
UBT	Unité Bétail Tropical
UCRB	Union des Coopératives Rizicoles de Bama
UFMB	Union Fruitière et Maraîchère du Burkina
UNPC	Union Nationale des Producteurs de Coton
VREO	Valorisation des Ressources en Eau de l'Ouest
ZATE	Zone d'Appui Technique d'Elevage

## INTRODUCTION

L'eau est essentielle pour la vie, l'eau c'est la vie. Son besoin est crucial pour l'agriculture, l'homme, les animaux. Elle est essentielle pour assurer l'intégrité et le maintien des écosystèmes de la terre (ou de la biosphère). Il apparaît indéniable que les hommes et les animaux ne peuvent pas vivre sans l'eau.

L'accroissement de la population jumelée à l'augmentation du standing de vie fait croître la demande en eau pour les besoins domestiques, agricoles et industriels. L'eau est un apport essentiel aux cultures et à l'élevage. Si dans certaines régions les activités agricoles dépendent uniquement des précipitations pour leur apport d'eau, d'autres régions sont fortement assujetties à l'irrigation. Cela peut s'expliquer par les facteurs climatiques et les besoins des cultures, les types de productions (contre saison) ou encore par le désir d'accroître le rendement de ces cultures.

Devant les besoins croissants des différentes utilisations et usagers dans le bassin du Kou, avec des ressources en eau qui se raréfient, il est important d'apprécier l'intensification de l'utilisation de cette ressource eau à des fins agricoles pour apprécier l'impact sur la disponibilité de l'eau pour les autres usagers (dont l'élevage notamment). Sur le plan agricole l'appréciation de l'intensification de l'utilisation se mesure par les spéculations et l'utilisation de l'espace à des fins d'irrigation. Sur le plan pastoral, cette utilisation est appréciée sur la base du cheptel et de son système d'alimentation. Au niveau humain, elle est liée à la population exploitant cette ressource au niveau du bassin surtout au niveau de la grande agglomération qu'est la ville de Bobo-Dioulasso.

A l'échelle du bassin versant du Kou couvrant une superficie de 1823 km<sup>2</sup>, pour avoir une vue synoptique de son occupation et de son utilisation, l'approche traditionnelle d'enquête, d'enquêtes ponctuelles de type rapid survey seraient très fastidieuses, voire impossible si nous voulions avoir l'appréciation de cette occupation à un moment donné. C'est la raison pour laquelle l'utilisation de la science de la télédétection s'avère utile et importante comme méthode à adopter.

En effet l'accélération des progrès technologiques au cours des dernières décennies du vingtième siècle a contribué à la prise de décisions avisées dans le domaine de l'environnement, de la gestion des ressources, de l'agriculture et du développement rural. La télédétection, c'est-à-dire les technologies géospatiales d'observation à partir de plates-formes

aériennes et spatiales, est l'un de ces progrès récents. Elle permet de surveiller l'évolution de la surface terrestre (**Boureau et al., 1990 ; Gond et al, 1997**).

Les observations faites à partir d'altitudes situées entre 100 m et 36 000 km donnent un aperçu unique et permettent l'identification d'importantes unités et de relations entre elles. Il n'aurait jamais été possible d'obtenir un tel aperçu à partir de simples observations de terrain (<http://knowledge.cta.int/fr/content/view/full/1092>). L'observation de la terre à de telles altitudes, permet d'avoir non seulement une vue synoptique mais aussi donne la possibilité de faire une étude précise sur l'environnement sur plusieurs aspects.

Dans le bassin du Kou, on note une variabilité dans l'occupation et dans l'utilisation de la terre et des ressources naturelles (l'eau, les ressources végétales et fauniques).

Ce bassin connaît de grands changements à cause des différentes utilisations et d'une gestion non contrôlée de ses ressources. Pour avoir une vue synoptique d'un tel bassin et étudier ses changements en fonction du temps et de manière rapide, l'utilisation de la télédétection et de la cartographie sont incontournables. D'où l'importance de cette approche qui permettra d'asseoir une méthodologie d'élaboration cartographique à partir des données numériques satellitaires (Landsat 7 ETM+), laquelle méthodologie permettra d'avoir la situation d'ensemble de tout le bassin versant à un moment bien précis.

La présente étude comporte deux parties : la première partie est constituée d'une revue bibliographique sur la problématique de l'eau dans le bassin du Kou et la télédétection. Quant à la seconde partie, elle est consacrée à l'étude cartographique des occupations du sol du bassin du Kou par télédétection et analyse de l'utilisation de la ressource eau par les utilisateurs.

# PREMIERE PARTIE

# 1. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE DE LA PROBLEMATIQUE LIEE A LA GESTION ET L'UTILISATION DE L'EAU

## 1.1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE: LE BASSIN DU KOU

### 1.1.1. Situation géographique et Climat

Le bassin versant du Kou est localisé dans la région des Hauts Bassins, dans la province du Houet. Il couvre en partie les départements de Bama, Bobo-Dioulasso et de Péné. D'une superficie de 1823 km<sup>2</sup>, il est situé entre 4°40' et 4°10' N de longitude Ouest ; 11° et 11°30' de latitude Nord (Figure 1).



Figure 1 : Localisation du bassin du Kou



Le climat de la zone d'étude est de type tropical, sud-soudanien. Il est caractérisé par deux saisons bien distinctes : une saison sèche de novembre à avril et une saison pluvieuse de mai à octobre. Depuis 1970, la zone se situe dans une phase sèche jouant ainsi un rôle prépondérant sur les températures et la pluviométrie laissant apparaître des phénomènes extrêmes de sécheresse et d'inondations. Depuis une quarantaine d'années, la tendance de la pluviosité est à la baisse, avec des périodes de sécheresse accrue, spécialement dans les années 80 et une période d'amélioration entre 1985 et 1995.

L'alternance saisonnière est commandée par le régime des vents. Les vents dominants sont :

- L'harmattan, alizé continental du nord-est, est un vent chaud et sec.
- La mousson, vent équatorial chargé d'humidité, relativement froid, du secteur sud-ouest, pendant la saison humide.

La traversée du Front Inter Tropical (FIT) sur le bassin se traduit par l'augmentation de l'hygrométrie et l'apparition de vents violents pouvant atteindre 120 km/h (Wellens et al., 2007).

La température moyenne annuelle à Bobo-Dioulasso est de 26,9 °C. L'amplitude thermique annuelle moyenne est de 5 °C. Les écarts diurnes varient entre 8 °C (août) et 14 °C (janvier). Les températures extrêmes connues à Bobo-Dioulasso sont 40,2 °C (mars 1964) et 11,0 °C (décembre 1962). La température la plus basse connue dans le bassin du Kou a été de 5 °C à Banankeledaga, à 15 Km au nord de Bobo-Dioulasso en 1971 (Wellens et al., 2007).

De fortes évapotranspirations sont constatées en mars-avril-mai sous la double influence de la température élevée et du pouvoir desséchant de l'Harmattan. L'évaporation d'une nappe d'eau libre est donc estimée à environ 5 mm/jour en moyenne annuelle. En saison sèche, cette valeur monte à 7 mm/jour (Wellens et al., 2003).

L'hygrométrie fluctue énormément selon la saison, en fonction des régimes des vents et des masses d'air associées. L'hygrométrie moyenne annuelle est de 54 % (période 1998-2005).

### **1.1.2. Géologie**

Le bassin du Kou est caractérisé par les formations géologiques suivantes (figure en Annexe):

- les Grès de Kawara-Sindou (GKS)
- les Grès Fins Glauconieux (GFG) de Takalédougou.
- les Grès à Granules de Quartz (GGQ)
- les Siltstones, Argilites et Carbonates de Guéna-Souroukoudinga (SAC 1).

- les grès fins roses de Bonvalé (GFR)

Les formations superficielles sont des latérites, des alluvions argileuses ou sablo-argileuses, et des formations d'altération et de recouvrement, constituées de sables plus ou moins argileux à argile plus ou moins sableuses (Sogreah Ingénierie, 1994 ; Gombert P., 1998 ; Ouedraogo C., 2007 cités par Lorenzini, 2007).

### 1.1.3. Topographie et Pédologie

Le bassin versant du Kou est constitué essentiellement par un plateau gréseux culminant à environ 500 m d'altitude au Sud-Ouest et s'abaissant progressivement jusqu'à 300 m vers le Nord et le Nord-Est. L'altitude moyenne est d'environ 407 m. Au Sud-Ouest du bassin, les terrains sont fortement entaillés par le réseau hydrographique. Vers le Nord, se développent des plaines inondables. La falaise gréseuse de Banfora, assez marquée, limite le bassin vers l'Est.

Les sols présents sur le bassin sont des sols ferrugineux tropicaux lessivés, des sols ferralitiques et des sols peu évolués superficiels. On en distingue 2 catégories selon leur profondeur :

- les sols profonds (>100 cm) :
  - les sols argileux-sableux en surface, argileux en profondeur ;
  - les sols limono-argileux en surface, argileux en profondeur ;
  - les sols sableux en surface, argileux en profondeur.
- les sols à faibles profondeurs (<40 cm) : ce sont les sols gravillonnaires de faible valeur agricole (Cherif., 2006 ; Ouedraogo., 2007 cités par Lorenzini, 2007).

### 1.1.4. Ressources forestières et utilisation de la terre

Les principales essences dénombrées sont : *Bombax costatum* (kapokier rouge), *vittelaria paradoxa* (le karité), *Adansonia digitata* (le baobab), *Tamarindus indica* (le tamarinier), *Ziziphus mauritiana* (le jujubier), *Borassus aethiopum* (rônier), *Elaeis guineensis* (palmier à huile) (Ouédrogo et al., 2006).

La végétation subit d'énormes dégradations et les ressources forestières deviennent de plus en plus rares sous l'effet de la pression anthropique (le défrichement à des fins d'exploitations agricoles, le déboisement pour le bois de chauffe, les feux de brousse, le surpâturage, la demande sans cesse croissante en produits forestiers non ligneux) (Ouédraogo et al., 2006).

Seules trois essences d'arbres sont préservées lors des défrichements pour leur intérêt économique :

- Le Karité pour ses amandes oléagineuses,
- Le Néré pour son amande et ses graines pour fabriquer le Soumbala,
- Le Rônier pour ses fibres et la production de vin de palme.

A part la végétation naturelle, on rencontre des plantations d'arbre : eucalyptus et teck notamment.

### 1.1.5. Faune

Comme la végétation, la faune sauvage a subi une pression anthropique accrue. Les populations fauniques diminuent et certaines espèces tendent à disparaître. Cependant d'après des études réalisées en 2004 et 2005, 13 espèces animales ont été inventoriées. Il s'agit notamment de *Thrynomys swindrianus* (aulacodes), de *Sylvicarpa grimmia* (céphalophes), de *Tragelaphus scriptus* (Guib harnaché), de *Lepus crawshayi* (lièvres), de *Ouerebia ouerebi* (ourébi), de *Eurythrocebus patas* (patas), d'*Ictonix striatus* (zorille). Des indices de présence de chacals, de chats sauvages, de lycaon, de genettes, de porc-épic, d'éléphants ont été inventoriés (PAGREN, Octobre 2005)

L'avifaune est relativement très abondante. 182 espèces d'oiseaux appartenant à 51 familles et à plus de 14 ordres ont été vues et identifiées dans la forêt classée du Kou. On peut citer entre autres *Butorides striata* (Héron strié), *Vanellus spinosus* (Vanneau à éperons), *Vanellus senegallus* (vanneau du Sénégal), *Alcedo cristata* (Martin-pêcheur huppé), *halcyon leucocephala* (Martin-chasseur à tête grise), *Poicephalus senegalensis* (Perroquet youyou), *Musophaga violacea* (Touraco violet), *Lybius dubius* (Barbican à poitrine rouge), *Cossypha albicapilla* (Cossyphe à calotte blanche), *Cisticola ruficeps* (Cisticolle à tête rousse), *Cisticola rufus* (Cisticolle rousse) ; *Eremomela pulsilla* (Eremomèle à dos vert), *Petronia dentata* (Petit moineau) etc... (PAGREN 2008).

### 1.1.6. Milieu humain et cadre institutionnel

Le bassin du Kou comporte 51 villages (et campements) y compris Bobo-Dioulasso la deuxième ville du Burkina Faso. Avec une population estimée à 600 000 habitants en 2003, le bassin du Kou représente 71% de la population de la province du Houet. Ce poids démographique est dû à la présence de la ville de Bobo-Dioulasso et qui compte 489 967 habitants d'après le recensement général de la population et de l'habitation de 2006 (INSD,

2008). La densité globale au niveau du bassin du Kou est de 329 hbts /km<sup>2</sup> alors que la densité de l'espace rural se situe en moyenne à 80 hbts/km<sup>2</sup> (AEDE, 2004).

La population autochtone est constituée par les Bobo, les Diouala, les Tiéfo et les Sambla (RESO, 1997b). Selon une étude menée par l'AEDE en 2004, les producteurs du bassin sont en majorité (73%) natifs du bassin et côtoient dans leurs activités quotidiennes une population étrangère originaire du plateau central (22%) et de la province du Houet (5%). Cette présence relativement importante des migrants dans le bassin est une conséquence de l'installation par l'Etat depuis 1974 des colons mossi sur le périmètre rizicole de la vallée du Kou. Mais également des migrations spontanées sont remarquées et sont le fait généralement des populations du plateau central en quête de bonnes terres cultivables.

Du point de vue foncier ce sont les autochtones (Bobo, Dioula, les Tiéfo et les Sambla) qui sont les propriétaires terriens. Dans la majorité des cas au niveau de chaque village, il existe un chef de terres qui a le droit d'octroi et de cession des terrains. Dans d'autres cas, les terres sont réparties selon les grandes familles. La tendance actuelle est à la vente des terres dans certains villages surtout dans les environs immédiats de Bobo-Dioulasso.

Les populations du bassin sont en majorité agricoles. On dénombre quelques camps où logent des peuhls immigrants dont certains se sont installés dans la zone depuis plus de cinquante ans (exemple du camp peul de Nasso).

Les systèmes de culture des populations du bassin consistent surtout en cultures pluviales strictes, en cultures de bas-fonds et petite irrigation pratiquée sur les périmètres aménagés par l'Etat et des périmètres dits informels.

L'agriculture est dominée à tout point de vue par la filière céréalière du fait de son poids important dans la production totale du bassin, elle occupe en effet 70% des superficies emblavées et dégage une production brute en volume de plus de 45%. Les autres productions se partagent le reste des superficies soit 30%. Parmi elles, deux filières se distinguent à savoir la filière fruits et légumes et la filière coton. Les autres cultures se partagent seulement 6% des superficies ; elles ont en majorité une vocation commerciale, ce sont l'arachide, le sésame, le niébé et les féculents. La filière céréalière n'est pas la plus productive si on la compare à la filière fruits et légumes. Il est vrai qu'avec 70% de la superficie agricole du bassin, elle participe à 45,4% à la production du bassin tandis que la filière fruits et légumes y participe à 47,7% avec seulement 18% de la superficie. Ce qui donne un rapport par hectare de 4 à 6 fois (AEDE, 2004).

Ces systèmes fournissent l'essentiel de la production vivrière rurale et l'essentiel des revenus ruraux et contribuent pour environ 6.000 tonnes par an de production céréalière mise en marché. L'agriculture constitue la base des systèmes de production traditionnels dans le bassin du Kou (Diallo et al, 2003).

Les produits de l'élevage procurent au pays environ 19% des recettes d'exportation (moyenne de 1994-1998). Les grands traits caractéristiques du secteur de l'élevage sont sa faible productivité et la dominance du mode extensif (SAEC, 2001).

L'importance économique de l'élevage au Burkina Faso est pourtant essentiellement imputable au système extensif, l'élevage semi-intensif étant encore marginal. Un développement durable du secteur élevage en est donc tributaire, car l'élevage traditionnel emploie environ 86 % de la population burkinabé en 1995 (DSAP cité par Nianogo et al., 1999). Les différents types d'élevage (Ruminants, porcs, aviculture, équins) sont pratiqués dans le bassin du Kou, mais dans cette étude seul l'élevage des ruminants sera abordé.

L'élevage dans le bassin du Kou repose sur une exploitation des ressources naturelles. De ce fait, il dépend entre autres des facteurs climatiques, de la production primaire. Le bassin du Kou, à cause de l'abondance de ses ressources alimentaires et hydriques, constitue une zone d'accueil de prédilection du bétail transhumant pendant la période après récolte. En effet, des études réalisées en 2004 et 2006 sur une partie de la forêt classée de Dindéresso ont indiqué d'abondantes ressources fourragères avec de grande capacité de charge (Nacro, 2006 ; Nacro, 2007).

Il n'a pas été possible d'avoir la situation du cheptel de tout le bassin au cours de cette étude. Néanmoins les données du tableau 1 ci-dessous nous donnent des indications de l'importance du cheptel du bassin.

**Tableau 1 : Cheptel des villages du bassin du Kou appartenant au département de Bama**

VILLAGE	Bovins	Bœufs de trait	Ovins	Caprins	Porcins	Asins	Troupeaux
Souroukoudougou	120	50	100	200	50	20	540
Diaradougou	1860	235	240	49	8	11	2403
Banahorodougou	411	62	140	90	36	18	757
Sahouleni	72	41	0	108	101	25	347
Kouroukan	100	30	400	1500	60	40	2130

Pano-Olma (Toukoro)	100	1000	200	350	100	10	1760
Lanfiera	285	80	100	150	30	15	660
Sandimisso	30	45	230	120	308	15	748
Desso	1160	340	540	700	30	40	2810
Djirwal (Bama)	10000	480	1500	1000	0	20	13000
Banakeledaga	620	180	502	83	24	49	1458
Badara	4360	223	2217	746	10	80	7636
Tongogoma	9500	2035	1010	280	120	350	13295
<b>Total</b>	<b>28618</b>	<b>4801</b>	<b>7179</b>	<b>5376</b>	<b>877</b>	<b>693</b>	<b>47544</b>

Source des données: ZATE Bama, 2008

La ville de Bobo-Dioulasso, siège des services administratifs dans le bassin, est également le lieu de concentration de différentes branches d'activités économiques : industries manufacturières ; industries agro-alimentaires ; électricité, gaz et eau ; bâtiments et travaux publics ; commerce général, restaurants et hôtels ; banques, assurances, immobilier et services aux entreprises ; services à la collectivité, services sociaux ; transports, entrepôts et communications etc... (RESO, 1997b).

### 1.1.7. Hydrographie

Le bassin du Kou est un sous-bassin du fleuve Mouhoun, l'un des principaux cours d'eau du Burkina Faso. Le réseau hydrographique du bassin du Kou est dense et est constitué d'un ensemble de rivières, sources et mares (Figure 7 en Annexe). Le Kou est une rivière pérenne qui prend sa source dans les environs de Kodala à une trentaine de kilomètres au Sud-Ouest de Bobo-Dioulasso. Il est formé par la jonction de 2 marigots (Kiéné et Farakoba) prenant leurs sources dans les villages de Kokoroué et de Dinderesso. La rivière Kou coule vers le Nord, recevant successivement les eaux des sources de Nasso, de Pésso/Déso, de Panamasso, de Légouena, celles des marigots de Yengué en rive gauche et celles des marigots de Niamé et du Wé (Houet) en rive droite (Lorenzini, 2007)

## 1.2. PROBLEMATIQUE DE LA GESTION ET DE L'UTILISATION DE L'EAU DANS LE BASSIN DU KOU

Notre planète disposerait d'environ 1 400 millions de km<sup>3</sup> d'eau, dont 35 millions de km<sup>3</sup> (2,5 pour cent) d'eau douce. Les 97,5 % restant de l'eau de la planète se trouvant dans les océans, est donc trop salée pour être bue et utilisée directement dans l'agriculture, l'élevage ou dans

l'industrie. Le nombre de régions qui dans le monde souffrent d'une pénurie d'eau douce ne cesse d'augmenter et les usagers se disputent de plus en plus l'accès à l'eau (FAO, 2002).

Devant cette situation, des visions et des orientations stratégiques pour une meilleure gestion et valorisation des ressources en eau sont définies au niveau mondial, voire régional et sous régional. De ce fait, la gestion rationnelle des ressources en eau est devenue une des principales préoccupations de la plupart des gouvernements du monde et de certains organismes privés en vue d'assurer une bonne qualité de vie sur notre planète et un bon développement économique de nos sociétés.

