

UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU  
CENTRE UNIVERSITAIRE POLYTECHNIQUE  
DE BOBO ( CUPB )

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT

RURAL ( IDR )

SAHEL SUDAN  
ENVIRONMENTAL RESEARCH  
INITIATIVE ( SEREIN )

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**  
*PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU*  
**DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL**  
*OPTION : EAUX ET FORETS*

**THEME :**

" CARTOGRAPHIE ET SUIVI DE L'EVOLUTION DE  
L'OCCUPATION DES SOLS  
AU SAHEL PAR UTILISATION DE LA TELEDETECTION

*Cas de BIDI-2 et de PETOY dans la province de l'OUIDALAN*

JUIN 1996

Daniel Désiré OUEDRAOGO

**LISTE DES TABLEAUX**

- Tableau N° 1. Données pluviométriques mensuelles de Gorom-Gorom pour la  
décennie 1986 - 1995
- Tableau N° 2. Caractéristiques orbitales des satellites à haute résolution
- Tableau N° 3. Caractéristiques des capteurs hautes résolutions
- Tableau N° 4. Clés d'interprétation des photographies aériennes
- Tableau N° 5: Type d'unité et teinte correspondante
- Tableau N° 6. Dimension et coordonnées des fenêtres extraites
- Tableau N° 7. Superficies des unités d'occupation des sols à Bidi 2
- Tableau N° 8. Superficies des unités d'occupation des sols à Petoy
- Tableau N° 9 : Résultats statistiques des parcelles d'apprentissages dans la  
zone de Bidi-2
- Tableau N° 10 : Résultats statistiques des parcelles d'apprentissages dans  
la zone de Petoy
- Tableau N° 11. Résultats statistiques et taux d'occupation des thèmes classifiés
- Tableau N° 12. Superficies cultivables par zone
- Tableau N° 13. Evolution des superficies cultivées de 1986-1991 à Bidi-2 et à Petoy
- Tableau N° 14 : Evolution des taux d'occupation des superficies cultivées
- Tableau N° 15. Facteurs d'évolution des superficie agricoles selon 30 exploitants  
enquêtés à Bidi 2
- Tableau N° 16. Facteurs d'évolution des superficie agricoles selon 35 exploitants  
enquêtés à Petoy
- Tableau N° 17. Facteurs déterminant l'évolution des surfaces cultivées

### LISTE DES FIGURES

- Figure N° 1. Courbe de la pluviométrie annuelle de Gorom- Gorom pour la décennie 1986 - 1995
- Figure N° 3. Histogramme des classes d'occupation des sol : site de Bidi 2
- Figure N° 4. Taux d'occupation des sol zone de Bidi 2
- Figure N° 5. Histogramme d'occupation des sols : zone de Petoy
- Figure N° 6. Taux d'occupation des sol : zone de Petoy
- Figure N° 7. Image classifiées de la zone de Bidi-2 ( année 1986 )
- Figure N° 8. Image classifiée de la zone de Bidi-2 ( année 1988 )
- Figure N° 9. Image classifiée de la zone de Bidi-2 ( année 1989 )
- Figure N° 10. Image classifiée de la zone de Bidi-2 ( année 1991 )
- Figure N° 11. Image classifiée de la zone de Petoy ( année 1986 )
- Figure N° 12. Image classifiée de la zone de Petoy ( année 1988 )
- Figure N° 13. Image classifiée de la zone de Petoy ( année 1989 )
- Figure N° 14. Image classifiée de la zone de Petoy ( année 1991 )
- Figure N° 16. Proportion des superficies cultivables par zone et par type de sol
- Figure N° 17. Age des champs. Tous les champs qui continuent d'être exploités depuis l'année indiquée sur la figure
- Figure N° 18. Histogramme de distribution des champs par age. Source : Household survey and field mapping, April 1995.
- Figure N° 19. Evolution des superficies cultivées entre 1986-1991

### LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Cartes d'occupation des sols par les différentes unités
- Annexe 2 : Profil du paysage ( Transects )

### LISTE DES CARTES

- Carte N° 1. Situation de la zone d'étude  
 Carte N° 2. Occupation du sol par les unités anthropiques: zone de Bidi  
 Carte N° 3. Occupation du sol par les unités naturelles: zone de Petoy  
 Carte N° 4. Occupation du sol par les unités anthropiques : zone de Bidi  
 Carte N° 3. Occupation du sol par les unités naturelles; zone de Petoy  
 Carte N° 5. Evolution des superficies agricoles à Bidi-2  
 Carte N° 6. Evolution des superficies agricoles à Petoy  
 A : Annexe 1

### LISTE DES ABREVIATIONS

- CNES : Centre National d'Etude Spatial  
 CRPA : Centre régional de Production Agricole  
 CSA : Comité Scientifique Africain  
 GDTA : Groupement pour le developpement de la télédétection  
 HRV : Haute Résolution Visuelle  
 IGB : Institut Géographique du Burkina  
 IR : Infra Rouge  
 MSS : Multispectral Scanner Système  
 NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration  
 PVA : Prise de Vue Aérienne  
 PA : Photographie Aérienne  
 PIR : Proche Infra Rouge  
 PSB : Programme Sahel Burkinabè  
 RBV : Return Bean Vidicom  
 SPOT : Système de Positionnement et d'Observation Terrestre  
 TM : Thematic Mapper  
 UTM : Universal Transverse Mercator

# SOMMAIRE

AVANT PROPOS	X
RESUME	XI
INTRODUCTION	I

## **PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

1 - CADRE D'ETUDE.....	2
1.1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	2
1.2 - DONNEES PHYSIQUES.....	2
1.2.1- Le climat.....	3
1.2.2 - Le relief.....	3
1.2.3 - Les sols.....	3
1.2.4 - Hydrographie.....	4
1.2.4.1 - <u>Les eaux souterraines</u> .....	4
1.2.4.2 - <u>Les eaux de surfaces</u> .....	4
1.2.5 - Le couvert végétal.....	4
1.2.5.1 - <u>Les steppes</u> .....	4
1.2.5.2 - <u>Les formations ripicoles</u> .....	5
1.2.5.3 - <u>Les formations inondables</u> .....	5
1.2.5.4 - <u>Les formations champêtres</u> .....	5
1.3 - DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES.....	5
1.3.1 - L'agriculture.....	5
1.3.2 - L'élevage.....	6
1.4 - ZONES D'ETUDE.....	6
1.4.1 - Zone de Bidi-2.....	6
1.4.2 - Zone de Petoy.....	7

<b>II - LES BASES DE LA TELEDETECTION.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 - QUELQUES DEFINITIONS.....</b>	<b>8</b>
2.1.1- Télédétection.....	8
2.1.2 - Capteur.....	8
2.1.3 - Vecteur.....	8
2.1.4 - Image.....	8
2.1.5 - Pixel.....	8
<b>2.2 - PRINCIPE DE LA TELEDETECTION.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 - ACQUISITION DES DONNEES DE LA TELEDETECTION.....</b>	<b>9</b>
2.3.1. Les capteurs photographiques.....	9
2.3.2. Les capteurs électromagnétiques ou photoélectriques.....	9
<b>2.4 LA FAMILLE DES SATELLITES.....</b>	<b>10</b>
2.4.1 - La série des satellites à haute résolution.....	11
2.4.1.1 - <u>La série LANDSAT</u> .....	11
2.4.1.2 - <u>La série SPOT</u> .....	11
2.4.1.3 - <u>La procédure d'acquisition des données SPOT</u> .....	12
2.4.2 - La série des satellites à faible résolution.....	14

## **DEUXIEME PARTIE : PROTOCOLE D'ETUDE**

<b>I - PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS D'ETUDE.....</b>	<b>14</b>
<b>II - QUELQUES CONCEPTS.....</b>	<b>15</b>
2.1 - CONCEPT 'OCCUPATION DES SOLS'.....	15
2.2 - CONCEPT 'UTILISATION DES SOLS'.....	16
<b>III - METHODOLOGIE.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 - METHODE ADOPTEE POUR LA CARTOGRAPHIE</b>	
<b>DE L'OCCUPATION DES SOLS.....</b>	<b>17</b>
3.1.1 - Traitements analogiques.....	17

3.1.1.1 - <u>Objectifs et but</u> .....	17
3.1.1.2 - <u>Acquisition des données</u> .....	17
3.1.1.3 - <u>Typologie des classes interprétées</u> .....	18
3.1.1.4 - <u>Principes généraux d'interprétation</u> <u>des photographies aériennes</u> .....	18
3.1.1.5- <u>Application des principes à la discrimination des unités végétales</u> ..	22
3.1.1.6 - <u>La description des unités anthropiques</u> .....	23
3.1.1.7 - <u>Les cartes d'occupation des sols</u> .....	23
<b>3.2 - METHODE D'INVESTIGATION SUR LE TERRAIN</b> .....	23
3.2.1 - <u>Objectifs</u> .....	23
3.2.2 - <u>Choix de la methode d'investigation</u> .....	24
3.2.3 - <u>Choix de la forme et de la taille des placettes</u> .....	24
3.2.4 - <u>Répérage et implantation des placettes</u> .....	24
3.2.5 - <u>Etude de la végétation</u> .....	24
3.2.5.1 - <u>Analyse du couvert ligneux</u> .....	25
3.2.5.2 - <u>Le couvert herbacé</u> .....	25
<b>3.3 - METHODE DE TRAITEMENTS DES IMAGES SATELLITAIRES</b> .....	27
<b>3.3.1 - TRAITEMENTS VISUELS</b> .....	
3.3.1.1 - <u>Données utilisées</u> .....	27
3.3.1.2 - <u>Mise aux points des clés d'interprétation</u> .....	27
<b>3.3.2 - TRAITEMENTS NUMERIQUES</b> .....	27
3.3.2.1 - <u>Acquisition des données et matériel utilisé</u> .....	28
3.3.2.2 - <u>Traitements numériques proprements dits</u> .....	28

## TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET ANALYSES

### CHAPITRE I - CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION

#### DES SOLS..... 35

#### 1.1 - RESULTATS CARTOGRAPHIQUES..... 35

##### 1.1.1 - Description des unités naturelles..... 35

##### 1.1.1.1 - Steppes arbustives..... 35

##### 1.1.1.2 - Steppes arbustives et herbeuses..... 36

##### 1.1.1.3 - Cordon ripicole ou forêt claire..... 36

##### 1.1.1.4 - Formations inondables..... 37

##### 1.1.1.5 - Les mares..... 37

##### 1.1.2 - Description des unités anthropiques..... 37

##### 1.1.2.1 - Cultures sur glaciis..... 37

##### 1.1.2.2 - Cultures sur dune de sable..... 37

#### 1.2 - RESULTATS STATISTIQUES..... 37

##### 1.2.1- Superficies et taux d'occupation des sols relatifs à chaque classe..... 38

##### 1.2.2.1 - Zone de Bidi-2..... 38

##### 1.2.2.2 - zone de Petoy..... 39

##### 1.2.3 - Analyse des résultats..... 40

##### 1.2.3.1 - Zone de Bidi-2..... 40

##### 1.2.3.2 - Zone de Petoy..... 40

#### Conclusion..... 41

### CHAPITRE II - TRAITEMENTS DES IMAGES SATELLITAIRES..... 42

#### 2.1 - LES TRAITEMENTS NUMERIQUES..... 42

##### 2.1.1 - Le test de corrélation..... 42

##### 2.2.2 - Résultats statistiques..... 43

##### 2.2.2.1 - Zone de Bidi-2..... 43

##### 2.2.2.2 - zone de Petoy..... 44

2.2.3 - Classification finale.....	45
2.2.4 - Présentation des résultats .....	45
2.2.5 - Evaluation des résultats.....	47
<b>2.2 - ANALYSE DIACHRONIQUE DE L'EVOLUTION</b>	
<b>DES SUPERFICIES CULTIVEES.....</b>	<b>48</b>
2.2.1 - Etude comparée des superficies cultivées	
dans les deux zones et leur évolution.....	48
2.2.1.1 - <u>Les potentialités en terres cultivables</u> .....	48
2.2.1.2 - <u>Analyse de l'évolution des superficies cultivées</u> .....	50
2.2.2 - Les facteurs de l'évolution des superficies.....	52
2.2.2.1 - <u>Les facteurs directs</u> .....	52
2.2.2.2 - <u>Les facteurs indirects</u> .....	54
<b>DISCUSSION.....</b>	<b>55</b>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>58</b>
<b>ANNEXES</b>	

## RESUME

Cette étude vise à explorer la dynamique de l'occupation des sols au sahel avec comme zones d'étude la zone de Bidi-2 et de petoy.

Le travail est réalisé en combinant les relevés terrains et les traitements des produits de la télédétection.

Les traitements analogiques des photographies aériennes ont permis de cerner l'état actuel de l'occupation du sol par la discrimination et la description des différentes unités d'occupation des sols.

Les traitements numériques dont l'application a connu des insuffisances ont permis de faire une classification des images satellitaires des différentes années. Ces images ont été utilisées pour analyser l'évolution des superficies cultivées. Il ressort de cette analyse que les superficies agricoles s'accroissent avec un taux moyen annuel de 2 % dans les deux zones. Le constat est que cette évolution est influencée par certains facteurs tels que: la disponibilité des terres cultivables, la main d'oeuvre, les techniques culturales, la pluviométrie et la croissance démographique.

**Mots clés :** sahel, photographie aérienne, image satellitaire, évolution , télédétection, cartographie, suivi, superficie cultivée.

## SUMMARY

This study aims to explore the dynamics of land use in the Sahel, based on two zones, Bidi-2 and Petoy. The study is carried out by combining data collected in the field and processing of satellite images through remote sensing.

Examination of aerial photographs enabled the identification of the present pattern of land use by discriminating between, and describing, the different units concerned.

In spite of some difficulties in applying the techniques, digital analysis permitted a classification of satellite images for different years. These images were used to analyse the changes in the area cultivated. From the analysis it appears that the area cultivated has increased by an average rate of 2 percent per year in the two zones. It is noted that this development is influenced by several factors, including the availability of land for cultivation, labour, cultivation practices and techniques, rainfall and population growth.

**Keywords :** Sahel, aerial photography, satellite image, remote sensing mapping, monitoring, cultivated area.

## AVANT PROPOS

La présente étude a été proposée par le programme SEREIN plus particulièrement par Madame ANETTE Reenberg de l'Institut Géographique de Copenhague au Danemark. Ce programme de recherche a pour objectif principal la recherche des problèmes environnementaux au Sahel.

Avant d'entrer dans le vif de cette étude nous voudrions être reconnaissants à tous ceux qui nous ont soutenus d'une manière ou d'une autre au cours du stage et pendant l'élaboration du présent document.

Nous exprimons notre sentiment d'intime gratitude à Madame ANETTE R., coordonatrice du programme et notre directrice de stage. En plus de l'ambiance fraternelle qui nous a toujours unis, elle a su nous aider à la mesure de ses possibilités. Ses conseils nous ont été très utiles.

Nous sommes très redevables à Mr Pascal DELORME, qui malgré son départ au début de ce stage est resté toujours à notre écoute.

Nous remercions vivement Mr André KABRE, notre directeur de mémoire pour la rigueur, la franchise avec laquelle il a assuré notre encadrement.

Nous voudrions remercier sincèrement Mr Jean-Baptiste ILBOUDO. Ses conseils et sa constante recherche du mieux nous ont été d'un grand apport.

Que Mr Speirs MIKE trouve ici notre profonde gratitude pour la disponibilité et la mise en notre disposition de matériels de traitements dont il a fait preuve durant notre stage.

A Mr Bjarne FOG, toute notre reconnaissance, qui malgré son bref séjour au Burkina Faso et son programme très chargé n'a ménagé aucun effort pour nous initier aux traitements numériques des données satellitaires.

Nos remerciements vont également à Frédéric CABORE du P/B/Gorom et Moumouni SAWADOGO pour leur assistance technique lors de nos investigations sur le terrain.

Ces quelques lignes sont insuffisantes pour remercier les populations de "BIDI 2" et de "PETOY" pour leur hospitalité.

Notre vive reconnaissance à tous nos collègues et amis dont la sincérité et l'amitié nous ont été très précieuses.

A tous les enseignants de l'IDR, nous sommes infiniment reconnaissants.

**On ne saurait se passer des autres.**

## INTRODUCTION

Au regard du reste du pays, la zone sahélienne apparait dans le Nord du Burkina Faso, comme la zone la plus marquée par la dégradation des ressources naturelles. Fort conscient de cette situation, l'Etat burkinabè, soutenu par les institutions de recherches, et les projets, en fait une priorité dans sa politique d'aménagement et de développement. Mieux évaluer l'état des ressources naturelles, cela liée à d'autres actions, est devenu une priorité pour ces promoteurs du développement du monde rural.

De plus, l'agriculture occupant la majorité de la population, la bonne connaissance des superficies cultivées est un préalable indispensable pour les grandes orientations politiques :

- Plan pluriannuel de développement ;
- Aménagement du terroir.

Dans le cadre du programme SEREIN ( Sahel Sudan Environmental Research Initiative ) de telles orientations ne peuvent se prendre, sans une bonne connaissance des ressources disponibles.

C'est dans cette optique, que la présente étude a été proposée par le programme danois ( SEREIN) en collaboration avec l'Institut du Développement Rural ( IDR ) ayant pour thème : **"Cartographie et suivi de l'évolution de l'occupation des sols au sahel par utilisation de la télédétection "**.( Cas de Bidi-2 et de Petoy dans la province de l'Oudalan ).

La présente étude qui vise l'utilisation de la télédétection pour la cartographie et le suivi de l'évolution de l'occupation des sols n'est qu'un travail en amont, car elle consiste d'une part à la cartographie de l'occupation des sols et d'autre part à l'analyse diachronique de l'évolution de l'occupation des sols.

En référence au thème sus-cité, cet ensemble de réflexions conduit à se poser des questions spécifiques qui sont :

- peut-on arriver à établir des cartes d'occupation des sols par exploitation des photographies aériennes ?
- y'a t-il eu évolution des superficies agricoles en espace de six (6) ans ?
- quels peuvent être les facteurs ou causes de l'évolution de ces superficies agricoles ; et quel est leur influence ?

Il est à noter que plusieurs études similaires ont été réalisées dans la région , utilisant souvent des approches méthodologiques différentes.

Pour répondre à ces différentes questions, la présente étude s'est articulée autour de trois ( 3 ) parties.

Après une présentation du cadre d'étude, nous définirons dans la deuxième partie la problématique, les objectifs et la démarche que nous allons suivre. Une troisième partie fera le point des résultats auxquels nous sommes parvenus.

## I. CADRE D'ETUDE

### 1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

La province de l'OUDALAN est située entre le 14°10 et 15°10 de latitude Nord, 0°15 et 1°5 de longitude Ouest. Elle compte cinq ( 5 ) départements qui sont : Déou, Oursi, Tin-akoff , Markoye et Gorom-Gorom qui est son chef lieu. Sa superficie est de 9375 km<sup>2</sup> ( YAHAYA. B, 1994 ). Le département de Gorom-Gorom qui est notre cadre d'étude couvre une superficie de 3375 km<sup>2</sup>. La ville est située à 58 km au Nord de Dori et fait partie du domaine sahélien. ( voir carte N°1, )

### 1.2. DONNEES PHYSIQUES

#### 1.2.1 Le climat

Le climat est de type sahélien caractérisé par une faible pluviométrie ( tableau N°1 ) et des écarts thermiques oscillant entre 10° et 42° avec une moyenne de 25° calculée pour 26 ans sur l'ensemble de la région (CRPA Gorom-Gorom, 1994). L'harmattan, vent desséchant, d'orientation Nord Est - Sud Ouest, souffle pendant la saison sèche. La mousson couramment appelée vent de sable est parfois chargée de suspension sableuse, et dure quelques mois.

Tableau N° 1: Données pluviométriques mensuelles Gorom-Gorom pour la décennie 1986 - 1995

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
	Ht mm									
Mai	3.1	10	0	0	11	22.6	148.9	21	3.1	5.5
Juin	30.9	57	20.5	15.7	0	72.5	90.7	8	52.5	86.5
Jillet	71	67	29	46.1	114.5	140	164.8	97	63.	116.5
Août	130.1	149.5	74.4	188.5	243.5	114.2	204.5	203.8	145.1	218
Sept	51.7	45.9	43.3	77.5	57.6	14.6	22	15.7	45.8	118
Oct	9	0	0	0	7.5	0	0	0	0	50

source : CRPA de Dori

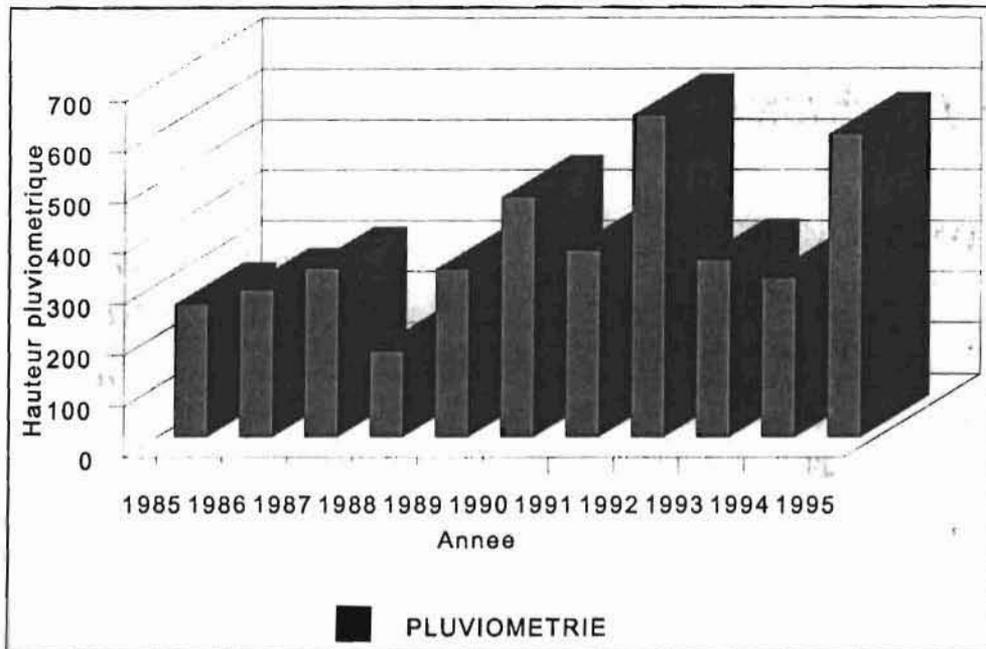


Figure N°1 : Courbe pluviométrique annuelle de Gorom-Gorom pour la décennie 1986 - 1995

### 1.2.2 - Le relief

D'une manière générale la province se caractérise par une vaste pénéplaine inclinée vers le Nord-Est. Elle est entrecoupée par de petites collines qui constituent des buttes témoins. La morphologie ou le relief est caractéristique de la nature des roches composantes. On rencontre des dômes individualisées constituées de granites, des masses ruiniformes consécutives à une altération en boule, du sable et des collines accidentées en schistes. Les altitudes varient entre 250 et 350 m au dessus du niveau de la mer.

Les éléments caractéristiques sont:

- les cordons dunaires d'orientation Est-Ouest d'une hauteur de 10 à 20 m ;
- les regs monotones dans lesquels les lits des cours d'eau sont presque parallèles aux dunes ;
- des collines accidentées à schistes.

### 1.2.3 - Les sols

Les sols de nature très diversifiée constituent un mauvais support pour la végétation. Ils sont caractérisés par une imperméabilité freinant l'infiltration à certains niveaux et d'autre part par une forte infiltration. On trouve essentiellement des sols éoliens qui sont:

- dune ou erg composée d'ergs anciens perméables et riches ( domaine de culture du mil ) et d'ergs récents de nature sableuse .
- Regs : ils sont à texture sablo - argileux ou latéritique, à perméabilité presque nulle. Ils sont impropres à l'agriculture et constituent le domaine de pâturage ;
- les bas-fonds : ils sont constitués de "talweg" et de mares ; ce sont des sols lourds à inondation temporaire, domaine de pâturages précoces et exploitables pour les cultures maraîchères.

