

## **DEDICACE**

---

A mes parents

A ma femme Haoua Zakaria et ses amies Aichatou et Zeinabou

A mon frère Garba Mouhamadou et sa femme Maria Seydou

A mes amis Seydou Mohamed, Sakou ,Omar Maigari,  
Hamadou, Rirabé

A mon cousin Abdou S et sa femme Amina

A Mamoudou Issifou et sa famille

A tous je dédie ce travail

## REMERCIEMENTS

---

*Fruit de la collaboration entre le CRESA et l'ICRISAT, ce mémoire rentre dans le cadre des travaux de recherche du programme de gestion des ressources naturelles (NRMP).*

*Ce travail a pu être réalisé grâce au soutien, à l'aide et aux encouragements des personnes qu'il nous plait de remercier ici.*

*Nos sincères remerciements :*

- à l'AUF (Agence Universitaire de la Francophonie) pour avoir financé cette formation au CRESA,*
- au personnel enseignant du CRESA et de la Faculté d'Agronomie qui a assuré notre formation.*

*Nous remercions tout particulièrement le Colonel Kawa Romain pour avoir dirigé ce travail. Malgré les contraintes de temps liées à sa fonction, il a toujours su faire preuve de disponibilité, et n'a ménagé aucun effort de part ses critiques constructives et sa rigueur dans l'accomplissement de ce travail.*

*Nos remerciements vont aussi au Dr Bruno G. pour avoir proposé le thème et bien voulu soutenir et assurer l'encadrement technique sur le terrain. Ses conseils et critiques nous ont aidé dans la réalisation de cette étude.*

*Nous remercions aussi Dr Hiernaux P, M. Djaby B et Dr Ali Mamane pour leurs conseils qui n'ont jamais fait défaut.*

*Nous ne saurions terminer sans remercier le personnel du laboratoire GIS pour l'aide inestimable et leur constante disponibilité durant toute la période passée ensemble. Nos remerciements aussi au personnel de l'ICRISAT – Niamey pour l'appui matériel et le soutien de tous les jours.*

*Nous tenons aussi à adresser nos remerciements aux amis et frères ainsi que tous les collègues de la promotion du CRESA 2000.*

## **RESUME**

---

Cette étude réalisée dans le terroir de Tigo Tegui a pour objectifs d'étudier la dynamique de la brousse tigrée de 1950 à 2000 et d'élaborer un modèle d'inventaire des ligneux à partir d'une image haute résolution coupée d'une scène prise par le satellite IKONOS.

Les résultats montrent que de 1950 à 2000, la brousse tigrée a subi des changements importants dans sa physiognomie. Ces changements sont caractérisés par une dégradation du faciès et une migration des bandes boisées vers le nord-est; Conséquence des activités anthropiques et des effets climatiques. En plus, les résultats de l'inventaire des ligneux sur le terrain comparé avec ceux obtenus à partir de l'image IKONOS a permis de formuler un modèle simple d'inventaire des ligneux sur image haute résolution et de faire la cartographie automatique des formations forestières. Bien qu'il donne une information assez détaillée sur le peuplement ligneux, ce modèle nécessite d'être renforcé par les inventaires au sol afin de préciser les différentes strates verticales.

**Mots clés :** brousse tigrée, dynamique, IKONOS, cartographie, modèle, haute résolution

---

## **ABSTRACT**

---

A survey is undertaken in the village of Tigo Tegui to study the dynamic of the vegetation from 1950 to 2000 and to help in elaborating a model in for ligneous inventory using IKONOS satellite image.

Results from this study indicates an important change in the tiger-bush physiognomy characterized by facies degradation due to human and climatic effects. Furthermore, the inventory of ligneous versus IKONOS image has allowed in the elaboration of a single model for the determination of ligneous on high resolution image. Although this model helps in the inventory of ligneous, it needs to be completed by field surveys.

**Keys words:** « tiger-bush », dynamic, IKONOS, cartography, model, high resolution

## TABLE DES MATIERES

Dédicace	i
Remerciements	ii
Résumé	iii
Abstract	iii
Liste des Tableaux	Error! Bookmark not defined.
Sigles et Abréviations	vii
<b>A. PROBLEMATIQUE ET MISE EN SITUATION</b>	<b>1</b>
<b>B. OBJECTIFS</b>	<b>2</b>
<b>C. HYPOTHESES DE TRAVAIL</b>	<b>2</b>
<b>I. SYNTHESES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Définition des concepts</b>	<b>3</b>
1.1.1. La télédétection	3
1.1.2. Le système d'information géographique	5
1.1.3. Arcview.3.2	6
1.1.4. Le GPS différentiel	7
1.1.5. Traitement d'image	8
1.1.6. La cartographie	10
1.1.7. L'analyse	10
<b>1.2 Travaux antérieurs</b>	<b>11</b>
<b>II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.</b>	<b>12</b>
<b>2. 1. Situation de la zone d'étude</b>	<b>12</b>
<b>2.2. Milieu physique</b>	<b>13</b>
2.2.1. Le relief	13
2.2.2. Les sols	15
<b>2.3. Milieu socioéconomique</b>	<b>16</b>
2.3.1. La population	16
2.3.2. Les activités socio-économiques	17
<b>III. MATERIEL ET METHODES</b>	<b>18</b>
<b>3.1. Matériel d'étude</b>	<b>18</b>
<b>3.2. Méthodes d'études</b>	<b>19</b>
3.2.1. Traitement des photos aériennes	19
3.2.2. Interprétation visuelle	19

3.2.2. Traitement de l'image IKONOS	19
3.2.3. Echantillonnage	22
<b>IV. RESULTATS DISCUSSIONS</b>	<b>25</b>
<b>4.1. Etude de L'évolution de la brousse tigrée</b>	<b>25</b>
4.1.1. Interprétation des photos de 1950	26
4.1.2. Interprétation de l'image Ikonos de l'an 2000	26
<b>4.2 Discussion sur l'étude diachronique de la brousse tigrée</b>	<b>32</b>
4.2.1. La croissance démographique	32
4.2.2. Influence du climat	32
4.2.3. Pression pastorale	33
4.2.4. Surexploitation des ressources naturelles	33
<b>4.3. Etude de la distribution spatiale des arbres dans le territoire agricole</b>	<b>34</b>
4.3.1. Répartition des ligneux sur les unités paysagères	35
4.3.2. Répartition des arbres sur les types de sols	36
4.3.3. Répartition des ligneux sur les unités d'occupation du sol	36
<b>4.4. Détermination du pouvoir de détection des arbres par IKONOS</b>	<b>38</b>
<b>4.5. Modèle d'inventaire de ligneux sur image haute résolution</b>	<b>41</b>
<b>CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS</b>	<b>41</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>43</b>