Au Burkina Faso, les secteurs de l'agriculture et de l'élevage qui sont de grands concurrents pour l'eau et l'espace occupent ensemble plus de 80 % des populations et constituent la base du développement socio-économique du pays. L'élevage figure aujourd'hui au second rang des exportations totales en valeur après le coton et constitue la principale source de revenus des ménages pauvres en milieu rural (MRA<sup>1</sup>, 2005).

Le caractère extensif de l'agriculture et de l'élevage avec une forte pression sur les ressources naturelles est souvent source de conflits (MAHRH<sup>2</sup>, 2004).

Au niveau du bassin versant du Kou, où l'on retrouve encore de nos jours d'abondantes ressources agro-écologiques et hydrauliques, l'utilisation de la terre et des ressources en eau ne se fait pas sans problème. Aujourd'hui le bassin du Kou est sujet à de sérieux et profonds changements du fait de l'utilisation et de l'exploitation incontrôlée des ressources.

Il y a de cela une trentaine d'année, le périmètre rizicole de la vallée du Kou était le seul utilisateur de l'eau de la rivière pérenne Kou. Ce périmètre est alimenté en eau à partir de la rivière Kou par l'intermédiaire d'un canal à ciel ouvert sur 11 km. Le système d'irrigation permettait d'assurer les besoins en eau de la plaine rizicole de Bama pendant la saison sèche et pendant les périodes de sécheresse de la saison des pluies. Au fil du temps d'autres exploitations agricoles se sont installées le long du canal d'amenée et du cours d'eau intensifiant ainsi l'utilisation de l'eau. La pression actuelle sur les ressources naturelles du bassin est due à :

- l'accroissement du nombre d'usagers agricoles,
- la multiplicité des usages (élevage, pêche, baignade),
- l'augmentation des prélèvements à des fins d'alimentation en eau potable de la ville de Bobo-Dioulasso.

---

<sup>1</sup> Ministère des Ressources Animales

<sup>2</sup> Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques

Le bassin du Kou comporte des aires protégées (la forêt classée de Dindéréso (8 500 hectares), la forêt classée du Kou (117 hectares), la forêt classée de Kuinima (2 150 hectares)) évaluées à 10 767 hectares (PNAF, 1996).

Pour un potentiel en terres cultivables de 1431,3 km<sup>2</sup> équivalent à 78,6% de la superficie du bassin, les exploitations agricoles occupent une superficie de 285,1 km<sup>2</sup> représentant 20% de cette superficie (AEDE, 2004). Mais les superficies destinées à l'agriculture pluviale sont inconnues. Néanmoins il existe des données sur les occupations agricoles irriguées. Les parcours sont actuellement inexistantes.

Les systèmes agraires qui occupent le bassin consistent surtout en cultures pluviales strictes, en cultures de bas-fonds et petite irrigation pratiquée sur les périmètres aménagés par l'Etat et des périmètres dits informels de contre saison.

Les aménagements hydroagricoles en période sèche sont constitués pour l'essentiel de périmètres privés formant la ceinture maraîchère et horticole de Bobo-Dioulasso, et du grand périmètre rizicole de la vallée du Kou. L'eau nécessaire à l'irrigation des superficies aménagées provient pendant la saison sèche (6 à 7 mois) de la rivière Kou et de l'aquifère alluvial.

Le périmètre rizicole irrigué de la vallée du Kou a une superficie de 1.260 ha et fait partie d'une vaste plaine de 9.700 ha de superficie dont 2.300 ha sont exploitables (Oubib, 2000). Le canal d'amenée qui apporte l'eau au périmètre rizicole traverse une zone assez propice au développement des cultures. Ce qui a entraîné l'installation des maraîchers qui utilisent des motopompes et des siphons.

Dans la vallée du Kou à partir de la source de la guinguette, on trouve des zones morphologiques différentes avec des occupations des sols adaptées aux conditions du terrain.

Entre la source de la Guinguette et Nasso, la vallée est étroite et peu occupée par l'agriculture.

Au nord de Nasso, la vallée s'ouvre et continue sur une plaine alluviale d'une largeur de 200 à 700 mètres. Les premières parties de cette plaine alluviale sont occupées par une forêt dense, mais après quelques kilomètres, on trouve dans la plaine déjà de petites parcelles de cultures irriguées et non irriguées. A partir de 8 à 9 kilomètres de la source au niveau du village de Sosongona la plupart de la vallée est occupée avec des terrains cultivés (IWACO/BERA, 1988).

L'occupation du sol dans la vallée du Kou a connu une évolution dans le temps. En effet selon un inventaire des parcelles en irrigation réalisé par les enquêteurs du Ministère de la Question Paysanne en 1987 à partir des photographies aériennes à l'échelle de 1/5.000 prises par l'IGB,



170 hectares étaient sous irrigation dont 13 hectares étaient occupés par des bananeraies entre Nasso et la prise d'eau de Diaradougou (IWACO/BERA, 1988). La superficie potentiellement irrigable de la plaine alluviale était de l'ordre de 500 ha, selon la même étude.

Les enquêtes réalisées en 2007 par les agents de l'agriculture pour le compte du projet GEeau révèlent pour la même zone une occupation de 509,2 ha (Nasso-Diaradougou : 471,4 ha ; et Suo : 37,8 ha), avec 159 ha occupés par des bananeraies et des plantations de papayers.

Les superficies occupées au bord du canal d'amenée, entre la prise à Diaradougou et la station de mesure dite 'porcherie' située juste à l'entrée du périmètre rizicole, ont été inventoriées en 1989 à 61,6 hectares ; dont 35,2 hectares pour le groupement ORD, 24,5 hectares pour l'IRFA et seulement 1,9 hectares pour des producteurs individuels (Direction de l'Organisation de la Migration Paysanne, 1989). Seulement les 24,5 hectares de l'IRFA étaient occupés par des bananeraies. En 1997, la superficie des cultures le long du canal était déjà à 200 ha (IWACO/BURGEAP, 1998). Les occupations dans cette zone sont de 236,5 hectares en 2007 (GEeau, 2007) contre 61,6 hectares en 1989. Cette augmentation des superficies des cultures fruitières, grandes consommatrices en eau a un impact négatif sur les eaux disponibles pour le périmètre rizicole de la Vallée du Kou.

Le même inventaire exhaustif réalisé en 1989 (Direction de l'Organisation de la Migration Paysanne, 1989) a donné 126 hectares de superficies irriguées le long de la rivière Kou, entre la prise à Diaradougou et le canal émissaire du périmètre rizicole de Bama. Le canal émissaire alimentait 24,6 hectares en eau pour l'irrigation. Les superficies de ces deux zones n'ont pas changé à cause de la faible disponibilité en eau.

Pour mettre donc en valeur toutes ces superficies, la plupart des irrigants ont recours à des puisards. Au total 441 puisards ont été recensés en 2007 (enquêtes GEeau).

Cette intensification de l'utilisation de l'eau liée à l'augmentation des espaces irrigués a un effet très important sur l'accessibilité des ressources terre et eau par les éleveurs. Il est important de noter l'existence d'un cheptel important dans le bassin du Kou. En effet selon une étude réalisée en 1998 par le Programme de Valorisation des Ressources en Eau dans le Sud-Ouest (RESO, 1998), le cheptel est évalué à 34 660 UBT dont 11 550 sédentaires, et 23 110 transhumants dans le bassin du Kou avec une densité moyenne de 667 UBT par village et un besoin en eau de 0,51 Mm<sup>3</sup> par an. Alors que les parcours sont inexistantes et que les points d'eau pastoraux sont très limités, l'accès à l'eau de la rivière Kou et à l'espace est devenu très difficile aujourd'hui pour les animaux.

Il apparaît donc évident que la multiplicité des usages et des usagers est une source de conflits potentiels. Il faut donc asseoir des règles d'occupation et d'utilisation clairement définies des différentes ressources. En préalable à l'établissement d'un schéma directeur d'utilisation et de gestion des ressources et de l'espace, il est nécessaire de faire l'état des lieux des occupations et des utilisations actuelles des ressources.

Pour être en mesure de suivre l'utilisation de la ressource en eau, liée en grande partie aux exploitations agricoles, il convient de mettre en place une méthodologie et une stratégie de suivi de l'expansion des exploitations au niveau du bassin. C'est pourquoi il apparaît pertinent d'élaborer une démarche permettant de tirer des informations exploitables à partir des images satellitaires. Le recours donc à des outils performants permettant d'avoir une vue complète de tout le bassin afin de suivre en temps réel et de manière répétitive les différentes modifications et changements ayant cours dans le bassin est nécessaire. La télédétection et les systèmes d'information géographique semblent les plus indiquées à cet effet.

### **1.3. GENERALITES SUR LA TELEDETECTION ET LES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG)**

La télédétection et le SIG sont des outils complémentaires avec les méthodes conventionnelles utilisées dans l'étude environnementale, dans la gestion des ressources naturelles. Les images satellitaires donnent une vue globale et fournissent des informations très utiles sur l'environnement, pour une grande gamme d'échelles, de continents entiers aux détails de quelques mètres (Belhadj-Aissa et al, 2003).

#### **1.3.1. Télédétection**

##### ***1.3.1.1. Origine***

Le terme de "Télédétection" (*Remote sensing* en anglais) a été utilisé pour la première fois, en 1960 (dans les années 1950) par Mme Evelyn L. Pruitt du bureau de la recherche navale des Etats-Unis, pour regrouper la photographie aérienne, l'obtention d'images par satellite, ainsi que d'autres formes de collecte de données à distance. Habituellement elle est définie comme la science, la technologie ou l'art d'obtenir à distance des informations sur des objets ou des phénomènes.

La technique de la télédétection remonte au XIXème siècle. La mise au point de la photographie en 1839 par les français J. Daguerre (1787-1851) et Joseph Nicephore Niepce

(1827) a donné naissance à la photogrammétrie (technique permettant de réaliser des mesures spatiales à partir de photographies ou d'autres types d'images)

(Encyclopédie Encarta 2007, <http://employees.oneonta.edu/baumanpr/geosat2/RSHistory/HistoryRSPart1.htm>).

En 1957, avec le lancement réussi des satellites en ex-Union Soviétique puis aux Etats-Unis en 1958, avec en particulier, le satellite Landsat de la NASA (Etats-Unis) en 1972, l'ère d'utilisation paisible et d'application civile des techniques de télédétection est inaugurée. Depuis lors, divers capteurs optiques, des radars mais également une variété de plates-formes, telles que le ballon, l'avion et le satellite ont été développés pour différentes applications. La télédétection a été ensuite largement appliquée dans de nombreux domaines : cartographie géographique et géologie, inventaire des ressources naturelles, suivi de l'environnement, étude sur l'utilisation des sols, estimation de la productivité agricole, prévisions météorologiques, études sur l'atmosphère et l'océan, détection militaire, etc.

### ***1.3.1.2. Principe***

Le principe de la télédétection repose sur l'acquisition de signaux de radiation ou de réflexion de l'objet, par exemple, l'utilisation des sols, par un capteur à distance installé sur différentes plates-formes (telles que l'avion, le satellite) en utilisant les bandes visibles, infrarouge et micro-onde. On distingue la télédétection passive (la perception et l'enregistrement du rayonnement naturel ou de la réflexion de l'énergie solaire des objets) et la télédétection active (illumination des objets précis puis collecte de l'information à partir de la réflexion de l'énergie émise par la plate-forme elle-même) (Wu, 2003).

### ***1.3.1.3. Objectifs et domaines d'application de la télédétection***

L'objectif principal de la télédétection est de cartographier les ressources terrestres et d'en effectuer le suivi. Par rapport aux techniques de levée classiques, la télédétection par satellite est précise et rentable, et permet d'obtenir des données en temps utile (<http://www.fao.org/DOCREP/004/Y3642F/Y3642F00.HTM>).

La télédétection est utilisée pour la gestion des ressources dans les domaines de la géomorphologie, l'urbanisme, le climat, la végétation, l'agriculture, etc. (<http://www.iccnrdc.cd/telededection.htm>).

Le principal avantage est que les observations faites par télédétection contribuent à la gestion intégrée de l'environnement et des ressources naturelles, car l'environnement et tout ce qu'il renferme peuvent être observés comme un seul et même système.

Par ailleurs, pour prévoir certains phénomènes, des modèles numériques doivent être mis au point et validés pour fournir une opinion extrapolée des tendances futures. Les données issues de la télédétection et des observations in situ sont ensuite entrées dans des modèles pour produire des prévisions de la situation réelle.

### **1.3.2. Le Système d'Information Géographique (S.I.G.)**

#### ***1.3.2.1. Origine***

La conception des SIG a été premièrement mise en œuvre par Dr Roger Tomlinson et son équipe en 1962, afin d'établir un système d'information géographique du Canada (CGIS), le premier SIG du monde (Yan *et al.*, 1998 ; Geoplance, 2002 cités par Wu, 2003). Dans les années 1970, une tentative d'application d'un tel système a été entreprise aux Etats-Unis.

Depuis 1980, grâce au développement des techniques informatiques, les SIG ont évolué et ont été utilisés dans de nombreux domaines de recherches, tels que la cartographie, la gestion de territoire, la surveillance d'occupation des sols et l'analyse du changement de l'environnement (pollution, catastrophes naturelles, etc.), les analyses géologiques, agricoles et démographiques (Wu, 2003).

#### ***1.3.2.2. Domaines d'utilisation de la télédétection et le SIG***

Les applications terrestres de la télédétection sont extrêmement variées et sont utilisées dans plusieurs disciplines scientifiques telles que la cartographie, l'agriculture, la géologie, l'hydrologie, la météorologie et l'océanographie, la prospection minière, mais aussi la surveillance des cultures ou du couvert forestier, l'urbanisme, l'aménagement, le génie civil, etc. ([www.geographie.ens.fr/kergomard/Teledetection/CTeledetection.pdf](http://www.geographie.ens.fr/kergomard/Teledetection/CTeledetection.pdf)).

# DEUXIEME PARTIE

## **2. ETUDE CARTOGRAPHIQUE DES OCCUPATIONS DU SOL DU BASSIN DU KOU PAR TELEDETECTION ET ANALYSE DE L'UTILISATION DE LA RESSOURCE EAU PAR LES UTILISATEURS**

### **2.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE**

#### **2.1.2. Les objectifs de l'étude**

##### ***2.1.2.1 Objectif global***

L'objectif global de cette étude est d'élaborer une cartographie d'occupation du sol et d'utilisation des ressources en eau du bassin versant du Kou.

##### ***2.1.2.2. Objectifs spécifiques***

Cette étude comporte trois objectifs spécifiques :

- Elaborer une méthodologie cartographique à partir d'image satellitaire;
- Réaliser la carte des points d'eau du bassin et leur utilisation à partir des bases de données existantes ;
- Faire le point sur l'utilisation de l'espace, des pâturages et des points d'eau par le bétail.

### **2.2. MATERIELS ET METHODES**

#### **2.2.1. Outils et matériels**

##### ***2.2.1.1. Outils***

Dans la réalisation des objectifs de ce travail, la télédétection et le système d'information géographique sont les outils qui ont été utilisés. Deux logiciels principaux ont servi dans cette étude. Il s'agit du logiciel de télédétection *Envi* et le logiciel de Système d'information géographique ArcGIS 9.

##### **2.2.1.1.1. Les logiciels utilisés**

#### **RSI ENVI (the Environment for Visualizing Images) version 4.2**

ENVI est un logiciel complet de traitement d'images de télédétection – optiques et radar. Toutes les méthodes de traitement d'images de corrections géométriques, radiométriques, de classification et de mise en page cartographique sont présentes. D'autres outils relatifs à la

visualisation et à la modélisation de données topographiques sont aussi disponibles. Le logiciel ENVI est conçu en langage IDL (Interactive Data Language) et offre donc des moyens de programmation évoluée. Il a été conçu et développé par RSI (Research Systems Inc.) qui est devenu ITT Visual Information Solutions.

ENVI permet d'extraire rapidement l'information pertinente des images géospatiales. L'ensemble de ses outils et modules spécialisés permettent de lire, explorer, analyser les données et de partager l'information. Avec une interface Windows, il est facile d'utilisation.

Le logiciel ENVI offre des fonctionnalités des systèmes de traitements interactifs de données numériques géocodées (données satellitaires, images numérisées, cartes digitalisées,...). Avec ses options, Envi propose un environnement de traitement, d'archivage et de consultation d'images sur PC et de nombreuses fonctions de transformation pour SIG. Des programmes de liaison Import-Export permettent l'intégration des données avec d'autres logiciels fondamentaux de SIG, CAO, DAO.

### **ESRI ARCGIS 9**

ArcGIS est un système d'Information Géographique regroupant des logiciels clients (ArcView, ArcEditor, ArcInfo et ArcExplorer) et des logiciels serveurs (ArcSDE et ArcIMS). ArcView 9 est un Système d'Information Géographique permettant de visualiser, interroger, analyser et mettre en page les données. Il fournit des outils interactifs pour explorer, sélectionner, afficher, éditer, analyser, symboliser et classifier les données ou pour créer automatiquement, mettre à jour ou gérer les métadonnées.

ArcView 9 comprend ArcCatalog, ArcMap et une version allégée d'ArcToolBox.

D'autres logiciels ont également été utilisés. On peut citer entre autres WDGPS, DRNGarmin, Mapsource, Trackmaker pour le transfert des données entre le GPS et ordinateur.

#### 2.2.1.1.2. Matériels

Il s'agit essentiellement des cartes analogiques scannées géo référencées et des données numériques des images satellitaires.

#### **Cartes analogiques**

Il s'agit essentiellement de deux cartes topographiques de l'Afrique de l'Ouest au 1/200000 :

- Feuille NC-30-XIV (Burkina Faso, République de Côte d'Ivoire)
- Feuille NC-30-XX (République du Mali, Burkina Faso)

### **Données numériques (Images satellitaires)**

Dans le cadre de cette étude ce sont des données fournies par les capteurs ETM+ de Landsat 7 qui ont été utilisées. Les capteurs ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) détectent la radiation réfléctée à la surface de la terre dans huit bandes spectrales dans les longueurs d'ondes du visible et de l'infrarouge proche, moyen et thermique. La résolution des images ETM est de 30 mètres. Ses huit bandes spectrales sont semblables à celles de TM, sauf que la bande thermique 6 a une résolution améliorée de 60 m (contre 120 m dans le TM). Il y a aussi une bande panchromatique complémentaire à la résolution de 15 m (tableau 4 en Annexe).

Les images LANDSAT 7 ETM+ sélectionnées étaient disponibles en format GEOTIFF, donc pré géoréférencées.

Pour élaborer la méthodologie deux scènes d'images satellitaires Landsat 7 ETM+ de l'année 2000 couvrant le bassin du Kou ont été utilisées :

- Image de gauche : I1197052\_05220001216 (16 décembre 2000) (path:197 et row:052)
- Image de droite : I71196052\_05220001107 (07 novembre 2000) (path:196 et row:052)

#### **2.2.2. Démarche méthodologique**

La procédure opérationnelle pour l'établissement de la carte d'occupation et d'utilisation des terres se résume en trois phases comprenant plusieurs étapes.

##### ***2.2.2.1. Phase 1 : Travaux préparatoires de bureau***

###### ***Etape 1: Identification et collecte de données de référence (Cartes, terrain...)***

Cette étape consiste à rechercher et disposer des différentes cartes existantes et données entrant dans la réalisation du travail. Les données à notre disposition sont celles mentionnées dans le paragraphe matériel. Il s'agit des :

- Cartes analogiques et des
- Données numériques.

###### ***Etape 2: Mosaïquage des deux scènes d'image***

L'assemblage (mosaïquage) des deux scènes d'image a été réalisé par bande en utilisant l'outil de mosaïquage disponible sous Envi. Au finish nous obtenons huit bandes pour tout le bassin versant.

###### ***Etape 3: Le regroupement des bandes ou layers stacking et réduction des données***

Les huit bandes issues du processus de mosaïquage ont été rassemblées en un fichier unique à huit bandes permettant une manipulation très facile. Le mosaïquage et l'assemblage a donné



lieu à un fichier très volumineux et dépassant largement le bassin du Kou. Pour des raisons de facilité de manipulation et de rapidité de traitement, il a été procédé au découpage de l'image sur la zone contenant uniquement le bassin versant du Kou, en se servant d'un fichier de forme (shapefile) délimitant le bassin.