## 1.2.4 - Hydrographie

### 1.2.4.1 - Les eaux de surface

Les cours d'eau sont temporaires. Ils sont tributaires du fleuve Niger et s'écoulent d'Ouest en Est. Les intersections des cours d'eau avec les cordons dunaires forment des mares et des marules. Les mares les plus importantes sont celles de Oursi et de Yomboli.

### 1.2.4.2 - les eaux souterraines

La province se caractérise par un sous sol constitué de roches anciennes stériles et à l'état sain. Les roches présentent des fractures acquifères. Il existe aussi dans ce substratum des franges de roches altérées constituant des arènes granitiques recherchées pour les puits. On trouve deux principales sources d'eau souterraine.

- Les nappes alluviales : elles se situent le long des marigots et des mares. Alimentées chaque année par l'infiltration des eaux en crues, elles sont exploitées par des puisards de 2 à 10 m de profondeur.
- Le réservoir des cordons dunaires : les cordons dunaires absorbent l'eau par infiltration et réalimentent les mares pérennes comme celle de Bidi et de Dibissi.

## 1.2.5 - Le couvert végétal

La végétation est caractérisée par des épineux rabougris pour la plupart du fait de surpâturage et des conditions climatiques sévères.

Les principales unités végétales sont : les steppes, les formations ripicoles et les formations inondables.

### 1.2.5.1 - Les steppes

a/ steppes arbustives à fourrées appelées brousses tigrées

Elles se présentent sous forme de touffes isolées d'arbustes associées à un tapis de graminées.

La formation végétale est caractérisée par deux groupes d'espèces ligneuses :

- le *Pteurocarpus lucens* qui est sur sol drainé plus ou moins sableux et gravillonnaire en profondeur.

Les espèces ligneuses associées à ce groupement sont : *Acacia raddiana*, *Ziziphus mauritiana*, *Comiphora africana*, *Dalbergia melanoxylon*, *Piliostigma reticulatum*,... Le tapis herbacé est essentiellement constitué de *Aristida adscensionis*, *Schoenefeldia gracilis*, *Leptadenia hastata*...;

- le groupe des *Combretum micranthum* qu'on retrouve sur la cuirasse ferrugineuse.

#### b/ Les steppes arbustives à épineux

Elles se rencontrent sur les sols bruns eutrophes tropicaux, sur matériaux argileux, les sols hydromorphes à structures dégradées. On retrouve cette formation un peu partout dans le secteur sahélien Ouest de Gorom - Gorom. Le tapis herbacé y est constitué de *Aristida sp* et de *Cenchrus biflorus*.

#### c/ Steppes herbeuses parfois arbustives ou arborées

Elles occupent les sols ferrugineux tropicaux lessivés des cordons dunaires. Le groupement végétal caractéristique de cette formation est composé de *Combretum glutinosum* et *Cenchrus biflorus*. Les espèces rencontrées sont: *Balanites aegyptiaca*, *Leptadenia pyrotechnica*, *Euphorbia balsamifera*, *Eragrostis trenula*.

#### 1.2.5.2 - Les formations ripicoles

Il s'agit d'une étroite bande de végétation qui borde les mares et les rivières. Les espèces ligneuses de cette formation sont: *Anogeissus leiocarpus*, *Diospyros mespiliformis*, *Acacia seyal*, *Combretum micranthum*, *Piliostigma reticulatum*, *Dalbergia melanoxylon*. Le tapis herbacé est constitué de *Panicum laetum*, *Cassia tora* et *Echinocoloa sp* qui disparaît en cours d'année.

#### 1.2.5.3 - Les formations inondables

On les trouve dans les plans d'eau dormante des mares. Les espèces ligneuses caractéristiques sont: *Mitragyna inermis*, *Acacia seyal*, *Acacia nilotica var. Adansonii*, *Bauhinia rufescens*....

#### 1.2.5.4 - Les formations champêtres

Ce sont les formations non forestières sur lesquelles il y a des arbres parmi les cultures. On rencontre surtout *Acacia albida* et *Hyphaene thebaica*

### 1.3 - DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES

#### 1.3.1 - L'agriculture

L'agriculture occupe plus de 2/3 des activités de la population. Elle est fortement marquée par un climat défavorable, donnant à la production un caractère aléatoire. Elle est en plus pratiquée surtout sur des sols pauvres. L'agriculture de l'Oudalan a un caractère de subsistance. Elle est pratiquée par une population d'agro-pasteurs et concerne les cultures suivantes :

- le mil cultivé sur les ergs anciens et sur les glacis ;
- le sorgho dans les bas-fonds.

Le niébe est la seule culture de rente, généralement en association avec les céréales. L'agriculture est loin de couvrir les besoins alimentaires de la province.

### 1.3.2 - L'élevage

La production animale est tributaire, des pâturages naturels et des résidus de récoltes. Le système d'élevage, essentiellement constitué de la transhumance et du nomadisme est une contrainte pour le développement du secteur. Parmi les contraintes on peut également citer l'insuffisance ou la médiocrité des pâturages et l'insuffisance d'eau.

La transhumance se déroule chaque année de décembre à juin. Elle commence d'abord de façon interne puis se poursuit vers l'Est, et le Centre Est du pays.

L'élevage constitue l'une des principales activités économiques de la zone. Il est pratiqué par la quasi totalité de la population dans certains villages.

C'est dans ce contexte climatique et socio-économique que se situent nos deux zones d'étude qui sont Bidi-2 et Peto.

## 1.4 - ZONES D'ETUDE

### 1.4.1 - Zone de Bidi-2

Partant de Gorom-Gorom, une route gravillonnaire, quelques fois sableuse à certains endroits, creusée de ravines et de rigoles en d'autres conduit à Bidi-2. Ceci dans la direction Sud- Ouest après 13 Km de route (ANETTE R, 1995).

Vu dans son environnement immédiat, Bidi-2 d'une superficie de 1325 ha partage la portion d'espace avec Ménégoù à l'Est, Bidi-1 à l'Ouest, Guidoy au Nord (ANETTE . R, 1995).

Un cordon dunaire d'orientation Est-Ouest est séparé par deux vallées. Ce cordon s'étend à l'Est au delà de Saouga et à l'Ouest au delà de Tasmakat. Il est une superposition d'un ancien erg fossilisé et d'un erg récent. L'erg récent a un sommet ondulé et ravivé en certains endroits. La majeure partie des quartiers se trouvent sur l'erg ancien. La partie Nord de la dune est en pente forte sur le cours d'eau et la partie sud en pente faible sur la mare. Plus au Nord, au delà du cours d'eau, s'étend la zone de plaine. Le sol de texture sableuse à sablo-argileuse présente presque partout des signes de dégradation. Toute la zone est parsemée de poches de glaci, de ravines et de rigoles.

D'une population totale de 346 habitants , on rencontre des agro-pasteurs et des éleveurs dans le village (ANETTE R, 1995). La composition ethnique est complexe d'une manière générale à l'Oudalan et plusieurs groupes se présentent: fulbé, rimaïbé et peuhl (Claude *et al.* 1991; Krings. 1980). A Bidi2, cohabitent les rimaïbes et les fulbés.

L'agriculture et l'élevage sont les principales activités. S'y ajoute, la maraîcher culture le long des cours d'eau. La principale culture est le mil.

Dépourvue d'infrastructures scolaires et médicales, la population est contrainte de se rendre à

Gorom-Gorom et Ménégoü respectivement pour les soins médicaux et pour la scolarité. Par contre on trouve une banque céréalière construite par le PSB/Pays Bas.

#### **1.4.1 - Zone de Petoy**

Située à 20 Km de Gorom-Gorom, Petoy est notre seconde zone d'étude. Limitée au nord par le village de Yomboli, au sud par Bossey, à l'Est par Débentia et à l'Ouest par Kolel; il est situé sur un ancien cordon dunaire.

Sillonné par quelques affluents des cours d'eau, le terroir est constitué dans sa majeure partie de plaines mettant à nu, à certains endroits, quelques buttes cuirassées. Le reste occupé par l'ancien cordon dunaire constitue la zone de culture.

La végétation, similaire à celle de la région, est plus marquée par la dégradation que celle de Bidi2.

Population à majorité agro-pasteurs, l'agriculture et l'élevage sont les principales activités. Dirigée par un Délégué Administratif, la population est composée de rimaïbes, de fulbés et de peuhls.

## **II. LES BASES DE LA TELEDETECTION**

### **2.1 - QUELQUES DEFINITIONS**

#### **2.1.1 - Télédétection**

Le terme "télédétection" désigne un ensemble de techniques qui a pour objet d'étudier soit la surface terrestre, soit l'atmosphère, d'une altitude comprise entre quelques mètres et plusieurs milliers de kilomètres. (Aline et Marc C, 1979)

#### **2.1.2 - Capteur**

Il désigne l'ensemble de l'appareillage qui enregistre l'information (appareils photographiques, radiomètres, radars, laser).

#### **2.1.3 - Vecteur**

C'est le véhicule aérien ou spatial, la plate-forme sur laquelle le capteur a été embarqué (avion, satellite, ballon, sonde).

#### **2.1.4 - Image**

L'image est l'ensemble des données recueillies par le capteur et ce, quelque soit sa forme (images photographiques, enregistrements numériques).

#### **2.1.5 - Pixel**

En anglais "Picture Element", c'est la plus petite surface homogène constitutive d'une image enregistrée.

### **2.2 - PRINCIPE DE LA TELEDETECTION**

Il repose fondamentalement sur le fait que tout objet dont la température est supérieure à "zéro absolue" (ce qui équivaut à  $-273^{\circ}\text{C}$ ) émet des radiations. Tous les objets de la terre émettent, et diffusent des radiations électromagnétiques (énergie électromagnétique). Par exemple la végétation réfléchit une partie du rayonnement solaire, mais émet également son propre rayonnement. Le principe physique de la télédétection est la mesure du rayonnement émis ou réfléchi par les différents objets dans une longueur d'onde donnée.

Le spectre électromagnétique couvre l'ensemble jusqu'aux ondes radioélectriques.

#### **➤ Le rayonnement électromagnétique**

Partant du principe que chaque objet de la surface terrestre émet, diffuse et réfléchit une certaine forme de rayonnement, l'ensemble des données de la télédétection s'articule autour de la mesure de ce rayonnement.

Les ondes électromagnétiques résultent de l'existence de deux champs, l'un électrique l'autre



magnétique se déplaçant en harmonie d'une manière sinusoïdale à la vitesse de la lumière (30000 km/s). Les ondes sont multiples et hiérarchisées en fonction de leur longueur, pour constituer ce qu'on appelle le spectre électromagnétique, qui va des faibles longueurs d'ondes (rayons gamma) aux très grandes (ondes radios). Certaines de ces ondes sont artificielles (rayons X, laser), d'autres sont naturelles et correspondent au rayonnement solaire ou à l'émission, la diffusion des objets de la surface terrestre (SCANVIC .J, 1983)

## 2.3 - ACQUISITION DES DONNEES DE LA TELEDETECTION

La télédétection utilise des capteurs qui sont embarqués à bord de vecteurs tels que les avions, satellites, ballons, etc...

Il y a deux types de capteurs:

### 2.3.1 - Les capteurs photographiques

Ils procèdent par l'enregistrement sur une surface sensible des rayonnements émis par les corps à travers un objectif photographique. Ils sont passifs. Les données sont recueillies directement sur un film. Le mécanisme d'enregistrement se résume en trois phases :

- le signal ou la source (rayonnement émis par le corps)
- le canal (l'atmosphère et tous les systèmes optiques)
- le récepteur (émulsion photographique).

### 2.3.2 - Les capteurs électromagnétiques ou photo-électriques

Ils enregistrent les ondes électromagnétiques et les transforment en un courant électrique proportionnel à l'énergie reçue. Les longueurs d'ondes reçues s'étendent de l'ultra violet au micro ondes. Les données sont recueillies sur bandes magnétiques ou sur film (après traitement). Les données peuvent être mémorisées, enregistrées et transmises à distance.

Les capteurs photo-électriques comprennent en mode passif, les appareils à balayage et radiomètre et en mode actif, le radar latéral, le sonar.

Les différents satellites d'observation de la terre ont embarqué une gamme de capteurs qui sont :

- sur les premières générations: LANDSAT 1,2 et 3 : le multispectral scanner système (MSS) comprenant quatre bandes spectrales dont deux dans le visible (vert et rouge) et deux dans le proche infra rouge (PIR) avec une résolution spatiale de 80 m.
- Return Beam Vidicom (RBV) comportant trois caméras qui fonctionnent en mode monospectral dans le visible avec une résolution spatiale de 40 m ;

- les satellites LANDSAT 4 et 5 ont embarqué le Thematic Mapper (TM) comportant 7 bandes spectrales qui couvrent du visible à l'infra rouge (IR) moyen. La résolution spatiale de ce capteur est de 30 m ;

- le satellite SPOT (Système Pour l'Observation de la Terre) comporte deux instruments HRV (haute résolution visible) identiques et offrant deux possibilités: un mode panchromatique (P) et un mode multispectral (XS) avec trois bandes spectrales dont deux dans le visible et une bande dans le PIR. La résolution spatiale de SPOT est de 10 m en mode panchromatique et 20 m en mode multispectral. La répétitivité des prises de vue est de 26 à 28 jours ;

- enfin la photographie aérienne qui offre des informations spectrales de très grandes qualités, des informations spatiales de très haute résolution au sol et la possibilité de vision stéréoscopique.

Tous ces différents capteurs présentent chacun une aptitude à certaines applications thématiques plus qu'à d'autres. Par exemple:

- LANDSAT MSS : phénomène à grande /moyenne échelle
- LANDSAT TM : phénomène à moyenne échelle
- SPOT : phénomène à moyenne et petite échelle.

Ainsi en fonction du thème à étudier et des moyens disponibles, on opère un choix sur le capteur qui s'y prête le mieux.

Dans le cadre de notre étude, l'objectif étant de parvenir à une cartographie d'occupation de sol mettant l'accent sur le suivi de l'évolution de cette occupation, nous avons alors à classer plusieurs objets sur les images et photographies aériennes. Cette classification se fera sur la base des réponses spectrales sous forme numérique, mais aussi sur la base d'autres critères comme la taille, la forme, la position etc...Nous aurons par exemple à différencier les champs cultivés, la végétation vive ou sèche, les sols nus, l'eau libre, les cuirasses etc.....

## 2.4 - LA FAMILLE DES SATELLITES

Les sciences d'exploitation de la terre et la vulgarisation de l'utilisation de la télédétection ont connu une ascension fulgurante ces deux dernières décennies.

De nombreux satellites fonctionnant à peu de chose près, sur le même principe mais muni de capteurs différents, sont de nos jours utilisés à de nombreuses fins civiles et militaires. On les utilise couramment en effet en météorologie, géologie, écologie, océanographie, agriculture, sylviculture, etc...

Les capteurs des satellites "militaires" auraient de meilleures résolutions spectrales et spatiales mais les informations sur les caractéristiques précises de ces capteurs sont quasiment inaccessibles en raison de leur caractère stratégique ( PATRICE F, 1987 ) .

Selon leur résolution spatiale et temporelle, on peut distinguer deux groupes de satellites :

- les satellites à haute résolution spatiale et à faible répétitivité (LANDSAT et SPOT)
- les satellites à faible résolution spatiale et à haute répétitivité (METEOSAT et NOAA).

#### 2.4.1 - La série des satellites à haute résolution

##### 2.4.1.1 - La série de LANDSAT

Le premier satellite de cette série a été lancé en 1972. Depuis cette série n'a cessé de s'améliorer tant sur le plan des capteurs par l'adjonction en 1982 de l'outil THEMATIC MAPPER (TM), que sur le plan de la fiabilité de l'engin lui même.

Des milliers d'images LANDSAT ont été acquises depuis le premier lancement. Elles constituent une mémoire de la terre sans précédent dans le passé.

A l'heure actuelle les capteurs (tous deux sont du type à miroir oscillant) embarqués sur le satellite LANDSAT sont au nombre de deux.

- Le capteur MSS (Multi Spectral Scanner) ;
- Le capteur TM (Thematic Mapper).

##### 2.4.1.2 - La série SPOT

Le premier satellite de cette série a été lancé en 1986 par le centre national d'étude spatiale (CNES). Le capteur embarqué sur SPOT se nomme HRV (Haute Résolution Visible) et utilise la technologie des barrettes, il présente la particularité de :

- fonctionner en mode panchromatique ;
- pouvoir, grâce à un miroir orientable, commander depuis la terre, décaler la visée du nadir et obtenir une visée oblique. Cette dernière possibilité permettant d'obtenir des images stéréoscopiques.

En mode panchromatique ses pixels ont une taille de 10m x 10m et le capteur enregistre des ondes de longueur comprise entre 0.5  $\mu\text{m}$  et 0.73  $\mu\text{m}$ . En mode multibande couleur XS, les pixels sont de 20 m x 20 m et les canaux sont : XS1 ( 0.50  $\mu\text{m}$  - 0.59  $\mu\text{m}$ ), XS2 ( 0.61  $\mu\text{m}$  - 0.68  $\mu\text{m}$  ) et XS3 ( 0.72  $\mu\text{m}$  - 0.89  $\mu\text{m}$  ).

Le capteur a une répétitivité de 25 à 26 jours suivant la programmation et permet ainsi de suivre des phénomènes localisés dans l'espace et dans le temps tels que les feux de brousse, la production végétale, les inondations avec deux types de visées :

- La visée verticale : Le capteur balaie sur une largeur de 117 km avec un recouvrement de 3 km pour deux images consécutives. Dans ce cas l'image SPOT a une taille au sol de 60 km x 60 km.
- La visée oblique : Le balayage se fait sur 950 km et l'image SPOT est alors de 80 km x 80 km. La visée oblique a l'avantage de permettre l'observation du relief par stéréoscopie grâce à un couple

d'images voisines se recouvrant et d'augmenter la répétitivité des prises de vue.

Ces spécificités notamment la relative grande résolution spatiale et la visée oblique du satellite SPOT font que ces images sont utilisables.

*Tableau N°2 : Caractéristiques orbitales des satellites haute révolution*

CARACTERISTIQUES / SATELLITES >	LANDSAT 1-2-3	LANDSAT 4-5	SPOT
HEURE DE PASSAGE AU NOEUD DESCENDANT	9H30	9h40	10H30
ALTITUDE (km)	920	705	705
REPETITIVITE (JOURS)	18	16	26
DUREE D'UNE REVOLUTION (JOURS)	103	99	101
NOMBRE DE REVOLUTION POUR UNE COUVERTURE TOTALE DE LA TERRE	251	233	369
CAPTEURS	RBV MSS	MSS TM	HRV

#### 2.4.1.3 - Procédure d'acquisition des données SPOT

Pour acquérir une image SPOT, l'utilisateur peut s'adresser à SPOT image, à une station réceptrice locale ou à un centre de distribution des images SPOT. Les commandes sont faites en se référant à une grille fournie par SPOT qui donne pour chaque scène un numéro de colonne et un numéro de ligne. Cette grille permet de localiser de façon précise la zone qui intéresse l'utilisateur. Les commandes doivent préciser en outre l'angle de prise de vue, la période, le taux de recouvrement nuageux accepté. ( N'DJAFI, 1990)

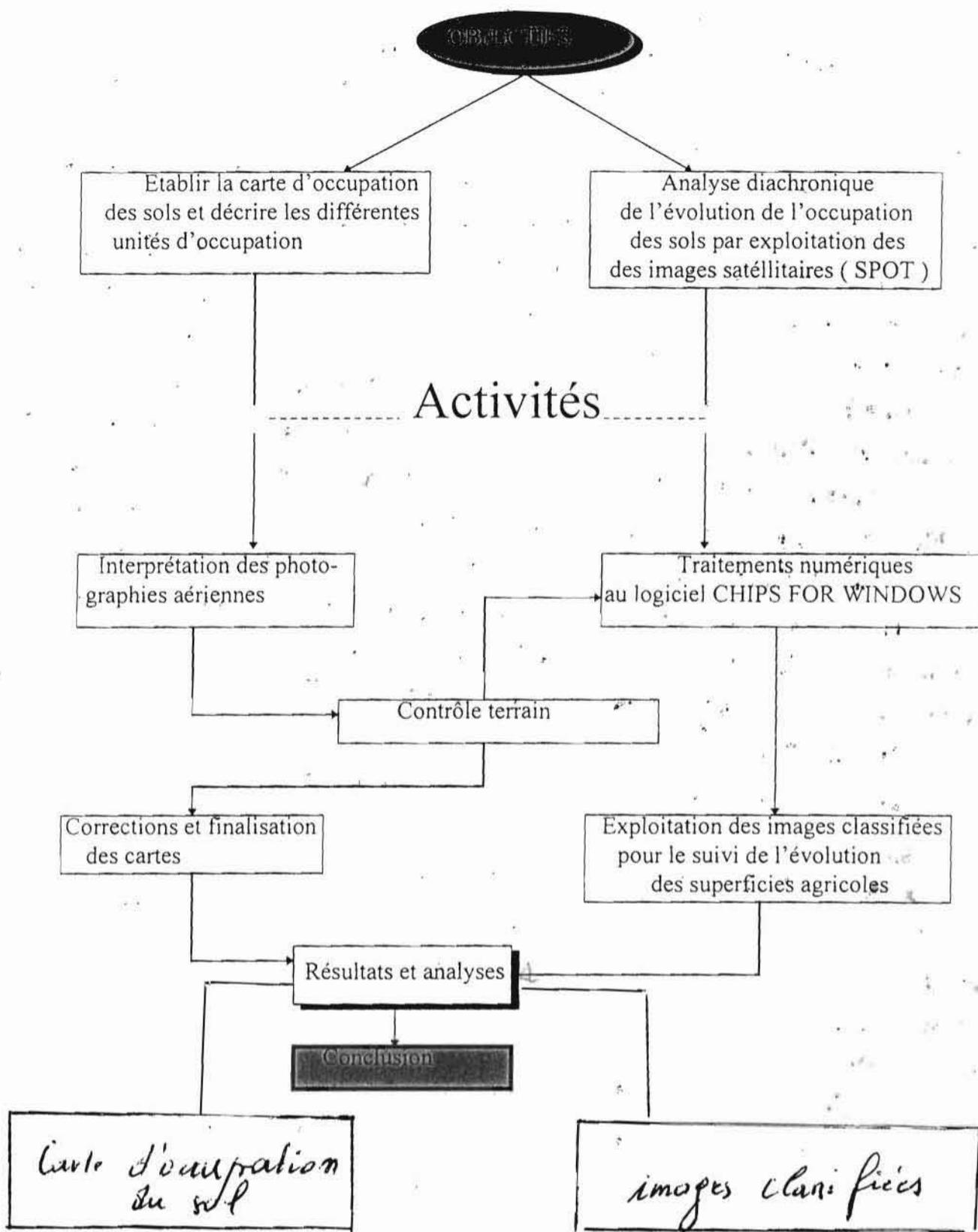
tableau N°3 : Caractéristiques des capteurs

NOM DU CAPTEUR	NOM DU SATELLITE	BANDES SPECTRALES (EN MICRON)	TAILLE DU PIXEL	LARGEUR DE LA TRACE AU SOL
MSS	LANDSAT 1-2-3-4-5	MSS4:0.50 - 0.60 MSS5:0.60 - 0.70 MSS6:0.70 - 0.80 MSS7:0.80 - 1.10	80 m	185 km
TM	LANDSAT 4-5  LANDSAT 3	TM1:0.45 - 0.52 TM2:0.52 - 0.60 TM3:0.63 - 0.69 TM4:0.76 - 0.90 TM5:1.55 - 1.75 TM7:2.08 - 2.35 TM6:10.40 - 12.52	30 m  120 m	185 km
HRV	SPOT 1-2	XS1:0.50 - 0.59 XS2:0.61 - 0.68 XS3:0.79 - 0.89 XP:0.51 - 0.73	20 m  10 m	60 km

#### 2.4.2 La série des satellites à faible résolution

Ce sont des satellites à défilement et orbite polaire, leur altitude est d'environ 850 km, la répétitivité est de 9 jours et la durée d'une révolution de 101 jours.