## Liste des Figures

<b>FIGURE 1</b> : ILLUSTRATION DE LA RÉFLECTANCE SPECTRALE DE DIFFÉRENTS OBJETS TERRESTRES TYPQUES POUR UNE LONGUEUR D'ONDE DONNÉE .....	4
FIGURE 2 : PHOTO DE L'EQUIPEMENT DU GPS TRIMBLE .....	7
FIGURE 3 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE .....	13
FIGURE 4 : UNITES PEDOMORPHOLOGIQUES .....	15
FIGURE 5 : CARTE DES DIFFÉRENTS TYPES DE SOLS .....	16
FIGURE 6 : IMAGE FAUSSE COULEUR DE LA SCENE IKONOS .....	20
FIGURE 7 : IMAGE COULEUR REELLE DE LA SCENE IKONOS .....	20
FIGURE 8 : ASPECT DES ARBRES À L'ÉCHELLE DE 1/6000 .....	21
<b>FIGURE 9</b> : CALCUL DE LA DISTANCE PARCOURUE PAR LES BANDES BOISÉES ENTRE 1950 ET 2000 .....	22
<b>FIGURE 10</b> : CALCUL DE LA SURFACE DE LA COURONNE DES ARBRES .....	24
FIGURE 11 : REPARTITION SPATIALE DES UNITES ECHANTILLONNEES .....	25
FIGURE 12 : REPRESENTATION DE LA BROUSSE TIGREE EN 1950 .....	26
FIGURE 13 : REPRESENTATION DE LA BROUSSE TIGREE EN 1950 .....	27
FIGURE 14 : RELATION ENTRE LE SEUIL DU NDVI ET LE TAUX DE RECOUVREMENT DANS LA BROUSSE TIGREE .....	28
FIGURE 15 : REPRESENTATION DE LA BROUSSE TACHETEE EN 2000 .....	28
FIGURE 16 : COURBE DU TAUX DE RECOUVREMENT EN FONCTION DU SEUIL DU NDVI .....	29
FIGURE 17 : ETATS DE LA BROUSSE TIGREE DE 1950 ET 2000 .....	30
FIGURE 18 : MOUVEMENT DES BANDES BOISEES ENTRE 1950 ET 2000 .....	31
FIGURE 19 : REPRESENTATION DES ARBRES DE L'ESPACE AGRICOLE PAR INTERPRETATION VISUELLE DE L'IMAGE IKONOS .....	34
FIGURE 20 : RELATION ENTRE LE SEUIL DE NDVI ET LE TAUX DE RECOUVREMENT DANS L'ESPACE AGRICOLE COMPAREE A CELLES DE LA BROUSSE TIGREE ET LA BROUSSE TACHETEE .....	35
FIGURE 21 : DENSITE DES ARBRES SUIVANT LES UNITES PAYSAGERES .....	36
FIGURE 22 : DENSITE DES ARBRES SUIVANT LES TYPES DE SOLS .....	36
FIGURE 23 : DENSITE DES ARBRES SUIVANT L'OCCUPATION DU SOL .....	37
FIGURE 24 : RELATION ENTRE LE NOMBRE DE PIXELS ET LA SURFACE DE COURONNES DETERMINEE SUR LE TERRAIN .....	39
FIGURE 25 : RELATION ENTRE LE NOMBRE DE PIXEL ET LA HAUTEUR DES ARBRES MESUREE SUR LE TERRAIN .....	39
TABLEAU 8 : ANALYSE FLORISTIQUE DES DONNEES DU TERRAIN .....	40
FIGURE 26 : DIFFERENTES ETAPES DE LA CARTOGRAPHIE D'UN PEUPEMENT LIGNEUX SUR UNE SCENE IKONOS .....	41

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Indices de végétation et de sol .....	4
Tableau 2 : Types de sols et caractéristiques .....	15
Tableau 3 : Répartition de la population entre 1998-2001 .....	16
Tableau 4 : Caractéristiques du satellite IKONO .....	18
Tableau 5 : Caractéristiques de l'image IKONOS .....	18
Tableau 6 : Faciès caractéristiques de la zone étudiée .....	24
Tableau 7 : Comparaison statistique des superficies des bandes 1950 et 2000 .....	31
Tableau 8 : Analyse floristique des données du terrain .....	40

## SIGLES ET ABBREVIATIONS

---

<b>AUF :</b>	Agence Universitaire de la francophonie
<b>CRESA:</b>	Centre Régional d'Enseignement Spécialisé en Agriculture
<b>DESS :</b>	Diplôme d'études supérieures spécialisées
<b>DALLOL:</b>	Terme signifiant vallée en langue locale
<b>DECADE :</b>	Groupe « Décision Cartographie et Développement »
<b>ENE-WSW :</b>	Est Nord Est Ouest Sud Ouest
<b>ET:</b>	Ecart Type
<b>ESRI:</b>	Environmental system research institute
<b>EU :</b>	Etats unis
<b>FAKARA:</b>	Région naturelle comprise entre la vallée du fleuve et le dallol Bosso
<b>FAO:</b>	Food and Agriculture Organization
<b>GPS:</b>	Global Position System
<b>ICRISAT:</b>	International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
<b>ILRI:</b>	International livestock Research Institute
<b>NDVI:</b>	Normalized Difference Vegetation Index (Indice de végétation)
<b>NRMP:</b>	Natural Resource Management Program
<b>RGP</b>	Recensement général de la population
<b>UNEP:</b>	United Nations Environment Program..
<b>UTM:</b>	Universal Transverse Mercator (projection)

## **A. PROBLEMATIQUE ET MISE EN SITUATION**

---

La nature offre à l'humanité toute entière des ressources naturelles renouvelables, abondantes dans certaines zones et limitées dans d'autres. L'arbre existait sur la terre bien avant l'apparition de l'homme. Lorsque l'homme est apparu, il s'est mis à l'exploiter, il se nourrissait des feuilles, des fruits, consommait certaines parties comme médicament, se chauffait du bois, l'utilisait pour construire son habitat, les embarcations, outils, instruments de musique, cordes, fibres pour se vêtir donc comme une ressource naturelle à exploiter.

La démographie galopante et son corollaire d'augmentation des besoins alimentaires, en bois de chauffe et de service, Les variations climatiques avec les sécheresses récurrentes, ont provoqué une dégradation des ressources naturelles en général et des ressources ligneuses en particulier. Au début de ce siècle les arbres furent considérés comme un maillon de l'économie moderne ; mais en réalité c'est leur raréfaction et/ou leur disparition qui déclencha une prise de conscience de leur importance et imposa leur inventaire et leur évaluation (Saadou, 1999). L'inventaire était axé sur les techniques d'enquête et de mesures ponctuelles avec des difficultés telles que :

- La lenteur et le coût de réalisation ;
- Difficultés à suivre un phénomène évolutif ;
- Ces moyens traditionnels ont fait leur preuve pendant un quart de siècle au moins A Chabreuil et M.Chabreuil, 1979 rapporté par (Saadou, 1999).

Dès le lancement des premiers satellites d'observation de la Terre en 1972, les forestiers furent très intéressés par les données de la télédétection spatiale (Landy, 1973). En effet, au même titre que la photographie aérienne, cette technologie d'acquisition d'information se prête bien au domaine forestier étant donné les vastes superficies qu'elle permet de couvrir.

La télédétection est une technique d'acquisition d'information à distance sans contact direct avec l'objet détecté. Les différentes informations sont obtenues en utilisant les propriétés des ondes électromagnétiques, émises, réfléchies ou diffractées par les différents corps observés et enregistrés par un capteur embarqué à bord d'une plate forme d'observation aérienne (photographie) ou spatiale (image satellite).

Par rapport à la photographie aérienne, la télédétection spatiale présente les avantages suivants :

- Répétitivité du passage des satellites rotatifs ou la position fixe des satellites géostationnaires permettant d'étudier les évolutions.
- Rapidité de restitution de résultats plus grands.

En cas d'étude sur une très vaste étendue, la télédétection apparaît comme un excellent instrument d'information :

- Permanence du témoignage : les données acquises à distance servent de document historique permanent donnant une représentation instantanée d'un paysage, ceci permet de faire un inventaire des conditions d'existence et d'évaluer les changements au cours du temps.

- D'un point de vue synoptique, les images obtenues en télédétection spatiale, peuvent résulter de la réflexion ou émission d'énergie électromagnétique correspondant à différentes régions du spectre. Certaines portions du spectre électromagnétique ont une des caractéristiques uniquement avantageuses pour certaines applications par exemple le rouge et le proche infrarouge sont très indiquées pour l'étude de la végétation.

## **B. OBJECTIFS**

---

Les principaux objectifs de cette étude sont :

- ⇒ Concevoir et réaliser une méthode d'étude diachronique de la brousse tigrée;
- ⇒ Evaluer l'utilité et le pouvoir de détection d 'image haute résolution pour l'inventaire des ligneux.

Les objectifs spécifiques de l'étude sont:

- Faire une stratification de la zone d'étude ;
- Etudier la dynamique du peuplement ligneux de la brousse tigrée de 1950 à 2000 ;
- Etudier la distribution spatio-temporelle des arbres sur la scène IKONOS 2000 ;
- Elaborer un modèle d'inventaire sur une image haute résolution ;
- Déterminer le pouvoir de détection des arbres par IKONOS.

## **C. HYPOTHESES DE TRAVAIL**

---

La réalisation de cette étude est basée sur les hypothèses suivantes :

- Sur une photo aérienne et une image issue d'un capteur à haute résolution comme IKONOS, on peut délimiter et identifier les différents groupes homogènes du peuplement ligneux ;
- L'analyse multi-date des données de télédétection aérienne et spatiale permet d'évaluer, de quantifier les changements et les évolutions d'une formation forestière ;
- Un modèle d'inventaire simple et pratique peut être élaboré à l'aide d'une image IKONOS ;
- La télédétection peut aider aussi à résoudre les problèmes d'évaluation et de suivi des peuplements ligneux.

Le présent document se divise en quatre chapitres :

En chapitre 1, une synthèse bibliographique est effectuée ; le chapitre 2 présente la zone d'étude ; le chapitre 3 se réfère aux matériels et méthodes utilisées et en fin le chapitre 4 présente les résultats et discussions.