#### Etape 4: composition des images

Deux types de compositions colorées ont été réalisés à partir des données numériques :

- une composition colorée des canaux 3, 2 et 1 pour un rendu en fausses vraies couleurs ressemblant au naturel où la végétation apparaît en vert. Cette composition est plus facile à interpréter lors des travaux de terrain (figure 9 en Annexe)
- D'une part une composition colorée par croisement des canaux 4, 3 et 2 pour un rendu classique où les végétations apparaissent en différents gradients de rouge (figure 10 en Annexe).

Ces compositions ont été faites à l'aide du logiciel de télédétection Envi

#### Etape 5: Comparaison de plusieurs techniques d'interprétation des images

L'existence des données de télédétection en format numérique, permet le traitement et l'analyse numérique au moyen d'un ordinateur. Le traitement a pour rôle de rehausser les données en prévision d'une interprétation visuelle. Des traitements et analyses numériques peuvent être faits automatiquement afin d'identifier des cibles et d'extraire l'information sans l'intervention d'un interprète humain. Cependant, le traitement et l'analyse numériques sont en appui et en complément à l'interprétation humaine.

#### **Interprétation visuelle en vraies et fausses couleurs**

La reconnaissance des objets est la clé de l'interprétation et de l'extraction de l'information. L'observation des différences entre les objets et leurs arrière-plans entraîne la comparaison des différents objets basés sur un ou tous les éléments visuels de tons, de forme, de taille, de modèle, de texture, d'ombre et d'association. Ce sont des caractéristiques utilisées régulièrement pour les interprétations visuelles quotidiennes. Elles sont utilisées également en télédétection pour l'identification des cibles permettant de mieux interpréter et analyser.

#### **Traitement numérique**

Tout comme le rehaussement des images en vue d'une interprétation visuelle, le traitement numérique a été réalisé sous le logiciel de télédétection Envi. Le traitement numérique a comporté plusieurs étapes:

#### Etape 6: Délimitation de certaines unités identifiées

L'interprétation visuelle nous a permis d'identifier et d'isoler à travers la constitution de masques inversés un certain nombre d'éléments dans le bassin (figures 11 et 12 en annexe):

- la ville de Bobo-Dioulasso
- la rizière ou le périmètre rizicole de la vallée du Kou
- une plantation constituée en majorité d'anacardes
- une plantation d'Eucalyptus.

L'amélioration de l'image a été nécessaire afin d'assister dans l'interprétation et l'analyse visuelle. Il s'agit essentiellement de l'utilisation des fonctions de contraste pour accroître la distinction tonale entre les éléments variés de l'image, du filtre spatial pour améliorer ou supprimer les structures spécifiques dans l'image. La délimitation des unités a été faite par la vectorisation.

La vectorisation des limites de la ville de Bobo-Dioulasso a été faite sur la composition colorée 453 qui permet une visualisation plus nette de la ville de Bobo-Dioulasso.

#### Etape 7: Création et utilisation de masques inversés sur certaines zones

Les différentes zones clairement identifiées lors de l'interprétation visuelle (rizière vallée du Kou, ville de Bobo-Dioulasso, plantation d'anacarde et d'Eucalyptus) ont été isolées à travers la création de masques inversés permettant de cacher ces zones pour ne pas en tenir compte lors du traitement automatique des données (figure 13). La création de ces masques suit la vectorisation des limites des différentes zones. On procède ensuite de manière successive au masquage des différentes zones.

#### Etape 8: Classification non supervisée

Un premier traitement par classification non supervisée par la méthode de K-Mean (K – Means : Regroupement des pixels de l'image au centre de classes, régulièrement distribués dans l'hyperespace, les plus probables (statistiques)) a permis une analyse régionale des grands types homogènes de couvertures végétales.

Un second traitement par classification non supervisée en valeurs égales (Isodata : Regroupement des pixels de l'image aux centres des classes, régulièrement distribués dans l'hyperespace, les plus proches (distance)) a été réalisé pour compléter l'analyse et valider ou invalider le premier traitement. Après une réalisation de plusieurs scénarii de classifications, 11 classes ont été finalement retenues.

L'homogénéité et l'étendue des classes donnant une impression des principales unités paysagères ont été appréciées avant d'aller sur le terrain grâce à la consultation de pré classifications de l'image satellitaire.

*Etape 9: Identification des régions d'intérêts ou des zones tests et marquage sur le tirage*

A partir de l'impression de la carte obtenue après la classification non supervisée, il a été procédé au marquage des régions d'intérêts qui ont servi à l'identification des formations paysagères sur le terrain.

**2.2.2.2. Phase 2 : travaux de terrain**

*Etape 10: Réalisation de l'enquête de terrain*

Les enquêtes de terrain se sont déroulées à différentes périodes (de février à juin 2007). Des tirages des compositions colorées 432 et 321 et de la classification automatique du bassin versant ont servi pour l'identification au cours de l'enquête terrain. Des zones identiques relevées suite à l'analyse des images issues de la classification ont permis d'élaborer des routes et des traces ayant guidé pour la reconnaissance et la vérification de terrain. Ces routes ont été réalisées à l'aide du logiciel de transfert de données GPS Trackmaker.

Les différentes informations recueillies sur le terrain (Coordonnées des points GPS, Photographies) ont permis d'élaborer une base de données photographique sur SIG très utiles lors de la réalisation des zones d'intérêts. La collecte de l'information sur la parcelle consiste en plusieurs descriptions synthétiques en relation avec la perception que peut en avoir le satellite à savoir la couverture du sol et le type de végétation.

**2.2.2.3. Phase 3 : travaux post terrain**

*Etape 11: Classification supervisée ou dirigée*

L'objectif de la classification dirigée consiste à rattacher tous les pixels de l'image du bassin versant du Kou à une classe d'occupation du sol identifiée à priori. Ainsi, suppose t-on que les statistiques calculées sur des échantillons sélectionnés à priori sont représentatives des classes et suffisantes pour effectuer la discrimination des pixels.

Le principe de classification dirigée utilisé dans cette étude repose sur une procédure dite du « maximum de vraisemblance », lors de laquelle la signature spectrale de chaque pixel, dans

chacun des trois canaux (4, 3 et 2) est comparée à celle des zones d'apprentissage ou régions d'intérêt. Les pixels sont alors affectés dans la classe dont ils sont le plus proches.

Les régions d'intérêt ont été constituées selon la nomenclature de la BDOT (Base de Données d'Occupation des Terres) pour l'Eau, la forêt, la savane arborée, la savane arbustive, l'urbain (masqué), les champs, les rochers ou zone cuirassées, les cultures maraîchères, les marais et les terres nues.

#### Etape 12: création des régions d'intérêt

Pour chaque type d'unité on a procédé à la construction d'un fichier vectoriel de polygones d'entraînement (tous les polygones se rapportant à une même classe ont le même identifiant).

#### Etape 13: Extraction des signatures spectrales

L'extraction des signatures spectrales des différentes formations paysagères a été possible grâce à des fonctions disponibles sous Envi. Ce qui permet de créer une bibliothèque spectrale. A l'aide de ces signatures spectrales on peut réaliser d'autres classifications sur d'autres images satellitaires (figure 14 en annexe).

#### Etape 14: Evaluation de la précision et la validation de la classification

Le contrôle, l'évaluation et la validation de la classification se fait sur la base d'un échantillon de pixels vérifiés sur le terrain. L'échantillonnage se fait sur l'ensemble de l'image (et pas uniquement dans les sites d'entraînement).

Sous Envi, à l'aide d'une matrice de confusion il est possible d'évaluer la précision de la classification. Dans cette étude, à cause d'un écart important entre la date d'acquisition des images (2000) et la réalisation des travaux terrains (2007) l'évaluation de la précision n'a pas été faite.

#### Etape 15: Exportation en shape file (en fichier unique ou un fichier par classe)

Après la classification supervisée, les différentes classes sont converties en contours (evf) puis exportées en fichier de forme (shape file) unique. Il y a la possibilité d'exporter les fichiers de forme par classe séparée également.

#### Etape 16: Symbolologie ou analyse thématique

C'est un procédé qui permet de rendre la carte parlante. Elle permet de faire une lecture de la carte en affichant les différentes informations à partager. Elle permet ici d'afficher avec une légende de manière séparée les différentes unités paysagées découlant de l'interprétation et de l'analyse des données numériques satellitaires du bassin versant du Kou. Elle est réalisée dans un environnement SIG (ArcMap).

### Etape 17: Création de la carte finale et impression

La carte finale découle de l'analyse thématique à laquelle on ajoute d'autres informations et l'habillage nécessaire (flèche du nord, légende, barre d'échelle etc...).

#### **2.2.3. Enquête sur l'élevage**

Des sondages sur l'élevage ont été réalisés auprès de trois groupements d'élevage:

- Groupement d'éleveurs du secteur 21 de Bobo-Dioulasso,
- Groupement d'éleveurs du camp peuhl de Nasso,
- Groupement d'éleveurs du camp peuhl Yirwal (Bama).

Et des enquêtes réalisées dans 6 villages (Banankélédaga, Desso, Sourkoudougou, Banaorodougou, Sandimisso, Diarradougou) du département de Bama qui sont des zones d'accueil ou de transit de troupeaux venant hors du bassin du Kou.

Le but de ce sondage est d'appréhender l'utilisation de l'espace et de l'eau par les différents groupes et la gestion des animaux dans les différents villages. Le sondage a touché entre autres les domaines suivants:

- Les infrastructures hydrauliques de la zone (forage, puits modernes, puits pastoraux, barrage),
- Les activités (productions animales, lait, etc...),
- L'utilisation de l'eau par le bétail (sites d'abreuvement du bétail, propension à acheter de l'eau),
- Les problèmes de conflits avec les résidents à cause de l'approvisionnement en eau,
- Les sources d'approvisionnement en aliments du bétail (pâturage, fourrage, sous-produits agro-alimentaires),
- Le problème de santé animale liée à l'eau,
- Le problème de pistes à bétail, de piste de transhumance.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1. CARTOGRAPHIE DES ACTIVITES AGRO-PASTORALES DANS LE BASSIN

La démarche cartographique adoptée a permis d'élaborer la carte d'occupation et d'utilisation des sols du bassin versant du Kou. Cette carte d'occupation du sol renseigne sur les différentes occupations paysagères préalables à une proposition sur leur utilisation. Des zones de savane (arbustive et arborée) peuvent être utilisées comme pâturage pour le bétail.

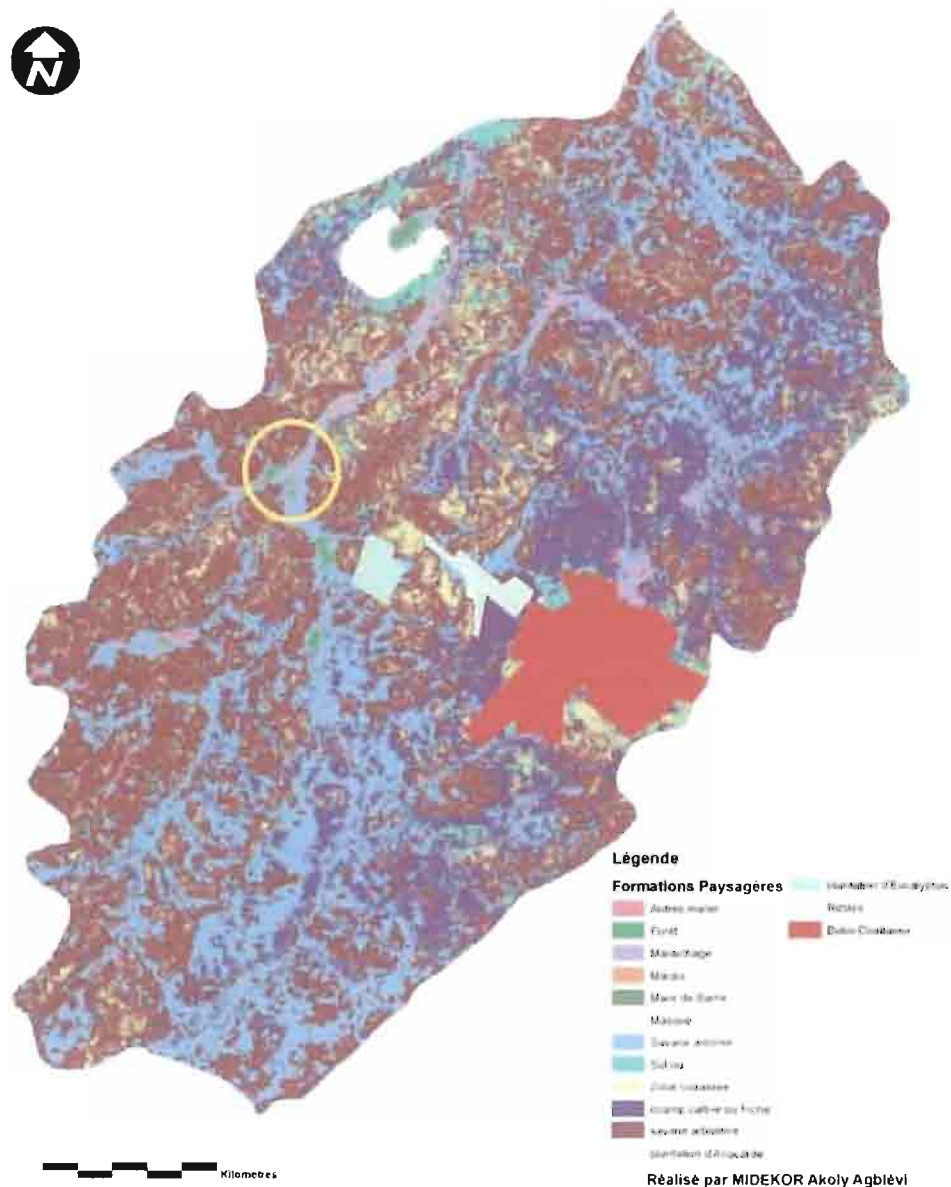


Figure 15 : Carte d'occupation des sols du bassin du Kou

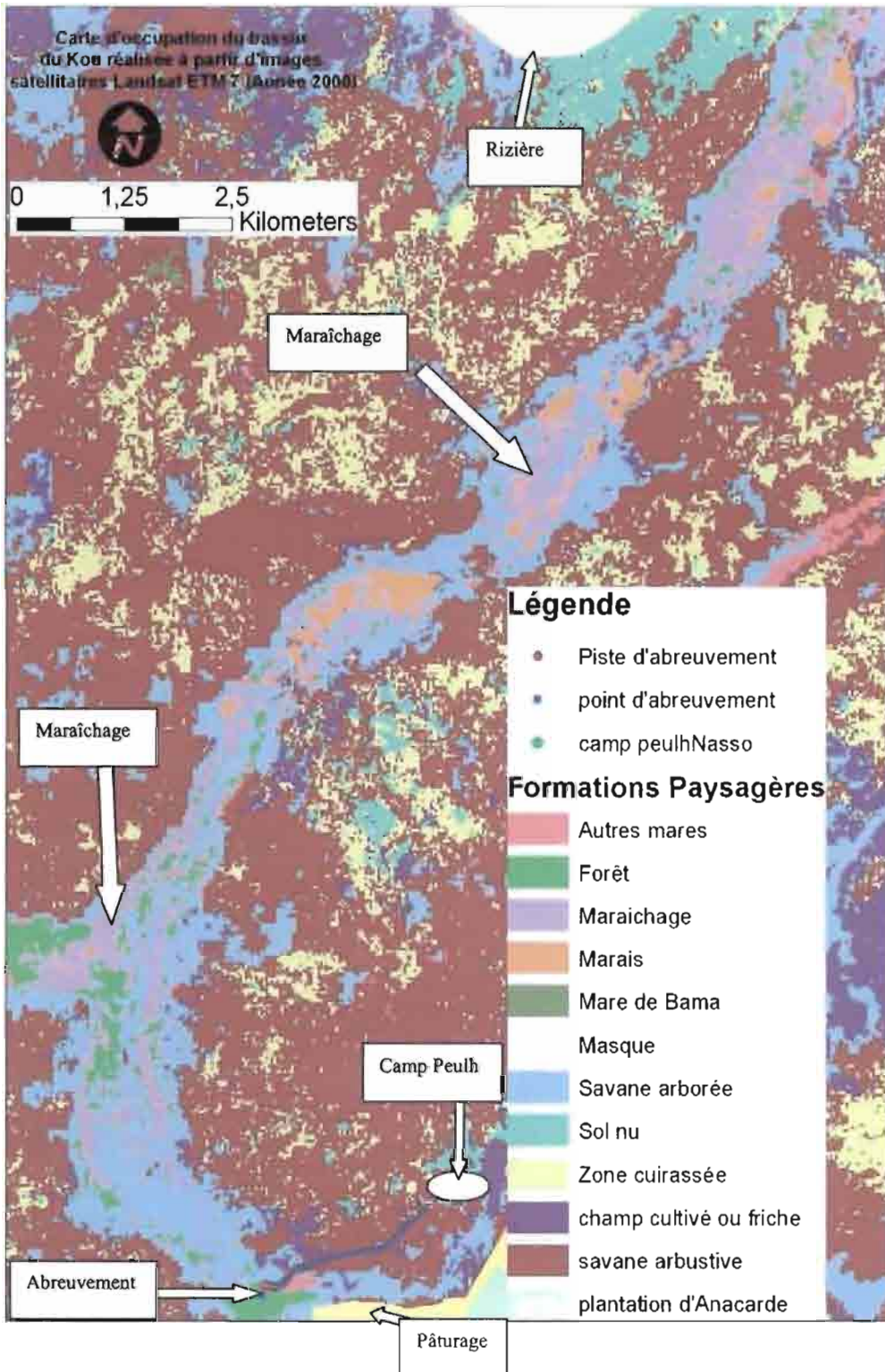


Figure 15b : Carte d'occupation des sols du bassin du Kou (zoom sur une partie de la vallée)  
 Cette figure est un agrandissement partie du bassin et elle montre en détail certaines occupations et utilisations.

L'examen de la carte d'occupation indique une utilisation des cours d'eau surtout la rivière Kou qui est un cours d'eau pérenne en contre saison à des fins agricoles. Ce cours d'eau est également convoité pendant la même période par les troupeaux qui viennent s'y abreuver. Cette ressource devient source potentielle de conflit pendant la période sèche.

**Tableau 2 : Répartition des différentes formations paysagères**

Formations paysagères	Superficie en hectares	Pourcentage
<i>Autres mares (autres plans d'eau du Bassin)</i>	856.53	0.47%
<i>Forêt</i>	614.07	0.34%
<i>Maraîchage</i>	2007.09	1.11%
<i>Marais</i>	561.96	0.31%
<i>Mare de Bama</i>	239.67	0.13%
<i>Savane arborée</i>	40140.85	22.10%
<i>Sol nu</i>	4753.89	2.62%
<i>Zone cuirassée (colline, affleurements, latérite)</i>	11501.37	6.33%
<i>Champs cultivés ou friches</i>	34938.09	19.24%
<i>Savane arbustive</i>	75414.06	41.53%
<i>Plantation d'eucalyptus</i>	724.17	0.40%
<i>Plantation d'Anacarde</i>	921.09	0.51%
<i>Bobo-Dioulasso</i>	7197.39	3.96%
<i>Rizière (vallée du Kou)</i>	1727.45	0.95%
<b>Superficie totale du bassin</b>	<b>181597.68</b>	<b>100.00%</b>

Les données de ce tableau montrent par exemple que plus de 41 pour cent de la superficie totale du bassin sont constituées de savanes arbustives propices pour l'élevage. Une zone pastorale peut y être dégagée mais en tenant compte du problème foncier.

### 3.1.1. L'agriculture

A partir du traitement de l'image satellitaire réalisé au cours de cette étude, la production principale de contre saison se trouvant sur la plaine aménagée de la vallée du Kou (culture de riz, maïs, cultures maraichères) est évaluée à 1727,45 hectares et les productions irriguées dans les autres parties bassin sont évaluées à plus de 2000 hectares en contre saison dans



l'année 2000 dont près de 600 hectares le long de la rivière Kou en amont du périmètre rizicole de la vallée du Kou.