Organigramme du protocole d'étude



## ***I. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS D'ETUDE***

Le processus d'un développement socio- économique consiste dans une large mesure à organiser l'aménagement et l'exploitation des ressources naturelles dans l'intérêt de la collectivité.

Afin d'y parvenir de façon efficace, un pays comme le Burkina Faso a besoin de savoir quelles sont ces ressources, où se trouvent - elles ? et pouvoir les replacer dans leur environnement physique global. Ces bases de connaissance qui sont souvent limitées, dispersées et dans l'ensemble insuffisantes pour les objectifs de développement, sont nécessaires. A l'heure actuelle l'exploit technique et scientifique dans le domaine de la télédétection suscite quelques espoirs.

Depuis quelques décennies, le développement des satellites d'observation de la terre apaise quelques soucis fondés sur la possibilité d'obtenir des informations détaillées aisément quantifiables, suffisamment précises et fiables pour l'action en temps utile.

En matière d'occupation des sols, une approche qui suscite actuellement un intérêt est le suivi spatio-temporel de l'évolution des ressources naturelles par utilisation des données de la télédétection. En ce sens plusieurs approches méthodologiques ont été développées dans le monde de la recherche scientifique. Mais si globalement des résultats probants sont aujourd'hui dégagés , les avis restent partagés quant à l'utilisation des données de la télédétection pour l'analyse de la fluctuation de l'occupation des sols. En effet dans les pays sahéliens tropicaux comme le Burkina Faso, le caractère globalisé d'imprécision des données dont on dispose d'une part, l'hétérogénéité des milieux et la diversité des types de paysage d'autre part, posent le problème de l'appréciabilité de cette nouvelle technologie ( FONTE .J, 1986) .

Aussi peut - on à la lumière de ce qui vient d'être dit, se poser raisonnablement certaines questions :

- Peut-on arriver à dresser un bilan précis, village par village, zone par zone des cartes d'occupation des sols d'une zone comme le sahel par utilisation de la télédétection avec un minimum de mesures au sol ?
- Peut-on suivre l'évolution de l'occupation des sols, notamment par les cultures à l'aide des images satellitaires ?

Les objectifs spécifiques de l'étude et les activités sont dérivés de cette problématique.

L'organigramme ci après présente les objectifs et les activités entreprises.

## II. QUELQUES CONCEPTS

### 2.1 - CONCEPT "OCCUPATION DES SOLS "

Sous le terme "occupation des sols", utilisé de façon générique, nous regroupons ici toutes cartes relatant l'image, la structure et la composition d'un paysage. Pour quelle raison regrouper ces cartes aussi différentes? Principalement à cause de la nature de l'information connue et l'utilisation qui en est faite.

L'information est presque toujours un constat, un bilan d'une situation à un moment donné. Les cartes d'occupation des sols sont donc essentiellement statiques et deviennent plus ou moins rapidement périmées. Signalons que en cinq ans, une formation ligneuse secondaire peut se développer sur une jachère, que une zone arborée peut être défrichée en quelques jours.

En ce sens, les cartes d'occupation des sols peuvent être opposées aux approches du milieu naturel où l'information est d'une part plus pérenne et permet d'autre part une vision plus dynamique.

L'intérêt d'une carte d'occupation est principalement de répondre à la question 'QUOI EST OÙ?' et de donner une vision précise de la situation actuelle. Par exemple: quelle est l'extension des cultures? des espaces incultes? Ou bien, quel est l'état des peuplements forestiers?

Les photographies aériennes seront donc les outils privilégiés pour l'étude et la cartographie de l'occupation des sols, permettant de saisir tout ce qui est à la surface à un instant très précis.

Mais réduire l'occupation du sol à un simple constat serait un peu inexact. Ce que l'on voit par exemple sur une photographie aérienne est complexe et met en évidence des faits, des structures, des chronologies, autant d'éléments traduisant une histoire, une dynamique en cours ou une finalité. De même, l'approche de l'occupation du sol, que ce soit par comparaison dans le temps (analyse diachronique) ou par une analyse des stratégies paysannes en matière de gestion de terroir, pour laquelle elle s'attache à dégager les structures à discerner, peut mettre en évidence les éléments fondamentaux de l'organisation de l'espace et sa dynamique propre. On passe ainsi de l'occupation des sols, simple constat, à l'utilisation du sol qui est à la fois compréhensive, synthétique et dynamique.

( LEO . O; DIZIER . J. P, 1986 )

## 2.2 - CONCEPT "UTILISATION DES SOLS "

Les systèmes d'utilisation des sols ont été définis comme la combinaison d'utilisation spécifique du sol, sur une unité de sol donné ( **VAN DUIVENBOADEN, 1995; STROMPH et al . 1994 cités par ANETE . R , 1995** ) . Les systèmes d'utilisation des sols comprennent les deux systèmes: biophysique et socio-économique. L'agro-écosystème est un type spécifique des systèmes d'utilisation des sols. Il peut être défini comme un écosystème avec une composante agricole dans leur compartiment de production primaire et secondaire.

La complexité des forces déterminant les modes d'utilisation du sol dans le sahel comme dans d'autres environnements sont largement connues ( **HABER 1990, YOUNG et SOLBRIG 1993; STROMPH et al, 1994; VAN DUIVENBOODER 1995 cités par ANETTE R. 1995**). Il est généralement admis qu'une approche multidisciplinaire est nécessaire pour analyser les stratégies de gestion des ressources par l'Homme.

Les stratégies de gestion des ressources naturelles se reflètent dans l'utilisation des sols. Mais divers facteurs sociaux et biophysiques interviennent à différents niveaux dans le système d'utilisation des sols ( **ANETTE . R, 1995b ; STROMPH et al 1994**).

### **III - METHODOLOGIE**

#### **3.1- METHODE ADOPTEE POUR LA CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DES SOLS**

##### **3.1.1 - Traitements analogiques**

###### **3.1.1.1 - Objectifs et but**

###### **a/ Les objectifs :**

- élaborer une carte des unités végétales de chaque zone d'étude ;
- établir la carte des unités anthropiques ;
- établir la carte d'occupation des sols par synthèse des deux premières ;
- estimer les superficies relatives à chaque unité d'occupation.

###### **b/ Le but**

L'observation direct du paysage dans le cadre de l'interprétation des photographies aérienne reste indispensable. ( FONTE-1983; KING, 1985; GDTA , 1985; GUILLOBEZ ,1985 NONGUIERMA, 1989 et ORSTOM , 1991 ).

L'étude consiste à reconnaître les types d'unités d'occupation du sol ou du paysage définis sur les PVA et à caractériser ces unités en fonction de leur physionomie, leur état et leur composition.

Toutes ces informations seront associées aux critères d'interprétation afin d'élaborer une carte d'occupation des sols aussi juste que possible. Ces cartes serviront à l'évaluation des résultats de la classification issues des traitements numériques.

###### **3.1.1.2 - Acquisition des Données**

Nous avons utilisé comme Données :

- neuf ( 9 ) photographies aériennes noir et blanc de la mission du 09/02/1995 effectuée par l'IGB sous commande du PSB à l'échelle 1/50000, soit quatre photos pour la zone de Bidi-2 et cinq pour la zone de Peto.
- une carte topographique réalisée par l'IGB au 1/200000.

###### **a/ Choix des Données**

Les photographies aériennes ont l'avantage d'une résolution spatiale élevée et d'une vision stéréoscopique possible. En revanche, leur résolution spectrale est limitée à des bandes visible (longueur d'onde de 0,4 à 0,7  $\mu\text{m}$  ).

De plus, les PVA permettent une grande distinction des différentes unités pour une caractérisation bien détaillée.

#### b/ Matériel utilisé

Il est composé de : stéréoscope à miroir, d'un ruban mètre, d'un suunto et un GPS ( Garmin 45).

#### 3.1.1.3 - Typologie des classes interprétées

Il était important avant la photo-interprétation et même pour le traitement numérique, de déterminer les différentes classes à interpréter. On a établi une typologie simple, cohérente et adaptée aux objectifs. Pour ce faire, nous avons défini deux grandes unités d'occupation à l'intérieur desquelles on a caractérisé les classes :

- l'unité d'occupation naturelle ;
- l'unité d'occupation anthropique.

En effet l'occupation du sol est le résultat de la compétition entre le milieu humain et le milieu naturel. L'agriculture par exemple accapare les terres qui lui conviennent et s'organise donc dans l'espace géographique au dépend du tapis végétal qui porte alors en son sein les traces de ce dynamisme.

Partant de ce point de vue, l'analyse de l'occupation du sol commande que l'on recense d'une part , les formes humanisées du paysage, et de l'autre les types de végétation naturelle résiduelle.

##### a/ La végétation naturelle

Il a été placé sous cette appellation tout l'espace qui ne porte pas de trace agricoles identifiables ni d'habitat. On y reconnaît le tapis végétal dans son acceptation très large, avec comme composantes les différents types de formations végétales telles que les forêts, les steppes...S'y ajoutent les retenues d'eau naturelle telle que les mares.

##### b/ L'unité anthropique

Cette unité regroupe deux composantes :

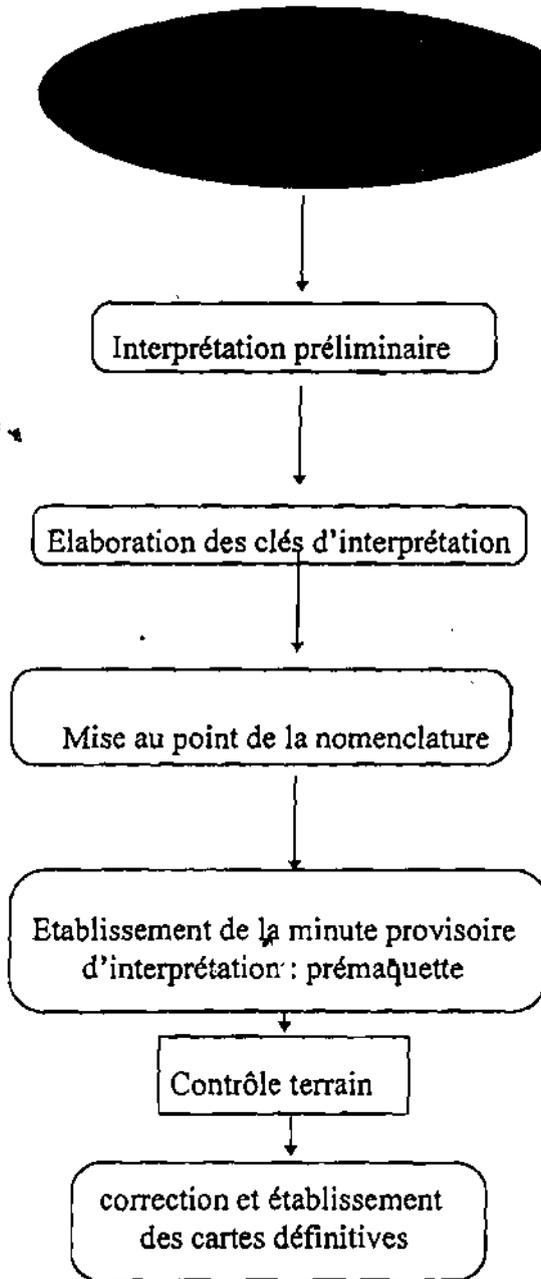
- la zone agricole ; Cette zone renferme l'espace agricole, quelque soit la durée d'utilisation.
- la classe d'habitat ; On entend par aire d'habitat rural, le village dans le contexte local. Le sous-ensemble peut être constitué d'un regroupement très serré des habitations avec des plages de sol tout fait nu ou de quelques habitations isolées et l'espace entre les habitations peu cultivé laisse un sol nu ou enherbé.

#### 3.1.1.4 - Principes généraux d'interprétation des photographies aériennes

Il s'agit de donner le protocole utilisé pour l'interprétation des photos.

( cf . organigramme )

## ORGANIGRAMME : Protocole d'interprétation des photos



acquisition des données

#### 3.1.1.4.1- *Interprétation préliminaire*

Elle consiste à l'assemblage des mosaïques, et au repérage des limites respectives des zones d'étude. Ensuite les photos sont explorées couple après couple par le biais de la vision stéréoscopique à l'aide d'un stéréoscope à miroir. A ce stade de la connaissance du milieu, l'expérience de l'interprète, l'échelle, la qualité et la précision des photos ont été autant de facteurs déterminants qui ont permis de surmonter les multiples difficultés d'identification des objets ou des ensembles.

Cette interprétation a abouti à une identification des thèmes. C'est dans la phase préliminaire d'interprétation que l'on a élaboré les clés d'interprétation devant servir à la nomenclature des différents thèmes.

#### 3.1.1.4.2 - *Elaboration des clés d'interprétation*

Il s'agit d'élaborer des clés devant permettre la discrimination des différents thèmes sur les photos. L'élaboration de ces clés s'est faite sur la base de critères évidents d'abord, précis et simples ensuite (*Tableau N°4*).

Ces critères sont d'ordre quantitatif et /ou qualitatif suivant la catégorie de photos et l'information recherchée.

##### a/ Critères qualitatifs

La texture, la structure, la tonalité et la morphologie sont les critères. Ils nous ont permis de déterminer les différents thèmes.

##### b/ Critères quantitatifs

Ils concernent les mesures effectuées sur les photos. Ils visent à affiner la classification après examen qualitatif. Les paramètres pouvant être étudiés sont la superficie, la densité des ligneux...Mais compte tenu de l'échelle, seules les superficies ont fait l'objet de mesure. La densité et le recouvrement sont estimés après investigation-terrain.

**Tableau N°4 : clés d'interprétation des photographies aériennes**

UNITES DU PAYSAGE	DESCRIPTION	
	Teinte	Texture
champs dunaires	gris sombre à gris clair	hétérogène avec des structures noires par endroit
champs de glaciais sablonneux	gris moyen	hétérogène
formations ripicoles	gris à noir	structure granuleuse avec des points sombres, taille variable discontinue, organisation linéaire suivant le lit des cours d'eau
formations inondables	noir foncé	homogène
steppe arbustive	gris clair alterné de taches sombres	hétérogène
steppe arbustive et herbeuse	gris clair avec des plages noires	hétérogène
eau libre	noir	homogène

### 3.1.1.4.3 - Mise au point de la nomenclature

Cette phase consiste à définir une nomenclature admise sur le plan national ou international.

#### 3.1.1.4.4 Etablissement de la minute provisoire d'Interprétation :

##### *Prémaquette*

A l'aide du stéréoscope à miroir, les photos sont explorées et la délimitation des classes est faite couple après couple et faciès après faciès. Bien entendu ces thèmes sont cloisonnés dans des zones homogènes résultant de la convergence de façon constante et régulière des clés élaborées. Le report des thèmes identifiés sur les photos s'effectue d'abord sur un film transparent: c'est la prémaquette.

#### 3.1.1.4.5- La vérification des données sur le terrain et établissement de la carte définitive

La télédétection n'est pas un outil qui résout tout. De ce fait le contrôle à posteriori sur le terrain des suppositions faites à priori, s'avère indispensable (LEO et DIZIER, 1986)

Dans le cas présent, une mission terrain a été effectuée du 27/11/95 au 30/12/95 soit 33 jours suivant le rendu cartographique. Cette mission a eu pour but de :

- vérifier les thèmes retenus ;
- contrôler les limites des thèmes discriminés ;
- relever des paramètres caractéristiques ou qui pourront, après analyse ou traitement, caractériser les différents thèmes.

C'est à l'issue de cette mission terrain que des corrections ont été portées sur la pré-maquette. Un second rapport est fait sur le papier calque qui constitue la carte définitive.

### 3.1.1.5 - Application des principes à la discrimination des unités végétales

Les différentes étapes d'interprétation sont celles décrites précédemment. L'interprétation préliminaire a été relativement facile en raison de la qualité des photos. A l'aide des critères, nous avons discriminé, quatre types de classe ou thème pour chaque zone. Les différents thèmes discriminés ont été symbolisés par des lettres codes indiquant le nom de l'unité thématique.

Pour la nomenclature des types de végétation, nous nous sommes inspirés de la classification du comité scientifique africain (CSA) mise au point à Yangambie (Zaire) en 1956, et propre à nos régions tropicales.

Cette classification permet de caractériser les types de formations végétales et une différenciation entre arbre et arbuste ( arbre = individu  $\geq 7m$  ; 4m < arbuste = individu  $> 7m$ ).

L'interprétation est reprise dans le détail en nous servant des clés d'interprétation élaborées et de la nomenclature définie. Les unités de végétation ont été répertoriées par zonage visuel compte tenu de la qualité relativement bonne des photos. Les éléments incertains étant vérifiés au stéréoscope.

Le Contrôle terrain a eu pour objectif :

- l'analyse de la physionomie qui a été appréciée par la stratification verticale de la végétation (hauteur des arbres) ;
- l'estimation du taux de recouvrement des ligneux ;
- le calcul de la densité qui est estimée par le nombre de pieds à l'hectare.

Cette vérification s'est aussi inspirée de la structure horizontale appréciée sur les photos. Elle traduit l'organisation de la végétation sur le sol. Celle ci pouvant être massive, linéaire, ponctuée ou en bande.

Ces critères constituent en fait les critères de classification des classes végétales.

C'est après toutes ces étapes que l'on a élaboré les cartes définitives.

### 3.1.1.6 - la description des unités anthropiques

- contours bien individualisés ;
- Faible couverture végétale ;
- Coloration blanchâtre avec des petits points gris et clairs.

Les classes d'occupation de l'unité anthropique sont connues sans équivoque.

### 3.1.1.7- Les cartes d'occupation du sol

Elles sont le résultat de la juxtaposition des cartes précédentes qui peut se formuler comme suit :  
unités végétales + unités anthropiques = carte d'occupation du sol

## 3.2 - METHODE D'INVESTIGATION SUR LE TERRAIN

Nous avons précédemment souligné les avantages de la télédétection dans l'exploration des ressources naturelles mais aussi ses limites qui induisent la nécessité d'une vérification terrain.

A cet effet, **PARNOT . J, 1988** remarque que " La télédétection est une technique et ne peut prétendre fournir à elle seule l'ensemble des informations nécessaires à la confection de cartes ; l'observation à distance de la terre présente des avantages appréciables mais ne supprime pas la nécessité d'observer, de mesurer et de consulter les données déjà disponibles".

### 3.2.1 - Objectifs

- 1: Vérifier et contrôler les unités discriminées lors de l'interprétation ;
- 2: Analyser et relever les différents paramètres ( hauteur des individus, diamètre des couronnes d'arbre et le nombre de pieds par hectare ) ;
- 3: Collecter des données utiles à la classification.

### 3.2.2 - Choix de la méthode d'investigation

La mission terrain a été effectuée suivant la catégorie de photos et le rendu cartographique attendu. Ainsi nous avons opté pour la méthode des transects.

La méthode consiste à établir un itinéraire linéaire ou en bande passant par le maximum d'unités. La matérialisation du transect se fait premièrement sur la carte avec une règle, ensuite sur le terrain, à l'aide d'une boussole on détermine sa direction suivant un azimut que l'on recherché sur la carte par rapport au nord géographique. Le long des cheminements sont posées des placettes d'observation.

### 3.2.3 - choix de la forme et de la taille des placettes

BOUDET, 1981 ; DIEBRE D, 1995 préconisaient pour les études phyto-écologiques des tailles de placettes d'un quart d'hectare sur des formations de steppe. La faible densité du couvert végétal de notre zone d'étude nous a conduit au même choix. Nous avons retenu des placettes carrées de 1/4 d'hectare ( 2500 m<sup>2</sup>). Cette forme carrée a présenté l'avantage d'être facilement matérialisable sur le terrain. Son inconvénient est qu'elle comporte de part son périmètre de nombreux arbres limites dans certaines zones. Mais ces individus litigieux furent minimisés avec la faible densité de la végétation.

### 3.2.4 - Repérage et implantation des placettes

Les transects établis sont sensés intégrer les gradients d'hétérogénéité du milieu. L'hypothèse selon laquelle : " les unités végétales sont dépendantes du substrat" ( BOUDET *et al* 1977; BREMAN et RIDDER, 1991) nous a amené à considérer comme critère d'implantation, les conditions d'homogénéité et la nature du substrat.

Si le nombre de placette semble numériquement faible ( 18 pour la zone de Bidi2 et 20 pour Petoy), il s'avère cependant représentatif du fait de leur répartition dans toutes les unités.

Le choix des transects est guidé par le souci de visiter les endroits mal déterminés sur les photos et explorer le maximum d'unités de la zone pour percevoir les variabilités.

### 3.2.5 - Etude de la végétation

Les objectifs de cette étude sont:

- vérifier les unités de formation végétale et finaliser les cartes ;
- estimer le taux de recouvrement des ligneux et des herbacées ;
- déterminer les espèces ligneuses et herbacées dominantes de chaque unité.

En référence aux objectifs , les paramètres suivants ont été relevés :

- \* diamètre moyen du houppier des ligneux en vue de l'estimation des taux de recouvrement ;
- \* le nombre de ligneux par classe de hauteur ;
- \* l'analyse floristique ;
- \* l'analyse du taux de recouvrement herbacé ;
- \* l'état de dégradation des végétaux et du sol ;
- \* l'utilisation du milieu.

### 3.2.5.1 L'analyse du couvert ligneux

#### 3.2.5.1.1 - *Les mesures dendrométriques*

Elles ont porté sur le diamètre moyen de la couronne des arbres et leur hauteur.

La mesure de diamètre moyen de la couronne des arbres a été effectuée systématiquement suivant les axes Est-Ouest et Nord-Sud. La moyenne résultant de ces deux mesures est alors prise comme diamètre moyen de la couronne de l'individu.

Le principe des mesures consiste à tendre sous la cime de l'arbre le ruban mètre suivant l'axe choisi. La mesure est réalisée à l'aplomb de la frange externe de la couronne suivant les deux axes. Quant à la hauteur il s'agit de celle allant du pied de l'arbre jusqu'à l'extrémité de la branche la plus haute.

Le dénombrement des pieds d'arbre et des souches mortes s'est fait par comptage direct.

#### 3.2.5.1.2 - *Les paramètres qualitatifs*

Il s'agit de relever les espèces dominantes ainsi que les conditions stationnelles que sont la dégradation, le type de dégradation et les agents de dégradation .

#### 3.2.5.1.3 - *Calcul du taux de recouvrement*

Le diamètre moyen de chaque individu étant connu, nous calculons le taux de recouvrement de chaque station par la relation suivante:

$$r (\%) = \frac{\sum \pi D_i^2 \times n}{s} \times 100$$

r : taux de recouvrement

s : superficie de la section concernée en m<sup>2</sup>

n : nombre d'individu mesuré dans la section

i : désigne chaque arbre dans la section,  $1 < i < n$

$D_i = d_{1i} + d_{2i}/2$  ; diamètre moyen de la couronne en mètre,

### 3.2.5.2 - Le couvert herbacé

L'étude de cette strate a consisté à recenser les espèces dominantes et à apprécier le taux de recouvrement. Notons qu'à ce niveau, il a été question d'une étude moins approfondie compte tenu des objectifs de l'étude.

Après cette investigation terrain, et comme l'indiquent ( LEO et DIZIER, 1986), les observations ont permis :

- la reprise de la carte interprétation dans certaines zones avec de nouvelles informations ;

- la modification de certains contours;
- le regroupement de certaines classes cartographiques ;
- la nomenclature avec une certaine rigueur des classes déterminées.

Ainsi on a abouti aux différentes cartes définitives dont l'estimation des proportions relatives à chaque classe se fait au moyen d'un planimètre.