# I. SYNTHESES BIBLIOGRAPHIQUES

---

## 1.1. Définition des concepts

### 1.1.1. La télédétection

La télédétection est un domaine scientifique et technique dont le but est l'acquisition d'informations sur l'environnement terrestre au moyen des capteurs (à bord des plates-formes aériennes ou spatiales) sensibles au rayonnement électromagnétique (RÉM) réfléchi ou émis par la surface terrestre ( ISAC,1996).

#### **Les caractéristiques spectrales de la végétation**

La végétation possède des caractéristiques spectrales uniques dans le proche et le moyen infrarouge, ce qui lui permet de se différencier des autres types de surface (eau, sol nu, réseau routier ou bâti). De plus, il s'agit d'un milieu complexe et dynamique dont les propriétés spectrales varient selon les saisons.(Hamani S., 2001)

Observons comment elle se comporte dans les bandes spectrales du visible et de l'infrarouge.

#### **Bande visible**

Dans le visible, la végétation présente une couleur verte. Spectralement parlant, cette caractéristique est attribuable à l'absorption dans le spectre bleu et le spectre rouge du rayonnement solaire par les pigments solaires (Isac , 1996).

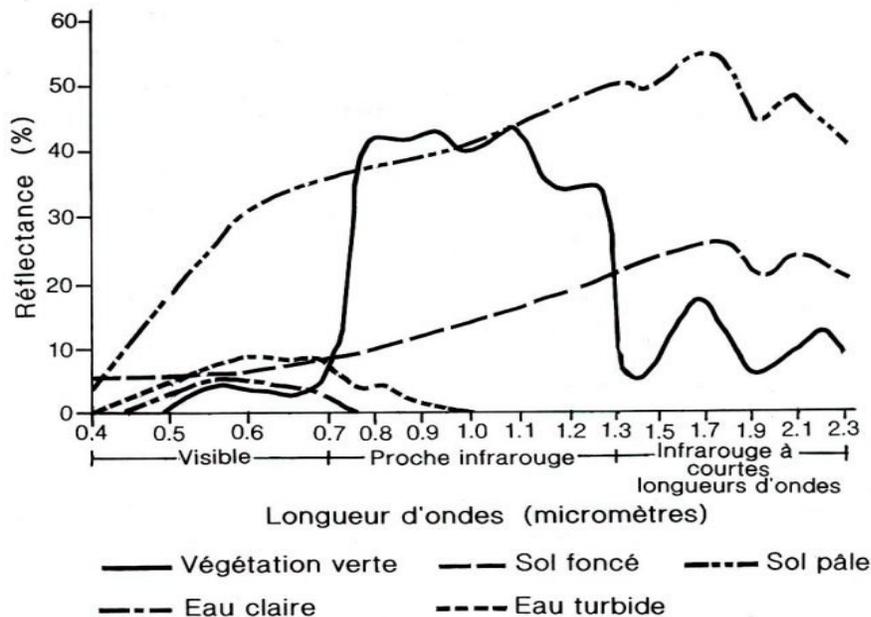
#### **Bande infrarouge**

Dans le proche infrarouge, la réflectance de la végétation est beaucoup plus élevée. Ceci est attribuable à la structure cellulaire interne des végétaux; appelée le paranchyme lacuneux, très sensible à la photosynthèse. Cette caractéristique permet, entre autres, de différencier les feuillus des conifères par ce que le contenu en chlorophylle et la structure interne de leurs feuilles est plus importante. La réflectance des conifères est donc moins forte que celle des feuillus pour les saisons de pleine croissance. L'hiver, pour des régions tempérées, s'avère être la saison qui procure les meilleurs contrastes de végétation parce que les feuillus y perdent leurs feuilles et que les conifères possèdent toujours le même contenu chlorophyllien(Isac ,1996).

Un moyen efficace pour faire ressortir la végétation sur une image de télédétection du satellite IKONOS, est de créer un composé couleur avec les bandes bleu), rouge et vert.

Dans la partie du *visible et de l'infrarouge réfléchi* ( $0,4 \mu m$  à  $3 \mu m$ ), la « signature spectrale » est exprimée à l'aide d'une quantité que l'on appelle la réflectance, ou la capacité d'un objet à réfléchir le rayonnement solaire. La réflectance peut varier de 0 (pas de réflexion) à 1 (réflexion totale) ou en pourcentage de 0% à 100%. Ainsi, pour une longueur d'onde donnée (ou une bande de longueur d'onde), plus un objet réfléchit le rayonnement solaire, plus le signal capté à distance sera fort. Sur une image prise par un capteur sensible à cette bande de longueur d'ondes, un objet de forte réflectance apparaîtra donc avec une teinte pâle alors qu'un objet de faible réflectance apparaîtra foncé.

La figure1 ci-dessous illustre la réflectance spectrale de différents objets terrestres typiques pour une longueur d'onde donnée. On remarque facilement les différences qui existent entre eux, notamment à ce qui a trait à la végétation qui possède une valeur de réflectance très élevée dans les bandes du proche infrarouge.



**FIGURE1 : ILLUSTRATION DE LA RÉFLECTANCE SPECTRALE DE DIFFÉRENTS OBJETS TERRESTRES TYPICIQUES POUR UNE LONGUEUR D'ONDE DONNÉE**

Source : (Isac ,1996),

### Elément sur les indices de végétation

Dans le contexte des recherches sur la végétation, la télédétection est habituellement utilisée pour cartographier le taux de recouvrement du sol par la végétation.

Pour cela les indices de végétation sont généralement utilisés. Ces indices utilisent les canaux du visible et proche infrarouge. Ils ont été développés pour mesurer l'activité photosynthétique et l'indice foliaire( Baret F. Guyot G. 1991), Ils donnent une évaluation approximative du taux de recouvrement du sol par la végétation verte avec cependant deux nuances :

- Ils surestiment le taux de recouvrement durant la phase de croissance à cause de la forte activité chlorophyllienne pendant cette période du cycle végétatif ;
- il confondent la végétation sénescente avec le sol nu (Cyr L. , Bonn F., Pesant A., 1995).

il faut noter que dans le cadre de l'étude plusieurs indice de végétation ont été élaborés dont les principaux sont consignés dans le tableau suivant (Banari et al., 1995).