### **3.1.2. L'élevage**

#### ***3.1.2.1. Le bétail et les systèmes de production animale dans le bassin du Kou***

##### ***3.1.2.1.1. L'Élevage extensif de ruminants***

L'élevage extensif des ruminants dans le bassin du Kou est pratiqué par les éleveurs des camps peulhs (Yirwal, Nasso, Desso) et les paysans détenteurs de troupeaux.

#### **Le système transhumant**

La transhumance se pratique de manière très variable selon l'ethnie, selon la région, et parfois la pluviosité de l'année (Nianogo et al, 1997). Elle est l'apanage des peulhs et concerne essentiellement les gros ruminants. Certains éleveurs du secteur 21 envoient leurs troupeaux en transhumance vers la Comoé ou la Côte d'Ivoire à partir du mois de janvier. Ceux du camp peul de Nasso pratiquent la petite transhumance en faisant pâturer certains de leurs animaux dans les terroirs de Diaradougou et de Sourkoudougou. Le bassin est également une zone d'accueil de la grande transhumance. En effet les villages de Sandimisso, Diarradougou, Sourkoudougou, Banaorodougou Banankélédaga constituent entre autre des zones de destination ou de transit pour les troupeaux venant de Kouka, Nouna, etc. vers la fin de la saison sèche ou en début de saison de pluie.

En saison pluvieuse les animaux sont conduits au pâturage et reviennent à leur base le soir. Dans certains villages, à part les bœufs de trait qui vont au champ, les animaux sont parqués ou mis au piquet. Les éleveurs du groupement Benkadi du secteur 21 de la ville de Bobo-Dioulasso et ceux du camp peul de Nasso ont accès à une zone de la forêt classée de Dinderesso pendant la saison des pluies. Du mois de mai à décembre 2007, 316 têtes de bovins et 120 têtes d'ovins du camp peul de Nasso, et 977 têtes de bœufs et 108 têtes d'ovins du groupement des éleveurs du secteur 21 de la ville de Bobo-Dioulasso, ont pâturé dans la zone C (2350 hectares environ) de la forêt classée délimitée par le projet PAGREN. Ceci a été possible grâce à l'autorisation accordée par ce projet moyennant une somme de 200 FCFA par tête de bovin et 50 FCFA par tête d'ovin pendant toute la période. Cette somme servirait à

l'entretien de la forêt. Il existe dans la forêt un « boulis » qui sert à l'alimentation en eau des troupeaux.

Durant la période post pluvieuse, les animaux sont conduits sur les champs, où ils valorisent les pailles de céréales cultivées et restées sur pieds, et les mauvaises herbes ayant poussé dans les bas-fonds. Après épuisement de ces résidus sur pieds, une partie du troupeau part pour la transhumance. L'autre partie du troupeau (femelles en lactation, les animaux fatigués ou à l'engrais, les jeunes sevrés) reçoit une complémentation alimentaire constituée de résidus de cultures (paille de céréales, fanes de niébé et d'arachide), sons (maïs, mil, sorgho), des sous-produits agro-industriel (tourteau de coton), des compléments minéraux (NaCl surtout). Le tourteau de coton est beaucoup utilisé par les éleveurs de Bobo-Dioulasso pour l'engrais

L'exploitation du troupeau est faite par la vente de jeunes animaux réformés pour subvenir à certains besoins (la scolarité des enfants, le soin des animaux, l'achat de vivres, l'achat de vêtements, le paiement de taxes diverses).

Les contrats de parcage tendent à disparaître aujourd'hui. A Diaradougou par exemple les fèces des animaux sont vendues. Il semblerait que les peuls préfèrent vendre les fèces des animaux que de faire un contrat de pacage. Les éleveurs des camps peuls de Nasso et de Desso qui se sont sédentarisés par contre utilisent eux –mêmes ces fèces pour leurs champs.

Le gardiennage des animaux est généralement assuré par des jeunes d'âges variables (10 – 17 ans) les différents villages enquêtés mais la transhumance est assurée par les personnes âgées (plus de 17 ans).

Chez les éleveurs Peuls, le lait est vendu ou autoconsommé. Le lait constitue ainsi une de leurs sources de revenus (Nasso, Yirwal, Desso). C'est la principale source de revenus pour les femmes Peul. Certains de ces élevages constituent les grands pourvoyeurs de lait aux mini laiteries dans la ville de Bobo-Dioulasso.

### **Le système agro-pastoral à gros ruminants**

Ce système connaît un essor considérable dans le bassin à cause du développement de la pratique de la culture attelée et de la traction animale. Les enquêtes réalisées dans 6 villages du département de Bama montrent que les bœufs de trait représentent successivement

29,41% ; 11,22% ; 13,11% ; 60% ; 22,67% ; 22,50% pour les villages de Sourkoudougou, Diaradougou, Banorodougou, Sandimisso, Desso, Banakélédaga.

D'après une étude réalisée par le programme VREO, il y aurait en effet 10 000 têtes de bétails dans un rayon de 10 km autour de Bobo-Dioulasso. La zone agro pastorale la plus densément occupée par les bovins serait celle de Kodéni-Samangan qui ne regroupe pas moins de 5000 têtes réparties dans 150 élevages différents (SOFRECO-SAWES, 2006).

En saison pluvieuse, les animaux sont conduits quotidiennement au pâturage pendant des durées de temps et des périodes variables ; les animaux reviennent à leur base chaque soir. Dans certains villages, à part les bœufs de trait qui vont au champ, les animaux sont parqués. La complémentation animale y est également pratiquée.

### **Le système d'exploitation mixte agriculture-élevage à ruminants**

Ce système se retrouve dans tous les villages enquêtés. Il est pratiqué par (i) des agriculteurs traditionnellement sédentaires qui au fil des années ont accumulé d'importants effectifs de cheptel, et (ii) des pasteurs peuls qui se sont sédentarisés (camp peulh de Nasso, Yirwal, Desso) et qui s'investissent d'avantage dans l'agriculture ; Les troupeaux de ce système comprennent également les petits ruminants (ovins et caprins).

Leur alimentation repose essentiellement sur le pâturage en saison des pluies et sur des résidus de récolte en saison sèche avec parfois des complémentations en SPAI. Certains utilisent la poudre de Néré pour compléter l'alimentation de leur bétail.

#### 3.1.2.1.2. Les systèmes d'élevage intensifs de ruminants

Ils sont très développés dans la ville de Bobo-Dioulasso et sa périphérie. Il existe actuellement beaucoup de fermes qui élèvent des races exotiques ou métissées (Gudali, Gir, Giro Lando des métisses (brune des alpes x races locales), Holstein. La race Azawak est devenue rare du fait des mortalités importantes attribuées au climat<sup>3</sup>. Il existe actuellement des métis (Azawak X race locale). Les fermes sont pour la plupart de type moderne et généralement bien équipées (bâtiment, point d'eau, champ destiné à la culture fourragère et au pâturage naturel).

Le système d'élevage intensif de ruminants comporte deux filières principales : l'embouche et la production laitière mais la dernière est beaucoup plus développée.

---

<sup>3</sup> Le berceau d'origine de la race de zébu Azawak est la vallée de l'Azaouagh, à cheval sur la frontière entre le Niger et le Mali (sahel nigérien situé entre les isohyètes 150 à 600mm)

### ***L'embouche bovine et des petits ruminants***

L'embouche ovine est une activité de plus en plus pratiquée par les producteurs agricoles au Burkina Faso (Somda, 2001). Les embouches bovine et ovine sont pratiquées dans les élevages traditionnels extensifs et par quelques agro pasteurs au niveau des villages. Elle est également pratiquée par des particuliers dans la ville de Bobo-Dioulasso. On les retrouve particulièrement à Yéguéré (secteur 10), Colma (secteur 11), Nienéta (secteur 12) et à Sarfalao (secteur 17). Le but est de fournir les animaux pendant les fêtes surtout durant la tabaski et également pour l'approvisionnement de la ville. La pratique actuelle de l'embouche bovine et des petits ruminants au Burkina Faso exige une forte utilisation de ressources alimentaires hors ferme, telle que le tourteau de coton (Kiema et al, 2008 ; enquête) mais le tourteau de coton devient de plus en plus inaccessible à cause de son coût qui est actuellement élevé.

### ***La production laitière***

La production laitière intensive est réalisée dans des fermes modernes installées dans la périphérie de Bobo-Dioulasso où les races laitières exotiques ou métissées mentionnées plus haut sont utilisées. Ce type de ferme semble très développé mais il est difficile de connaître le nombre ; selon les agents de la Direction Provinciale des Ressources Animale cependant, ces fermes dépassent la trentaine. Ce sont elles qui approvisionnent la ville de Bobo-Dioulasso en produits laitiers (laits pasteurisés, yaourts).

Il s'agit en fait d'élevage de type commercial où les propriétaires, sont pour la plupart des salariés, des commerçants ou des entrepreneurs qui investissent une partie de leur revenu dans le bétail. La conduite et la traite des animaux sont assurées par des ouvriers salariés.

### ***La Commercialisation du bétail***

Il existe deux marchés importants dans la ville de Bobo-Dioulasso. Le marché du matin au parc central à Yéguéré (secteur 11), le marché du soir au parc de l'abattoir. Le flux d'animaux est important et très variable en fonction des périodes. Dans le mois de janvier 2009, il a été enregistré au parc du matin 1713 bovins entrés et 1292 vendus et au parc du soir 1486 bovins entrés et 1305 vendus. Le flux est beaucoup plus élevé pour les petits ruminants. Le prix moyen de gros ruminants oscille entre 150 000 - 175 000 FCFA et 90 000 - 125 000 FCFA en période de soudure. Les éleveurs du bassin envoient leurs animaux dans les deux marchés de la ville.

La plupart des animaux sont destinés à l'exportation sur la Côte d'Ivoire, le Bénin (Parakou) puis le Nigéria.

L'exportation des bovins vers la Côte d'Ivoire connaît actuellement un ralentissement. C'est surtout les carcasses porcine et ovine qui est beaucoup exportée vers la Côte d'Ivoire. L'exportation vers le Ghana concerne les pattes et les queues fumées de bœufs.

### **3.1.2.2. Les pâturages**

Les pâturages deviennent de plus en plus rares et leurs accès de plus en plus difficiles du fait des aléas climatiques (pluviosité insuffisante ou mal répartie sur le plan spatial ou temporel dans ces dernières décennies), l'extension des aires cultivées, de leur surpâturage, des feux de brousse, et leur mauvaise gestion.

Le problème de pâturage ne se pose pas de manière générale en saison des pluies. Les éleveurs du camp peulh de Nasso et ceux du groupement Benkadi du secteur 21 de la ville de Bobo-Dioulasso font pâturer leurs animaux de Mai à décembre dans une partie de la forêt classée de Dindéresso. Les travaux d'évaluation des ressources pastorales réalisées en 2005 ont permis d'évaluer la charge animale théorique à 1849 UBT pour l'ensemble de la zone (2000 ha) au sortir de la saison des pluies, et à environ 600 UBT en août (NACRO, 2006). Le bilan fourrager de la zone sous pâture étant positif, théoriquement sa pâture peut être autorisée jusqu'en fin janvier avec au moins 2000 bovins (NACRO, 2007).

En 2004 le projet PAFDK/007 a formé les éleveurs du campement Peulh de Nasso et ceux membres du groupement Benkadi aux techniques de fauche/conservation du fourrage herbacé. Certains éleveurs les pratiquent. Ils ont à leur disposition des presses bottes fournies par le projet PAGREN servant à constituer les andains après les fauches. Il convient de noter que la production fourragère n'est pas encore entrée dans les habitudes des éleveurs et des agropasteurs. Le problème de matériels, de main d'œuvre et de fenils est souvent posé. Dans les élevages intensifs, la culture fourragère et la fauche de fourrage naturel est pratiquée. Une banque fourragère de 625 m<sup>2</sup> d'espèces ligneuses (*Azilia africana*, *Khaya senegalensis*, *Gliricidia sepium*, *Leucena leucocephala*) a été installée au niveau du camp Peulh de Nasso (Ouédraogo et al, 2006) grâce au projet PAGREN.

### *3.1.2.3. L'hydraulique pastorale*

Les ressources en eau utilisées pour l'abreuvement du bétail sont constituées au niveau du bassin par les eaux de surface et les eaux souterraines.

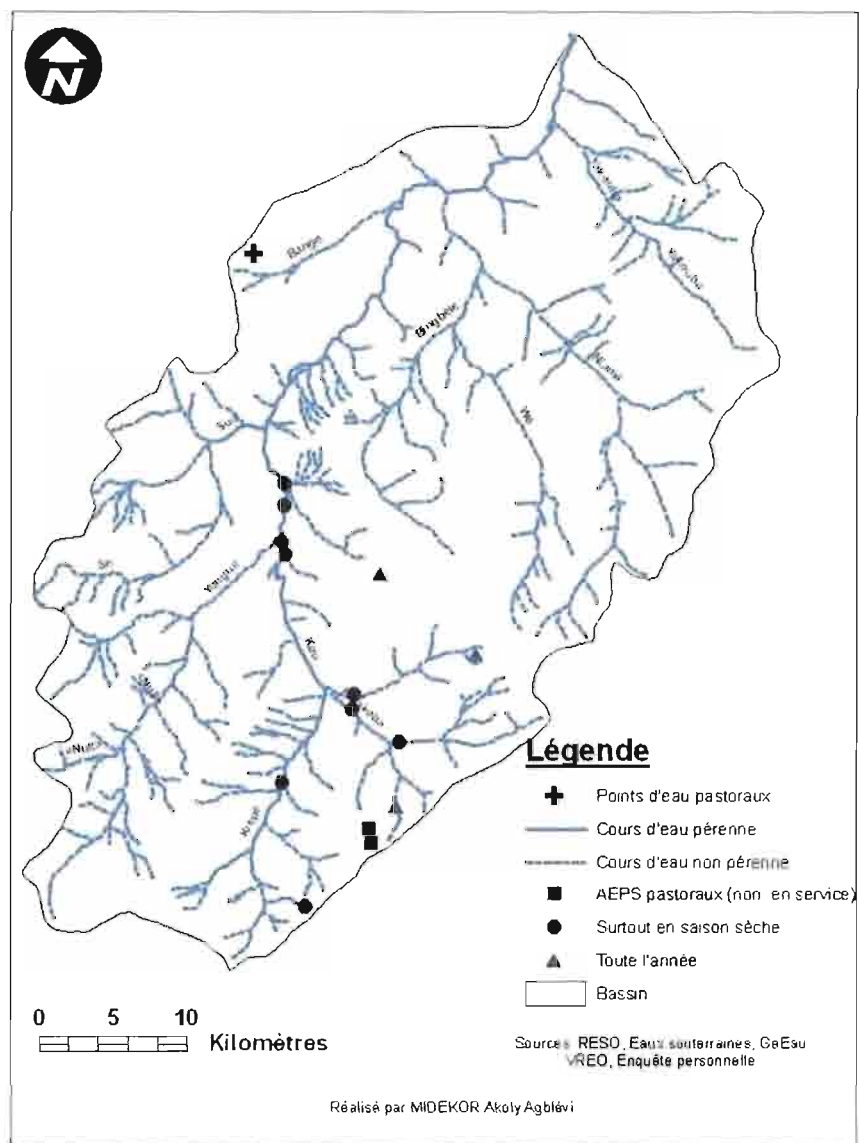
La figure 16 ci-dessous donne la situation des points d'eau exclusivement pastoraux dans le bassin versant du Kou.

On dénombre :

- un puits pastoral à Yirwal,
- un boulis dans la forêt classée de Dinderesso,
- des mares temporaires,
- deux AEPS pastoraux non en service à Darsalamy (MIDEKOR, 2006). Il convient de mentionner ici que ces deux AEPS pastoraux réalisés dans le cadre du programme RESO n'ont jamais fonctionné par faute d'alimentation électrique.
- Cinq points d'abreuvement sur le Kou ;
- Un barrage à Farakoba ;
- Un puits à grand diamètre à Nomoudara utilisable surtout en saison sèche;

et dans une très moindre mesure, les eaux souterraines (forages, puits à grand diamètre et puits traditionnels, puisard).

D'après les enquêtes réalisées, la préférence est pour les eaux de surfaces. Toutefois les canaux d'amenée qui sont des conduites associées aux superstructures (margelles, puits perdus, mur, berges,...) des forages d'hydrauliques villageois constitueraient une alternative pour l'abreuvement des animaux.



**Figure 16 : Cartographie des points d'eau pastoraux du bassin versant du Kou**

Cette figure montre que la majorité des points d'abreuvement se trouvent ou sont positionnés sur les eaux de surface. Deux des ouvrages éloignés des cours d'eau ne sont pas fonctionnels.

### 3.2. CARTOGRAPHIE DES RESSOURCES ET DE LEUR UTILISATION

Les ressources en eau du bassin versant du Kou sont constituées essentiellement des sources, des forages, des puits, des puisards, des cours d'eau, des mares. L'utilisation de ces différentes ressources du bassin couvre les domaines de l'alimentation humaine, de l'agriculture, de l'élevage, de l'industrie et dans une moindre mesure la pêche (figure 18).

D'après les résultats d'enquêtes réalisées auprès des éleveurs des camps peuls de Nasso et de Yirwal, les cours d'eau et le barrage sont exclusivement utilisés pour l'alimentation en eau des animaux (96,97% et 86,36% respectivement, selon les enquêtés), les forages, les puits modernes et les puits traditionnels sont utilisés par les animaux et les hommes (respectivement 87,50% ; 80,95% ; 82,61% selon les avis des éleveurs). Au niveau du bassin, la rivière Kou constitue le lieu d'abreuvement privilégié des troupeaux pendant la saison sèche.

L'utilisation agricole de l'eau est faite à partir des cours d'eau (Kou) et à partir de puits et puisards spécialement réalisés à cet effet et qui captent l'aquifère de la plaine alluviale du bassin du Kou.

**Tableau 3: Niveau d'utilisation des ressources en eau**

	Cours d'eau	Forage	Puits	Barrage/retenu	AEPS pastoraux	Puisards
Humains		+++	++		Non fonctionnels	
Animaux	+++	++	+	++++		
Agriculture	+++					+++

+++ : Plus utilisé ; ++ : Moyennement utilisé ; + : Faiblement utilisé

Les bases de données de l'inventaire des ressources en eau du programme VREO, du projet GEau et du Projet Eaux Souterraines (PESO) ont permis d'avoir la situation des ressources en eau (surface, et souterraine) du bassin versant de Kou. Les différentes ressources en eau (sources, mares, puits, forage, etc.) sont présentées sous forme cartographique (Figure 17). Sur cette carte les puits maraîchers n'y figurent pas.