**Conclusion :** Les investigations dans leur ensemble permettent une bonne connaissance de la zone grâce aux données acquises sur le terrain. Ces données constituent l'information réelle du terrain et seront comparées aux documents d'interprétation dans le but de tenter une identification aussi précise que possible des éléments du paysage sur les PVA.

La troisième étape de notre démarche est consacrée aux traitements des données satellitaires pour le suivi de l'évolution de l'occupation du sol.

### 3.3 - METHODES DE TRAITEMENTS DES IMAGES SATELLITAIRES

#### 3.3.1 - Traitements visuels

L'objectif est de pouvoir grâce aux référentiels cartographiques et aux données de sondage au sol, décrire quelques zones ( type de sol ) cultivables.

##### 3.3.1.1 - Données utilisées

L'image que nous avons utilisée date de fin septembre 1991. C'est la scène SPOT qui couvre la zone de Gorom-Gorom et la partie Nord de Dori. C'est une composition colorée obtenue à partir de la combinaison des canaux XS1, XS2 et XS3 de la résolution 20 m x 20 m, avec optimisation des dynamiques.

##### 3.3.1.2 Mise au point des clés d'interprétation

Les critères de détermination ne sont pas les mêmes que ceux employés pour la photo-interprétation. La détermination d'un objet sur l'image a consisté à y rechercher un caractère susceptible de s'associer à cet objet de façon constante et régulière. La reconnaissance des objets sur l'image s'est appuyée en ce qui concerne notre interprétation, sur la teinte. C'est ainsi qu'on a discriminé les teintes propres à chaque unité ainsi qu'il suit :

*Tableau N°5 : type d'unité et teinte correspondante.*

Type d'unité	Teinte
champs cultivés	blanc jaunâtre
jachères	rose foncée
recouvrement sableux épais de glaci	rouge clair

#### 3.3.2 Traitements numériques

Ces traitements sont faits au moyen de données numériques du satellite SPOT . Ils ont pour objectif principal de faire une classification des images de différentes années tout en accordant une importance aux zones cultivées. Ces images seront exploitées pour l'analyse diachronique de l'évolution des superficies agricoles. Ces traitements se font en deux phases.

### 3.3.2.1 - Acquisition des données et Matériel utilisé

#### 3.3.2.1.1 - *Acquisition des données SPOT*

Nous avons utilisé des images SPOT prises par le capteur HRV en mode multibande XS et de niveau 2B, stockées sous forme numérique sur le disque dur de l'ordinateur. Nous en avons extrait deux fenêtres de 512 x 512 pixels chacune correspondant à nos zones d'étude.

Notre choix s'est porté sur des images SPOT à cause de sa grande résolution spatiale ( pixel de 20m x 20m) en égard à la structure et à la texture, relativement fine par endroit, de la zone sahélienne.

Les images dont nous disposons ont été prises :

- le 04 septembre 1986
- le 27 septembre 1988
- le 05 septembre 1989
- le 12 octobre 1991

Toutes ont été prises presque en fin de campagne agricole.

#### 3.3.2.1.2 - *Le Matériel utilisé*

Nous avons utilisé deux ordinateurs composés chacun d'une console, d'un clavier, d'une souris. Une imprimante à jet d'encre ( Deskjet 850C ) est reliée à l'unité centrale. Un des ordinateurs dans lequel est installé le logiciel windchips a servi à la réalisation des compositions colorées, le choix des classes, la création des polygones d'entraînement et le traitement statistique, que nous détaillerons par la suite. L'autre ordinateur a servi à la classification grâce au logiciel MS-DOS prompt.

Le WINDCHIPS 1.0 est un système de traitement de données satellitaires , spécialement conçu à l'université de Copenhague au Danemark, pour le département de géographie.

### 3.3.2.2 - Traitements numériques proprement dits.

#### 3.3.2.2.1 - *Les prétraitements*

Avant d'utiliser les données pour le traitement, il est important de souligner que les images de la télédétection issues de radiomètre sont le plus souvent entachées de défauts inhérents à la prise de vue (KOUDA . M, 1981). Alors ces données subissent un prétraitement. Ces prétraitements se rapportent à la radiométrie et à la géométrie des pixels. Mais ayant reçu nos images déjà prétraitées, nous l'avons pas incluse dans nos différentes étapes d'étude.

### 3.3.2.2.2 - *Traitements supervisés*

Compte tenu du fait que nous disposons de données des différents paramètres caractéristique des zones d'étude, nous avons choisi de faire des traitements supervisés.

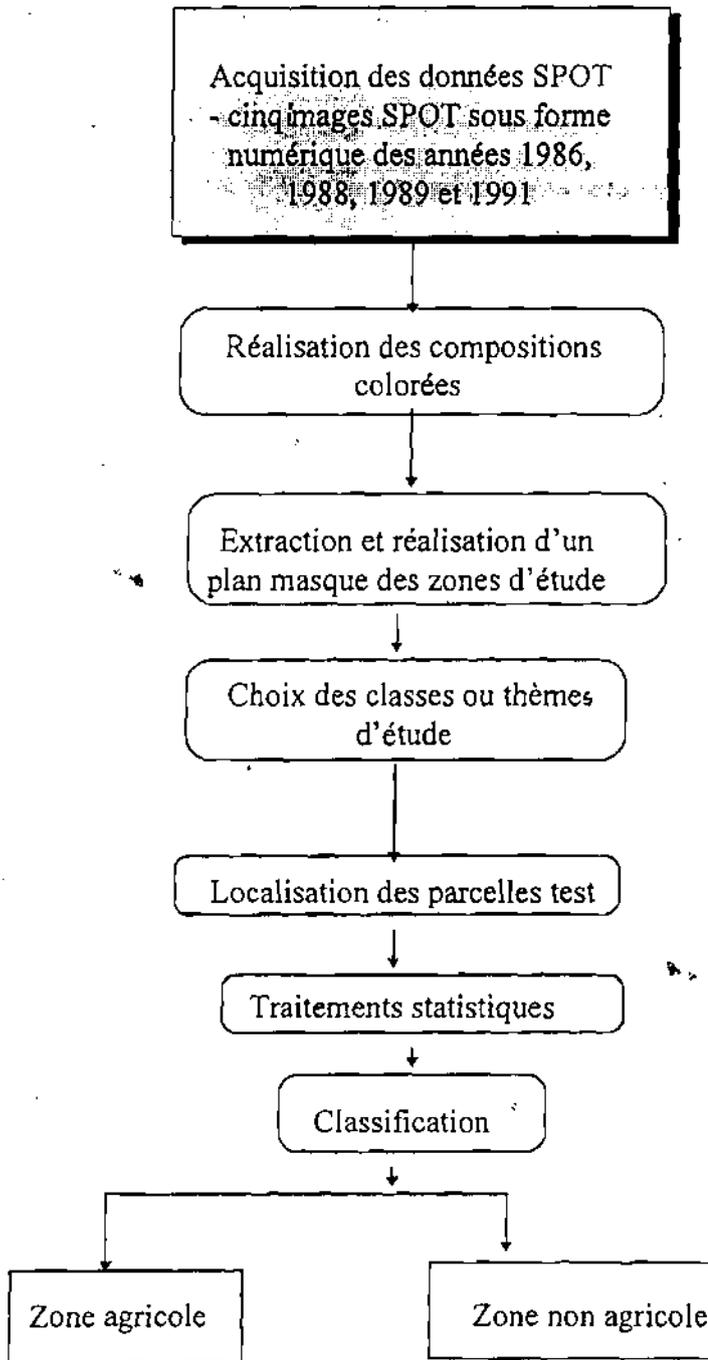
Les traitements dirigés ou supervisés ont pour objectifs de regrouper les pixels de l'image en classe sur la base de leurs similarités spectrale et thématique.

L'objectif du traitement supervisé est de pouvoir, grâce aux référentiels photographiques et aux données terrain, examiner les possibilités de stratifier le paysage à des dates différentes afin de pouvoir suivre son évolution, surtout celle des zones agricoles.

Le but des traitements numériques est de déterminer les valeurs radiométriques des parcelles test en vue de faire une corrélation. En même temps nous avons voulu approcher les possibilités d'utilisation des données satellitaires notamment celles de SPOT pour le suivi de l'évolution des superficies agricoles.

Pour ce faire plusieurs opérations ont été réalisées ( cf organigramme).

## ORGANIGRAMME : Protocole des traitements numériques des données SPOT



#### a/ Réalisation de la composition colorée

Elle est obtenue par synthèse additive des trois couleurs : rouge, verte et bleue, associées chacune à un canal de l'image : le rouge pour le canal XS3, le vert pour le canal XS2 et le bleu pour le canal XS1. Le résultat d'une telle combinaison est une image couleur (composition colorée en fausses couleurs).

En effet les trois canaux XS1, XS2 et XS3 pris isolément ne suffisent pas pour permettre une identification judicieuse des différentes unités d'occupation. Nous avons donc établi des compositions colorées en combinant les trois canaux primaires entre eux après leur avoir affecté différentes couleurs. Des seuils ont été établis sur l'histogramme de chaque canal pour obtenir une image avec le maximum de contraste. Il nous est apparu que cette composition colorée donnait des résultats plus satisfaisants. L'image obtenue a été visualisée grâce au circuit de conversion, en vraie couleur (infra rouge). C'est cette dernière qui a servi aux différents traitements effectués.

#### b/ Extraction et réalisation d'un plan masque des zones d'étude

Le contour de chaque zone d'étude a été délimité grâce aux coordonnées UPERLEFT. Ces contours correspondent aux limites des zones photointerprétées ( tableau N°6 ). Ils n'ont pas été délimités avec une très grande précision, faute de repère géographique identique à celui des photographies aériennes ( UTM ). Les limites des zones traitées ne sont qu'approximatives. Cela ne gêne en rien la suite des traitements.

Après l'extraction des zones d'étude, un plan masque graphique a été généré, permettant de faire les traitements que sur ces zones.

**Tableau N°6 : Dimensions et coordonnées des fenêtres extraites**

Fenêtres	Dénomination	Taille scène	Taille sous scène	coordonnées sous scène
1	Bidi2.86	[4308 x 3600'8] pixels	[512 x 512]pixels	X= 2050 UP
2	Bidi2.88			Y= 2200 UP
3	Bidi2.89			
4	Bidi2.91			
5	Petoy86	[4308 x 3600'8] Pixels		X= 1945 UP
6	Petoy88			Y= 1105 UP
7	Petoy89			
8	Petoy91			

X: numéro de ligne

Y: numéro de colonne

UP: Système de référence géographique : UPERLEFT

#### c/ Choix des classes

Les classes décrites sur le terrain sont repérées approximativement sur l'image et visualisées grâce au programme VIEW de Windchips. Ainsi les différentes classes établies lors de l'interprétation ont été prises comme classes de classification. Les classes ainsi créés sont sauvegardées dans un fichier "desire" grâce au programme POLYGONE. Chacune des classes étant identifiées par une extension et par l'année de prise de vue de l'image. Par exemple la classe champ de glacis de l'année 1991 s'écrit: [polygone]Cgl91.

#### d/ Définition des parcelles - test

Le traitement numérique nous permet de définir des objets au sol, dans le but de fournir des informations thématiques. Le problème est qu'il n'est pas toujours possible

d'associer un seul type d'objet à une signature spectrale précise. Pour une meilleure discrimination des éléments du paysage, nous sommes passés par une classification de type supervisé :

Elle consiste en un premier temps à définir des parcelles - test sur les compositions colorées retenues visualisées à l'écran. Ces parcelles sont des échantillons des thèmes retenus par le traitement analogique des PVA. L'homogénéité est le critère principal pour délimiter une parcelle - test. Dans le but d'obtenir le maximum d'information sur un thème donné, on considère un nombre de parcelles suffisamment représentatif du thème. Une parcelle - test devra comporter un minimum de 30 pixels

( BASTOS , 1989 ).

Le programme POLYGONE permet de délimiter ( sur l'image retenu ) à l'écran avec la souris, les parcelles - test sous forme de polygone. On crée ainsi ce qu'on appelle une file de polygones qui sera utilisée par le logiciel pour les classifications.

Le critère homogénéité - hétérogénéité doit nous guider vers une distribution normale de ce qui a été classé. On peut le vérifier à partir des paramètres statistiques que calcule en même temps le logiciel et donnés par le programme STATISTIC. Il faut donc vérifier sur l'image après le traitement, que les pixels du même thème sont tous classés. Si des pixels supposés être d'un thème donné restent encore, on refait un nouveau découpage des échantillons. L'opération est ainsi répétée jusqu'à ce que les résultats soient satisfaisants.

#### e/ Traitements statistiques

Le programme STATISTIC permet de calculer les paramètres statistiques par classe et par canal à savoir la superficie de la zone en pixel, le minimum et le maximum , la moyenne des pixels classés dans le thème, la variance dans les trois canaux , la covariance entre le canal 1 - 2, 1 - 3 et

2 - 3 et les coefficients de corrélation entre le canal 1 - 2, 1 - 3 et 2 - 3.

On pourrait penser qu'une composition colorée obtenue à partir de canaux portant des informations assez différentes ( plus faible coefficient de corrélation ) sera plus illustrative qu'une autre obtenue par la combinaison de canaux portant des informations semblables ( coefficient de corrélation élevé ). Alors la meilleure combinaison est la combinaison des canaux à faible coefficient de corrélation.

#### f/ Classification

Dans notre étude, nous avons utilisé l'unique possibilité de classification que permet le logiciel. Il s'agit de la classification au maximum de vraisemblance. Elle s'est réalisée avec

le programme BAT du logiciel MS-DOS prompt par exportation des résultats statistiques de Windchips à MS-DOS prompt.

La classification au maximum de vraisemblance est un algorithme de classification où le pixel est attribué à la classe à laquelle il a la plus grande probabilité d'appartenir, suivant le critère de Bayes.

L'algorithme du maximum de vraisemblance suppose que les signatures des différentes classes d'objets soient distribuées normalement.

$$Q(v/i)q(i)$$

Critère de Bayes:  $q(i/v) = \frac{Q(v/i)q(i)}{Q(v)}$

$$Q(v)$$

Cette formule permet de calculer la probabilité conditionnelle de la classe I. Le théorème de Bayes dit que : "Soit une valeur de pixel v et, pour chaque classe i, la probabilité q(i/v) que le pixel appartienne à la classe i, alors, la meilleure classe à laquelle attribuer le pixel sera celle pour laquelle (qi/v) sera maximum".

## CONCLUSION

La démarche méthodologique induite à l'occasion de ce travail est une approche simple de la stratification du paysage par PVA, et du suivi de l'évolution des superficies agricoles par la télédétection aérospatiale. Naturellement elle devra être corrigée et enrichie ultérieurement pour une meilleure analyse de la fluctuation des sols.

## **CHAPITRE -I : CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DES SOLS**

Cette étude qui a pour but l'établissement des cartes d'occupation des sols, se structure comme suit:

1.1. Résultats cartographiques ;

1.2. Résultats statistiques.

### **1.1 - RESULTATS CARTOGRAPHIQUES**

L'interprétation des photographies aériennes nous a permis de discriminer et de décrire les différentes unités d'occupation du sol dans chaque zone. Les différentes cartes d'occupation des sols ( carte N°2 et 3 ) dérivent de la combinaison des cartes des unités anthropiques et celles des unités naturelles représentées en annexe 1.

#### **1.1.1 - Description des unités naturelles**

Les formations végétales de nos deux zones d'étude présentent d'une manière dominante l'aspect d'une savane clairsemée ou de steppe. Le long des axes de drainage et aux abords des mares, la végétation devient dense et des formations que l'on peut qualifier de forêts claires apparaissent. Elles sont d'extension limitée, et leur existence est liée aux conditions hydriques locales favorables.

L'interprétation définitive après le contrôle terrain nous a permis de discriminer quatre thèmes:

- Steppes arbustives ;
- Steppes arbustives et herbeuses ;
- Cordon ripicole ou forêt claire ;
- Formations inondables.

Outre les classes de végétation nous avons d'autres classes naturelles qui sont les dunes de sables

( erg ancien et erg récent ) la mare et les cours d'eau.

##### **1.1.1.1 - Steppes arbustives**

C'est le type de formation dominante dans la zone d'étude. Elle se caractérise par la rareté du couvert herbacé (10 à 20%) qui laisse transparaître le sol, très souvent gravillonnaire et induré ; sur lequel sont disséminés les arbustes comme : *Acacia\_raddiana*, *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana* et *Leptadenia hastata* qui est une liane ligneuse.

Ces arbustes se regroupant quelque fois en petits bosquets, peuvent avoir un taux de recouvrement de 20 %. La distance entre les individus ligneux est assez variable, pouvant atteindre 30 m et plus, dont la densité est de 10 pieds / ha.

La strate herbacée généralement faible est dominée par *schoenefeldia gracilis*. Son taux de recouvrement ( < 10 % ) est assez faible.

Par ailleurs, l'abondance des souches mortes, des brindilles qui jonchent le sol et la rareté des plantules, laissent penser que c'est une formation en voie de dégradation.

#### 1.1.1.2 - Steppes arbustives et herbeuses

Cette formation à la différence de la précédente, est caractérisée par une abondance du couvert herbacé qui avoisine 50 %. Cependant elle est parsemée de nombreuses plages nues ( 5 % de la surface du sol ). On les rencontre essentiellement sur les bas versants, en marge du domaine cultivé et des cours d'eau. Cette formation est beaucoup plus perceptible à Bidi-2 qu'à Petoy.

La couverture ligneuse de la végétation est très ouverte, environ 30 %. Les individus sont pour la plupart des arbustes de taille inférieure à 3 m. Le nombre de plantules à l'hectare (25/ha) montre une bonne régénération de la strate ligneuse.

C'est une formation peu variée floristiquement, surtout en ce qui concerne le couvert ligneux. Nous avons comme espèces: *Acacia raddiana*, *Piliostigma reticulatum*, *Balanites aegyptiaca* et *Leptadenia hastata*... Le couvert herbacé est dominé par: *Schoenefeldia gracilis*, *Zornia glochidiata*, *Cenchrus prieuri*.

#### 1.1.1.3 - Cordon ripicole ou forêt claire

Formation assez variable dans sa physionomie et dans sa composition floristique, elle se reconnaît par sa forme allongée et tortueuse le long des cours d'eau. Elle est liée aux cours d'eau, et généralement on observe une formation arborée, arbustive et sous arbustive se développant le long du lit.

A l'amont, les cours d'eau sont généralement peu organisés. Dans ce cas on observe des touffes d'herbacées entre les chenaux. On note la présence de *Panicum laetum*, *Cassia tora* en marge des formations. Le couvert ligneux généralement arbustif et sous arbustif est composé de: *Combretum micranthum*, *Piliostigma reticulatum* et *Guiera senegalensis*.

Plus loin en aval, le cours d'eau draine un débit plus important, surtout en saison pluvieuse. Les ligneux peuvent atteindre 8 m de haut, surtout à Bidi-2. La composition floristique est : *Mitragyna inermis*, *Anogeissus leiocarpus*, *Diospyros mespiliformis*, *Phoenix dactylifera*...

#### 1.1.1.4 - Formations inondables

Dans ce vocable sont réunies toutes les formations qui s'organisent autour des dépressions, des mares temporaires ou plus généralement des zones inondables ou inondées en permanence ou périodiquement. On rencontre les ligneux suivants : *grevia tenax*, *Combretum aculeatum*, *Acacia seyal*. Comme herbacées on a : *Schoenefeldia gracilis*, *Panicum laetum*, *Aristida mutabilis*...

#### 1.1.1.5 Les Mares

Les zones de la mare se présentent comme une étendue argileuse ou l'eau reste piégée pendant la majeure partie de l'année. Cette étendue, dans la zone de Bidi-2 est localisée au sud.

Dans la zone de Petoy, on rencontre quelques micro cuvettes. Mais au nord du terroir, hors limite de notre zone d'étude, se trouve la mare de "Yomboli". Elle ressemble à celle de Bidi-2, et constitue une zone de pâturage. Elle présente une végétation herbacée à tapis continu couvrant presque tout le sol (plus de 90 %) et composée de : *Ipomea aquatica*, *Echinochloa colona*, *Eragrostis tremula*, *Cyperus sp*, *Panicum laetum*, *Zornia glochidiata*..

### 1.1.2 - Description des classes de l'unité anthropique

Cette unité qui se résume essentiellement à l'unité agricole, se caractérise par les surfaces emblavées par les cultures. Elle se scinde en deux thèmes pour chaque zone d'étude : Les cultures sur glacis et les champs sur dune de sable.

#### 1.1.2.2 Cultures sur glacis

Il s'agit de l'ensemble des surfaces sableuses épaisses de glacis mis en culture. Elles sont caractérisées par la quasi nudité du sol, généralement à horizon inférieur argilo-sableux recouvert par un horizon superficiel sablo-limoneux à sableux.

Un peu plus exploitée à Bidi-2 que à petoy, la culture sur glacis concerne le petit mil, tantôt associé au sorgho dans les zones à terre lourde, surtout à proximité des zones inondables.

Le tapis herbacé étant dégradé par le sarclage, la formation végétale est constituée de quelques ligneux: *Piliostigma reticulatum*, *Acacia albida* et *Hyphaene thebaica*.

#### 1.1.2.2 - Cultures sur dune de sable

Elle représente la partie des cordons dunaires exploitée par les cultures. A Bidi-2, seuls les bas versants Nord et Sud du cordon dunaire sont exploitées. S'y ajoutent les jardins, où on cultive du manioc, la patates et des légumes. Seul le petit mil est cultivé sur ces dunes.

Contrairement à Bidi2, à Petoy, presque tous les champs sont sur un ancien cordon dunaire.

## 1.2 - RESULTATS STATISTIQUES

### 1.2.1 - Les superficies et les taux d'occupation relatifs à chaque classe

L'estimation des superficies est faite au moyen d'un planimètre. Les superficies ont été estimées pour chacune des 9 classes.