**TABEAU 1 : DES INDICES DE VÉGÉTATION ET DE SOL**

Indice	Abréviation	Équation	Auteur et année
Ratio Vegetation Index	RVI	$\frac{R}{NIR}$	Pearson and Miller, 1972
Vegetation Index Number	VIN	$\frac{NIR}{R}$	Pearson and Miller, 1972
Transformed Vegetation Index	TVI	$\frac{\sqrt{NDVI + 0.5}}{R}$	Rouse et al., 1974
Green Vegetation Index	GVI	$(-0.283MSS4 - 0.660MSS5 + 0.577MSS6 + 0.388MSS7)$	Kauth and Thomas, 1976
Soil Brightness Index	SBI	$(0.332MSS4 + 0.603MSS5 + 0.675MSS6 + 0.262MSS7)$	Kauth and Thomas, 1976
Yellow Vegetation Index	YVI	$(-0.899MSS4 + 0.428MSS5 + 0.076MSS6 - 0.041MSS7)$	Kauth and Thomas, 1976
Non Such Index	NSI	$(-0.016MSS4 + 0.131MSS5 - 0.425MSS6 + 0.882MSS7)$	Kauth and Thomas, 1976
Soil Background Line	SBL	$(MSS7 - 2.4MSS5)$	Richardson and Wiegand, 1977
Differenced Vegetation Index	DVI	$(2.4MSS7 - MSS5)$	Richardson and Wiegand, 1977
Misra Soil Brightness Index	MSBI	$(0.406MSS4 + 0.600MSS5 + 0.645MSS6 + 0.243MSS7)$	Misra et al., 1977
Misra Green Vegetation Index	MGVI	$(-0.386MSS4 - 0.530MSS5 + 0.535MSS6 + 0.532MSS7)$	Misra et al., 1977
Misra Yellow Vegetation Index	MYVI	$(0.723MSS4 - 0.597MSS5 + 0.206MSS6 - 0.278MSS7)$	Misra et al., 1977
Misra Non Such Index	MNSI	$(0.404MSS4 - 0.039MSS5 - 0.505MSS6 + 0.762MSS7)$	Misra et al., 1977
Perpendicular Vegetation Index	PVI	$\frac{\sqrt{(\rho_{soil} - \rho_{veg})_R^2 + (\rho_{soil} - \rho_{veg})_{NIR}^2}}{NIR}$	Richardson and Wiegand, 1977
Ashburn Vegetation Index	AVI	$(2.0MSS7 - MSS5)$	Ashburn, 1978
Greenness Above Bare Soil	GRABS	$(GVI - 0.09178SBI + 5.58959)$	Hay et al., 1979
Multi-Temporal Vegetation Index	MTVI	$(NDVI(date 2) - NDVI(date 1))$	Yazdani et al., 1981
Greenness Vegetation and Soil Brightness	GVSB	$\frac{GVI}{SBI}$	Badhwar, 1981
Adjusted Soil Brightness Index	ASBI	$(2.0 YVI)$	Jackson et al., 1983
Adjusted Green Vegetation Index	AGVI	$GVI - (1 + 0.018GVI)YVI - NSI/2$	Jackson et al., 1983
Transformed Vegetation Index	TVI	$\frac{(NDVI + 0.5)}{ NDVI + 0.5 } \sqrt{ NDVI + 0.5 }$	Perry and Lautenschlager, 1984
Differenced Vegetation Index	DVI	$(NIR - R)$	Clevers, 1986
Normalized Difference Greenness Index	NDGI	$\frac{(G - R)}{(G + R)}$	Chamard et al., 1991
Redness Index	RI	$\frac{(R - G)}{(R + G)}$	Escadafal and Huete, 1991
Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	$\frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$	Rouse et al., 1974
Perpendicular Vegetation Index	PVI	$\frac{(NIR - aR - b)}{\sqrt{a^2 + 1}}$	Jackson et al., 1980
Soil Adjusted Vegetation Index	SAVI	$\frac{(NIR - R)}{(NIR + R + L)} (1 + L)$	Huete, 1988
Transformed SAVI	TSAVI	$\frac{[a(NIR - aR - b)]}{(R + aNIR - ab)}$	Baret et al., 1989
Transformed SAVI	TSAVI	$\frac{[a(NIR - aR - b)]}{[R + aNIR - ab + X(1 + a^2)]}$	Baret and Guyot, 1991
Atmospherically Resistant Vegetation Index	ARVI	$\frac{(NIR - RB)}{(NIR + RB)}$ $RB = R - \gamma(B - R)$	Kaufman and Tanré, 1992
Global Environment Monitoring Index	GEMI	$GEMI = \eta(1 - 0.25\eta) - \frac{(R - 0.125)}{(1 - R)}$ $\eta = \frac{[2(NIR^2 - R^2) + 1.5NIR + 0.5R]}{(NIR + R + 0.5)}$	Pinty and Verstraete, 1992
Transformed Soil Atmospherically Resistant Vegetation Index	TSARVI	$\frac{[a_{rb}(NIR - a_{rb}RB - b_{rb})]}{[RB + a_{rb}NIR - a_{rb}b_{rb} + X(1 + a_{rb}^2)]}$	Bannari et al., 1994
Modified SAVI	MSAVI	$2NIR + 1 - \sqrt{(2NIR + 1)^2 - 8(NIR - R)}$	Qi et al., 1994
Angular Vegetation Index	AVI	$\tan^{-1} \left\{ \frac{\lambda_3 - \lambda_2}{\lambda_2} [NIR - R]^{-1} \right\} + \tan^{-1} \left\{ \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_2} [G - R]^{-1} \right\}$	Plummer et al., 1994

source : Banari et al.,1995,

### 1.1.2. Le système d'information géographique

Un système d'information géographique (SIG) peut être perçu comme un ensemble de principe, méthode, instrument et de données à référence spatiale utilisés pour saisir, conserver, transformer, analyser, simuler et cartographier les phénomènes et processus distribués dans l'espace géographique ( Theriault, 1997) cité par Somé, (2000). Le SIG est un outil informatique qui met en relation des objets géographiques avec une base de données attributaires. Par ses performances techniques notamment la représentation cartographique, l'analyse et la simulation, il se révèle être un puissant moyen de prise de décision de suivi et d'aménagement.

### Modes de représentation d'un SIG

Il existe deux approches fondamentales pour représenter l'espace géographique dans un système d'information géographique : le mode vectoriel et le mode matriciel. Ces deux modes sont complémentaires et permettent de créer des modèles d'une qualité supérieure.

**Le mode vectoriel** : il représente les entités géographiques par des points, des lignes, des surfaces (polygones) et des volumes. La référence spatiale pour chaque entité est définie par des points qui possèdent une coordonnée géographique unique. (Nonguierma, 2001)

Avantages du mode :

- Résultats graphiques et calculs précis (distance, superficie, périmètre, etc.)
- Meilleure présentation graphique (conforme à une carte).
- Requiert moins d'espace disque .

**Le mode matriciel** : il divise l'espace géographique en cellules régulières (habituellement carrées) que l'on nomme pixel. La localisation d'une entité est définie par la ligne et la colonne correspondant à sa position. La surface couverte par le pixel représente la résolution spatiale.

Avantages du mode :

- Facilite les différentes analyses spatiales (superposition de matrices, interpolation et classification).
- Structure de données simples.
- Permet de manipuler les images de télédétection.

Il faut noter que plusieurs logiciels en SIG manipulent les éléments géographiques et les attributs et les stockent dans une base de donnée.( Nonguierma, 2001)

### **La base de données**

Une base de données doit fournir une représentation de la réalité la plus complète et la plus exacte possible. Le contenu d'une base de données doit correctement représenter la région géographique à l'étude (localisation spatiale), ses caractéristiques (les attributs) et la période de temps couverte (le temps).

Le mode de représentation d'une entité spatiale dans une base de données varie selon le mode de représentation du système d'information géographique. En format vectoriel, il peut être un point, une ligne, un polygone ou un volume alors qu'en format matriciel, il ne peut être qu'une cellule ou un pixel. (Isac ,1996)

### **1.1.3. Arcview.3.2**

Arcview est un logiciel des systèmes d'informations géographiques sous Windows développé par ESRI (environmental system research institute), qui permet de visualiser, d'analyser et de restituer des données spatiales ou géoréférencées. Il est constitué en fenêtres présentant des menus sous forme de boutons et d'outils organisés horizontalement ou verticalement qui nous permet de réaliser des opérations sur le logiciel. Il y a globalement cinq types de fenêtres :

- Les Vues « View » ;
- Les tables ;
- Les graphes « (charts) » ;

- Les layouts ;
- Les scripts.

Trois autres modules viennent compléter ses fonctionnalités. Ce sont :

- 3D Analyst qui permet de travailler en trois dimensions ;
- Spatial analyst qui permet de faire les analyses spatiales des données SIG ;
- Image analyst qui permet de faire les traitements et analyses des images.

**Source** :ArcView GIS by ESRI

#### **1.1.4. Le GPS différentiel**

Le GPS ou Global Positioning System est une technologie développée par le département de défense des E.U. pour permettre de géoréférencer les déplacements et positions sur toute la planète. Elle utilise les données d'une trentaine de satellites navigant à plus de 20 000 km de la surface terrestre. Les positions de ces satellites sont connues avec une extrême précision. La distance de chaque satellite par rapport au récepteur GPS est calculée en mesurant le temps de parcours des signaux des satellites jusqu'au récepteur GPS. Connaissant la distance par rapport à chacun des satellites ainsi que leurs positions, le GPS calcule ensuite sa propre position théorique. La précision du calcul (une centaine de mètre), peut être ramenée à quelques cm, lorsqu'on effectue la correction différentielle.

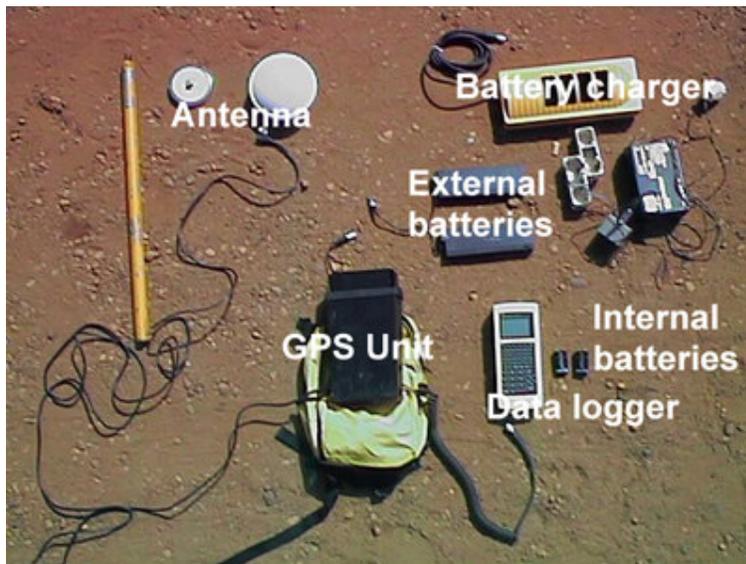


FIGURE 2 : PHOTO DE L'EQUIPEMENT DU GPS TRIMBLE

**Source** : Intranet ICRISAT – Niamey,( 2001).

**Pathfinder** : Le traitement des données GPS se réalise avec le logiciel pathfinder. En effet il permet d'organiser de façon logique, stocker de manière ordonnée et réaliser la correction différentielle des données. Il permet aussi la conversion de ces données en format utilisable par les logiciels de traitements des données SIG tels que Arc VIEW, Atlas GIS . Le Pathfinder permet

de faire quelques visualisations spatiales et l'organisation d'une campagne de collecte (quick plan).