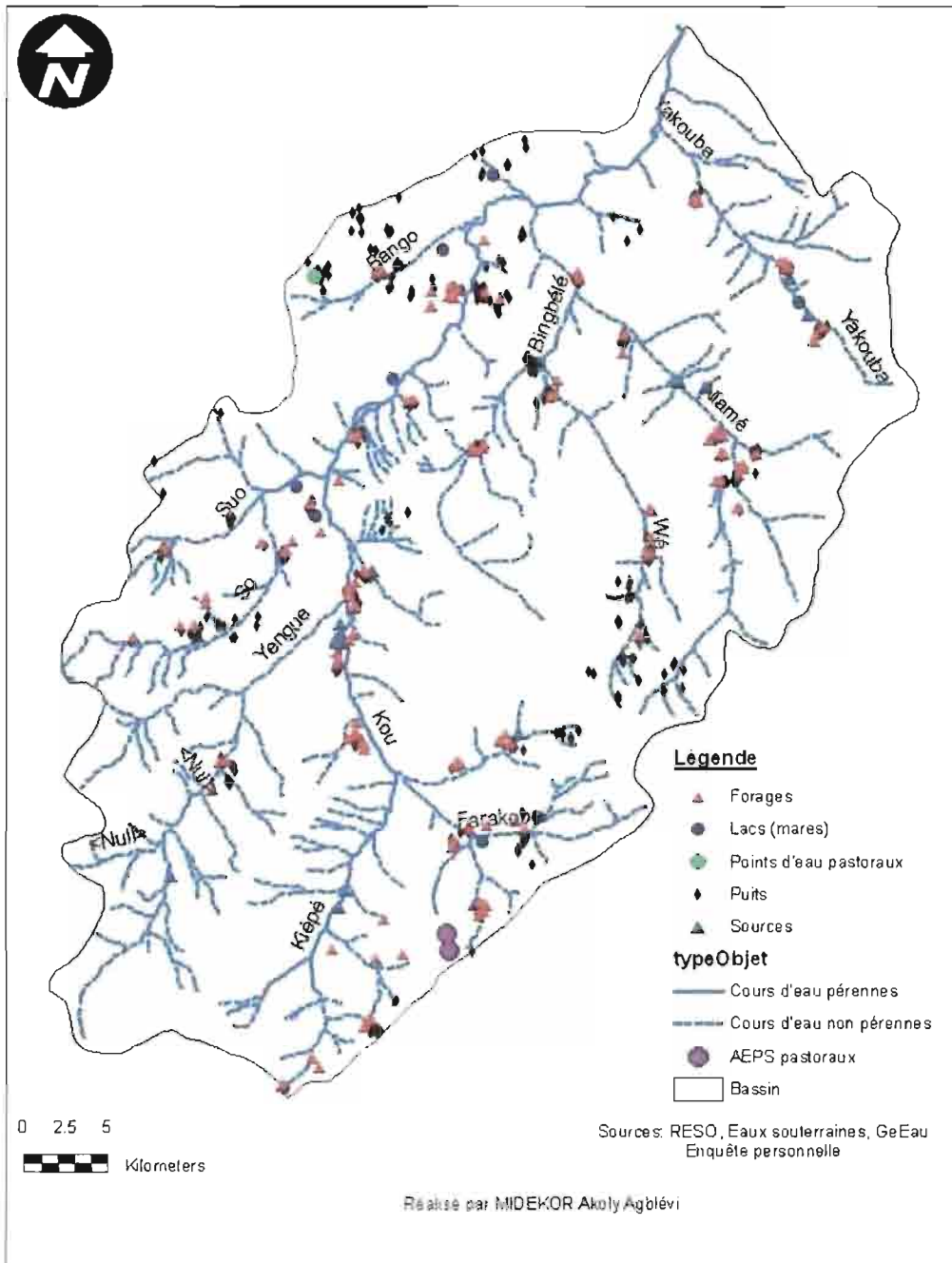
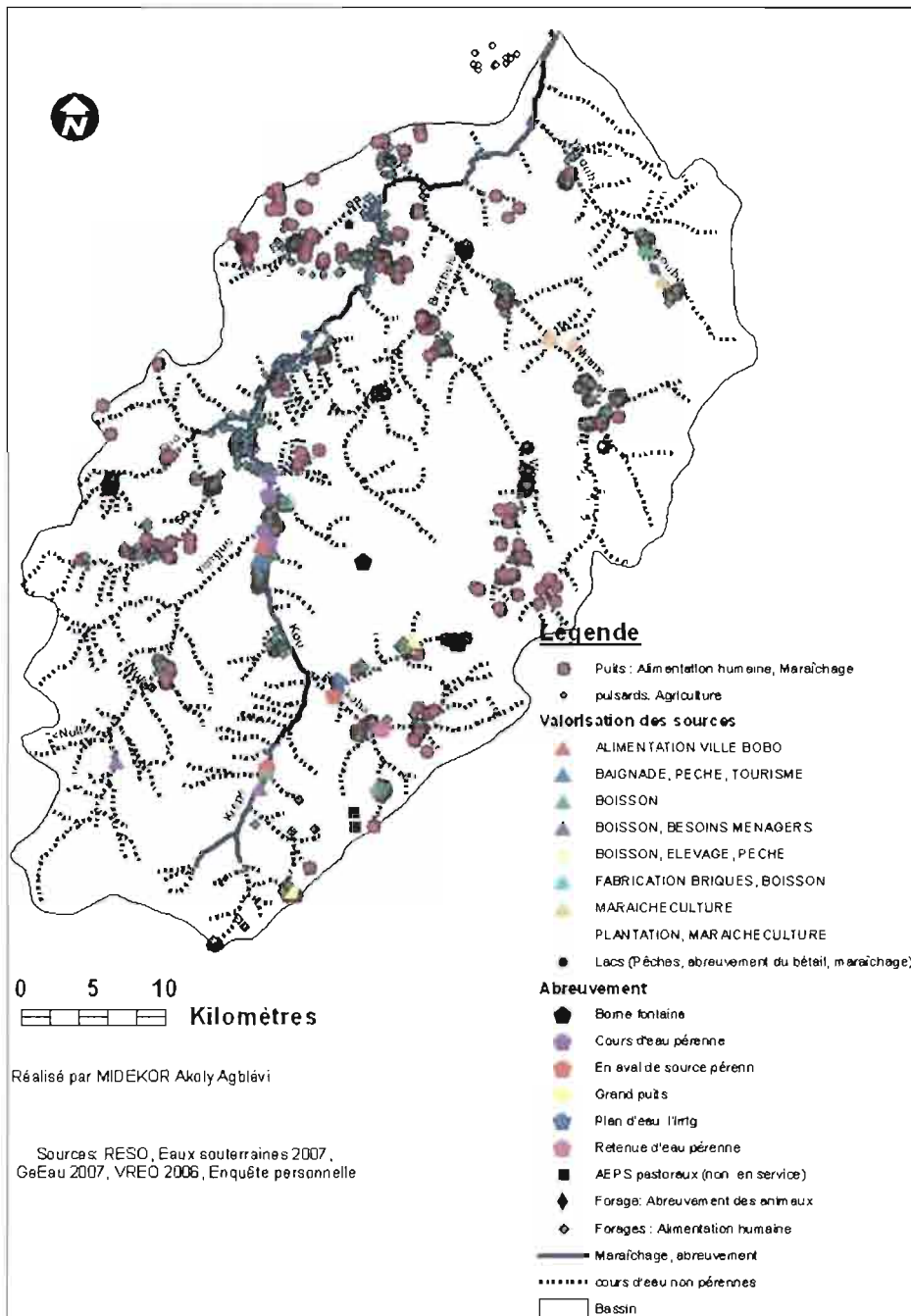


Figure 17: Cartographie des ressources en eau du bassin versant du Kou

Cette figure montre une spatialisation des ressources en eau. On note une répartition inégale des ouvrages hydrauliques sur l'ensemble du bassin.



**Figure 18 : Cartographie de l'utilisation des ressources en eau du bassin**

Cette figure montre les différentes utilisations qui sont faites des différentes ressources en eau dans le bassin. On note entre autres une importante utilisation des puits pour le maraichage et l'alimentation humaine. Les animaux utilisent plusieurs types de ressources pour l'abreuvement (bornes fontaines, cours d'eau, puits, retenues, forages)

### 3.3. DISCUSSIONS

Les résultats de cette étude montrent les différentes utilisations qui sont faites des ressources naturelles de manière générale et des ressources en eau en particulier au niveau du bassin. Il apparaît clairement à travers la multiplicité des usages et des usagers, une utilisation commune des mêmes ressources. L'utilisation des ressources en eau souterraine ne pose pratiquement pas de problème conflictuel surtout qu'ils sont dans presque tous les cas réalisés à des fins bien précises, connues de tous, à savoir l'alimentation humaine, quand bien même ces ressources sont aussi utilisées pour les animaux.

Il est à noter que l'exploitation des eaux de sources par l'ONEA pour l'alimentation en eau de la ville de Bobo-Dioulasso n'est pas sans conséquence sur les autres ressources au niveau du bassin car les eaux de la rivière Kou seraient alimentées par les sources exploitées par l'ONEA. Actuellement, le développement de la ville de Bobo-Dioulasso, le changement de mode de vie de la population et le développement industriel entraînent l'augmentation des besoins en eau. Pour satisfaire tous ses besoins l'ONEA devrait accroître sa production. Quant aux ressources en eau de surface qui en fait existent naturellement, elles sont sujettes à convoitise de la part des agriculteurs et des éleveurs. Des situations conflictuelles sont apparues entre les agriculteurs eux-mêmes, et entre les agriculteurs et les éleveurs quant aux accès et à l'utilisation des différentes ressources.

L'analyse des différentes données font ressortir 441 puisards agricoles en majorité le long du Kou (enquêtes GEeau, 2007), 146 forages dont 90 fonctionnels (enquêtes ESO, 2007) pour l'alimentation humaine, 15 points d'eau pastoraux (ou abreuvement) dont 4 situés sur le Kou et deux AEPS pastoraux non fonctionnels ; 473 puits pour la boisson et le maraichage. Cette situation montre une utilisation importante et intensive des ressources en eau à des fins agricoles, laquelle utilisation est liée à la terre.

En considérant l'occupation des sols, les espaces agricoles sont à cet effet bien délimités alors qu'aucune zone exclusivement pastorale n'existe dans le bassin à part la zone réservée pour le pâturage saisonnier dans la forêt classée de Dindéresso et les domaines achetés par ceux qui pratiquent l'élevage intensif. Il va de soi que cette inégale utilisation des ressources engendre des frustrations et des mécontentements divers.

Devant cette situation, les problématiques de l'élevage au niveau du bassin versant du Kou sont de trois ordres : les problématiques liées à la satisfaction des besoins en espace, en fourrage, et en eau.

Les éleveurs évoluent dans une insécurité foncière remarquable, du fait de la réduction progressive des pâturages due en partie à la progression du front agricole qui est variable selon les zones. Cela se traduit par un accès de plus en plus difficile aux ressources naturelles et des conflits toujours plus nombreux et plus violents entre les éleveurs et les autres utilisateurs des ressources naturelles, principalement les agriculteurs. L'insécurité foncière pastorale constitue donc pour l'instant un frein à l'investissement dans le secteur de l'élevage. En outre, elle affecte négativement la gestion des ressources naturelles (MRA, 2000).

Mais aujourd'hui avec le développement de l'agro-business, ceux qui se lancent dans l'élevage intensif dans les environs de la ville de Bobo-Dioulasso avec l'installation des fermes semi-modernes et modernes achètent des terres et auraient des domaines bien délimités avec des permis d'exploitation. Ce qui leur a permis de faire de grands investissements. Le droit de propriété ainsi acquis leur permet de pratiquer de la culture fourragère afin d'assurer l'alimentation du bétail pendant la période sèche. A l'état actuel il est difficile d'avoir une vue globale de ce que représente ces domaines privés.

Mais il est important de souligner que la tendance à la sédentarisation des éleveurs sur des terres qui étaient jadis incultes a été source de conflit dans le Goll au Sénégal (Gueye, 1994). C'est le cas aussi des éleveurs peulhs qui se sont installés à Nasso dans la région de Bobo-Dioulasso il y a de cela plus d'une cinquantaine d'années. Aujourd'hui ces terres sont pour la plupart vendues et ces éleveurs se trouvent enclavés et ont difficilement accès à l'eau du Kou.

Les tentatives d'organisation de l'espace pour différencier les zones à vocation pastorale de celles réservées à l'agriculture sont généralement de l'administration qui veut par là appliquer sa réforme agraire et foncière. Dans la pratique, les agriculteurs ne se reconnaissent pas généralement dans les bornages de l'espace. Il s'en suit l'extension des champs qui ferment souvent le passage aux animaux (RESO, 1999).

Au Burkina Faso, il existe un vide juridique sur la pratique de l'élevage en zone de terroirs qui porte un préjudice au développement de l'activité pastorale ainsi qu'à la gestion des ressources naturelles en général (SAEC, 2001). En matière pastorale, il n'existe pas de lois spécifiques pouvant être considérées comme base en la matière pour le développement pastoral. Le législateur s'est intéressé aux conditions techniques et sectorielles de l'élevage, en réglementant la santé animale, l'organisation du commerce de bétail et pour réprimer la divagation des animaux, l'élevage traditionnel étant principalement perçu souvent à tort

comme source de conflits et facteur de nombreuses dégradations de l'environnement (MRA, 2000).

La multiplication des effectifs du bétail accompagne toujours l'augmentation de la population mais la production fourragère, elle, n'augmente pas, au contraire ; Le déséquilibre entre l'effectif du bétail et les ressources fourragères est le principal problème rencontré par les éleveurs sahéliens. En effet, l'utilisation des ressources pastorales par les troupeaux est sujette à des difficultés croissantes qui tiennent surtout aux pressions démographiques et aux contestations sociales beaucoup plus fortes que par le passé (Boussard, 2001).

Le Burkina Faso est un pays sahélien, à conditions édapho-climatique défavorables. La période de croissance de la végétation et d'exploitation en vert des pâturages herbacés est très courte, variant de 50 à 180 jours selon la zone agro-écologique. Les sécheresses et les aléas climatiques rendent la production animale aléatoire d'une année à l'autre. Ils peuvent quelquefois compromettre durablement comme ce fut le cas avec les grandes sécheresses des campagnes agricoles 1973-1974 et 1984-1985. Plus du tiers du cheptel national avait alors été décimé et beaucoup d'éleveurs ruinés (MRA, 2000). De sérieux problèmes de pâturage se posent également dans le bassin du Kou surtout en période sèche. Ils sont souvent accentués par les feux de brousse qui détruisent parfois par moment le reste du fourrage sec sur pied qui est utile pour les animaux en période sèche.

Les zones à réserver comme zones de pâture doivent tenir compte de certains facteurs : la disponibilité en eau et la qualité des herbes, mais aussi la limite de charge. Ces espaces doivent être définis en participation avec tous les acteurs concernés, parce qu'ils connaissent les conditions requises pour pratiquer leurs activités. La limitation de l'expansion anarchique des champs agricoles pourrait être effectuée en renforçant certaines règles qui existent déjà, mais qui ne sont pas respectées : par exemple, la demande qu'il faudrait faire au Service Technique quand on veut débroussailler un nouveau champ (Beeler, 2006). Il est important de faire un zonage afin de permettre à l'élevage traditionnel d'avoir une zone de pâture.

Dans les élevages modernes (production laitière) les animaux sont pour la plupart en stabulation et sont nourris avec du fourrage naturel fauché, du fourrage cultivé (la dolique, le mucuna, le niébé fourrager), de l'ensilage. Le problème d'alimentation est résolu en partie pour certains de ces élevages.

A la différence des pâturages, l'accès à l'eau dans la plupart des régions du Bassin tchadien par exemple ne provoquent pas de tensions graves. Si les incidents ont lieu en général près des

puits, c'est qu'ils constituent des points de passages obligés, difficiles à éviter, où se règlent, à l'occasion, les différends. En revanche, leur utilisation comme point d'abreuvement est soigneusement régie par la coutume. Elle varie très peu suivant les régions, mais les statuts des puits relèvent parfois de plusieurs décisions officielles, qui compliquent de façon imprévisible des situations qui étaient en général simples au départ. Dans certains milieux on peut boire à un puits et y abreuver son cheptel en passant, sans que cela soulève la moindre difficulté. Il est hors de question, en revanche, d'y stationner en permanence sans autorisation (Clanet, 2004).

Mais au niveau du bassin du Kou les différents problèmes et conflits liés aux points d'eau se passent dans la saison sèche où l'eau de surface devient presque rare et presque inaccessible ou difficilement à certains endroits. C'est le cas également des AEPS (Adduction d'Eau Potable Simplifié) à usage pastoral de Soumousso et de Deguè- Deguè (MIDEKOR, 2006).

Au niveau du bassin, Il y a actuellement un conflit latent entre les éleveurs et les agriculteurs de la zone du Kou. L'accès à la rivière Kou par les éleveurs du camp peulh de Nasso et les transhumants venant de Kouka est devenu très difficile suite aux différentes clôtures mises en place par les producteurs. Selon les éleveurs, ces zones qui constituaient des pistes d'accès à la rivière Kou sont vendues et les acquéreurs veulent procéder à leur bornage. Le problème d'accès à la rivière Kou est actuellement porté à l'attention des autorités. Ce problème trouvera certainement une solution au niveau du cadre de concertation qu'est le Comité Local de l'Eau du bassin versant du Kou (CLE-K) où sont traités ou réglés les problèmes du bassin dans une vision de gestion intégrée des ressources en eaux.

Les conflits autour des ressources en eau ont pour objet l'exercice d'un droit de priorité en matière d'abreuvement ; l'utilisation par les pasteurs d'infrastructures hydrauliques situées à proximité ou à l'intérieur des agglomérations sédentaires ; la construction de points d'eau dans une zone sur laquelle s'exerce une prétention d'appartenance traditionnelle (**Boussard, 2001**).

Devant ces problématiques triptyques il y a lieu donc de mettre en place dans un cadre de concertation un plan de gestion d'ensemble du bassin du Kou en prenant en compte tous les types d'usages et d'usagers sans évidemment négliger l'élevage. Des pistes de solutions pourraient être entre autres :

- La mise en place d'infrastructures pastorales (points d'eau, les pistes de transhumance et les aires de stationnement le long des pistes) dans les zones agricoles où les conflits entre agriculteurs et éleveurs peuvent surgir.
- La mise en service des deux AEPS pastorales de Darsalamy avec une source énergétique de pompage à moindre coût. Cela pourra contribuer à résoudre ou atténuer les problèmes d'abreuvement des animaux en période chaude.
- La réadaptation des textes existant de la Réforme agraire et foncière (RAF) et la loi d'orientation sur le pastoralisme aux situations réelles et avec application.
- La délimitation des espaces pastoraux et la définition des points d'accès aux fins d'abreuvement des animaux dans la zone à vocation agricole dans un cadre de concertation.

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La présente étude a permis de mettre en place une méthodologie d'élaboration cartographique à partir des données numériques satellitaires Landsat 7 ETM+ par l'utilisation du logiciel Envi (Environment for Visualizing Image) et le logiciel de Système d'Information Géographique ArcGIS (ArcView 9) et à travers différentes classifications. Elle a permis de réaliser la carte d'occupation, de faire l'inventaire des ressources en eau et leurs utilisations et a permis de noter également la situation conflictuelle potentielle due à l'utilisation des ressources en eau du Bassin par les différents usagers. L'intérêt de la démarche élaborée est la capacité de pouvoir étudier rapidement les différentes occupations et utilisations des ressources naturelles au niveau de tout le bassin et de pouvoir prendre des décisions.

Devant la multiplicité des usages, des usagers, et la complexité des problèmes y afférents, l'élaboration d'un schéma directeur du bassin versant du Kou s'avère importante, nécessaire et urgente en prenant en compte tous les aspects et les différentes utilisations. A travers cette étude il nous a été donné de constater le développement de l'élevage urbain et périurbain des ruminants. A ce titre dans la perspective de la poursuite des travaux, étant donné que la méthodologie est élaborée et maîtrisée, il est envisagé :

- d'actualiser la carte d'occupation et d'utilisation du bassin sur la base des données de télédétection actuelle qu'il faut acquérir ;
- poursuivre d'autres aspects de l'étude l'environnementale de l'intensification de l'utilisation des eaux du Kou en complément des études en cours sur les ressources en eau, l'utilisation agricole des eaux dans le bassin du Kou au sein des projets GEeau et PESO ;
- d'étudier de manière particulière l'élevage urbain et périurbain des gros ruminants en faisant sa cartographie en intégrant des informations qualitatives et quantitatives afin d'évaluer son ampleur et sa contribution à l'économie de la région. La part de la production agricole dans cette économie sera également appréciée.
- Un schéma directeur d'aménagement pourra être élaboré et il servira de guide pour une meilleure utilisation et gestion des ressources en prenant en compte les différents usages et usagers dans le cadre d'une gestion intégrée durable du bassin du Kou.

La télédétection et le SIG semblent donc être une solution très intéressante et importante dans la gestion intégrée des ressources naturelles car permettant d'avoir une vue synoptique des ressources à une échelle donnée et à un moment précis afin de prendre des



décisions pour régler les problèmes pouvant découler de l'utilisation des ressources en eau du bassin.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AEDE, 2004 : Rapport d'enquête sur l'évaluation des ressources naturelles et humaines. Mission FNPP sur le site pilote n°01 au BURKINA FASO : Le Bassin Hydrographique du Kou. Volume II. Janvier 2004.