#### 1.2.2.1 - Zone de Bidi-2

La zone de Bidi2 couvre une superficie de 4657 ha. Les unités d'occupation du sol se répartissent comme suit : *Tableau N°7*

*Tableau N°7 : superficies des unités d'occupation du sol*

Unités d'occupation	Classes d'occupation	Superficies en ha	taux d'occupation(%)
<b>ANTHROPIQUES</b>	Ch.gl	1275	27.38
	Ch.d	120	2.58
	J	75	1.61
	H.Vc	374.5	8.04
	<b>TOTAL</b>	<b>1844.5</b>	<b>30.61</b>
<b>NATURELLES</b>	Sah	1375	29.53
	Sa	145	3.11
	F.gl	237.5	5.1
	Z.i	440	9.45
	CD	615	13.21
	<b>TOTAL</b>	<b>2812.5</b>	<b>69.39</b>

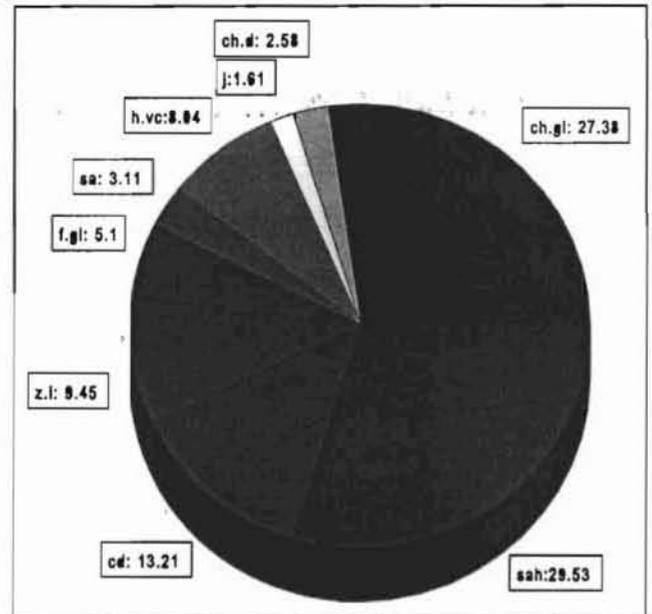
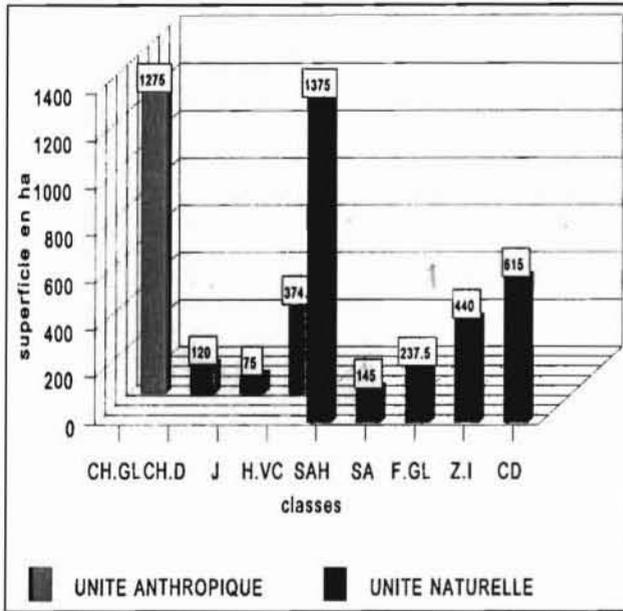
#### Legende

Sah : steppe arbustive et herbeuse

J : Jardin

Fgl : forêt galerie

Ch.gl : Champs sur glacis



Z.i : zones inondables  
 champs sur dune de sable  
 CD : cordon dunaire  
 Sa : steppe arbustive

Ch.d :  
 H.vc : habitations et routes

Figure N°3 : Histogramme des classes d'occupation des sols à Bidi-2

Figure N°4 : Taux d'occupation des sols A Bidi-2

#### 1.2.2.2 - Zone de Petoy

La superficie totale de la zone étant estimée à 5200 ha ; les classes d'occupation se distribuent comme suit : **Tableau N°8** ( la légende est identique au tableau N°7 )

**Tableau N°8 : Superficies des unités d'occupation du sol**

Unités d'occupation	Classes d'occupation	Superficies (ha)	taux d'occupation (%)
ANTHROPIQUES	Ch.gl	100	25
	Ch.d	1300	1.92
	H.Vc	135	2.6
	<b>TOTAL</b>	<b>1535</b>	<b>29.52</b>
NATURELLES	Sah	937.5	18.03
	Sa	2431.25	46.75
	F.gl	281.25	5.41
	Z.i	15	0.29
	<b>TOTAL</b>	<b>3665</b>	<b>7048</b>

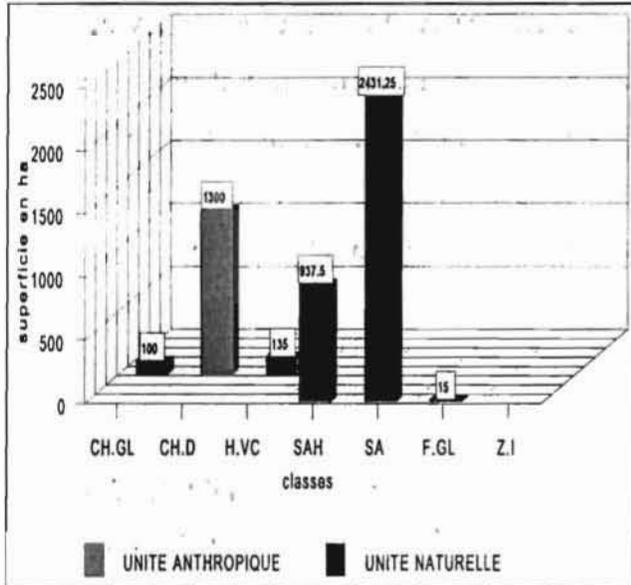


Figure N°5 : Histogramme des classes d'occupation des sols à Petoy

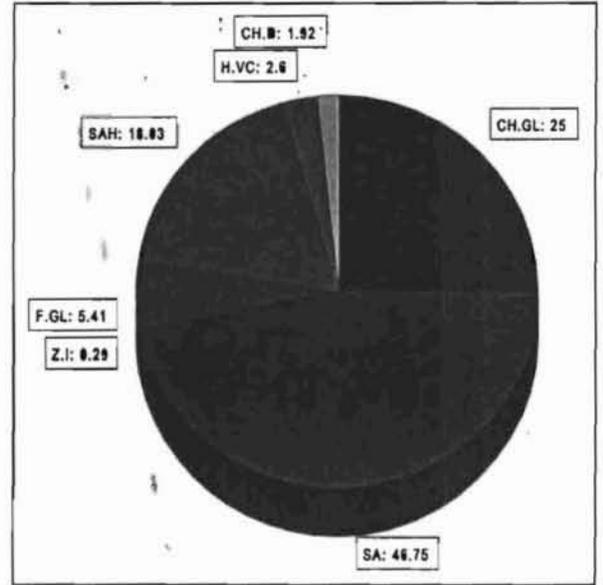


Figure N°6 : Taux d'occupation des sols à Petoy

### 1.2.3 - Analyse des résultats

#### 2.3.1 - Zone de Bidi 2

Avec un taux d'occupation de 27.38 % et 29.53 % de la superficie totale, les champs sur les glacis sablonneux et les steppes arbustives et herbeuses sont respectivement les deux plus grandes classes représentées spatialement Figure N°3 et 4

D'une manière générale les unités naturelles avec un taux d'occupation de 69.39 % constituent les unités les plus représentées, par rapport au des unités anthropiques ( 30.61 %).

Dans la zone de bidi-2 les cultures sur glacis sont plus répandues que les cultures sur dune ( 27.38 contre 2.58 % ).

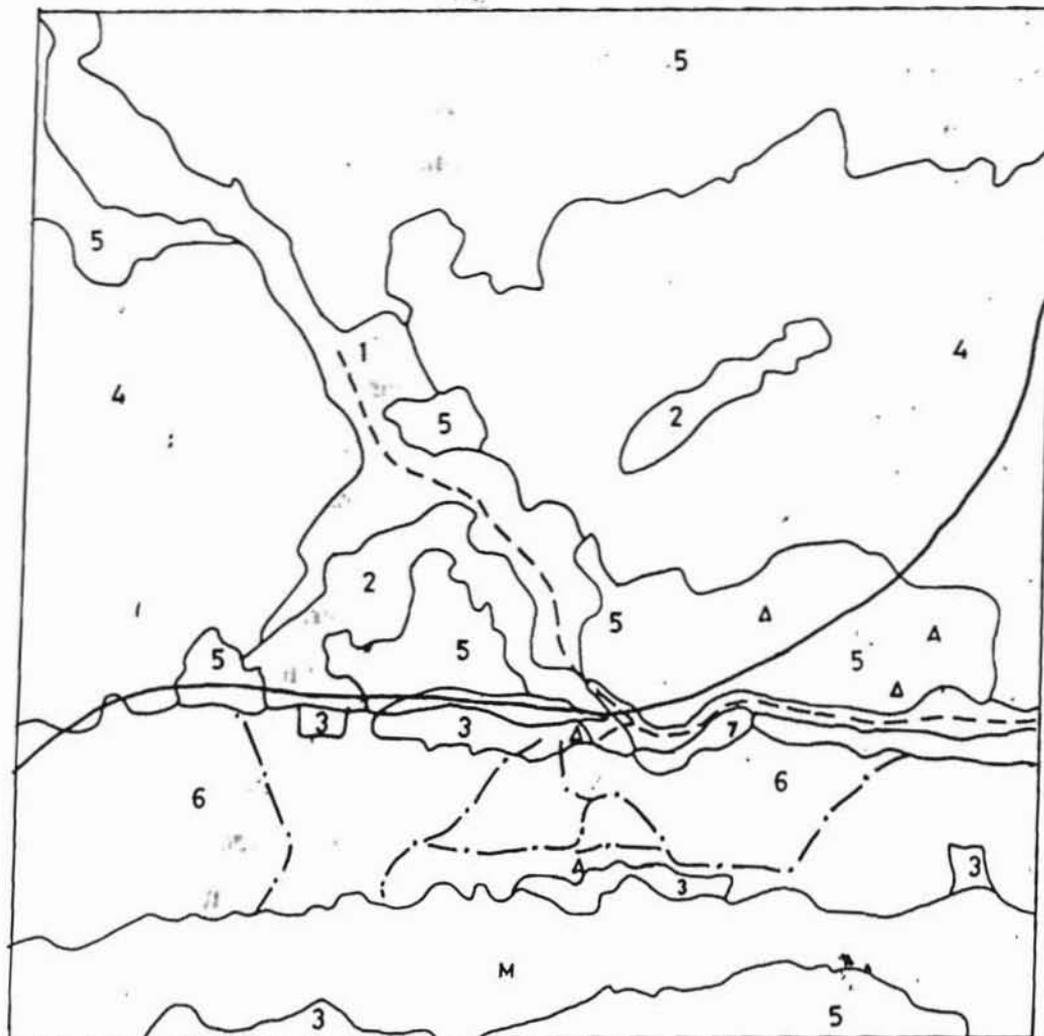
Les habitations, localisées en majeure partie sur la dune de sable occupent avec les voies de communications environ 374.5 ha soit 8.04 % de la superficie totale ( cf. Annexe 2 ).

#### 1.2.3.2 - Zone de Petoy

C'est une zone caractérisée par un faible taux de couverture végétale. La formation principale est la steppe arbustive avec 2431.25 ha d'occupation soit 46.75 % de la superficie totale. Le cordon dunaire totalement érodé est le support par excellence des cultures. Il représente 25 % de la superficie totale.

Le long des cours d'eau , la forêt qui s y trouve est fortement dégradée et ne laisse que

CARTE D'OCCUPATION DES SOLS DE LA ZONE TEST DE BIDI II



- 1 Cordon ripicole
- 2 Steppe arbustive
- 3 Champ de dune de sable
- 4 Steppe arbustive et herbeuse
- 5 Champ de glacis
- 6 Dune de sable
- 7 Jardin

- (M) Mare
- AA Habitations
- - - Cours d'eau
- ... Piste
- Route

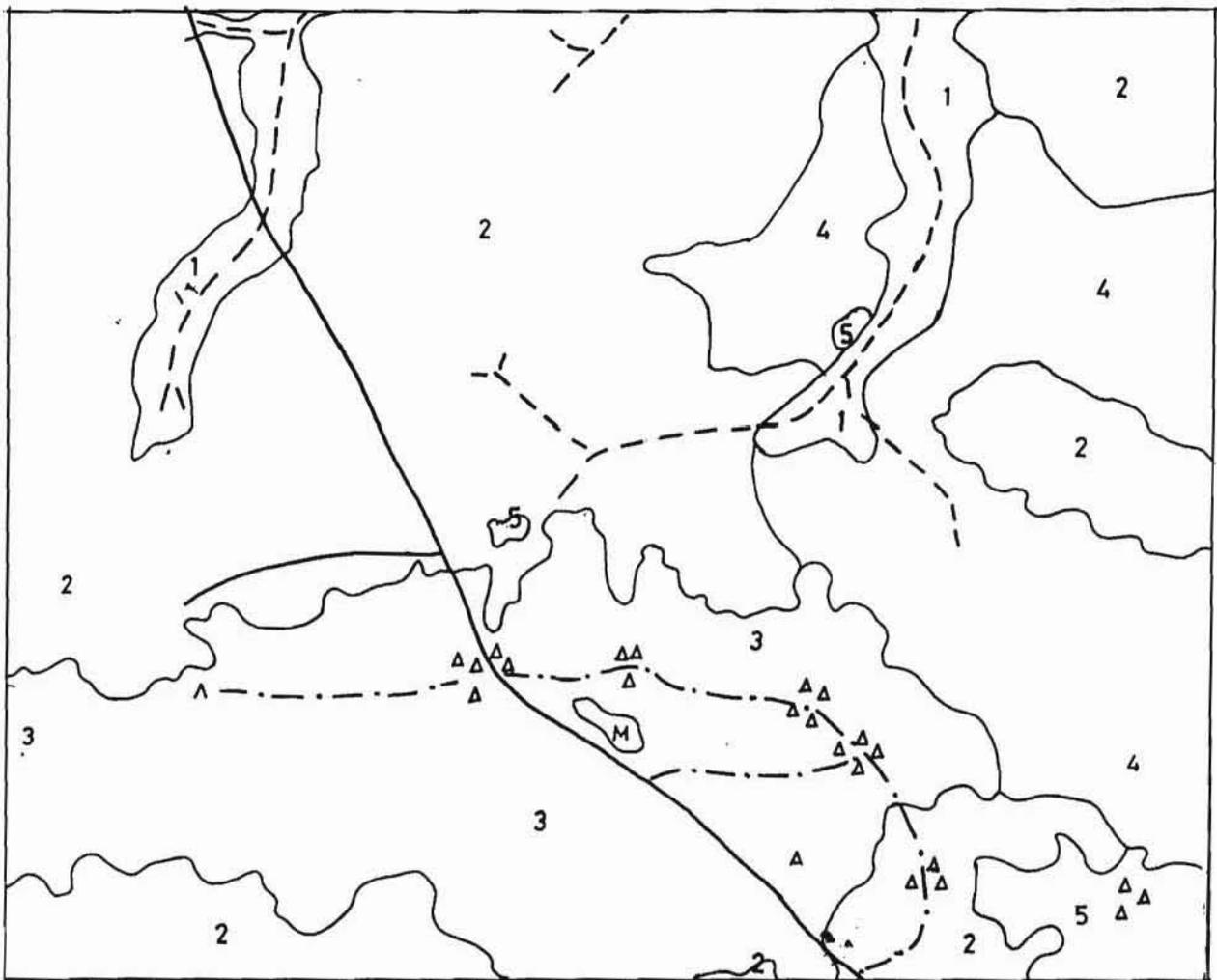
REALISEE PAR  
DESIRE OUEDRAOGO

PVA 09/02/1995

IGB Echelle: 1/50 000

T1=T2=Transect

Carte N°3  
 CARTE D'OCCUPATION DU SOL DE LA ZONE JEST DE PETOY



- 1 Gorton ripicole = Forêt galerie
- 2 Steppe arbustive
- 3 Champssur ancien cordon dunaire
- 4 Steppes arbustive et Herbeuse
- 5 Champs de glacis
- △△ Habitations
- M Mare
- - - - Cours d'eau
- · - · - Piste
- Route

Réalisée par :

DESIRE OUEDRAOGO  
 avec P.V.A. du 9/02/1995  
 1/50.000 (I G B)

quelques ligneux épineux : *Acacia radiana* , *Acacia seyal*...Les souches mortes de *Pterocarpus erinaceus* , *d'Anogeissus leiocarpus* sont des signes de l'état de dégradation. Cette formation représente 5.41 % de la superficie totale. Le réseau routier est moins complexe qu'à Bidi 2, mais les habitats sont plus regroupés et occupent une superficie de 135 ha. La localisation restreinte des champs sur le cordon dunaire fait que les unités naturelles occupent plus de proportion que les unités anthropiques (70.48 contre 29.52.%). Figures N° 5 et 6

### Conclusion

D'un point de vue traitement analogique, nous dirons que les photographies aériennes constituent un excellent outil pour la cartographie de l'occupation des sols. En effet sur les photographies que nous avons utilisées on arrive à discriminer facilement les unités agricoles des unités naturelles. Surtout dans la zone de Petoy où la végétation est moins dense et les sols homogènes. Mais cette méthode d'approche de la cartographie présente néanmoins quelques faiblesses parmi lesquelles on peut noter :

- la validation de la classification à partir des PA est relative à l'interprète ;
- les superficies estimées sur les cartes sont le plus souvent sur estimées du fait que les limites des strates sont moins netes par rapport à une composition colorée.

Au regard de ces faiblesses, nous avons préconisé pour le suivi de l'utilisation des sols, particulièrement celles des zones agricoles, d'utiliser autres types de données et de traitements .

## **CHAPITRE - II : TRAITEMENTS DES IMAGES SATELLITAIRES**

### **2.1 LES TRAITEMENTS NUMERIQUES**

Les traitements numériques ont eu pour but de faire une classification des images disponibles sur la zone d'étude, afin de les utiliser pour le suivi de l'évolution des superficies agricoles.

#### **2.1.1 - Le test de corrélation**

L'analyse statistique des résultats nous donne les coefficients de corrélation entre les canaux pour chaque thème à classifier ( Annexe 3). Ces résultats nous ont permis de sélectionner les meilleures combinaisons de canaux pour la classification.

Ainsi nous obtenons les combinaisons suivantes: XS1 -XS2 pour la végétation et XS2 - XS3 pour le domaine agricole

## 2.2.2 - Résultats statistiques

### 2.2.2.1 - Zone de Bidi-2

Tableau N°9: Résultats statistiques des parcelles d'apprentissage

Année	classe	XS1			XS2			XS3			Nbre de pixels
		Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	
1986	1	75.11	70	87	68.77	63	84	99.6	81	124	46833
	C2	95	81	107	98	77	114	125	106	137	19450
	C3	104	87	111	114	94	121	120	110	130	11367
	C5	104.28	87	101	114	94	121	120	103	129	27919
1988	C1	66.35	62	72	89.3	76	97	58.81	67	53	45791
	C2	78	67	86	110	100	117	80	65	94	25600
	C3	81	73	85	109	104	114	93	77	100	31558
	C5	87.9	81	93	98.45	94	102	95.45	88	99	6633
1989	C1	89.35	85	101	74.67	68	91	96	87	106	41057
	C2	106.5	90	123	105.5	74	128	102	88	113	33050
	C3	95	88	104	87	73	113	100	94	111	12655
	C5	111.96	97	125	114	95	130	97	85	107	1777
1991	C1	98.76	84	117	90.37	81	99	111.7	99	123	7696
	C2	119	104	135	100	93	109	123	109	133	26800
	C3	120	98	140	100	89	111	124	112	141	3993
	C5	133.65	107	147	108	93	118	127.8	111	138	2601

C1 : Forêt galerie

C2 : Domaine agricole

C3 : Steppe arbustive et/ou herbeuse

C5 : cordon dunaire

2.2.2.2 - Zone de Petoy

tableau N°10 : Résultats statistiques des parcelles d'apprentissage

Année	classe	XS1			XS2			XS3			Nbre de pixels
		Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	
1986	C1	76.97	75	81	69.6	66	75	90	96	101	12612
	C2	93.6	84	104	96	83	110	127	119	135	8825
	C3	96	89	102	100	89	111	107	101	115	23369
	C4	104	99	112	111	100	119	121	112	125	947
1988	C1	73.83	71	79	67.8	63	74	90	87	94	3143
	C2	83.5	75	92	85	74	95	110.7	101	116	8950
	C3	90	84	95	94	84	100	98	91	103	38406
	C4	94.48	85	99	99.52	86	106	110	106	117	947
1989	C1	94.15	91	96	78	74	82	87	84	93	13029
	C2	111	104	117	113	106	121	105	99	112	10875
	C3	114	110	117	110	105	115	97	92	100	6287
	C4	106.5	100	109	109	100	113	97.73	95	99	4734
1991	C1	132.93	116	143	108	99	113	125	115	133	4734
	C2	127	113	145	102	96	109	135	119	144	20900
	C3	111	102	128	97.5	92	108	111	99	124	13749
	C4	142.8	134	150	115	110	120	133	127	139	6249

C1 : Forêt galerie

C2 : Domaine agricole

C3 : Steppe arbustive et/ou herbeuse

C4 : ancien cordon dunaire

Remarque : La colonne "nombre de pixels" représente le nombre cumulé de pixels des parcelles d'apprentissage d'une même classe.

### 2.2.3 - Classification finale

Le type de classification employée est une classification supervisée par le maximum de vraisemblance. Dans ce type de classification, les pixels sont classés par rapport à la probabilité d'appartenir à la classe. Cette classification assez simple est effectuée automatiquement par l'ordinateur. Les résultats issus de cette classification ont subi un lissage par un filtre majoritaire qui a homogénéisé les thèmes retenus. Les images issues après homogénéisation constituent les résultats finaux dont la légende est presque identique à celle des cartes de l'interprétation des photographies aériennes.

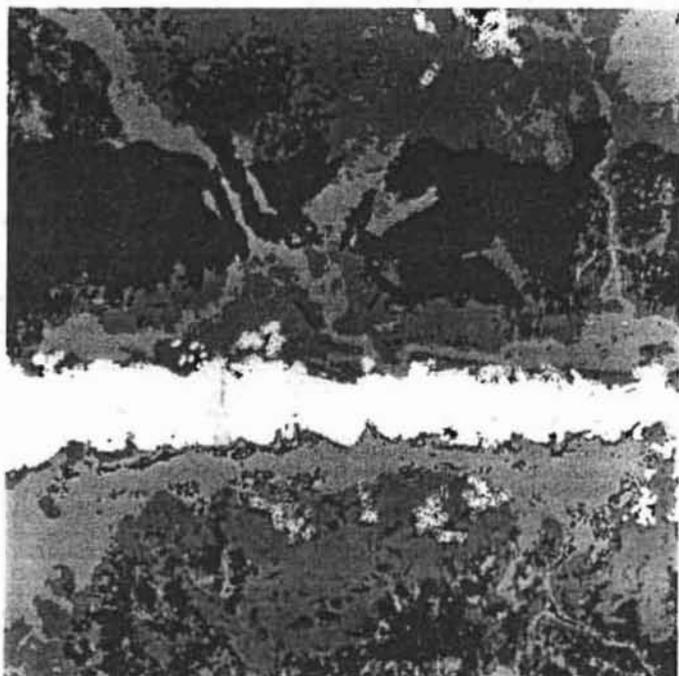
Sur les thèmes retenus, on remarque une distinction nette entre les zones de cultures (rouge) et les autres unités (steppes, forêts galeries, cordons dunaires, etc.). Un certain nombre de thèmes se sont associés. C'est le cas des champs sur glacis sablonneux et des champs sur dunes de sables d'une part, et d'autre part des zones nues et des zones à végétation moins denses (steppes arbustives). En réalité cinq thèmes sont assez bien classés. Il s'agit :

- du domaine agricole,
- des steppes arbustives et/ou herbeuses,
- de l'ancien cordon dunaire
- de la forêt galerie,
- du cordon dunaire vif

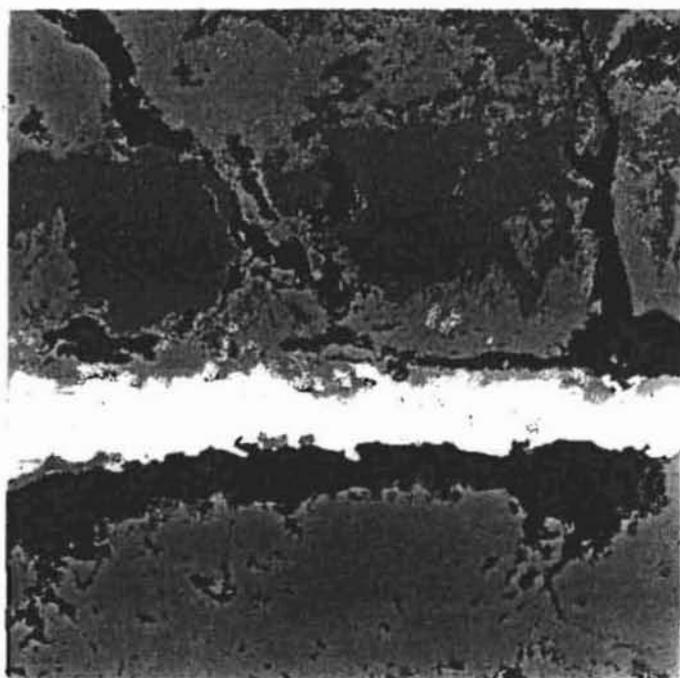
### 2.2.4 - Présentation des résultats

La classification finale présente sur la figure N° 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 et 14 les images classifiées des zones d'étude et sur le tableau N° 11 les superficies et les proportions relatives à chaque classe d'occupation.