### **1.1.5. Traitement d'image**

#### **1.1.5.1. Le traitement des photos aériennes**

la photo-interprétation se définit comme étant l'examen des images photographiques des objets afin de définir leurs origines, natures, limites et relation avec le milieu. L'interprétation des photos pour être objective, doit être réalisée à partir de critères simples et évidents d'ordre:

- quantitatif (densité des couverts, dimension des objets);
- qualitatif (la texture, la tonalité, la forme et la structure).

Chevalier (1965) cité par (A. Mahamane, 2001).

L'interprétation est fondée sur l'analyse de certains éléments de l'image tels que :

- La texture des objets, qui permet leur classification;
- La structure de l'image dont la définition est le fruit d'une bonne connaissance du terrain d'une part, et d'autre part de la classification des textures;
- Les teintes et les tonalités présentent un intérêt d'autant plus grand que l'échelle de prise de vue est petite.

( Decade, 1984),

#### **1.1.5.2 Le traitement de l'image satellite**

De nos jours, les ordinateurs accélèrent le processus de traitement d'un grand nombre de calculs et d'applications. Les images de télédétection, étant sous format numérique, nécessitent l'utilisation de l'ordinateur qui constitue un outil fondamental sans lequel la télédétection serait difficile. Avec l'apparition des images numériques, il est possible de traiter automatiquement des images pour en extraire une information cartographique de grande précision. Le traitement d'image consiste donc à traiter les données des images de télédétection, pour les déchiffrer, afin d'obtenir l'information désirée. Il comprend quatre étapes: les corrections géométriques et radiométriques, le rehaussement et la classification. ( Bonne et Rochon, 1992)

**La correction géométrique :** Les images de télédétection possèdent leurs propres caractéristiques géométriques qui sont fonction du type de projection de la surface terrestre sur le plan de l'image. Une série de déformations géométriques liées à la courbure de la terre, aux défauts de l'instrument de mesure et aux mouvements de la plate-forme d'acquisition sont souvent corrigées par les organismes qui se chargent de la réception et de la distribution des images satellites. Dans la plupart des cas, pour les utilisateurs d'images satellites, les corrections géométriques se résument à une transformation du référentiel de l'image. La projection particulière de l'image est transformée à une projection cartographique utilisée comme référence par des procédures dites de rectification (géométrique) des images. Cette transformation permet la présentation cartographique des résultats d'analyse et facilite leur intégration dans des bases de données géocodées.

**Les corrections radiométriques :** Elles incluent les opérations suivantes:

Élimination du bruit radiométrique dû aux conditions externes de prise de données (effets atmosphériques et topographiques, effets du patron d'illumination d'une antenne radar, etc.).

Le filtrage du bruit dû à l'instrument de mesure : Le terme filtrage de lissage désigne des algorithmes dont le but est de supprimer le bruit introduit par l'instrument de mesure. La suppression du bruit peut se faire par deux types de filtres. Ceux qui sont appliqués d'une façon «aveugle» sur les images et ceux dont l'opération se base sur un modèle des caractéristiques de la source du bruit.

**Le rehaussement d'images** : le but des procédures de rehaussement d'image est d'améliorer la qualité visuelle de ces images, ou de convertir les images à une forme qui facilite leur interprétation soit par l'homme soit par la machine. Puisque la qualité visuelle d'une image est une notion subjective, toutes ces méthodes et techniques sont interactives et permettent ainsi à l'analyste, par essai et erreur, de transformer les images et d'adapter leur contenu en fonction de ses propres critères de qualité visuelle. La plupart de ces méthodes et techniques tentent de tenir compte des caractéristiques connues de la vision humaine et des médias de visualisation (écran graphique, papier photographique, etc.).

Création de composition colorée : La visualisation des images est une étape importante. Cette étape consiste à faire une synthèse de toutes les informations contenues dans les trois canaux du satellite afin d'obtenir une image visible pour l'œil humain. Cette composition colorée est obtenue par une synthèse chromatique des trois couleurs additives, rouge, bleu, vert, associée à un canal de l'image. Le changement de la combinaison des bandes peut produire une différence significative au niveau de l'apparence et de l'information contenue dans l'image ( Bonne et Rochon, 1992).

**Classification** : Une des activités majeures en télédétection est de classifier les pixels ou les objets issus d'une segmentation de l'image dans une catégorie d'objets donnée. Le résultat d'une classification est une nouvelle image dont chaque pixel est identifié par un numéro d'un code représentant une catégorie d'objets particulière. Les catégories désirées d'une classification doivent le plus souvent être conformes à des catégories employées normalement par les différentes disciplines en sciences naturelles ou appliquées (géomorphologie, géologie, foresterie, urbanisme, océanographique, etc.). Cependant, l'emploi d'images avec des résolutions, des caractéristiques spectrales et radiométriques différentes, a forcé la redéfinition des systèmes de taxonomie. Cette redéfinition passe par une identification explicite des différents niveaux de généralisation, chacun reflétant les capacités escomptées d'une imagerie et en particulier de permettre la distinction entre les catégories du même phénomène géographique

Les méthodes de classification : les procédures de classification tentent de réaliser une interprétation assistée par ordinateur d'une image numérique. On distingue deux types la classification supervisée et la classification non supervisée :

**La classification supervisée** : si les domaines des classes sont connus à priori, nous parlons d'une classification dirigée. Toutes les méthodes dirigées comprennent deux phases : la phase d'apprentissage et la phase de classification. Lors de la première phase, à l'aide d'échantillons des pixels dont la classe d'appartenance est connue, on établit les domaines de chaque classe. Dans la seconde phase, on classe les pixels de l'ensemble de l'image.

Elle est basée sur la notion de parcelles d'entraînement, c'est à dire une zone de l'image dont l'occupation du sol est connue de l'utilisateur. La procédure assigne à chacun des pixels de l'image l'une des catégories d'occupation du sol, c'est à dire les paramètres des ligneux à étudier (densité des grands arbres dans le cas des champs et jachères) le taux de recouvrement de quelques bandes, pour le cas de la brousse tigrée.

**La classification non supervisée** : si les domaines des classes sont inconnus, la classification est appelée *classification non dirigée*. On cherche alors à établir des groupements des vecteurs de mesure dans l'espace de représentation en utilisant des critères mathématiques ou statistiques de ressemblance des valeurs considérées comme les domaines des classes. Ces domaines peuvent ne pas correspondre à des catégories précises du système de taxonomie. Une fois l'attribution des pixels de l'image complétée, la signification réelle de chaque classe reste donc à établir. Elle utilise des algorithmes d'analyse par regroupement. Ces algorithmes déterminent automatiquement des signatures et les classifient (Bonne et Rochon, 1992).

#### **1.1.6. La cartographie**

La représentation cartographique constitue un support visuel des paysages et des activités qui s'y déroulent, elle rend plus lisible et permet par ailleurs une lecture différente des phénomènes tant physiques qu'humains représentés. En effet la carte, montre les contrastes, les foyers de concentration ou les zones d'extension de telles ou telles activités.

La carte au sein d'un SIG permet de disposer, dans une même base de données d'information d'origine différente et concernant un même terroir, de réduire la complexité des opérations qu'exige le changement d'échelle par des nouveaux dessins, des reports d'information, de faciliter de résolution des calculs des distances, aires, de volumes dans le cadre d'un SIG numérique (Sidi O.M,2001).