Andréfouët S., Maritorena S. et Loubersac L., 2000 : Un bilan de la télédétection appliquée aux milieux coralliens. *Océanis* • vol. 26 no 3 • 2000 • p. 311-349.  
[www.icess.ucsb.edu/.../Andrefouet\\_et\\_al\\_oceanis02.pdf](http://www.icess.ucsb.edu/.../Andrefouet_et_al_oceanis02.pdf)

Beeler S., 2006 : Conflits entre agriculteurs et éleveurs au nord-ouest du Mali. iied (International Institute for Environment and Development) Dossier no. 141. 36 p.

Belhadj-Aissa M., Belhadj-Aissa A. et SMARA Y., 2003 : Application du SIG et de la télédétection dans la gestion des feux de forêts en Algérie. 2nd FIG Regional Conference. Marrakech, Morocco, December 2-5, 2003.

Bicaba K., Gombert P., 1998 : Diagnostic des ressources en eau dans le bassin versant du Mouhoun supérieur. Programme de Valorisation des ressources en eau dans le Sud-Ouest. Assistance technique IWACO-BURGEAP. Juin 1998.

Boureau J. G., Ratte. J. P., 1990 : Application de la télédétection spatiale à la cartographie des formations forestières et au suivi de leur évolution. *Options Méditerranéennes*, Sér. A 1 n°4, 1990 - La Télédétection en Agriculture. CIHEAM.

Boussard F., 2001 : L'intégration des éleveurs dans la gestion d'un terroir villageois sahélien: le cas de Mâl (Brakna-Mauritanie). Mémoire de maîtrise de géographie. Université d'Anger.  
<http://www.iucn.org/places/mauritania/memoires/bf-memoire.pdf>

Centre Canadien de Télédétection : Notions fondamentales de télédétection. Un cours tutoriel du Centre Canadien de Télédétection. : [http://cct.rncan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index\\_f.php](http://cct.rncan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_f.php).

Chauvaud S., Bouchon C., et Manière R., 2001 : Cartographie des biocénoses marines de Guadeloupe à partir de données SPOT (récifs coralliens, phanérogames marines, mangroves) Thematic mapping of tropical marine communities (coral reefs, seagrass beds and mangroves) using SPOT data in Guadeloupe Island. *Oceanologica Acta, Volume 24, Supplement 1, February 2001, Pages 3-16.*

Clanet J. C., 2004 : Conflits éleveurs-agriculteurs : une partition spatiale consensuelle in *Secheresse Volume 1 E n°2 décembre 2004*  
[http://www.secheresse.info/article.php3?id\\_article=1786-36k](http://www.secheresse.info/article.php3?id_article=1786-36k) – Vendredi 24 juillet 2009

Coulombe A., Lessard F. et Seuthé C., 1993 : Utilisation de la télédétection pour l'évaluation et le suivi du périmètre urbain et de l'occupation du sol en zone urbaine. Phase 2 du projet : Développement d'une méthodologie fonctionnelle. Rapport final. Centre de télédétection du Québec.

Coulombe A., Seuthé C., 1993 : Dynamisme urbain de la grande région métropolitaine de Montréal entre 1989 et 1992. Bilan des travaux. Centre de Télédétection du Québec. 1993.

Diallo M., Wellens J., Dakouré D. et Compaoré N. F., 2006 : Promouvoir des approches innovantes de recherche- développement en matière d'eau : l'expérience du projet Gestion de l'Eau (GEeau) dans le bassin du Kou au Burkina Faso. (Note de Capitalisation).

FAO : Elaboration d'une base de données sur l'occupation du sol grâce à la télédétection et à un système d'informations géographiques. Étude pilote réalisée en Bulgarie.  
<http://www.fao.org/DOCREP/004/Y3642F/Y3642F00.HTM>. Vendredi 24 juillet 2009

FAO : Les images satellites pour l'aide à la gestion des forêts. Projet pilote au Maroc.  
<http://www.fao.org/docrep/W7825F/w7825f01.htm>. Vendredi 24 juillet 2009

FAO, 2002 : Eau et agriculture. Produire plus avec moins d'eau. FAO 2002

Girard M. C., Girard C.M., 1989 : Télédétection appliquée, zones tempérées et intertropicales. Collection Sciences Agronomiques. 1989.

Godard.V., 1992 : Évaluation des surfaces naturelles par télédétection et enquête de terrain en Mauritanie. Institut de Développement Rural (IDR), Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso).

Godert W. J. et Stephan M., 2001 : The role of GIS and remote sensing in land degradation assessment and conservation mapping: some user experiences and expectations. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 3, Issue 1, 2001, Pages 61-68.*

Gond V., Fontès J. et Loudjani P., 1997 : Dynamique des biomes africains par l'analyse de séries temporelles satellitaires African biomes dynamic by remote sensing temporal analysis. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III - Sciences de la Vie, Volume 320, Issue 2, February 1997, Pages 179-188.*

Hotyat M., 1999 : Intérêt de la télédétection et de la fusion de données pour lutter contre les agents pathogènes. *Médecine et Maladies Infectieuses, Volume 29, Issue 5, May 1999, Pages 314-317.*

Hubert-Moy. L., 2004 : Occupation du sol et télédétection : de l'inventaire à la modélisation prédictive. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches. Université de Rennes 2. Haute Bretagne. 2004.

Hussein K, Donata G., 2005 : Foncier, transformation de l'agriculture Et conflits en Afrique de l'ouest. Enjeux régionaux soulevés par les cas de la Sierra Leone, du Liberia et de la côte d'ivoire. OCDE

<http://www.oecd.org/dataoecd/54/31/36056677.pdf>

INSD, 2008 : Recensement général de la population et de l'habitat de 2006. Résultats définitifs. Ministère de l'Economie et des Finances. Juillet 2008.

IWACO/BERA, 1988 : Rapport final de la mission d'appui d'étude des prélèvements d'eau entre la Guinguette et la prise de Diaradougou. Projet Vallée du Kou – Mission Néerlandaise. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 32 p. + Annexes.

IWACO/BURGEAP, 1998 : Diagnostic des grands périmètres irrigués dans le sud-ouest du Burkina Faso : Vallée du Kou – Banzon – Karfiguéla. Tome 2 : Vallée du Kou. Programme RESO. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 47 p. + Annexes.

Kiema A, Nianogo A J, Ouédraogo T, Somda J, 2008 : Valorisation des ressources alimentaires locales dans l'embouche ovine paysanne : performances technico-économiques et options de diffusion. Cahiers Agricultures vol. 17, n°1, janvier-février 2008. pgs 23-27.

Krishnamurthy J., Mani A., Jayaraman V. et Manivel M., 2000 : Groundwater resources development in hard rock terrain - an approach using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 2, Issues 3-4, 2000, Pages 204-215.*

Lorenzini G., 2007 : Etude du bassin d'alimentation des sources de Nasso (Bobo-Dioulasso, Burkina Faso). « Etat des lieux des ressources en eaux souterraines du bassin du Kou ». Université de Liège. Faculté des sciences appliquées. Département argenco. 2007.

Malacamp J., 1982 : L'occupation des sols — Etude du centre regional de teledetection de Ouagadougou *Advances in Space Research, Volume 2, Issue 8, 1982, Pages 195-199*

Manguin S. et Boussinesq M., 1999 : Apport de la télédétection en santé publique: l'exemple du paludisme et autres perspectives. *Médecine et Maladies Infectieuses, Volume 29, Issue 5, May 1999, Pages 318-324.*

Masuoka P. M., Claborn D. M., André R. G., Nigro J., Gordon S. W., Klein T. A. et KIM H. C., 2003 : Use of IKONOS and Landsat for malaria control in the Republic of Korea. *Remote Sensing of Environment* 88 (2003) 187–194. [www.elsevier.com/locate/rse](http://www.elsevier.com/locate/rse).

Midekor A. A., 2006 : Diagnostic en vue de l'optimisation de 13 systèmes d'AEPS mis en place par le Programme de Valorisation des Ressources en eau du Sud-Ouest (RESO) du Burkina Faso. Programme VREO 2006.

MRA, 2000 : Plan d'actions et programme d'investissements du secteur de l'élevage au Burkina Faso. Diagnostic, axes d'intervention et programmes prioritaires. Version Finale. Octobre 2000.

Nacro H. B., 2006 : Aménagement et gestion des ressources fourragères de l'unité N°3 de la forêt classée de Dindéresso. Projet d'Aménagement Participatif des Forêts Classées de Dindéresso et du Kou. PAFDK.BKF/007. Mai 2006

Nacro H. B., 2007 : Bilan de la mise en œuvre de la pâture contrôlée dans la zone sylvo-pastorale de la forêt classée de Dindéresso, campagne 2006. Rapport final. Projet d'Appui à la gestion participative des Ressources Naturelles dans la région des Hauts-Bassins (Burkina Faso BKF/02.PAGREN/HBS. Décembre 2007.

Nianogo A J, Somda J, 1999 : Diversification et intégration inter-spécifique dans les élevages ruraux au Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 1999 3 (3), 133–139.

Oubib L., 2000 : Exploitation et entretien des réseaux d'irrigation du périmètre rizicole irrigué de la Vallée du Kou. Coopération Sud-Sud. FAO-Maroc-Burkina Faso. 42 p.

Ouédraogo D. et Dissa A., Yaro R. B., Koutou., 2006 : Gestion participative et durable des produits forestiers non ligneux des forêts de Dindéresso et de Kou : Analyse socioéconomique des potentialités et des contraintes. PAPDK. Rapport définitif. Mars 2006. Ministère de l'Environnement et du cadre de vie.

PAGREN, 2005 : Synthèse des inventaires pédestres 2004 et 2005 de la faune de Mammifères diurnes dans les forêts classées de Dinderesso et du Kou et les terroirs avoisinants. Octobre 2005. Ministère de l'Environnement et du cadre de vie. Region des Hauts Bassins.

PAGREN, 2008 : Rapport du troisième inventaire qualitatif de l'avifaune de la forêt classée du Kou. Version Définitive. Août 2008. Ministère de l'Environnement et du cadre de vie. Region des Hauts Bassins.

PNAF, 1996 : Plan d'Action National pour l'Environnement. Programme cadre de gestion des patrimoines nationaux. Ministère de l'Environnement et de l'Eau. Mars 1996.

RESO, 1997 : Inventaire des Ressources en eau. Problèmes et conflits liés à l'exploitation de l'eau. Rapport final ; TOME 11. Octobre 1997.

RESO, 1997b : Inventaire des Ressources en eau. Données générales. Rapport final. Tome 2. Octobre 1997.

RESO, 1998 : Diagnostic des ressources en eau dans le bassin versant du Mouhoun supérieur. IWACO-BURGEAP. Juin 1998.

RESO, 1999 : Le pastoralisme dans les zones de Bobo-Dioulasso – Samorogouan – Barani – Djibasso. Rapport final Avril 1999.

SAEC, 2001 : Plan d'action et programme d'investissements du secteur de l'élevage au Burkina Faso. Synthèse stratégique et opérationnelle. Ministère des Ressources Animales. Secrétariat Général. Direction des Etudes et de la Planification. Mai 2001.

SahelConsult/F.E.T., 1997 : Inventaire des ressources en eau : Rapport Final. Programme RESO. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 503 p.

Seuthé C., Lavoie A. et Courtois R., 2002 : La télédétection sur la trace du Caribou forestier. Cartographie de l'évolution de l'habitat du caribou forestier dans la région de Charlevoix à partir d'image Landsat. Projet 3501. Rapport final. 2002. Ressources Naturelles Québec. [www.quebecgeographique.gouv.qc.ca/.../caribour00001.pdf](http://www.quebecgeographique.gouv.qc.ca/.../caribour00001.pdf)

SOFRECO-SAWES, 2006 : Inventaire des risques de pollution des sources de Nasso et Pesso. Projet FED N°8 ACP BK 038. Avril 2006.

Somda J., 2001 : Performances zootechniques et rentabilité financière des ovins en embouche au Burkina Faso. in *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2001 5 (2), 73–78

Wellens, J. et Compaoré N.F., 2003. Renforcement de la capacité de gestion des ressources en eau dans l'agriculture moyennant des outils de suivi-évaluation – GEeau. Rapport Annuel No 1 (décembre 2001 – Novembre 2002). Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts Bassins, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso & K.U.Leuven, Leuven, Belgique. 123 p.

Wellens, J., M. Diallo, D. Dakouré et N.F. Compaoré, 2007 : Renforcement structurel de la capacité de gestion des ressources en eau pour l'agriculture dans le bassin du Kou. Rapport Technique 1. APEFE-DRI/CGRI. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 127 p.

Wu. W., 2003 : Application de la géomantique au suivi de la dynamique environnementale en zones arides : Exemple de la région de Nouakchott en Mauritanie, du Ningxia nord et du Shaanxi nord en Chine du nord-ouest. Université Paris 1.

Yang X., Damen M. C. J. et van Zuidam R. A. , 1999: Satellite remote sensing and GIS for the analysis of channel migration changes in the active Yellow River Delta, China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 1, Issue 2, 1999, Pages 146-157.*

Zinck A. J., López J., Metternicht I G., Shrestha P D. et Selem V L., 2001: Mapping and modelling mass movements and gullies in mountainous areas using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 3, Issue 1, 2001, Pages 43-53.*



## Sites Internets

[www.geographie.ens.fr/kegomard/Teledetection/CTeledetection.pdf](http://www.geographie.ens.fr/kegomard/Teledetection/CTeledetection.pdf) vendredi 24 juillet 2009

<http://employees.oneonta.edu/baumanpr/geosat2/RSHistory/HistoryRSPart1.htm> Lundi 31 mars 2008

[http://ess.nrcan.gc.ca/geocan/geomatic\\_f.php](http://ess.nrcan.gc.ca/geocan/geomatic_f.php) mardi 15 janvier 2008

<http://knowledge.cta.int/fr/content/view/full/1092> mercredi 02 avril 2008

<http://landsat.gsfc.nasa.gov/images/>

<http://lettres-histoire.ac-rouen.fr/histgeo/landsat.htm> mardi 1er Avril 2008.

<http://telnet.africa-web.org/liens/teled.htm> mardi 15 janvier 2008

[http://www.earthprint.com/cgi-](http://www.earthprint.com/cgi-bin/ncommerce3/ProductDisplay?prfnbr=592816&prmenbr=27973)

[bin/ncommerce3/ProductDisplay?prfnbr=592816&prmenbr=27973](http://www.earthprint.com/cgi-bin/ncommerce3/ProductDisplay?prfnbr=592816&prmenbr=27973) - 19k

[http://www.earthprint.com/cgi-](http://www.earthprint.com/cgi-bin/ncommerce3/ProductDisplay?prfnbr=592816&prmenbr=27973)

[bin/ncommerce3/ProductDisplay?prfnbr=592816&prmenbr=27973](http://www.earthprint.com/cgi-bin/ncommerce3/ProductDisplay?prfnbr=592816&prmenbr=27973) - 19k

<http://www.fao.org/DOCREP/004/Y3642F/Y3642F00.HTM> 15 janvier 2008

<http://www.fao.org/docrep/W7825F/w7825f01.htm>

<http://www.fao.org/docrep/W7825F/w7825f01.htm>, 15 janvier 2008

<http://www.hypergeo.eu/spip.php?article346> mercredi 02 avril 2008

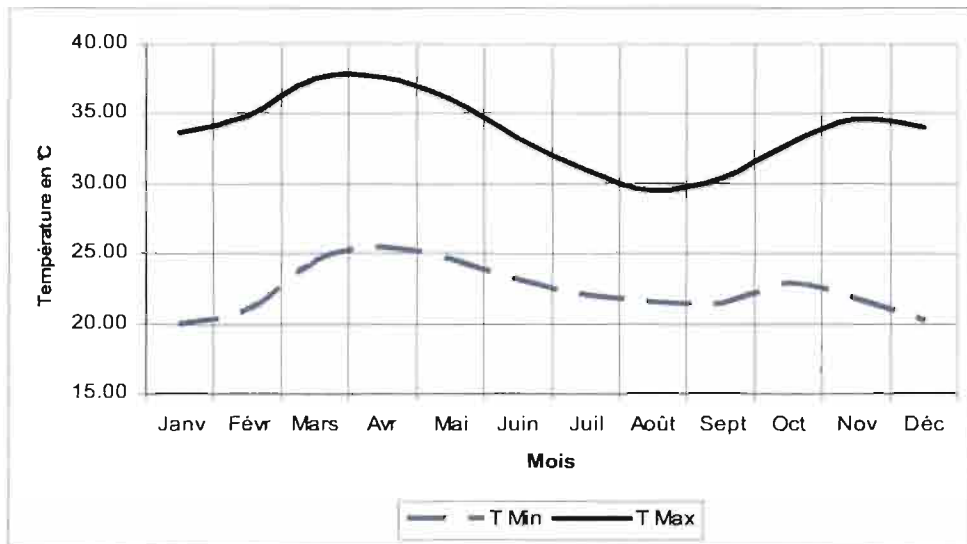
<http://www.iccnrdc.cd/telededection.htm>

<http://www.iccnrdc.cd/telededection.htm> mardi 15 janvier 2008

<http://www.iucn.org/places/mauritania/memoires/bf-memoire.pdf>

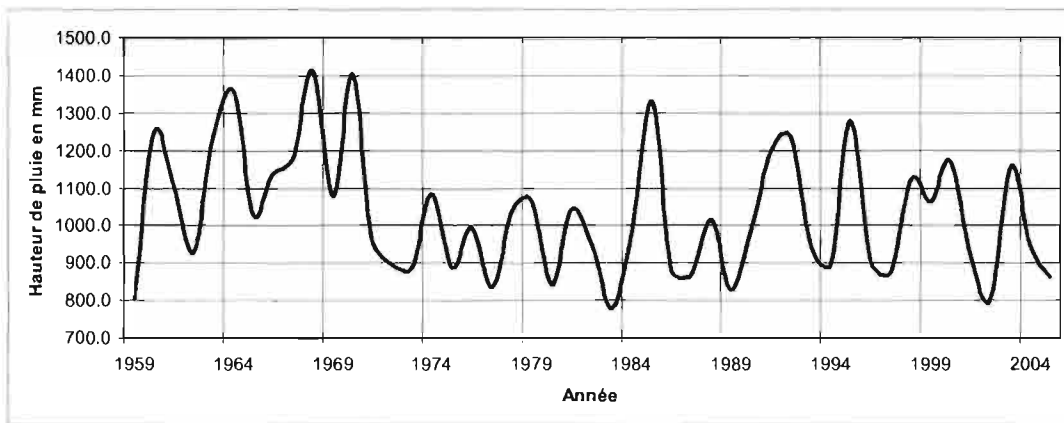
<http://www.univ-brest.fr/espace/teledete.html> mardi 15 janvier 2008

## **ANNEXES**



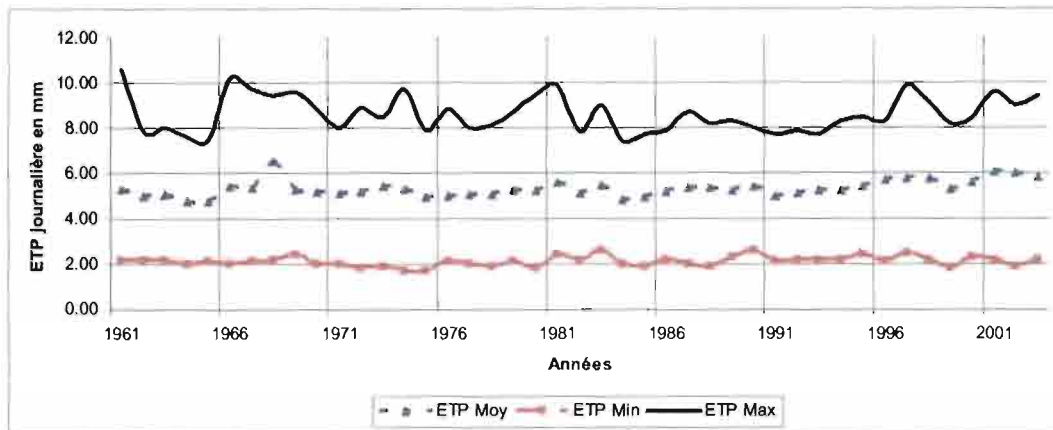
**Figure 2 : Evolution de la température à Bobo-Dioulasso pour la période de 1998-2005**

Le graphique ci-dessous indique l'évolution de la pluviométrie à Bobo-Dioulasso de 1960 à 2005.