Images classifiées de la zone de BIDI 2  
 Années 1986, 1988, 1989 et 1991



1986



1988

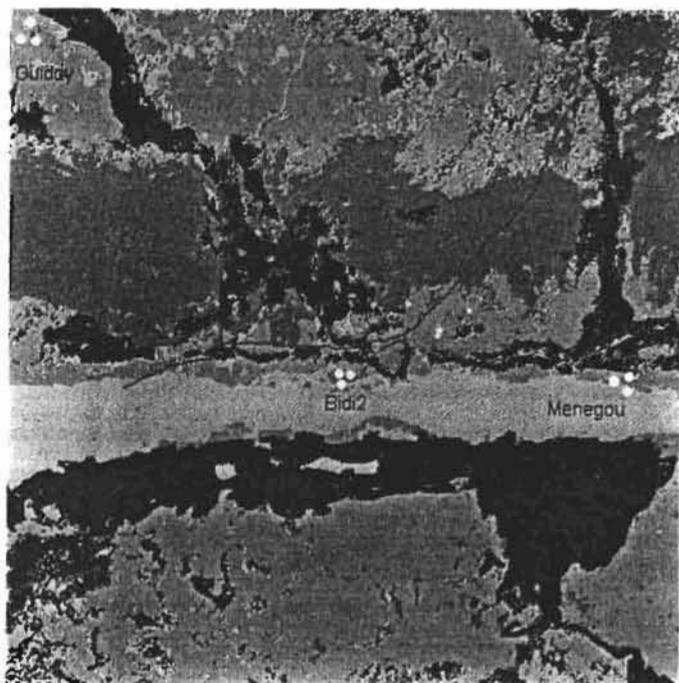
Fig : 7

Legende

-  Domaine agricole
-  Steppe arbustive et/ou herbeuse
-  (1986)
-  } Forêt galerie et zone inondable
-  (1988)
-  Cordon dunaire

Fig : 8

Images classifiées  
de Bidi-2

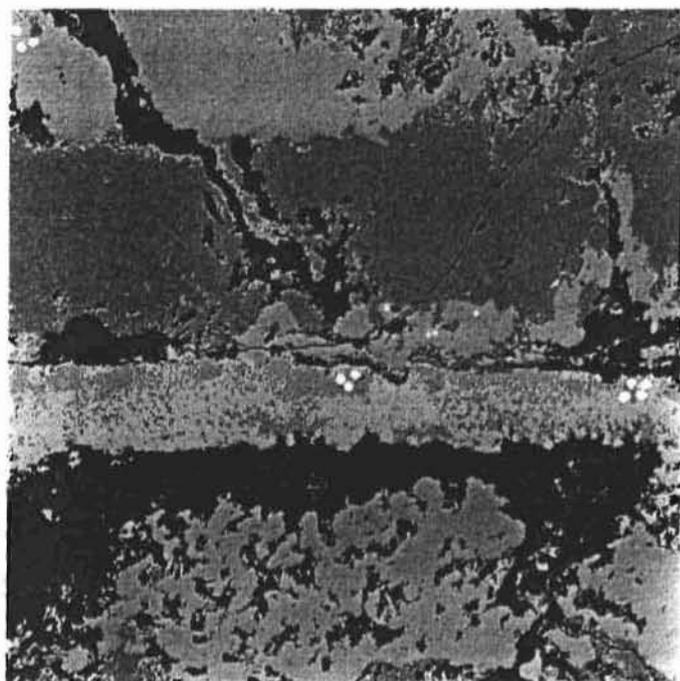


Année 1989

Fig : 9

Legende

-  Domaine agricole; champs de glacis + champs de dune
-  Cordon dunaire
-  Steppe
-  Forêt galerie + végétation des formations inondables (mare)



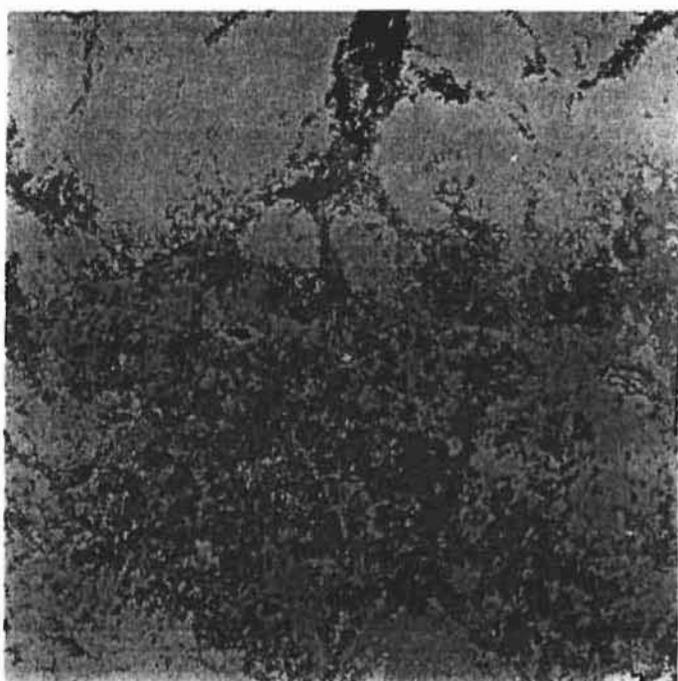
Année 1991

Fig . 10

Images classifiées de la zone de PETOY  
Années 1986, 1988, 1989 et 1991



1986



1988

Legende

-  Domaine agricole
-  Steppe arbustive et herbeuse
-  Ancienne dune de sable  
couverte par une steppe  
arbustive
-  Forêt galerie

Images classifiées de Peto



Fig : 13

ANNEE 1989

Legende

-  Domaine agricole
-  Steppe arbustive
-  Steppe arbustive et herbeuse
-  Forêt galerie en voie de dégradation

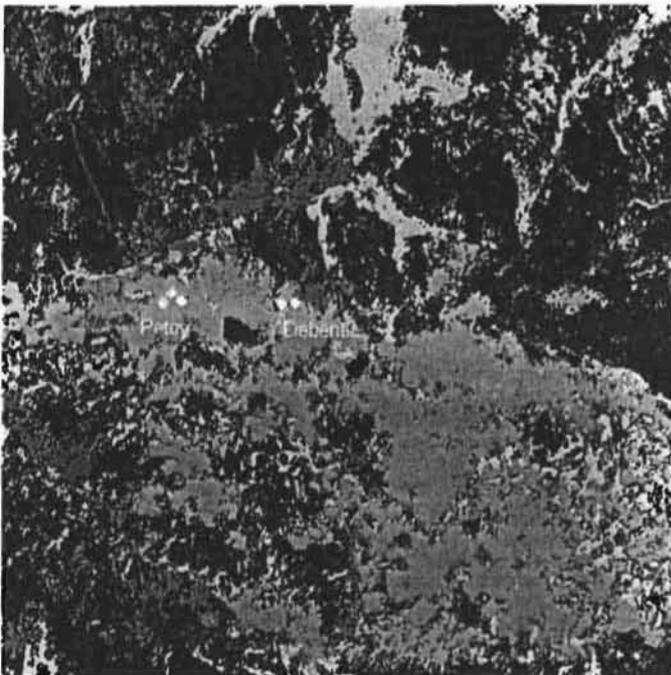


Fig : 14

ANNEE 1991

Legende

-  Domaine agricole
-  Steppe arbustive et herbeuse
-  Steppe arbustive
-  Forêt galerie en voie de dégradation

Tableau N°11 : superficie et taux d'occupation des thèmes classifiés

A N N E E	CLASSE	EFFECTIF EN PIXELS	SUPERFICI E EN HA	%	EFFECTIFS EN PIXELS	SUPERFICIE EN HA	%
ZONE DE BIDI 2				ZONE DE PETOY			
19 86	C1	46833	1873	13.58	12612	504.5	6.84
	C2	19450	778	5.64	8825	353	4.78
	C3	11367	454.7	3.29	23369	935	12.61
	C4	27919	1116.75	8.10	947	38	0.51
19 88	C1	45791	1832	13.29	3143	126	1.71
	C2	25600	1024	7.43	8950	358	4.85
	C3	31558	1262	9.15	38406	1536	20.81
	C4	6633	265	1.9	947	38	0.51
19 89	C1	41057	1642	11.91	13029	521	7.06
	C2	33050	1322	9.6	10875	435	5.99
	C3	12655	506	3.67	6287	251.5	3.41
	C4	1777	71	0.51	3749	150	2.03
19 91	C1	7696	308	2.23	12461	498.5	6.75
	C2	26800	1072	7.77	20900	836	11.33
	C3	3993	160	1.17	13749	550	7.45
	C4	2601	104	1.65	6249	250	3.4

### 2.2.6 - Evaluation des résultats

En comparant les résultats à ceux de l'interprétation visuelle des photographies aériennes, nous obtenons une légende presque conforme à celle des cartes d'occupation des sols. Les classes discriminées lors des interprétations des PVA et non classifiées lors des traitements numériques sont :

- celles qui présentent des similitudes radiométriques que nous avons été obligé de rassembler en une seule classe ( exemple : champ de dune et champ de glacis),
- celles très peu représentées : habitat, piste, etc. .

Nous nous sommes intéressés plus au domaine agricole compte tenu du fait que un des objectifs principaux de cette étude est l'analyse diachronique de l'évolution des superficies agricoles.

*NB : Ces traitements, bien qu'ils soient satisfaisants, souffrent d'insuffisance en matière d'analyses complémentaires telles que les ACP, les tests de Séparabilité et l'utilisation de l'indice de végétation qui sont de meilleures méthodes d'analyses pour les traitements numériques.*

## 2.2 - ANALYSE DIACHRONIQUE DE L'EVOLUTION DES SUPERFICIES AGRICOLES

### 2.2.1 - Etude comparée des superficies cultivées dans les deux zones et suivi de leur évolution

Toute étude comparative de l'occupation des sols par les cultures qui prendrait en compte la totalité des superficies retenues pour l'étude est par conséquent vouée à l'échec (YABRE . B, 1988). Une telle étude doit à son sens nécessairement passer par une connaissance des potentialités en terre cultivables, définies en fonction des techniques culturales en présence. C'est seulement à partir de là que l'on pourra mieux cerner pour chacune des zones, l'importance des surfaces cultivées, le taux d'occupation des sols par les cultures ( rapport entre surfaces cultivées et surfaces cultivables), et l'évolution de l'espace cultivé.

#### 2.2.1.1 - Les potentialités en terres cultivables

Les techniques de travail du sol étant encore rudimentaires dans le sahel, l'importance des champs est conditionnée par l'exploitation de sols fragiles à travailler : les dunes (ergs anciens et ergs récents aux environs des zones inondables) et les recouvrements sableux éoliens épais de glacis. Les surfaces cultivables correspondent à peu près à ces zones. A cela il faut ajouter certains bas-fonds . Leur délimitation a été faite à partir de l'image du satellite SPOT de l'année 1991, soutenue par une connaissance du terrain.

Ainsi les potentialités en terres cultivables se résument aux champs cultivés, aux jachères et aux friches sur dune, les recouvrements sableux épais de glacis et quelques bas-fonds. En nous aidant de l'esquisse pédologique de LEPRUN; 1977, sur une zone de la région nous avons pu déterminer les types de sols cultivables dans chacune des zones *Tableau N°12*.

*Tableau N°12 : superficies cultivables par zone ( en hectare )*

	Dunes	Glacis	Bas-fonds	TOTALE
<b>BIDI 2</b>	180	954	90	1224
<b>PETROY</b>	863	250	-	1113

Le tableau N° 12 présente la répartition des surfaces cultivables par zone et par type de sol. De l'examen de ce tableau, il ressort que :

- la nature des sols aptes à la culture est presque identiques d'une zone à l'autre ;
- les potentialités en terres cultivables varient considérablement d'une zone à l'autre.

Le taux d'occupation des sols par les cultures, l'importance des surfaces cultivées et leur évolution en dépendent.

#### 2.2.1.1.1- Zone de Petoy

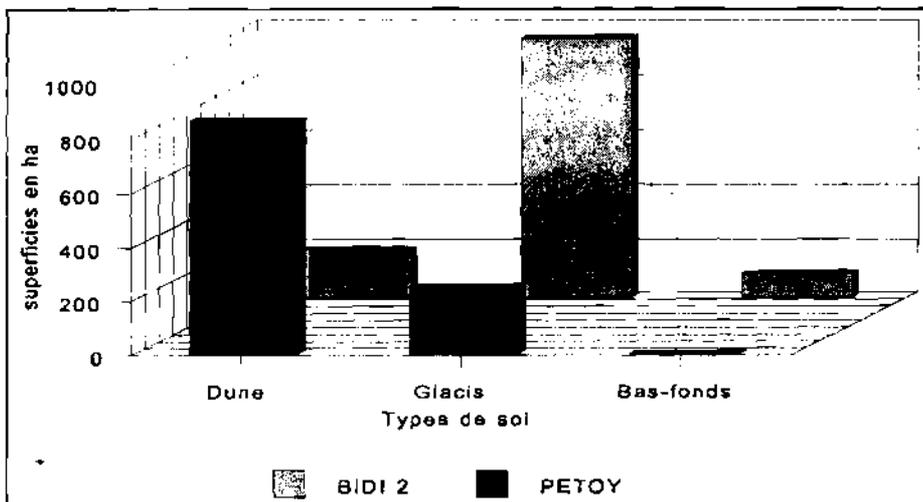
Dans cette zone les surfaces cultivables sont constituées par des sols ferrugineux tropicaux lessivés à drainage limité en profondeur sur sable éolien ( erg ancien) ( LEPRUN, 1977). L'existence proche de la surface d'un substrat peu perméable améliore le régime hydrique de ces sols. Ils sont par conséquent d'une bonne aptitude culturale et constituent l'essentiel des sols cultivables ( 863 ha ). Le reste des surfaces cultivables 250 ha est constituées de sols ferrugineux tropicaux peu lessivés à drainage limité en profondeur sur sable éolien reposant sur l'altération verticale de roches basiques. Sols d'assez bonne aptitude culturale. Au total les sols cultivables à Petoy occupent une superficie de 1113 ha.

#### 2.2.1.1.2 Zone de Bidi-2

Les sols cultivables à bidi 2 sont de trois ( 3 ) types. Les sols sableux épais de glacis qui occupent plus de la moitié des surfaces cultivables ( 954 ha) et les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés à drainage limité en profondeur sur sable éolien qui occupent une superficie de 180 ha. A cela il faut ajouter les bas-fonds aptes pour le jardinage et la culture du sorgho d'une superficie de 90 ha.

**Figure N°16** Proportion des superficies cultivables par zone et par type de sol

En conclusion les surfaces cultivables varient d'une zone à l'autre. Les paysans en tiennent compte pour l'implantation de leurs champs. De là proviennent les taux d'occupation fort différents d'une zone à l'autre en rapport avec la nature des sols dont les propriétés sont



déterminantes dans l'accroissement des superficies.

Cet état de chose à quelque peu joué sur l'évolution des surfaces cultivées dans chaque site.

### 2.2.1.2 - Analyse de l'évolution des surfaces cultivées

L'analyse des différentes cartes ( cartes N°4 et 5 ), fait ressortir une nette évolution des superficies cultivées dans chaque zone. L'estimation des superficies sur chaque carte par planimétrie permet d'apprécier numériquement l'évolution des superficies par zone( Tableau N°13 ). En effet l'examen des tableaux N°13 et 14 montre que l'importance relative des surfaces cultivées varient d'une zone à l'autre. Cette variation est liée aux potentialités de la zone en terres cultivables, et la à nature des sols.

*Tableau N°13: Evolution des superficies cultivées de 1986 à 1991 (en hectare)à Bidi-2 et à Peto*

	1986	1988	1989	1991
<b>BIDI 2</b>	778	1024	1322	1172
<b>PETOY</b>	353	358	435	836

*Tableau N°14 : Evolution des taux d'occupation des superficies cultivées(%)*

	1986	1988	1989	1991
<b>BIDI 2</b>	69	83.5	103	95
<b>PETOY</b>	31	32	39	75

- Dans la zone de petoy, les populations cultivent en majeure partie sur l'erg ancien. En ( 1986 ) l'aire cultivée était un peu disparate au Centre Sud de la zone ( carte N°5 ). Les surfaces avaient atteint cette année 353 ha. En 1988 les superficies cultivées se sont moins accrues ( 358 ha ). Entre 1988 et 1991 on assiste à une grande extension, faisant passer les superficies de 358 ha à 836 ha , soit 55 % d'extension. Cette extension dans le rythme d'accroissement des superficies traduit sans doute la saturation progressive du milieu mais aussi la disponibilité des terres cultivables. En six ans l'aire cultivée à presque doublé (Figure N°19).

- Les champs à Bidi2 sont en majeure partie situés sur les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés à drainage limité en profondeur sur sable éolien reposant sur altération verticale des roches basiques. Entre 1986 et 1989 les superficies cultivées sont passées de 778 ha à 1332 ha soit une

augmentation de 66 %. De 1989 à 1991 elles subissent une réduction de 195 ha, les ramenant à 1172 ha. Cela serait lié à l'abandon de certains champs suite aux mauvais rendements. En effet on remarque qu'en 1989 les surfaces cultivées se sont étendues au delà des surfaces cultivables. Ce qui a entraîné l'extension des champs vers les terres marginales. Selon les paysans pour faire face à cette situation, ils ont préféré exploiter les terres cultivables, quitte à écourter les périodes de jachères. C'est ce qui s'est traduit par une réduction des surfaces cultivées entre 1989 et 1991 ( Figure N° 19).

Des études menées par ANETTE R. (1995) à Bidi 2 sur la dynamique des champs montrent que les plus anciennes surfaces cultivées se localisent sur les pénéplaines ( figure N° 17 et 18 ).

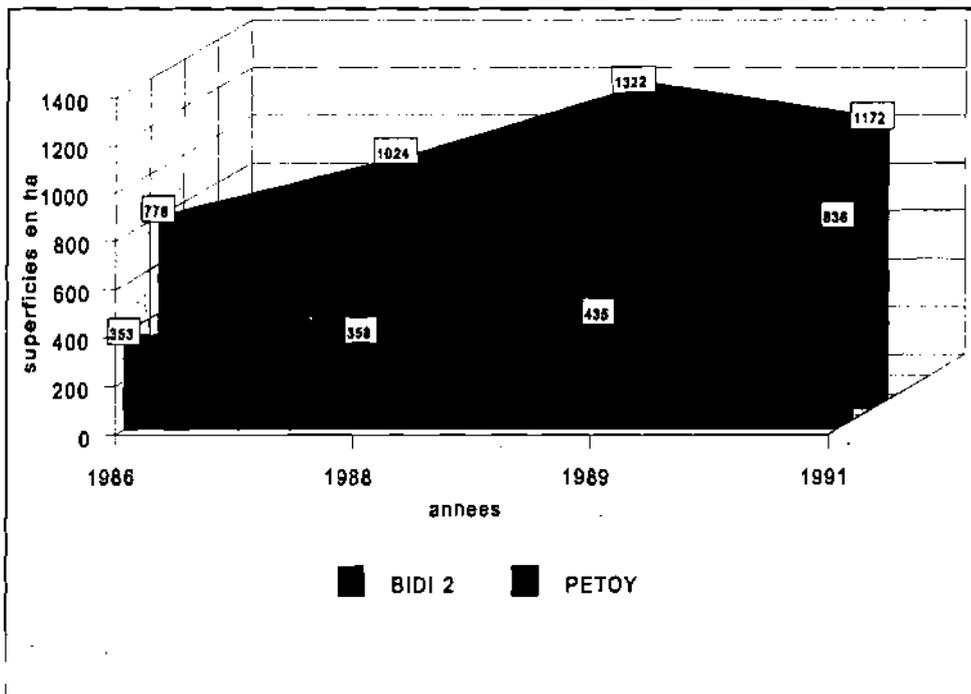


Figure N°19 : Evolution des superficies cultivées entre 1986 -1991

## Conclusion

Avec un taux d'extension annuel de 2.5 % à Petoy, et 1.5 % à Bidi, le taux d'évolution des superficies cultivées dans les deux zones reste manifeste. A un lieu à peine occupés par les cultures en 1986, on constate une occupation plus importante en 1991. Plusieurs facteurs expliquent cela.

## 2.2.2 - Les facteurs de l'évolution des superficies agricoles

L'évolution des superficies cultivées dans la zone de Bidi 2 et de Petoy est dictée par plusieurs facteurs qui sont : la faiblesse des techniques culturales, la croissance démographique, le système foncier, les aléas climatiques, la main d'oeuvre, le besoin alimentaire et la disponibilité des terres .

### 2.2.2.1 - Les facteurs directs

#### 2.2.2.1.1 - *La croissance démographique*

Par manque de données démographiques relatives à nos zones d'études, nous n'avons pas pu faire une comparaison entre l'évolution des surfaces cultivées et celle de la population. Néanmoins des études menées par ( YABRE . B , 1988 ) sur le bas versant de la mare d'Oursi et par (ANETTE . R , 1995 ) dans le village de Bidi-2, montrent qu'il existe une relation entre l'évolution des surfaces cultivées et la croissance de la population.

YABRE remarque que dans le village de Kolel, voisin de petoy, la croissance de la population entre 1975 et 1985 avait engendré de nouveaux besoins en terres cultivables. Ainsi la surface cultivée par habitant est passée de 0.87 ha entre 1974 et 1975 à 1,21 ha entre 1985 et 1986. Par contre dans la zone de Bouloy-boulel, les terres cultivables étant totalement exploitées, il y a eu moins d'extension des superficies cultivées par habitant.

L'accroissement de la population engendre donc deux phénomènes variables suivant les zones. Dans les zones où les terres d'intérêt agronomique sont disponibles (cas de Petoy) l'accroissement de la population s'accompagne d'une extension des surfaces cultivées. Dans les zones déjà "saturées" ( Cas de Bidi-2) il s'accompagne d'une réduction de la durée des jachères.

#### 2.2.2.1.2 - *La disponibilité des ressources*

Ces ressources sont constituées de : terres cultivables, besoin de nourriture, main d'oeuvre

Les résultats issus des interviews menés auprès des exploitants et résumés dans les tableaux N° 15 et 16 montrent que :

- La main d'oeuvre est un des principaux facteurs de l'évolution des superficies agricoles. Sur 30 exploitants questionnés 96 % à Bidi-2 et 90 % à Petoy l'ont approuvé .
- 60 % des paysans à Bidi-2 et 85 % à Petoy trouvent que le besoin de nourriture n'est pas une cause de l'évolution des terres cultivées.
- La disponibilité des terres cultivables est loin selon les paysans d'être une cause de l'expansion des surfaces agricoles à Bidi-2. Par contre à Petoy 80 % des exploitants trouvent un lien entre l'extension des superficies et la disponibilité des terres.

**Tableau N°15: Facteurs d'évolution des champs selon 30 exploitants enquêtés ( Site de Bidi 2 )**

	OUI %	NON %
Main d'oeuvre	96	4
besoin alimentaire	30	60
Terre libre	6	94

**Tableau N°16: Facteurs d'évolution des champs  
selon 35 exploitants enquêtés ( Site de Petoy )**

	Oui %	NON %
Main d'oeuvre	90	10
Besoin alimentaire	15	85
Terre libre	80	20

Des études similaires menées par (Anette R, 1995) à Bidi-2 donnent les résultats suivants :

**Tableau N°17 : Facteurs déterminant l'évolution des surfaces cultivées . Source : The spatial pattern and dynamics of a sahelian agro-ecosystem ( ANETTE; BJARNE , 6b; 1995 ).  
Nombre d'exploitants enquêtés 32.**

	Fulbé		Rimaïbé		Total	
	OUI %	NON %	OUI %	NON %	OUI %	NON %
Besoin en nourriture	0	100	17,9	82,1	12,8	87,2
Terre libre	9,1	90,9	10,7	90,3	10,3	89,7
Matière organique	18,2	81,8	35,7	64,3	30,8	69,2
Main d'oeuvre	100	0	94,9	5,1	92,9	7,1

### 2.2.2.2 Les facteurs indirects

#### 2.2.2.2.1 - *La faiblesse des techniques culturales*

Les moyens dont dispose le paysan ne lui permettent pas d'intensifier ses cultures. L'absence d'engrais et l'insuffisance de fumier fait que le paysan n'arrive pas à rendre au sol cultivé sa fertilité. La plante dans ces conditions ne trouve pas dans le sol les éléments nutritifs nécessaires à sa croissance. Résultat, les rendements agricoles sont bas, voire médiocres, même en présence d'une bonne pluviométrie. Cette faiblesse de rendement due à l'insuffisance des techniques culturales, exige de la part du paysan des réponses spécifiques : extension des surfaces cultivées et multiplication des champs. En effet la seule façon pour le paysan d'avoir une production agricole assez suffisante qui puisse couvrir tous les besoins céréaliers annuels de sa famille est d'accroître la superficie de son exploitation ou de multiplier le nombre de ses champs (GUILLAUD . D, 1993 ).