- **la cartographie par interprétation visuelle**
- **la cartographie automatique**

#### **1.1.7. L'analyse**

L'analyse des images de télédétection a toujours comme but l'interprétation. Cette interprétation cerne la position des objets, leur nature et fonction. Le processus d'interprétation qu'il soit visuel ou automatique est donc un mécanisme mental d'extrapolation. Il utilise l'intelligence du chercheur et produit des éléments d'information rattachés à une localisation géographique. le SIG dont le

cœur est la base des données à référence spatiale permet de réunir les techniques et méthodes d'acquisition d'information spatialement référencées, leur codage sous forme de vecteur ou raster et leur organisation en banque de données (Somé.Y.S.C, 2000).

L'objectif du SIG est de répondre aux requêtes des utilisateurs. Ces requêtes sont très variées mais, nous pouvons les regrouper en deux familles :

- Trouver la localisation ou l'aire correspondant à des caractéristiques données
- Trouver des descripteurs correspondant à des entités géographiques préalablement sélectionnées.

Dès lors que la saisie et la manipulation des informations sont réalisées, l'accès à la base de données géographiques est facile. L'analyse statistique de certains phénomènes au niveau des terroirs pris individuellement permet une certaine interprétation. Dans notre cas c'est la distribution des arbres dans les unités d'occupation du sol (champs fumés, champs non fumés, jachères anciennes, jachères jeunes, les couloirs de passage).

Les aires sont représentées en polygones et les individus en points donc il est facile de faire des calculs de manière automatique par le SIG. Si l'on se place dans la problématique de la gestion des terroirs, il est donc important de définir les critères.

## **1.2 Travaux antérieurs**

A partir du lancement des premiers satellites d'observation de la terre en 1972, les forestiers furent très intéressés par les données de télédétection spatiale (Landy, 1973). Cependant après l'euphorie des premières études, des limitations importantes de ce nouvel outil sont rapidement apparues dans le cadre d'une mise en œuvre opérationnelle ( Defourny, 1994).

Après un désenchantement lié à une image très rependue d'une technologie « miracle » la plupart des forestiers ont fait leur choix sur la méthode visuelle d'interprétation des données en terme quantitatif, voire simplement relatif ( Defourny, 1994).

Par le passé, la plupart des inventaires forestiers utilisent de façon tout à fait systématique et routinière l'interprétation visuelle des images satellites essentiellement dans les étapes de la stratification et de la définition de plan de sondage. Cette interprétation visuelle est le plus souvent pratiquée à partir de tirage papier d'un seul canal ou de composition colorée des données spectrales (Pain, 1982 ; FAO-UNEP, 1980).

L'évolution de l'informatique a permis d'envisager une interprétation numérique des données toujours en terme quantitatif. De nombreuses études ont testé les différentes méthodes de classification des données pour identifier un maximum de formations végétales différentes ( Pain, 1982 ; Defourny, 1988 ; Lavenu et al, 1987).

A l'échelle local, les techniques de classification plus ou moins supervisées se révèlent particulièrement efficaces, mais le traitement des grandes zones met en évidence des sérieuses limitations concernant les possibilités d'extrapoler, en particulier quand les formations ne sont pas nettement différenciées. Cependant depuis quelques années, plusieurs approches quantitatives

ont été développées pour extraire l'information forestière de télédétection. De façon générale, elles tentent de corréler des variables forestières au signal de télédétection plus ou moins transformé, les uns (Olsson, 1985 ; Helden, 1987 ; Defourny, 1989) cherchent des relations empiriques entre le signal enregistré et les paramètres densimétriques. D'autres Franklin et Strahler, Franklin et Hiernaux,( 1991); Woodcock, (1988); Jupp et al.,( 1988) rapportés par ( Defourny, 1994) font appel à un modèle théorique de représentation de la végétation pour déduire du signal détecté, la densité du peuplement et la taille moyenne des arbres.

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

---

### **2. 1. Situation de la zone d'étude**

Le terroir de Tigo Tégui est situé dans le Fakara, région naturelle comprise entre la vallée du fleuve Niger et le Dallol Bosso. Il est situé entre les latitudes 13 – 14° Nord et les longitudes 2-3° Est, à 80 km de Niamey sur la route de Dosso. Il fait partie du canton de Dantchandou (Arrondissement de Kollo). Il comprend cinq villages (Tigo Tégui, Tigo Zeno, Bagoua, Katanga,

Boundouwarou). Il est couvert par l'image IKONOS sur une superficie de 121 km<sup>2</sup>. C'est l'un des trois terroirs étudiés par l'ICRISAT-Niamey dans le « Fakara » avec un niveau de dégradation intermédiaire des ressources naturelles par rapport aux terroirs de Kodey et Banizoumbou. Le climat est du type tropical semi-aride avec une pluviométrie moyenne annuelle de 575mm (ET138) calculée de 1921- 1990 à Niamey ( B D ILRI).

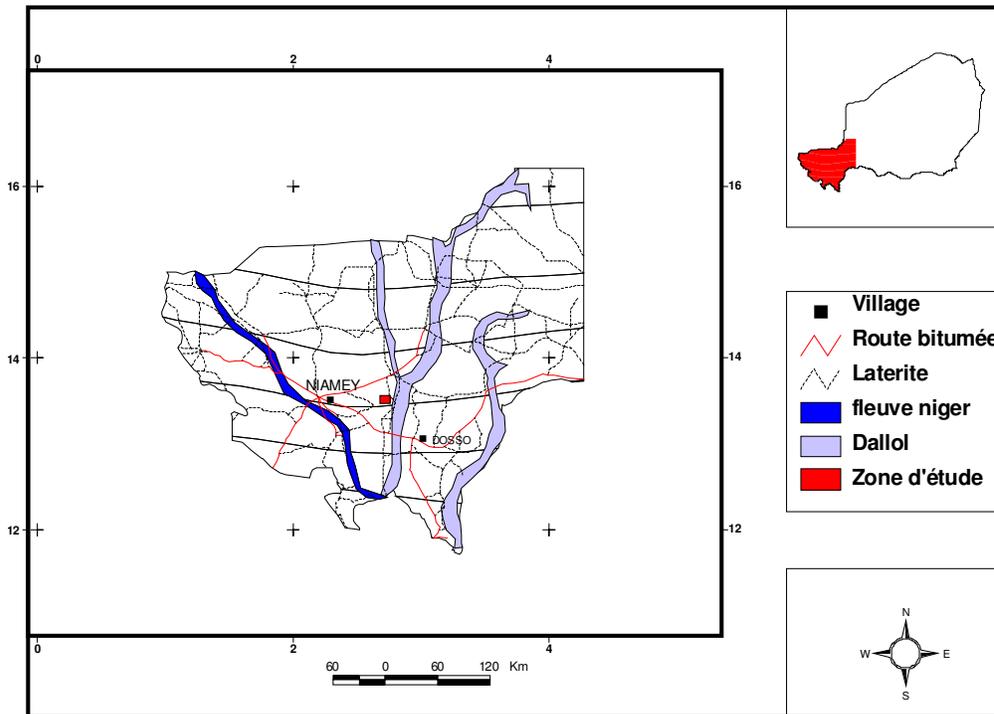


FIGURE 3 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

Source :Base de donnée ILRI

## 2.2. Milieu physique

La zone est dominée par une formation géologique complexe de grés argileux de dépôts du miocène appelé continental terminal, couvrant le socle cristallin du précambrien. Le continental terminal est localement recouvert par des dépôts sableux datant de la fin du quaternaire, qui forme des cordons dunaires d'orientation générale ENE - WSW, principalement dans les parties nord et nord-est de la région (d'Herbes et Valentin, 1997).

### 2.2.1. Le relief

#### 2.2.1.1. Plateaux

Ils ont une superficie de 3610 ha soit 32.2 % de la surface totale et s'étendent sur les formations gréseuses du continental terminal avec de façon générale, des sols peu évolués, peu profonds à faciès ferrugineux, infiltration faible et un ruissellement important. Ils constituent un lieu de pâturage des animaux en saison des cultures, de prélèvement de bois de chauffe, de service et

aussi un lieu de cueillette. l'écoulement hydrique est en nappe d'où l'absence de ravin et la présence de croûte de décantation au niveau des micros dépressions. La végétation des plateaux est une formation contractée, caractérisée par une alternance de bandes nues et de bandes boisées (brousse tigrée). Au niveau des plages nues, le sol est un pavage de graviers qui présente par endroits de micros dépressions à l'intérieur desquelles se développent des croûtes de décantation. Il faut noter enfin la présence de termitières, caractérisant une activité biologique importante.