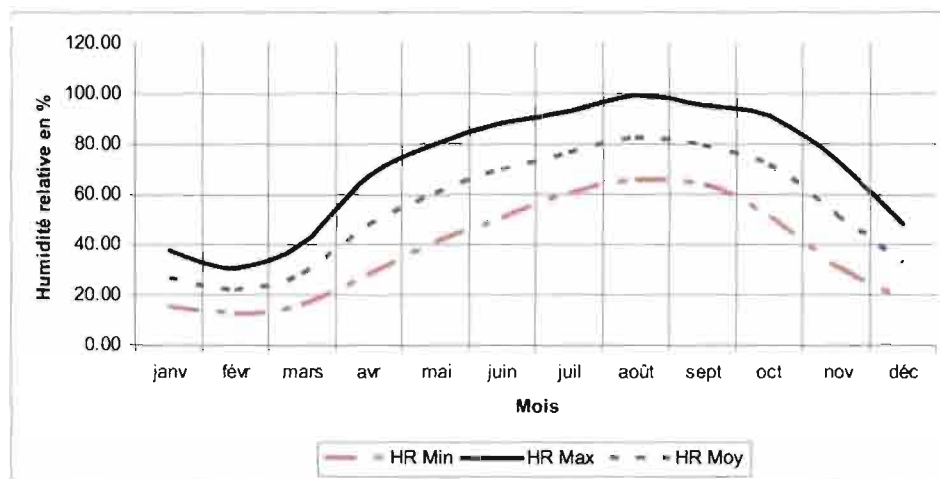
**Figure 3 : Evolution climatique de la ville de Bobo-Dioulasso – Fluctuation des précipitations annuelles**

Source des données : (GEeau, 2007)



**Figure 4 : Evolution climatique de la ville de Bobo-Dioulasso – Evapotranspirations journalières**

Source des données : (GEeau, 2007)



**Figure 5 : Moyenne mensuelle de l'humidité relative à Bobo-Dioulasso**

Source des données : GEeau, 2007

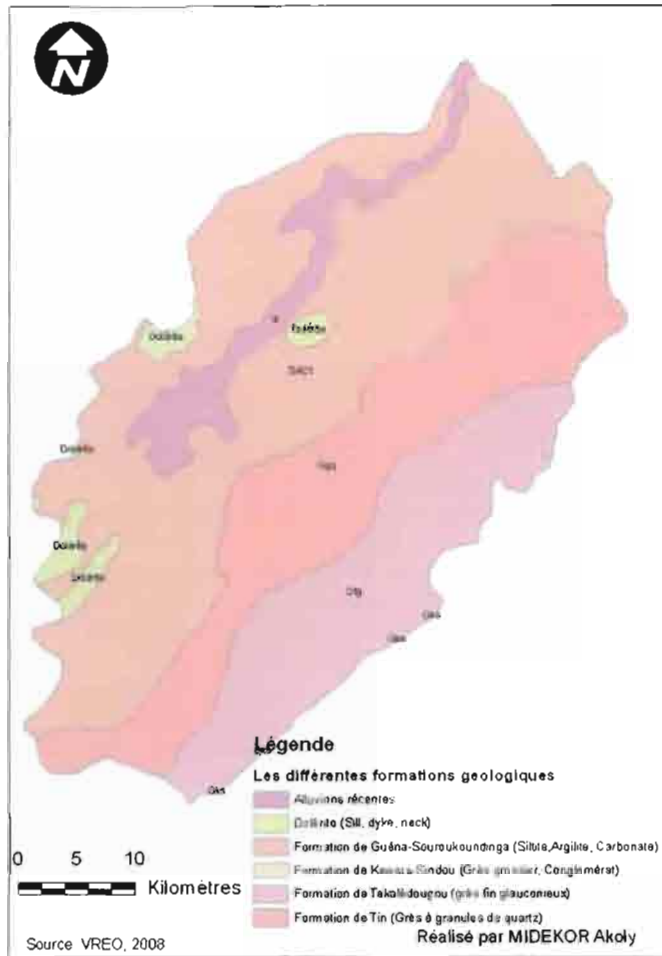


Figure 6 : Carte géologique du bassin du Kou

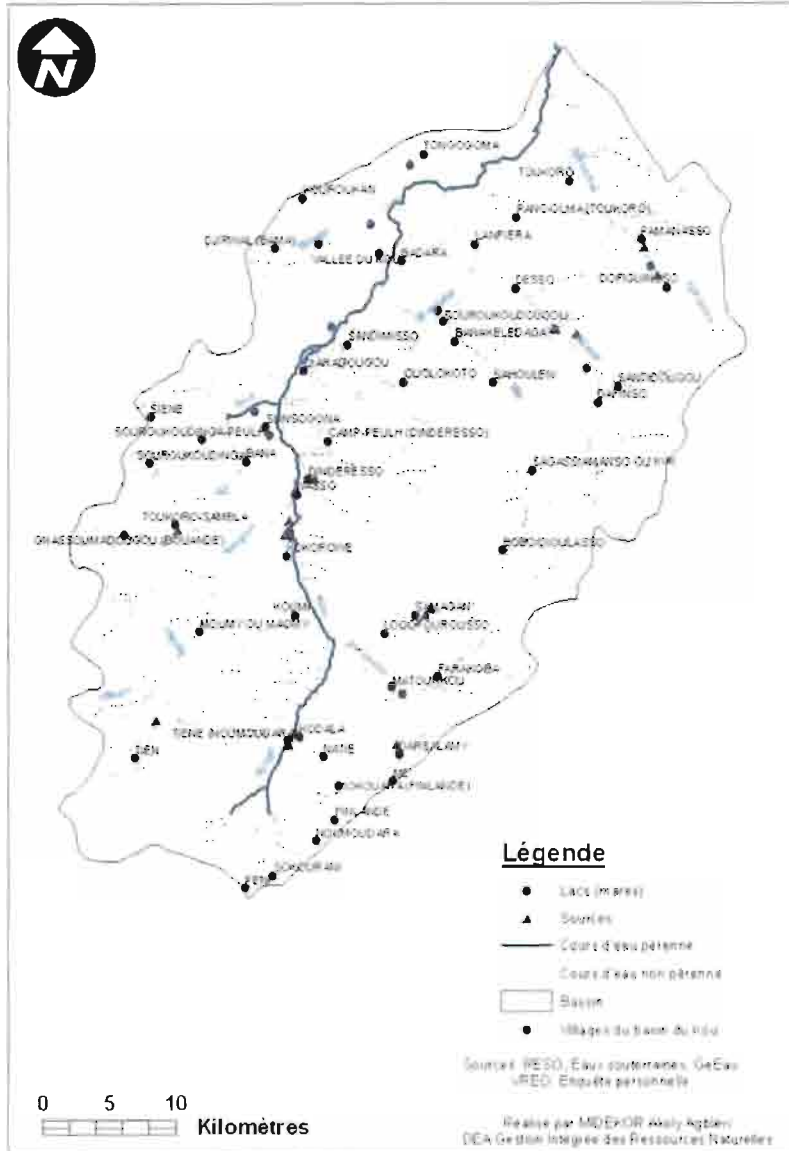
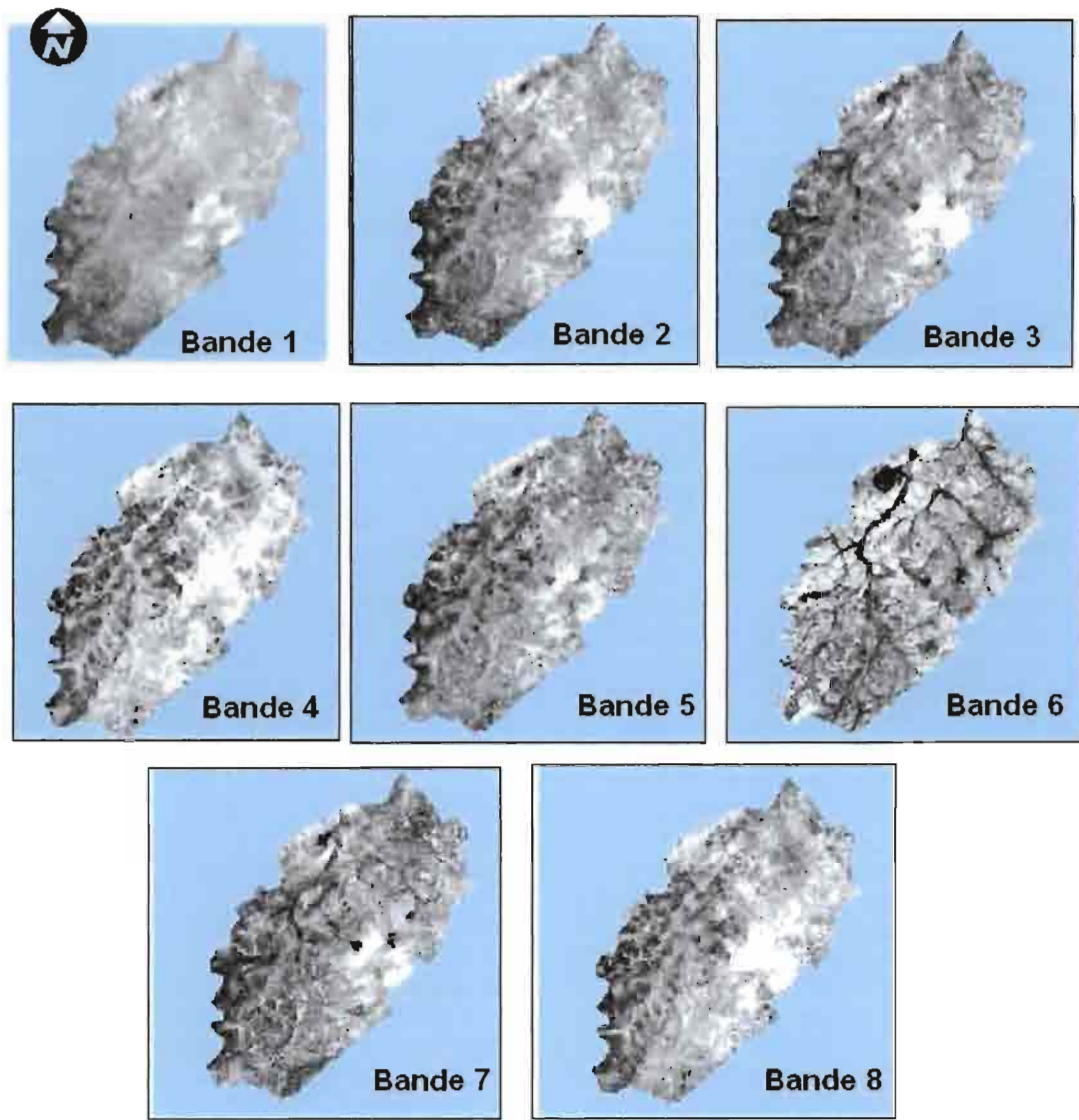
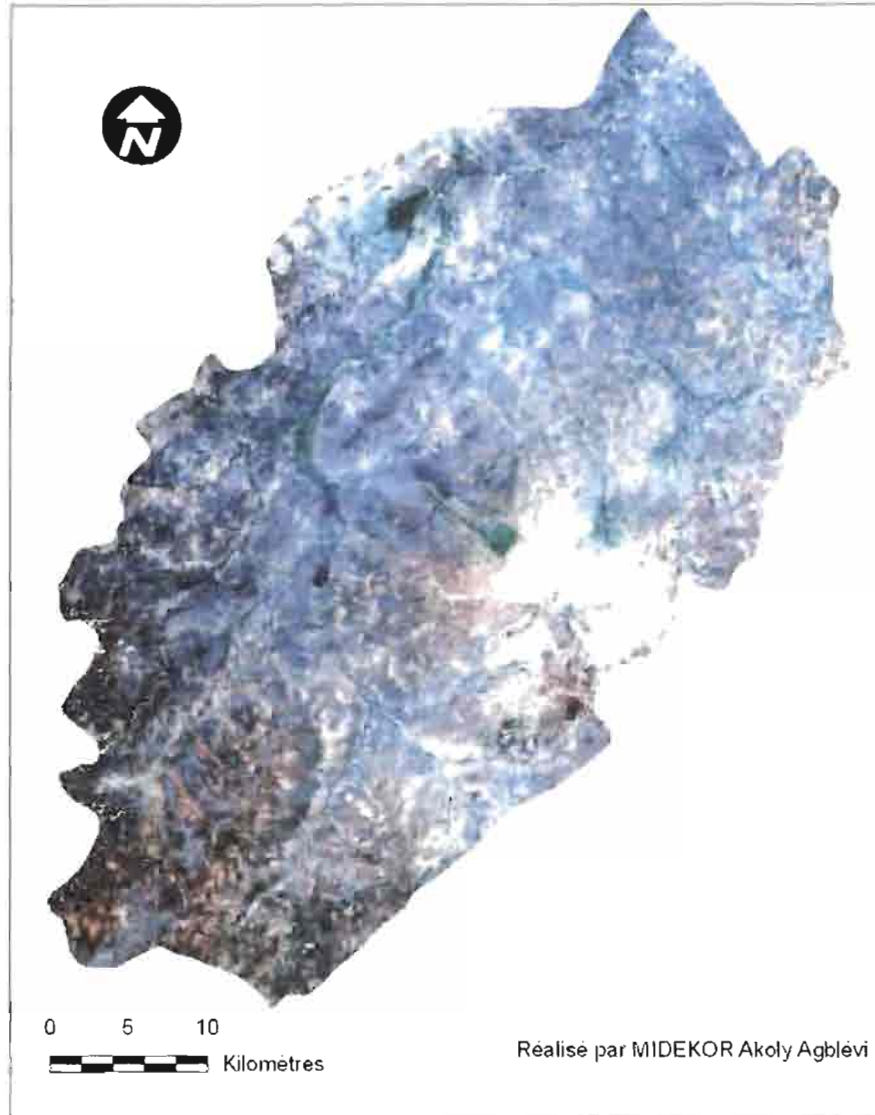


Figure 7 : L'hydrographie du bassin versant du Kou



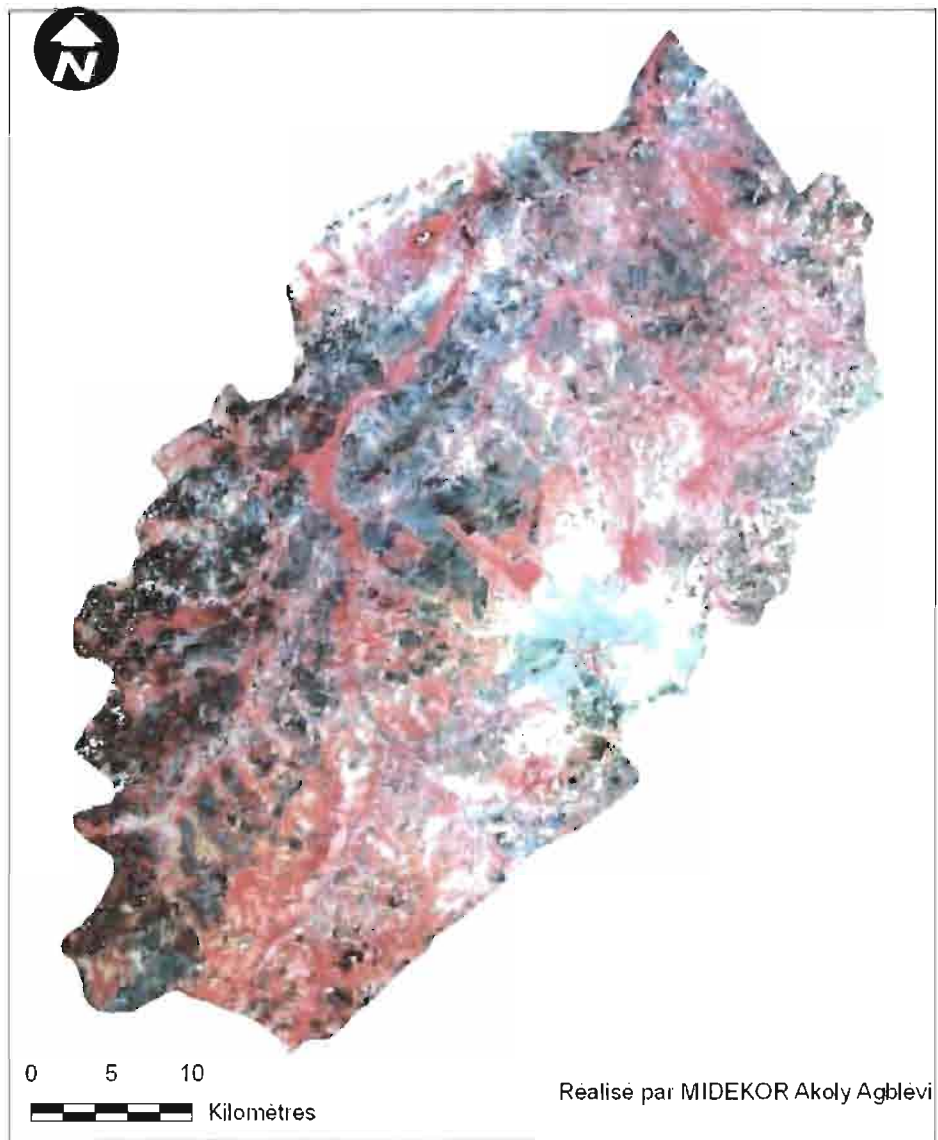
MIDEKOR Akoly Agblevi

Figure 8 : Le bassin du Kou vu dans les différentes bandes de Landsat 7 ETM+

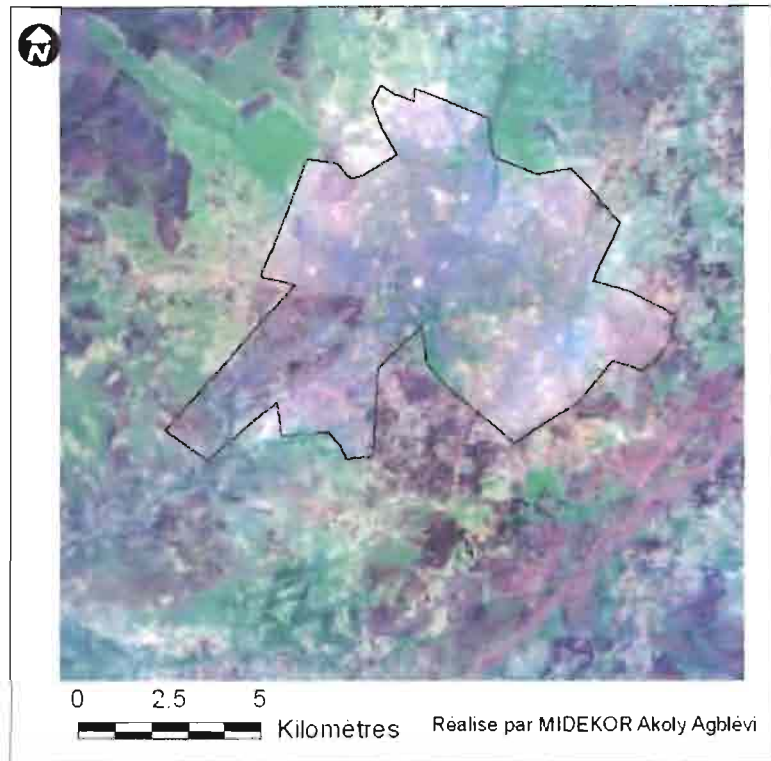


**Figure 9 : Composition colorée fausse vraie couleur 321 à partir de deux (02) scènes de Landsat ETM+ de l'année 2000.**