#### 2.2.2.2.2 - *Le système foncier*

Dans l'Oudalan où l'activité principale des populations a été longtemps l'élevage, il n'y a pas, à l'instar des régions Sud du pays, de chef de terre chargé de la réglementation de l'occupation des sols. Cette situation trouve son explication dans la nature extensive de l'élevage.

Pour les terres de culture le premier occupant ou du moins le premier défricheur devient le propriétaire. Ainsi les terres deviennent une propriété familiale. Par conséquent on aboutit à une occupation anarchique des sols.

Actuellement ce système foncier connaît un changement suite à la réforme agraire et foncière.

## DISCUSSION

A l'issue de cette étude nous pouvons dire que :

➤ D'un point de vue technique :

- les traitements analogiques des photographies aériennes ont donner dans le cas de notre étude, des résultats que nous pouvons qualifier de satisfaisants. Ils nous ont permis d'établir les cartes d'occupation des sols et cela avec une description précise et une estimation des superficies des différentes unités discriminées.

- les traitements numériques outre l'insuffisance des analyses nous ont fourni de bonnes classifications. La bonne discrimination du domaine agricole à facilité l'analyse de l'évolution des superficies agricoles.

➤ D'un point de vue thématique : Nous avons discriminé neuf ( 9 ) thèmes sur les PVA et de cinq thèmes par traitement numérique.

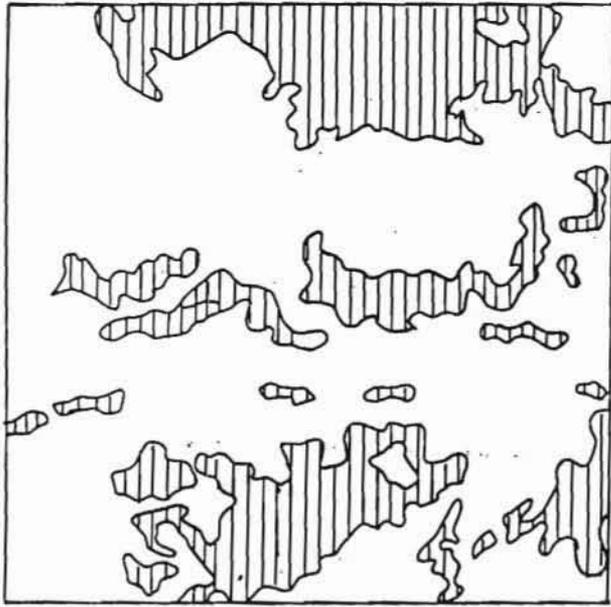
➤ Sur le plan analyse statistique, l'analyse diachronique montre que :

- les zones de culture évoluent sur deux types de sol : les sols ferrugineux tropicaux lessivés à drainage limité en profondeur sur sable éolien ( erg ancien ) et les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés à drainage limité en profondeur sur sable éolien reposant sur l'altération verticale de roches basiques ( glacis sablonneux) ( LEPRUN, 1977 ) ;

- En six ( 6 ) ans les zones cultivées ont passé d'une superficie de 778 ha à 1172 ha à Bidi-2 et de 353 ha à 836 ha à Petoy (soit un taux de croissance annuelle de 1.5% et 2.5% respectivement pour Bidi-2 et Petoy ). La progression de ces superficies semble linéaire . Elle est fonction de la disponibilité en terres cultivables et du taux d'occupation ( rapport entre surface cultivée et surface cultivable ). En effet plus les terres cultivables sont disponibles, plus on a tendance à accroître ou multiplier le nombre des champs. C'est ainsi que dans la zone de Bidi-2 avec un taux d'occupation moyen de 64% on a un taux d'extension annuel de 1,5%. De même à Petoy le faible taux d'occupation des terres cultivables entraîne un taux d'extension annuel (2.5% ). Pourtant selon les paysans, cette extension est tributaire de la disponibilité de la main d'oeuvre. Le maximum d'extension des surfaces cultivées suivant notre étude est de 544 ha entre 1986 et 1988 dans la zone de Bidi-2 et de 401 ha entre 1989 et 1991 dans la zone de Petoy. Cela se justifie sans doute par la bonne pluviométrie d'une part, et d'autre part par l'abondance de la main d'oeuvre , et l'apport de la fumure organique.

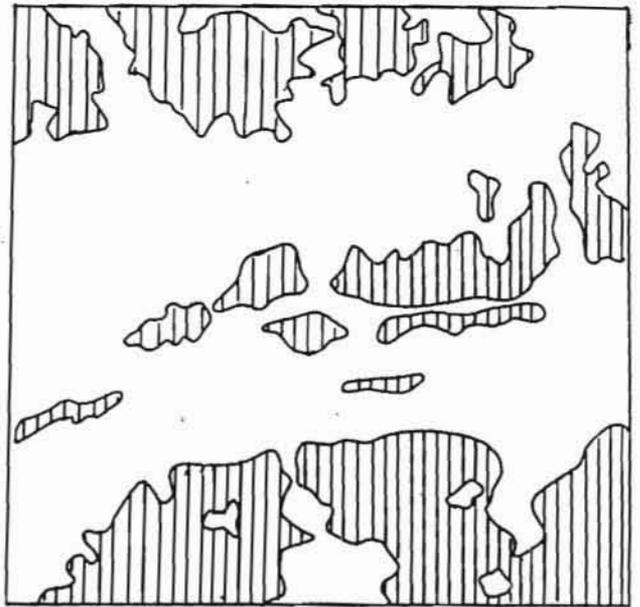
CARTE D'ÉVOLUTION DES SUPERFICIES AGRICOLE 1986-1991  
Site de Bidi 2

Carte N°4



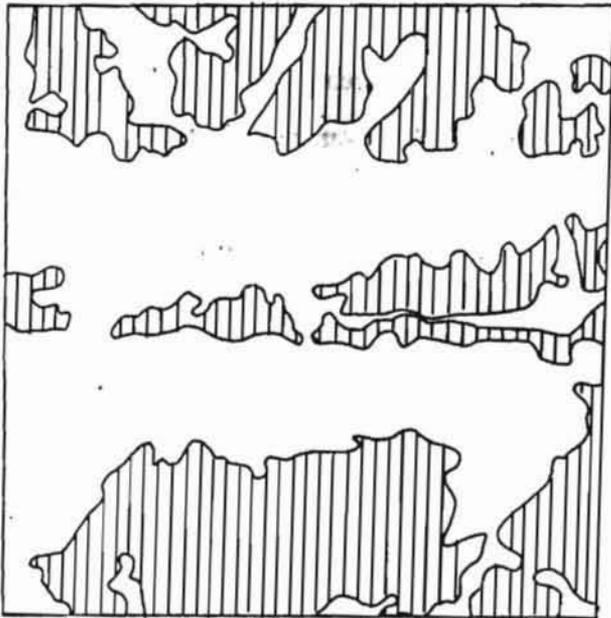
ANNEE 1986

▨ Zone Cultivée



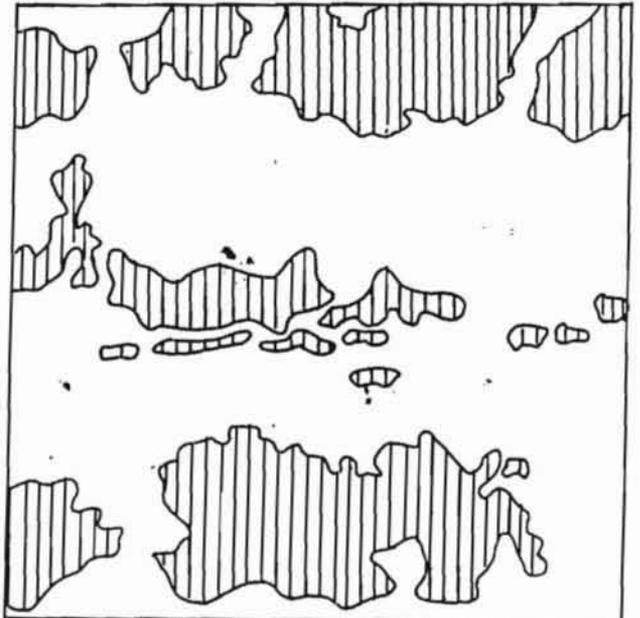
ANNEE 1988

▨ Zone Cultivée



ANNEE 1989

▨ Zone Cultivée



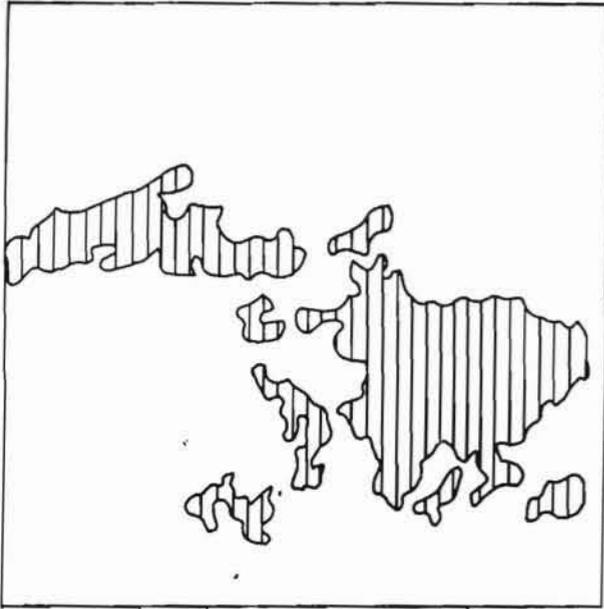
ANNEE 1991

▨ Zone Cultivée

Echelle: 1/200 000  
IMAGE SPOT

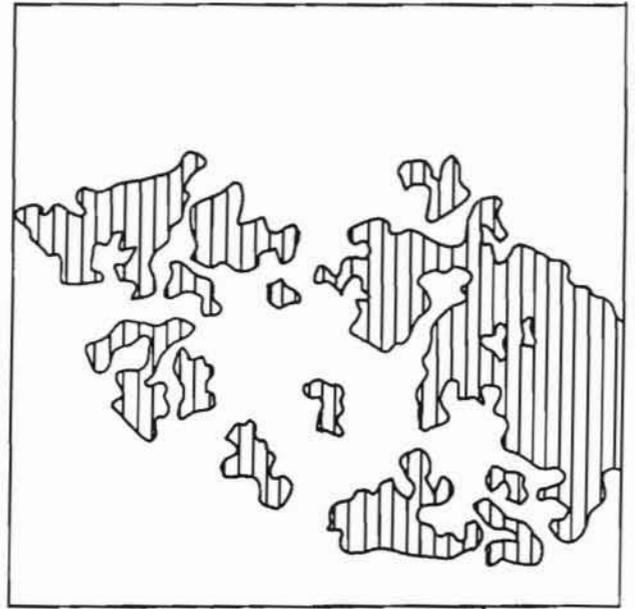
SITE DE PETOY  
EVOLUTION DES ZONES DE CULTURES ENTRE 1986 - 1991

Carte N°5



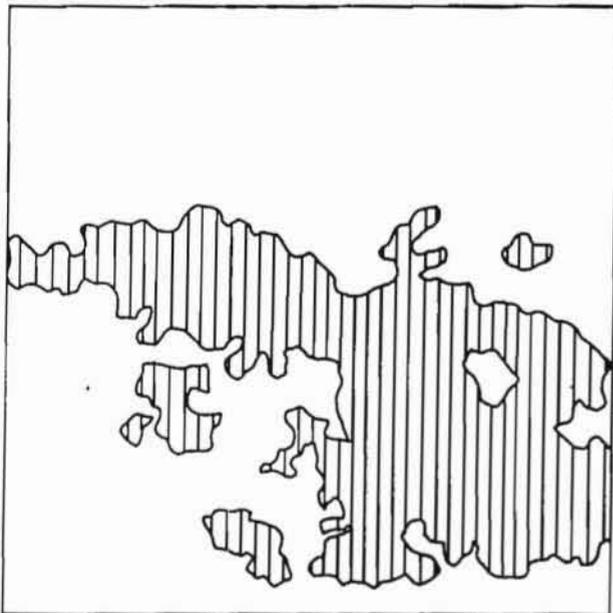
Année 1986

▨-----Zone cultivée



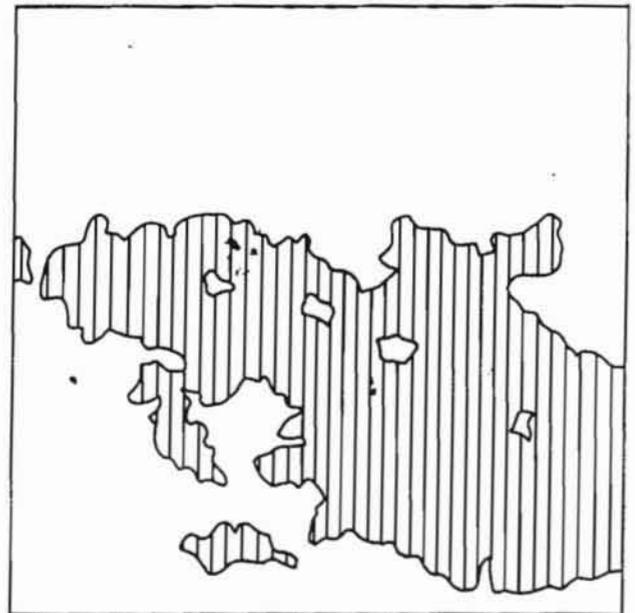
Année 1988

▨-----Zone cultivée



Année 1989

▨-----Zone cultivée



Année 1991

▨-----Zone cultivée

- Le taux d'accroissement annuel ( 1,5% à Bidi-2 et 2,5 % à Petoy ) eu pour conséquence une exploitation totale des superficies cultivables. En effet, en estimant les superficies cultivées en 1995, sur les cartes issues de l'interprétation des photos, on constate que : pour une superficie de 1224 ha de terres cultivables à Bidi-2, on a en 1995, 1470 ha de terres cultivées soit une extension au delà des terres cultivables. Il en est de même à Petoy ( pour 1113 ha de terres cultivables , on enregistre 1400 ha de terres exploitées en 1995 ).

## CONCLUSION GENERALE

Peu arrosée, à pluviométrie irrégulière dans le temps et dans l'espace, à population essentiellement agro-pastorale, la région étudiée est caractérisée par un couvert végétal peu varié dans sa physionomie et une occupation de l'espace peu complexe.

A l'aide des données de la télédétection et des investigations de terrain, nous avons distingué deux grandes unités d'occupation des sols, au sein desquelles des classes d'occupation ont été identifiées. La description et l'organisation spatiale de ces classes ont permis d'établir d'une part les cartes d'occupation des sols à l'aide des photographies aériennes, et d'autre part de classer les images satellitaires de différentes années afin de suivre l'évolution de l'occupation des sols.

Notre étude nous montre que la stratification de l'espace à grands ensembles physiologiques peut se faire aussi bien par traitement analogique que par traitement numérique. Mais l'utilisation de chaque type de traitement présente des avantages différents :

- L'avantage va aux traitements analogiques pour :
  - l'intégration à l'interprétation d'éléments structuraux plus fins ( identification des pistes, habitats villageois );
  - la stratification ou la cartographie des différentes composantes à une période donnée ;
  - l'intégration par l'oeil de la texture et de la structure de l'image ;
  - le faible coût de l'étude pour des utilisations marginales.
- Par contre l'avantage va aux traitements numériques pour :
  - la vitesse d'exécution de l'interprétation;
  - la possibilité d'effectuer rapidement des études diachroniques et évolutives ;
  - la précision cartographique de l'ordre du pixel;
  - "l'impartialité" du traitement : en effet le traitement numérique n'est pas sujet à variabilité ou subjectivité d'interprétation.

L'étude de l'évolution des superficies agricoles permet de conclure que en six ( 6 ) ans celles-ci connaissent dans l'ensemble une fluctuation. L'accroissement progressif de ces superficies soulève des inquiétudes à long terme. C'est pourquoi un suivi de cette dynamique doit être effectué pour dégager les perspectives d'avenir.

Il serait bon d'approfondir cette étude, notamment la maîtrise des traitements numériques afin d'obtenir des résultats plus probants. Cela doit aboutir à une amélioration de la méthodologie pour une meilleure cartographie et un meilleur suivi de l'évolution de l'occupation des sols dans cette région dont l'environnement est si fragile.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- KALINE. C; CHABREUIL. M- 1979- Exploration de la terre par les satellites .  
Hachette . France. 155 p
- ANETTE. R; FOG .B ; 1995. The spatial pattern and dynamics of a sattelian agro-  
ecosystem: land use systems analysis combining  
househol survey with georelated information.  
WORKING PAPER
- BASTOS - 1989 - Inventaire du couvert végétal à l'aide des données satellitaires et exogène.  
Memoire DEA. Toulouse.
- BOUDET . G; DE WISPELAERE G.; TOUTAIN .B.*et al* ; - 1977- Pâturage de l'ORD du sahel  
et de la zone de délestage du Nord-Est de Fada N'Gourma, ( Haute Volta ).  
Tome 1, IEMVT, Paris. 127 p avec annexes.
- BOUDET. G - 1991. 2éd . Pâturage tropicaux et cultures fouragères.  
Ministère de la coopération . IEMVT, Paris. 261 p avec annexes
- BREMAN . H; RIDDER . N - 1991 - Manuel sur les pâturages des pays tropicaux  
éd KHARTALA. CTA. WAGENINGEN. 471 p
- CLAUDE, J. ; GROUZIS, M.; MILLEVILLE, P.- Un espace sahélien. La mare d'oursi. Burkina  
Faso. ORSTOM, Paris 1991.
- DIEBRE . D. Juin 1995- Problématique de l'élevage dans l'aménagement de la forêt  
classée de ` Yabo `: Typologie de la végétation de la forêt et des  
pâturages ; Memoire de fin d'étude- IDR. 123p
- FONTE . J - 1983 - Essai cartographique de la végétation par télédétection, Quelques  
exemples pris en Haute volta, Thèse de doctorat troisième cycle,  
Université Paul sabatier, toulouse, fev. 1983. 183 p.
- GDTA- 1985- Expérience de simulation du satellite SPOT en Afrique de l'Ouest.  
Colloque de Ouagadougou et Paris. Toulouse, 1985. 168 p.
- GUILLAUD . D.- L'ombre du mil. Un système agropastoral en Aribinda ( Burkina Faso).  
ORSTOM, Paris 1993.
- GUILLOBEZ . S - 1985 - L'analyse en composante principale et le traitement de l'imagerie  
LANDSAT. Cas d'une région tropicale.

- SCANVIC. J. Y- 1983 -Utilisation de la télédétection dans les science de la terre. BGRM, cedex 1983, 144p avec annexe
- KING . C - 1985 - Etude des sols et des formations superficielles par télédétection. Approche de leurs caractéristiques spectrales, spatiales et temporelles dans le visible et le proche infra-rouge, 174 p.
- KOUDA . M - 1981 - Analyse synchronique et diachronique de l'évolution de la végétation en zone semi-aride ( Haute volta ), par télédétection. Thèse de Doctorat troisième cycle. Toulouse, 1981. 143 p.
- LEPRUN. J. C -, 1977 - Esquisse pédologique à 1/50000 des alentours de la mare d'oursi avec notice et analyse des sols. A. C. C lutte contre l'aridité dans l'Oudalan. ORSTOM/DGRST, 53 p
- ORSTOM- 1991- Cartographie des ressources végétales au nord du Yatenga. 46 p.
- LEO O. ; DIZIER J. L.- 1986- Télédétection: Techniques et cartographies. FORHOM BDPA, 275 p.
- PARNOT . J- 1986- Interprétation des paysages par télédétection. CRTO 1986. 9 p
- PARNOT. J; SOW. N.A- 1987-Etude de l'occupation des sols . Province de la Tapoa . CRTO, juillet 1987. 53 p.
- PARNOT. J.- 1988- Interprétation des images LANDSAT MSS pour le suivi diachronique du couvert végétal . CRTO 1988 . 14 p.
- PATRICE F - Télédétection satellitaire ( 4 ) - 1987 - Cartographie topographique et thématique. 123 p
- NDAFA. O.H.- 1990- Essai d'application de la télédétection à la cartographie des formations superficielles à oursi et à Bidi ( Burkina Faso ). Memoire de Maitrise, INSHUS, Université de Ouagadougou, 131 p.
- NONGUIERMA. A - Juin 1989 . Approche méthodologique d'évaluation des ressources forestieres au BURKINA FASO par les techniques de la télédétection : application sur trois zones ( Bane, Bissiga, Gonse ). 92 p.
- NONGUIERMA .A - 1989- Synthèse sectorielle de la télédétection appliquée à l'Afrique de l'ouest. Gembloux, 1989. 58 p.

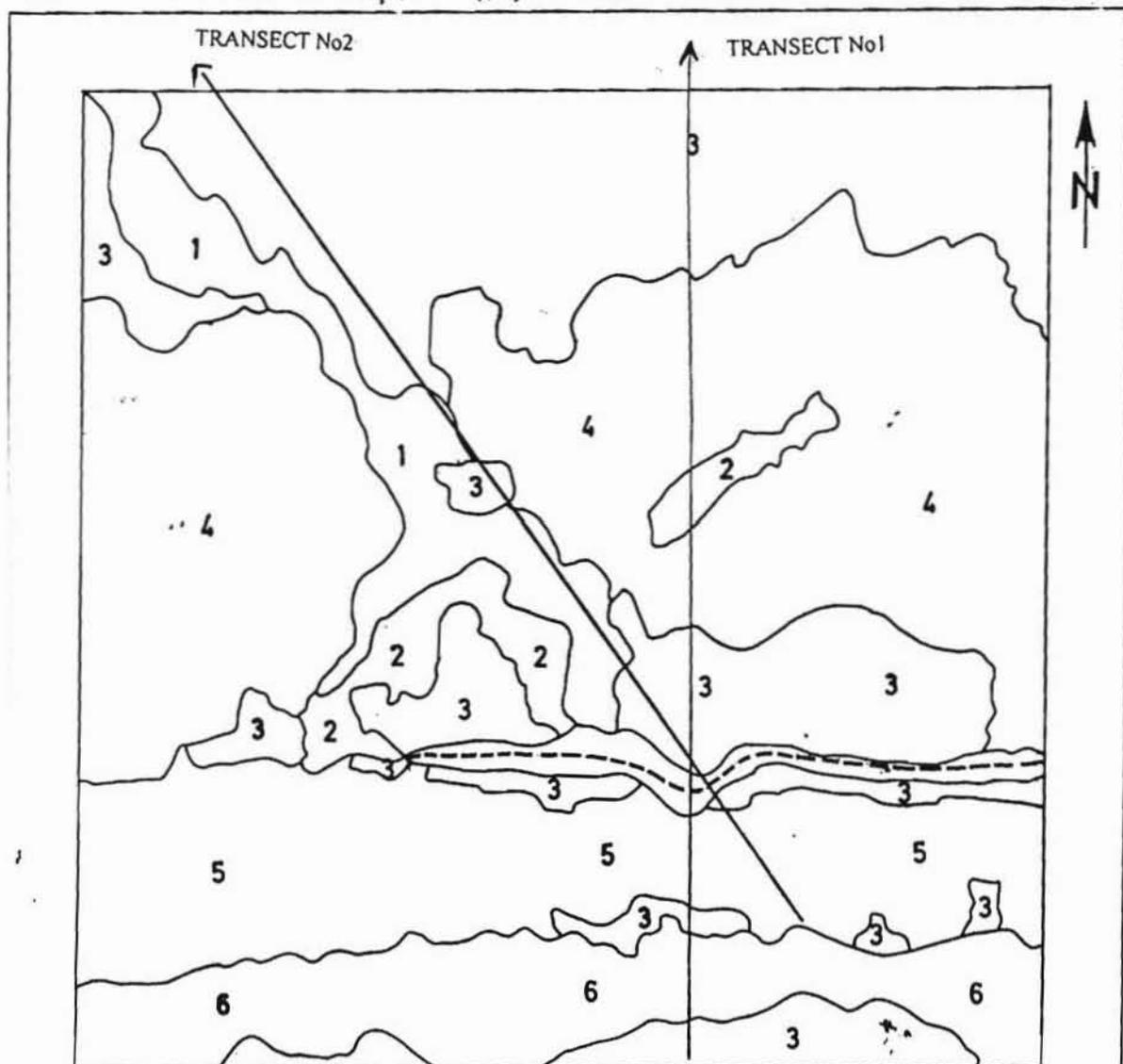
YABRE B- ( ORSTOM )- 1988- Interprétation de photographies aériennes et d'images satellitaires SPOT pour le suivi temporo-spatial des superficies cultivées sur le bassin versant de la mare d'oursi. Burkina Faso. 121 p.