La végétation sur les plateaux est composée essentiellement de *Combretum micranthum*, *Combretum nigricans*, *Guiera senegalensis*, *Boscia angustifolia*, *Combretum glutinosum*, *Acacia macrostachia*. Une strate herbacée se développe dans les micros-dépressions et autour des pieds des ligneux où il y a un dépôt de sable.

#### **2.2.1.2.Le talus**

Les talus couvrent une superficie de 1045 ha soit 8% de la surface totale. L'état de surface est en forme d'une couverture éboulée sur affleurement gréseux avec essentiellement du gravier et parfois des blocs hétérométriques sur une pente rectiligne caractérisée par des petits escarpements de cuirasse ferrugineuse à la bordure. On note aussi la présence de ravines qui peuvent monter jusqu'à la bordure des plateaux. Les talus sont couverts par une végétation arbustive lâche constituée essentiellement par des espèces telles que *Combretum micranthum*, *Combretum nigricans*, *Guiera senegalensis* *Combretum glutinosum*. Ils sont exploités pour l'élevage et la production du bois.

#### **2.2.1.3. Les glacis et jupes sableuses**

Les glacis et jupes sableuses couvrent une superficie de 6995 ha soit 58 % de la superficie totale. Situés entre les talus et les bas fonds, ils portent la presque totalité des champs et jachères. L'état de surface est sableux, parcouru par de nombreux ravins qui convergent vers les bas fonds. A ce niveau la végétation est très variée, on remarque des massifs épais, des parcs arborés des plages nues. La flore ligneuse est composée essentiellement par des rejets de *Guiera senegalensis*, *Anona senegalensis*. Une strate arborescente composée, *Combretum glutinosum*, *Detarium microcarpum*, *Acacia albida*, *Prosopis africana*. La végétation herbacée est composée par des espèces telles *Sida cordifolia* *Mitracarpus scaber* et bien d'autres graminées.

#### **2.2.1.4.Les bas-fonds**

Les bas fonds couvrent une superficie de 294 ha soit 2.8% de la surface totale. Ils reçoivent les terres arrachées aux talus, glacis et jupes sableuses. La végétation à ce niveau est dominée par les espèces telles que : *Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum*, *Detarium microcarpum*, *Acacia albida*, *Anona senegalensis*, *Bauhinia rufescense*, *Cola laurifolia*, *Piliostigma reticulatum*.

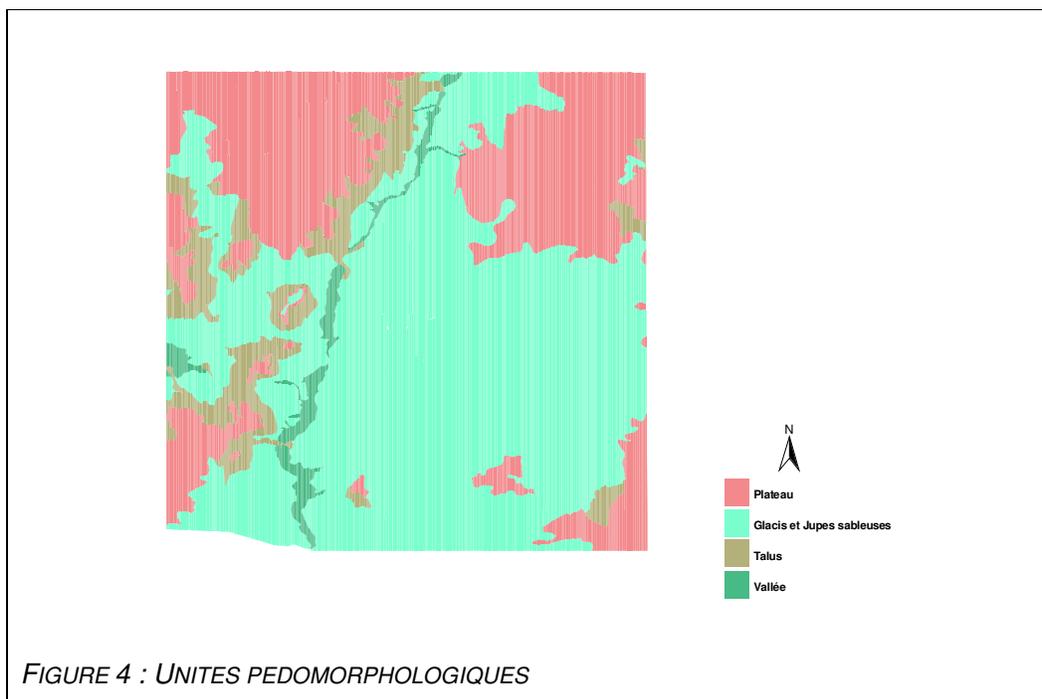


FIGURE 4 : UNITES PEDOMORPHOLOGIQUES

Source : Base de donnée ILRI

### 2.2.2. Les sols

La zone d'étude présente sept (7) types de sols selon la classification de la FAO, basée sur l'étude de l'horizon de diagnostic. Les caractéristiques de ces sols sont reprises dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU 2 : TYPES DE SOLS ET CARACTÉRISTIQUES

FAO Sol classification (ISSS et al., 1998)	Caractéristiques (Gavaud, 1966)
Leptosols squelettiques	Sols peu évolués d'érosion régique à faciès ferrugineux
Arenosols ferralitiques	Sols ferrugineux peu lessivés, évolués, série très rubéfiée de plateau
Lixisols arénique	Sols ferrugineux lessivés faiblement différenciés
Cambisols arenique	Sols peu évolués d'apport, faciès ferrugineux sur colluvions,
Lixisol leptique	Sols régiques sur gravillons ferrugineux, faciès ferrugineux
Arenosol gleyique	Sols ferrugineux lessivés à pseudogley de profondeur
Gleysol arenique	Sols hydromorphes a Gley sur colluvium des vallées sèches

Source : base de données ILRI

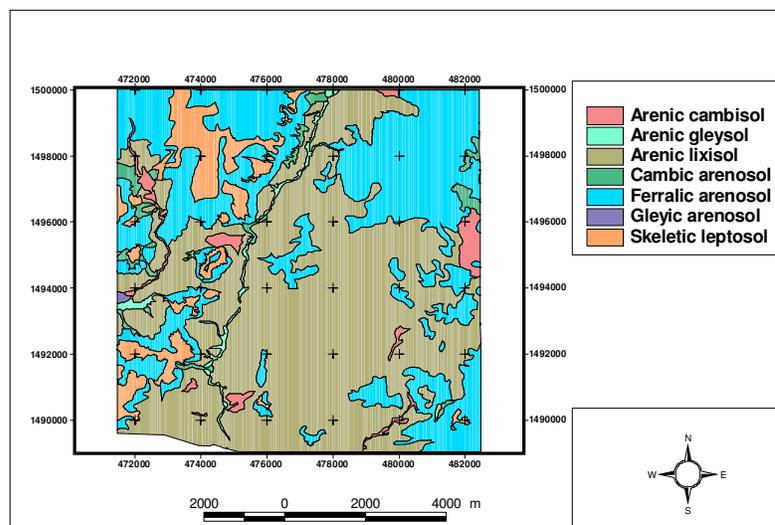


FIGURE 5 : CARTE DES DIFFÉRENTS TYPES DE SOLS

Source : Base de données ILRI

## 2.3. Milieu socioéconomique

### 2.3.1. La population

Elle est estimée à 4066 habitants RGP, (1988) pour tous les cinq villages. Elle est essentiellement composée de Djerma et Peul. C'est une population jeune (en 2001 environ 65% des habitants avaient moins de 15 ans). La densité est estimée à plus de 34 habitants par km<sup>2</sup>. Les données montrent que la population a presque doublé en 13 ans. La répartition de la population selon les villages est consignée dans le tableau 3.

TABLEAU 3: REPARTITION DE LA POPULATION ENTRE 1998-2001

Villages	1988	2001
Tigo Zeno	590	889
Bagoua	118	172
Tigo Tegui	790	1153
Katanga	414	604
Boundou Warou	458	668
Gorou Yena	397	579
<b>Total</b>	<b>2767</b>	<b>4066</b>

Source : base de données ICRISAT – Niamey

## **2.3.2. Les activités socio-économiques**

### **2.3.2.1. Agriculture**

Principale activité, elle est pratiquée par l'ensemble de la population. Les principales cultures sont le mil, le sorgho et le niébé cultivés en association ou en monoculture. L'arachide, le sésame, le woandzou et le gombo sont cultivées pour leur valeur économique.