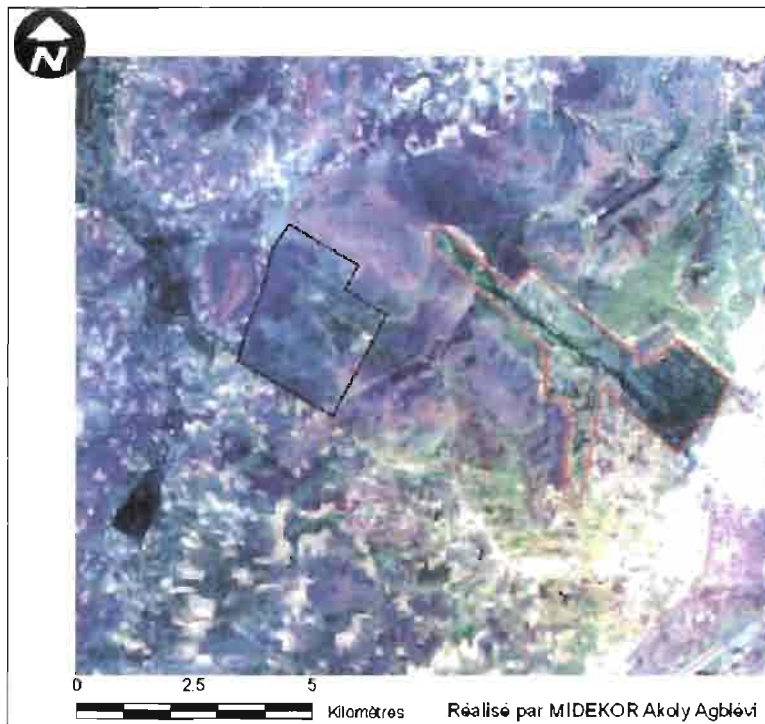




**Figure 10 : Composition colorée 432 à partir de deux (02) scènes de Landsat ETM+ de l'année 2000**



**Figure 11 : Composition colorée 741 ayant servi à délimiter la ville de Bobo-Dioulasso**



**Figure 12 : Composition colorée 751 ayant servi à délimiter les plantations d'anacarde et d'eucalyptus**



Figure 13 : Composition colorée 432 avec application de masques inversés

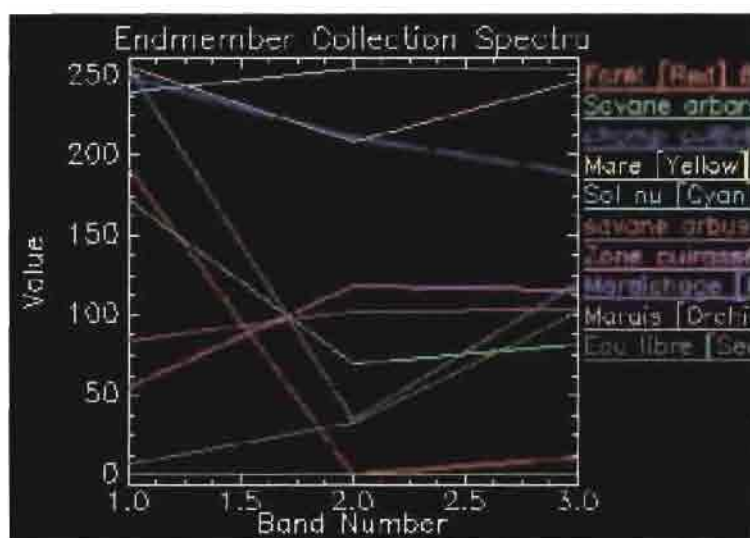


Figure 14 : Signatures spectrales extraites à partir des régions d'intérêt

**Tableau 4 : Les caractéristiques des capteurs et images Landsat**

Capteur	Gamme de bandes (micro m)	Localisation spatiale	IFOV ou résolution (m)	FOV ou swath (km)	Application principale
TM et ETM+	B1 : 0.45-0.52	Bleu	30x30	185	Pénétration des plans d'eau, cartographie des eaux territoriales
	B2 : 0.52-0.60	Vert	30x30	185	Distinction de la végétation, évaluation de la vigueur et identification des différents types de cultures
	B3 : 0.63-0.69	Rouge	30x30	185	Absorption de la chlorophylle, et différenciation des espèces végétales
	B4 : 0.76-0.90	Proche IR	30x30	185	Détermination des types de végétation et surveillance de la vigueur et de la biomasse, définition des limites des plans d'eau
	B5 : 1.55-1.75	Moyen IR	30x30	185	Indicateurs de végétation et d'humidité du sol utilisés pour la différenciation de la neige et des usages
	B6 : 10.4-12.5	IR therm.	TM 120x120 ETM+ 60x60	185	Analyse des contraintes de végétation, distinction de l'humidité du sol et cartographie thermique
	B7 : 2.08-2.35	Moyen IR	30x30	185	Identification des types de roches et de minéraux, cartographie hydrothermale et mesure de l'humidité du sol et de la végétation
	B8 : 0.50-0.90 Pour ETM+	Visible et proche IR	15x15	185	Image à la résolution plus élevée

Source: WU, 2003; <http://landsat.gsfc.nasa.gov/images/>

## **Annexes sur la télédétection et le SIG**

### **A. Quelques définitions sur la télédétection**

L'expression "télédétection" désigne l'observation de la surface terrestre à partir de l'espace en utilisant les propriétés des ondes électromagnétiques émises, réfléchies ou diffractées par les corps observés, à des fins d'amélioration de la gestion des ressources naturelles, d'aménagement du territoire ou de protection de l'environnement (<http://www.univ-brest.fr/espace/teledete.html>)

D'après la Commission ministérielle de la terminologie de la télédétection aérospatiale (COMITAS) cité par Andréfouët et al. (2000), la Télédétection, est la discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir des plates formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes. Elle suppose l'acquisition d'information à distance, sans contact direct avec l'objet détecté.

La télédétection se définit également comme l'ensemble des connaissances scientifiques et techniques utilisées pour déterminer les caractéristiques physiques et biologiques d'objet, par des mesures effectuées à longues distances, sans contact matériel avec ceux-ci (<http://telnet.africa-web.org/liens/teled.htm>).

Elle regroupe l'ensemble des techniques liées à l'analyse et à l'utilisation des données satellitaires telles que les données Météosat, NOAA/AVHRR, Landsat, SPOT, ERS, IKONOS et celles des photographies aériennes (<http://www.fao.org/docrep/W7825F/w7825f01.htm>).

En parlant de la télédétection on utilise également le terme géomatique qui renvoie aux disciplines d'acquisition, de stockage, de gestion, de récupération, de manipulation et de distribution de données à référence spatiale ou géographique ([http://ess.nrcan.gc.ca/geocan/geomatic\\_f.php](http://ess.nrcan.gc.ca/geocan/geomatic_f.php)).

La télédétection à nos jours est une discipline de pointe située au confluent des sciences de l'information de l'espace et de l'environnement. Elle est tributaire des sciences fondamentales (les mathématiques, les sciences physiques et naturelles).

D'un point de vue pratique, la télédétection se rapporte à la collecte, au traitement et à l'extraction d'informations sur l'environnement terrestre (Centre canadien de télédétection, 2001).

## **B. Quelques définitions sur le SIG**

Le Système d'Information Géographique (S.I.G.) est un système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace (<http://www.iccnrdc.cd/telededection.htm>)

L'expression «Systèmes d'information géographique» s'applique actuellement à des systèmes automatisés de mémorisation, de traitement et de restitution de données, dont le matériel et les logiciels ont été spécialement conçus pour traiter des données spatiales géoréférencées et les informations qualitatives correspondantes. Les données spatiales se présentent généralement sous forme de cartes décrivant la topographie, les disponibilités en eau, les types de sols, les forêts et herbages, le climat, la géologie, la population, la propriété foncière, les limites administratives, les infrastructures (routes principales, voies ferrées, réseaux électriques ou de communication), etc. La possibilité de regrouper plusieurs cartes en une seule opération, connue sous le nom de «superposition» est l'une des principales fonctions du SIG (<http://www.fao.org/docrep/W7825F/w7825f01.htm>,

<http://www.fao.org/DOCREP/004/Y3642F/Y3642F00.HTM>

Dans les SIG, les informations sont organisées en couches superposables, et peuvent être mises en interaction ou isolées. Les données peuvent être organisées en raster (cellule de grille) ou en vecteur (polygone, polyligne et point).

Selon le Centre Canadien de la Télédétection, le SIG est “un système informatisé conçu pour saisir, stocker, manœuvrer et produire des données géographiquement référencées”). D'après (Dueker *et al.*, 1989) c'est “un ensemble de matériel informatique, de logiciels, de données, d'hommes, d'organisation, de montages institutionnels destinés à rassembler, stocker, analyser et diffuser l'information concernant les différents secteurs de la terre ”).

Chacune de ses applications a ses exigences propres en termes de résolution spectrale, spatiale et temporelle. Du point de vue de ces applications, les avantages spécifiques de la télédétection sont les suivants :

- un vaste aperçu, jusqu'à des milliers de kilomètres carrés (km<sup>2</sup>) ;
- la possibilité d'effectuer des aperçus périodiques dont le rythme peut varier, selon le type exact de plate-forme, d'une demi-heure à deux semaines d'intervalle ;
- la possibilité d'effectuer des aperçus sur de longues durées, jusqu'à plusieurs années, selon la durée de vie de la plate-forme considérée ;
- la possibilité d'obtenir des résultats géométriques détaillés (au centimètre près), selon le type de capteur utilisé ;
- la possibilité d'obtenir des perceptions détaillées (haute précision des couleurs et détection de caractéristiques invisibles à l'œil nu telles que la température et la teneur en eau des sols et des plantes) (<http://knowledge.cta.int/fr/content/view/full/1092>)

### **C. Quelques applications**

#### **Cartographie**

La télédétection est un puissant outil cartographique pour appréhender des questions extrêmement variées et toujours plus nombreuses relevant entre autres, de la géographie rurale (ex : société rurale appréhendée par ses composantes paysagères comme le parcellaire ou la pratique du brûlis), de la géo-archéologie, de l'aménagement, de la géomorphologie, de la géographie urbaine depuis la possibilité de la très haute résolution visible (ex : relation entre architecture et composantes socioculturelles et socioéconomiques), de la démo-géographie (ex : évaluation de la population par les densités de bâti), etc...(Coulombe et Seuthé., 1993, Boureau et Ratte, 1990).

#### **La télédétection et le développement agricole et rural**

De nombreux pays développés utilisent déjà cette technologie pour améliorer la production agricole (l'agriculture de précision) ou, toujours dans le domaine agricole, pour prendre des décisions concernant, par exemple, l'opportunité de l'octroi de subventions.

Les agriculteurs d'Amérique du Nord et du Japon ont de plus en plus recours à des systèmes d'information hautement informatisés, utilisant des données recueillies en temps réel grâce à une télédétection sophistiquée et à bien d'autres technologies, pour planifier, gérer et prévoir la production agricole. (<http://knowledge.cta.int/fr/content/view/full/1092>).

Il convient de souligner que les données de la télédétection doivent toujours être complétées par des observations in situ suffisantes, à des fins de validation et d'étalonnage, pour permettre une interprétation fiable, sans équivoque et quantitative des données.

La télédétection est utilisée pour fournir des données sur la superficie et sur le type et l'état des cultures et des autres types de végétation pour la délimitation des terres agricoles, des forêts et des écosystèmes à des fins de planification et de gestion ; il s'agit entre autres d'estimer ou de prévoir les récoltes, d'identifier des problèmes tels que les niveaux d'infestation, les débuts de maladie ou les dégradations ou baisses dues au manque d'éléments nutritifs ou d'eau et de surveiller les changements affectant les écosystèmes (Centre Canadien de Télédétection, NC et CN Girard , 1989).

### **Télédétection et étude de l'atmosphère**

Le premier grand domaine d'application de la télédétection a été l'étude de l'atmosphère. L'intérêt de la télédétection dans ce domaine est d'assurer une couverture globale et très fréquemment répétée de la planète entière ; il est possible à l'aide de la télédétection d'observer les saisons et le climat, et notamment les nuages et leurs configurations afin d'évaluer et prédire les précipitations ou leur absence en un lieu donné, et prévoir les périodes de récolte ou la protection des cultures contre les effets néfastes de certaines conditions climatiques.

### **Télédétection et Océanographie**

En océanographie, la télédétection offre l'avantage de permettre *une vision synoptique de vastes régions* qu'il est impossible d'obtenir par les moyens traditionnels (bateaux). Pour certaines études à petite échelle, les données des satellites météorologiques sont largement utilisées en océanographie (températures de surface de l'océan) ; pour les études côtières, ce



sont les satellites de télédétection terrestre, équipés de capteurs à haute résolution, qui sont les plus utiles (NC et CN Girard, 1989).

#### 1.2.2.3.5. Etude et développement des villes

La télédétection et le SIG fournissent des images pour s'orienter aussi et établir des cartes topographiques, et des images pour mener des inventaires de la plupart des ressources. Par la répétitivité des acquisitions, elle autorise une analyse diachronique (ex : impacts d'une sécheresse, rythme et forme de l'urbanisation ou de la déforestation). (Coulombe et Seuthé, 1993 ; Coulombe et al, 1993).

D'une façon générale, la télédétection permet de dater l'inscription d'un fait dans le paysage, d'en apprécier le contenu, la forme, le sens et le rythme d'évolution. A un autre niveau encore, elle peut être utilisée afin de nourrir un débat conceptuel sur les concepts d'étalement et de compacité des villes (<http://www.hypergeo.eu/spip.php?article346>).

L'utilisation des données satellitaires pour appréhender les différents types d'occupation du sol est devenue fort fréquente, mais elle peut être complétée par la méthode de fusion de données telles que des photographies aériennes, des cartes analytiques, des informations de terrain, le tout s'intégrant ensuite, dans un système d'information géographique (Hotyat, 1999, Hubert-Moy., 2004).

Surveiller l'évolution de la surface terrestre est l'une des applications majeures de la télédétection (Boureau et Ratte, 1990 ; Gond et al, 1997).

### **Télédétection et étude environnementale**

L'utilisation des SIG et de la télédétection permet d'obtenir un bilan environnemental déterminant le développement des maladies. Les informations découlant de ces méthodes d'étude aboutit à l'élaboration des cartes de risques potentiels et réels qui peuvent permettre les interventions de lutte sur le terrain (Hotyat, 1999).

Un programme NASA mené en Amérique latine en utilisant les images de télédétection à moindre coût a permis de faire des prédictions ayant débouché sur le suivi continu de

l'environnement. Ce qui a permis de prévoir l'apparition d'épidémies et d'élaborer des modèles prédictifs à large échelle de l'abondance de vecteurs et d'hôtes intermédiaires, tels que les moustiques, les tiques, les glossines, les phlébotomes, les culicoïdes et les mollusques. (Manguin et Boussinesq, 1999 ; Masuoka, 2003).

Des facteurs environnementaux peuvent être appréhendés voire quantifiés à partir de données recueillies par image satellite.

Une analyse des données par ordre chronologique permet d'obtenir des informations sur des changements tels que ceux provoqués par la désertification, mais aussi des évolutions, par exemple de la couverture forestière, causées par la déforestation; les effets de la sécheresse ou des pluies excessives, sont identifiés et suivis de près (Seuthé et al, 2002).

La télédétection fournit des données sur l'environnement marin à travers la délimitation des zones d'importance écologique, l'évaluation des populations de poissons, la migration des poissons et les opérations de pêche ;

Avec la télédétection il est possible de recueillir des données pour la délimitation de la position et de la taille des lacs, fleuves et bassins hydrologiques, et de la position et de l'état (et notamment de la qualité) des réserves d'eau douce.

Elle permet de suivre les changements dus au développement et leur impact sur l'environnement ; Il est donc possible de surveiller le changement environnemental, de localiser et distinguer n'importe quel changement spatial.

### **Télédétection, SIG et gestion intégrée des ressources naturelles**

On peut donc appliquer le SIG et la télédétection dans un contexte intégré, c'est-à-dire pour faire un inventaire étendu des ressources naturelles, l'état de la dégradation et du risque et un inventaire des mesures de conservation à appliquer, en utilisant des méthodologies standard acceptées sur un plan international (Godert et al. 2001). D'après des études menées par Malacamp en 1982, il a été prouvé la possibilité d'évaluer la pression humaine sur des zones protégées, l'occupation de l'espace rural et la recolonisation de zones libérées de l'onchocercose.

La connaissance des transformations actuelles des surfaces terrestres représente un enjeu important pour l'évaluation des problèmes environnementaux. Ainsi, les dynamiques spatio-temporelles de l'occupation et de l'utilisation des sols constituent un des critères essentiels à prendre en compte dans la mise en œuvre de décisions fondées sur le concept de développement durable, tant à une échelle globale qu'à une échelle régionale et locale. (Hubert-Moy, 2004). En outre, l'observation des changements actuels et passés des modes d'usage des sols et la compréhension des facteurs qui les produisent permettent, dans le cadre d'études prédictives ou prospectives, de simuler des changements futurs à travers des approches intégrées. (Hubert-Moy, 2004). Grâce à la télédétection il est possible aujourd'hui d'étudier et d'observer ces changements.

L'utilité de la télédétection par satellite intégrée avec un SIG a été prouvée à travers l'étude des changements spatio-temporels des rives et des axes des chenaux à l'aide d'une série d'images Landsat prises à différentes époques pendant une période de 19 années (Yang et al, 1999). Dans l'étude des écosystèmes marins les images satellitaires sont très utilisées car elles permettent d'améliorer nettement la discrimination des objets, même profonds, en amplifiant des différences spectrales minimales associées à un signal de très faible intensité en utilisant une classification supervisée (Chauvaud et al, 2001).

Les photos aériennes et les images satellitaires (visible, infrarouge et des bandes en hyperfréquence), ou des combinaisons résultantes, ont été utilisées avec succès pour différencier des types de glissements de terrain et des ravinements. Zinck et al, en 2001 ont utilisé la télédétection et le SIG pour cartographier, suivre l'évolution, explorer les relations de cause à effet et évaluer les risques de mouvements en masse et ravinements dans des zones accidentées et montagneuses.

Vidal et al, 1987 ont étudié la variabilité spatiale de la réserve utile du sol, et estimer les apports par irrigation sur une zone homogène, et réalisé une première cartographie de l'évapotranspiration journalière à l'aide de la télédétection et la modélisation.

La télédétection est une technique de rassemblement et d'analyse de données qui offre la possibilité d'évaluation de ressources naturelles utilisée aujourd'hui par beaucoup de pays

pour évaluer leurs principales ressources afin de créer une banque de données. (Alvarez, 1983).

Le Système d'Information Géographique (SIG) peut être utilisé pour une estimation des surfaces de récoltes afin d'assister des systèmes de prédiction des récoltes au niveau régional. (Pradhan, 2001)

La télédétection et le SIG ne sont pas du reste dans le domaine des ressources en eau souterraine. En effet cette approche a été utilisée dans des zones de roche dure spécialement pour la démarcation de sites appropriés pour la recharge artificielle d'eau souterraine. Des cartes thématiques définissant la lithologie, les linéaments, les formes de terrain, l'occupation du sol, la densité de drainage, l'épaisseur de zone humide, l'épaisseur de zone fracturée, les sols hydrologiques et le rendement des sources ont été préparées à partir de données acquises par le satellite indien de télédétection (IRS) permettant de créer une carte montrant les zones de recharge artificielle (Krishnamurthy et al, 2000).

Aujourd'hui, les nouvelles technologies nous offrent la possibilité d'étudier les territoires de manière très rapide et très fiable grâce à l'imagerie satellitaire, à l'informatique et aux Systèmes d'Information Géographique.

### **Télédétection et production animale**

La production animale n'est pas du reste dans l'utilisation de la télédétection, en effet la classification d'image satellitaire permet de cartographier les classes de couvert végétal qui sont les milieux les plus intéressants pour l'élevage du point de vue ressources fourragères et ressources en eau de consommation. La direction de la recherche de la Société de la faune et des parcs du Québec (FAPAQ) a utilisé cette méthode pour cartographier les classes de couvert végétal, qui sont les milieux les plus intéressants pour le caribou ; Ces milieux supportent une nourriture abondante (lichens terrestres et arboricoles) tout en offrant un couvert adéquat (Seuthé et al, 2002).

Il est important de reconnaître que la connaissance des ressources du milieu permet d'adapter la charge animale aux ressources du milieu et ainsi éviter le surpâturage ou la sous exploitation de celles-ci. A cet effet l'association de la méthode d'enquête de terrain et l'utilisation de la télédétection ont été nécessaires pour l'évaluation des différentes occupations du sol et l'inventaire de la végétation spontanée en Mauritanie (Godard, 1992).

L'objectif final de l'application des SIG est de participer à la prise de décision des dirigeants, en s'appuyant sur une analyse synthétique. Par conséquent en intégrant la télédétection et les données géographiques, les SIG constituent un outil puissant pour surveiller et modéliser l'environnement.