YAHAYA B.- 1994- Utilisation de la télédétection à l'évaluation des superficies agricoles dans la province de l'Oudalan. 43 p, sans annexe

YANGAMBI - 1956 - Colloque, Réunion des spécialistes du C.S.A en matière de phytogéographie. Juillet- Aout 1956.

# *ANNEXES*

**ZONE DE BIDI II**  
**CARTE D'OCCUPATION DU SOL PAR LES UNITES NATURELLES**

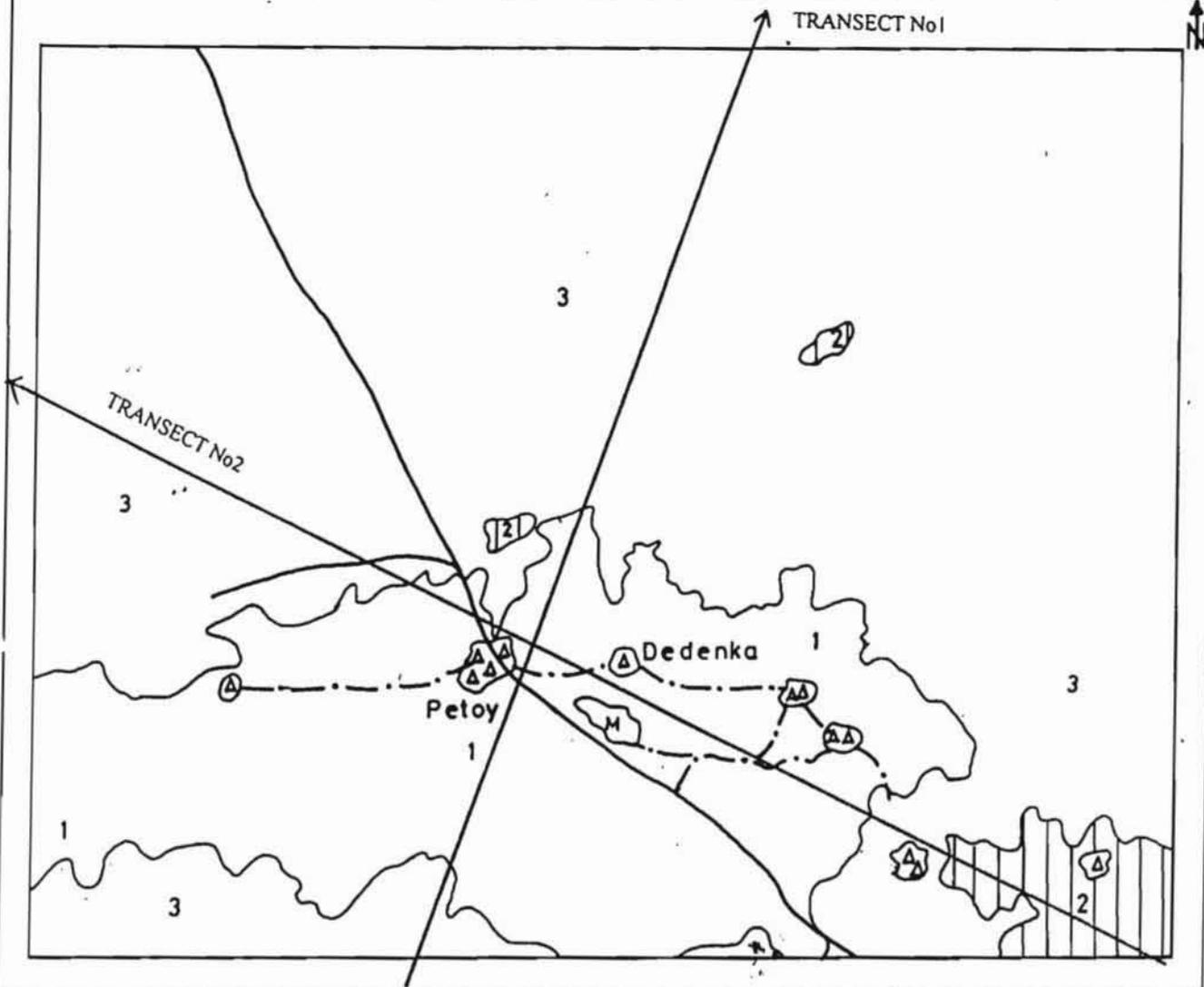


**LEGENDE**

- |   |   |
|---|---|
| <p>1 --- Cordon ripicole</p> <p>2 --- Steppe arbustive</p> <p>3 --- Zone agricole</p> <p>4 --- Steppe arbustive</p> | <p>5 --- Cordon dunaire</p> <p>6 --- Mare</p> <p> --- Cours d'eau</p> |
|---|---|

# ZONE DE PETOY

## CARTE D'OCCUPATION DU SOL PAR LES UNITES ANTHROPIQUES



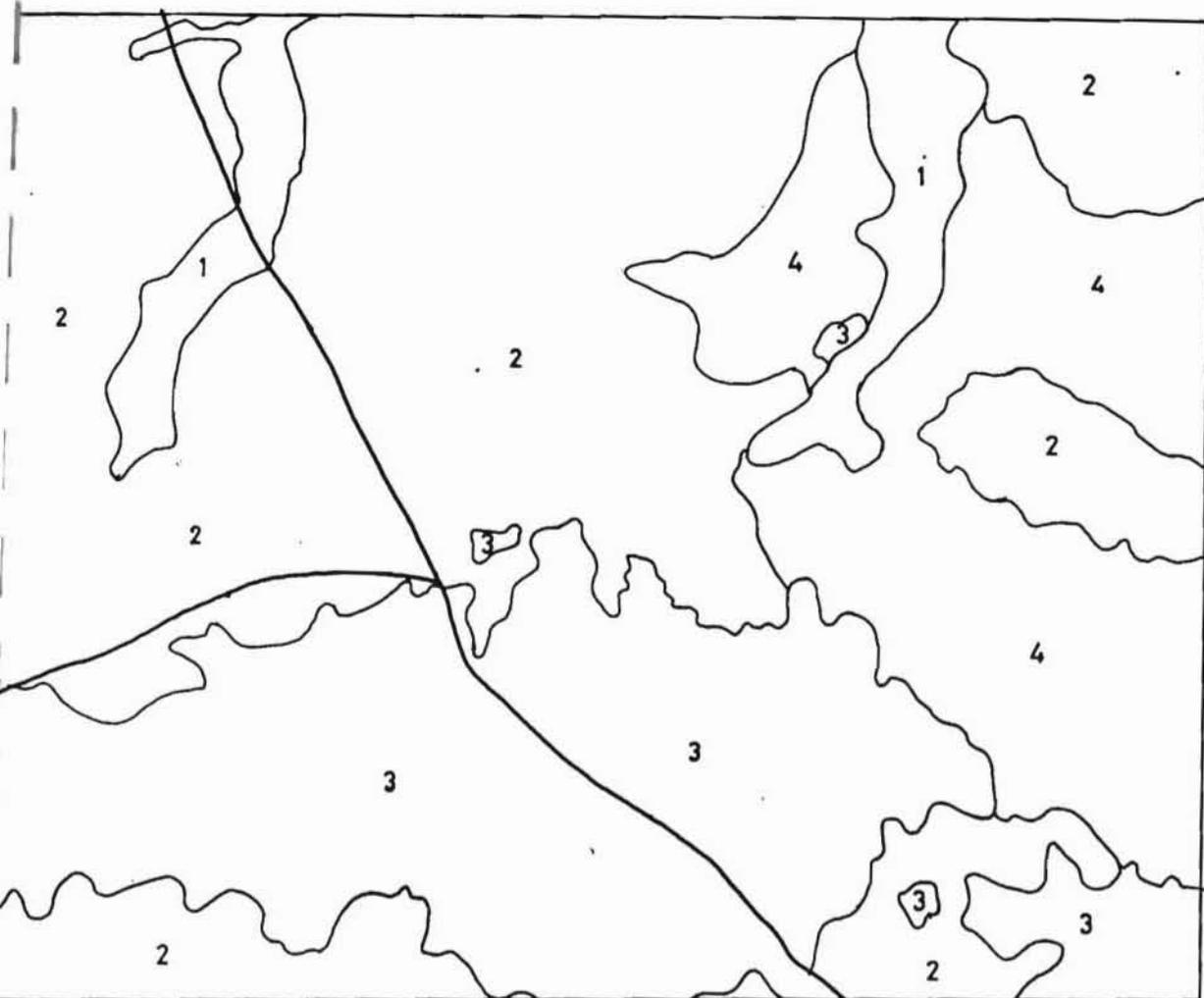
- 1 Champs de mil sur ancien cordon dunaire
- 2 Champs de glacis
- 3 Zone des unités naturelles
- M Mare
- A  
A Habitations
- Piste
- Route

Echelle: 1/50 000  
P.V.A. du 09/02/95 à 10H55mn  
Alt 6200m

DESIRE OUEDRAOGO

# ZONE DE PETOY

## CARTE D'OCCUPATION DU SOL PAR LES UNITES NATURELLES



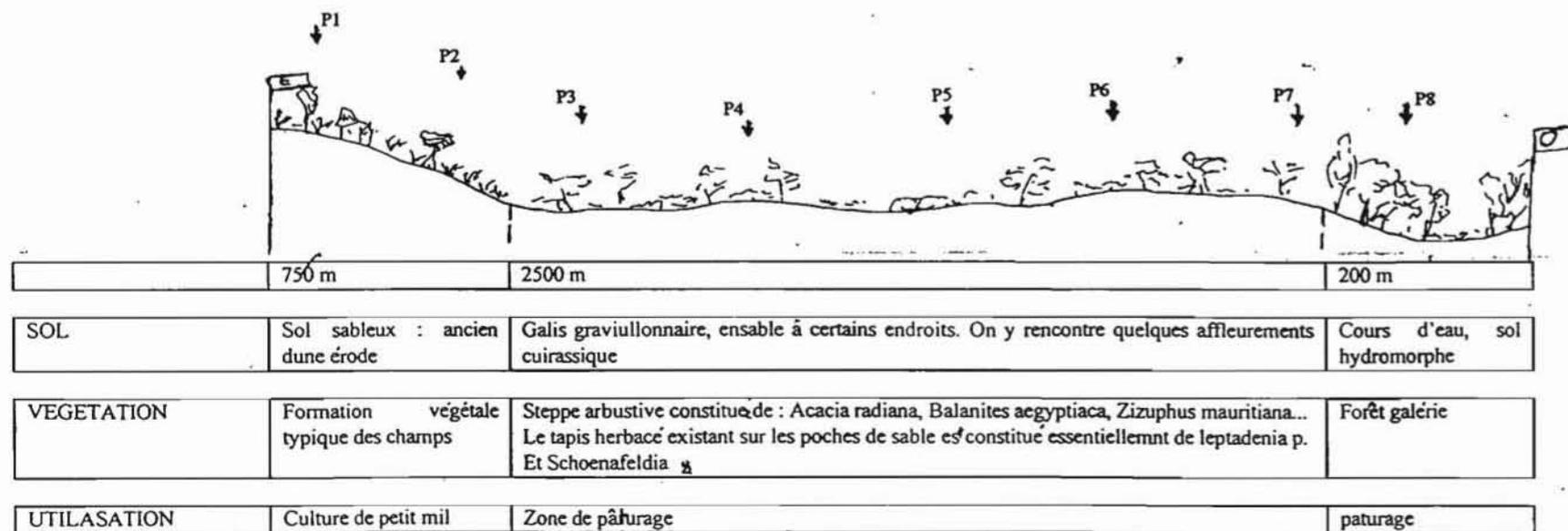
- 1 Cordon ripicol
- 2 Steppe arbustive
- 3 Zone agricole
- 4 Steppe arbustive
- Route

REALISÉE PAR DESIRE OUEDRAOGO

P.V.A. DU 09/02/95 15 480 ST  
à 10H 55mn Alt 620m

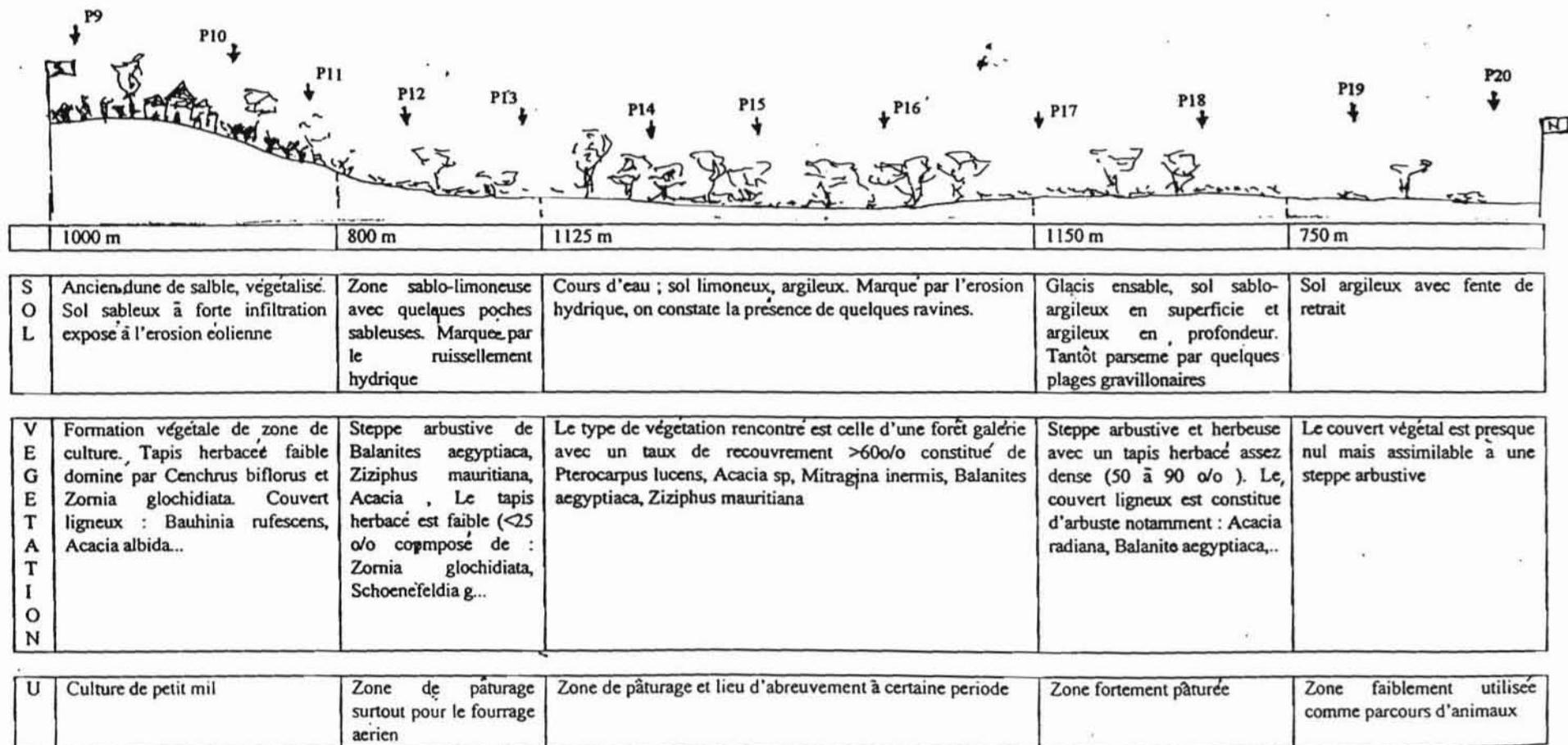
Echelle: 1/50 000

TRANSECT No 2 : ZONE PETOY

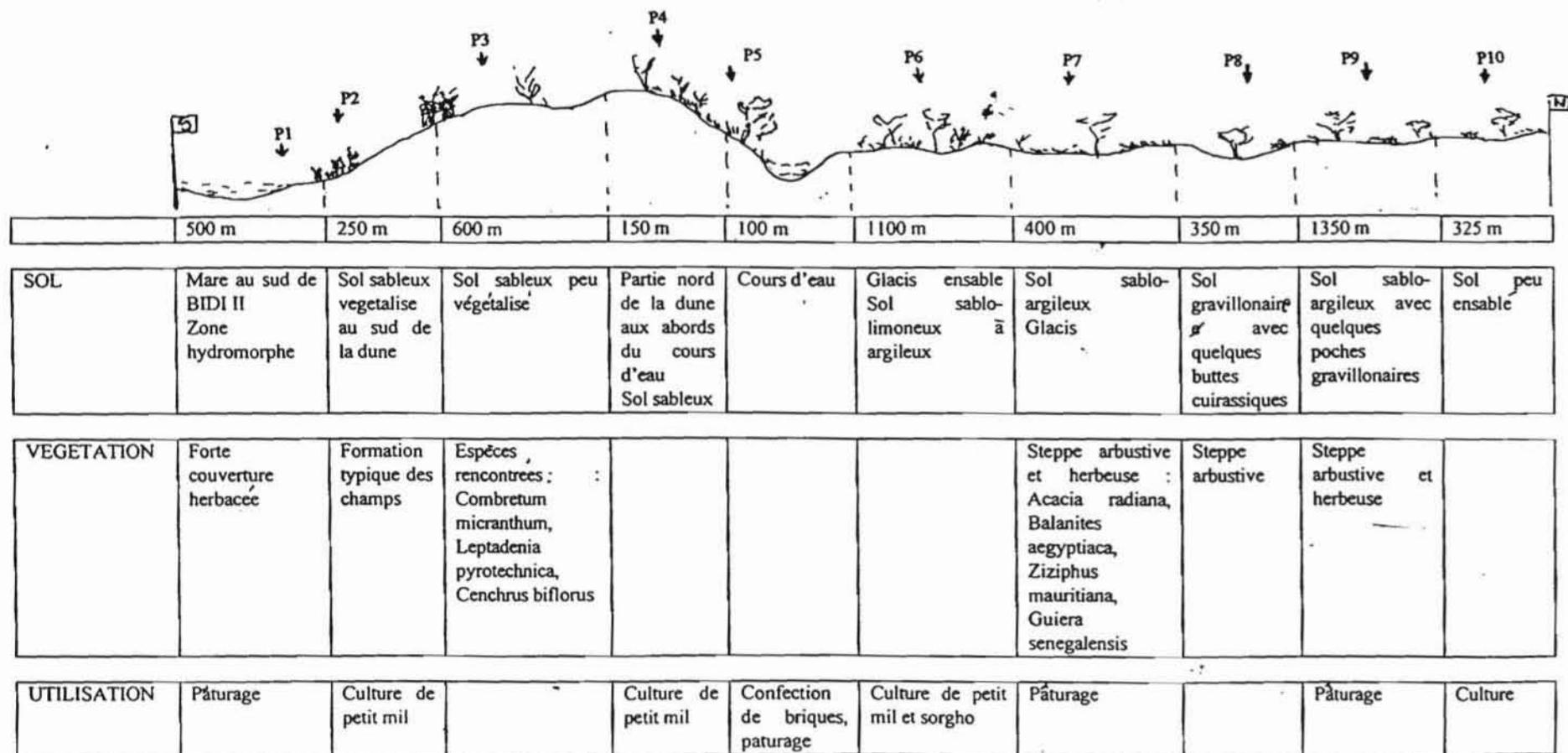


P : Placette de 2500 m<sup>2</sup>

TRANSECT N°1 : ZONE TEST DE PETOY

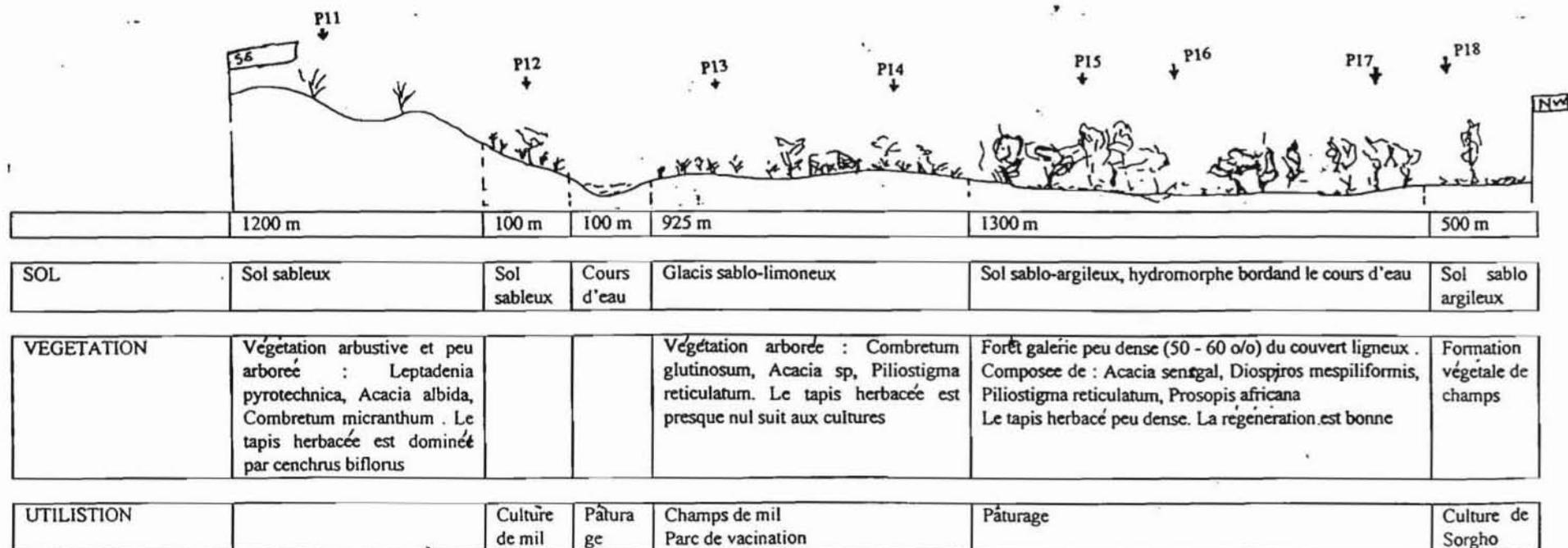


TRANSECT No1: ZONE DE BIDI -2



P : Placette de 2500 m<sup>2</sup>

TRANSECT No2 : ZONE DE BIDI -2



P : Placette de 2500 m<sup>2</sup>