L'espace agricole est divisé en deux secteurs distincts :

- Le « koaratché » (auréole autour du village). Il bénéficie des apports organiques sous forme d'ordures ménagères, des déjections animales et humaines. C'est le domaine du mil hâtif (hayni kirey) cultivé en pur ou associé avec le niébé, le sésame et l'oseille;
- Les terres éloignées du village mises en culture pour répondre aux besoins de plus en plus croissants dus à l'augmentation de la population. C'est le domaine du mil tardif associé au niébé. Dans cette zone certaines terres sont mises en jachère.

### **2.3.2.2. L'élevage**

L'élevage constitue la deuxième activité économique après l'agriculture. Les espèces animales élevées sont les bovins, les ovins, les caprins et les asins et la volaille. Les animaux constituent une source de revenus substantiels, une épargne familiale susceptible de prélèvement en cas de nécessité. Ils jouent un rôle de premier rang dans la fertilisation des champs. Cette fertilisation se fait généralement sous forme de contrat de parcage ou par transport sur charrette.

### **2.3.2.3. Artisanat**

Les populations s'adonnent essentiellement à la fabrication des tables, tabourets et lits à partir des tiges de combrétacées, en particulier *Combretum micranthum*. Les tiges de mil et de sorgho servent à la fabrication de nattes et de clôtures. Une autre activité non moins importante est la fabrication des mortiers, des ardoises, des pilons par les sculpteurs. Les espèces les plus utilisées sont *Prosopis africana*, *Sclerocarya birrea* et, *Balanites aegyptiaca*. Les forgerons utilisent les carcasses des vieux véhicules et les racines de *Combretum glutinosum*, le tronc de *Balanites aegyptiaca* pour la fabrication des hilaires et dabas.

### **2.3.2.4 Le commerce**

Les villages couverts par la zone d'étude ne disposent pas de marché, les habitants fréquentent les marchés environnants tels que ceux de Dantchandou et Yeda. Dans ces marchés, les habitants du terroir viennent vendre des produits artisanaux et agricoles.

### III. MATERIEL ET METHODES

---

#### 3.1. Matériel d'étude

Dans le cadre de cette étude les outils suivants ont été utilisés :

- Une image tirée d'une scène du satellite IKONOS dont les caractéristiques sont consignées dans le tableau 4. Les caractéristiques de l'image IKONOS sont consignées dans le tableau 5 ;

TABLEAU 4 : CARACTERISTIQUES DU SATELLITE IKONOS

Bandes	Longueur d'onde ( $\mu\text{m}$ )	Résolution (m)
1	0.45 – 0.52 (bleu)	4
2	0.52-0.60 (vert)	4
3	0.63-0.69 (rouge)	4
4	0.76-0.90 (proche infrarouge)	4
Panchromatique	0.45-0.90 (panchromatique)	1

**Source** : internet : <http://geo.arc.nasa.org> (site de la N.A.S.A.).

TABLEAU 5: CARACTERISTIQUES DE L'IMAGE IKONOS

Date	Nombre de lignes	de Nombre de colonnes	de Nombre de bandes	de Résolution
9 Septembre 2000	2750	2750	3	4 m

- Quatre photos aériennes panchromatiques IGN de 1950 ;
- Deux logiciels du système d'information géographique(SIG) : Pathfinder et ARCVIEW 3.2 ;
- Des fiches pour le relevé du peuplement ligneux sur lesquelles sont notés les paramètres suivants : la hauteur, la longueur, la largeur du houppier et la circonférence du tronc de l'arbre ;
- Deux mètres rubans dont un de 50 m et un de 100 m ayant servis pour les mesures et la tracée des sites d'étude sur le terrain.
- Deux GPS ( Un GPS Garmin ayant permis de retrouver les sites sur le terrain , un GPS différentiel utilisé pour relever les coordonnées des arbres inventoriés) ;
- La base de données de I.L.R.I. , elle fait une description de la zone du Fakara depuis 1950 à travers les terroirs de Tigo Tegui ; Kodey et de Banizoumbou. Dans cette base de données, nous avons utilisé Les données cartographiques du sol( les unités

pédomorphologiques et l'utilisation du sol 2000, et la pédologie suivant la classification F.A.O. ) .

## **3.2. Méthodes d'études**

### ***3.2.1. Traitement des photos aériennes***

La couverture de 1950 utilisée comprend au total quatre clichés photographiques panchromatiques.

Ces photos ont été scannées à une résolution de quatre mètres. Après cette numérisation les photos, enregistrées sous format Tif ont été converties au format IMG. Elles sont en suite amenées dans de référencement adapté (UTM), à l'aide de la carte d'occupation des sols de la même date. Le mosaiquage est fait en raccordant automatiquement les fichiers images les uns à la suite des autres, en fonction du positionnement exact de chacun à la surface de la terre. Le mosaïque obtenu est un assemblage de quatre images en deux bandes, il permet d'avoir une vision d'ensemble du terroir en 1950.

### ***3.2.2. Interprétation visuelle***

#### **La stratification horizontale**

Pour mieux comprendre les changements intervenus entre 1950 et en 2000, il est nécessaire de délimiter les contours des zones homogènes sur le plan de vue apparence physiologique. Dans le cadre de cette étude, nous avons procédé à la digitalisation des contours de la brousse tigrée, brousse tachetée, et la formation réticulée du modelé dunaires. La digitalisation des contours de ces formations, permet de calculer de façon automatique les superficies. Dans le cadre de ce travail nous nous sommes surtout intéressés à la brousse tigrée, en calculant sa superficie en 1950 et 2000 afin de faire la comparaison.

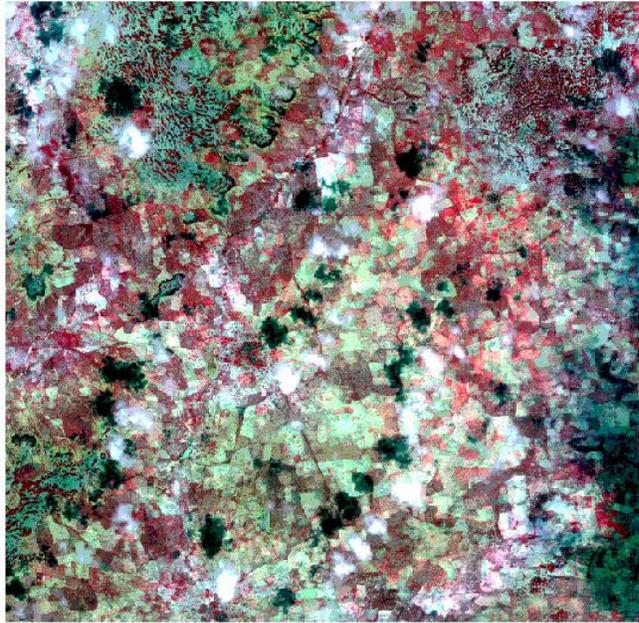
#### **Cartographie par interprétation visuelle**

Cette opération nécessite la création d'un fichier « brousse tigrée 1950 ». Dans ce fichier les bandes boisées représentent les entités et sont cartographiées en polygones. Chaque entité a été vectorisée suivant les contours des bandes boisées de la brousse tigrée et refermée sur point de départ, ce qui permet de calculer la superficie et le périmètre de façon automatique.

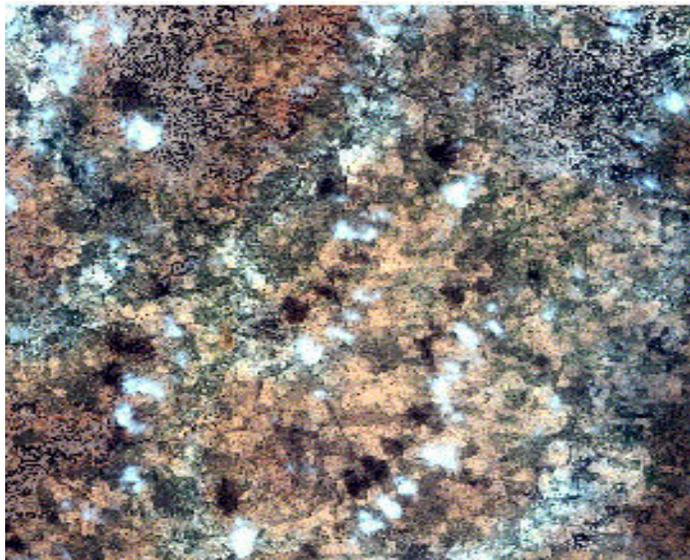
### ***3.2.2. Traitement de l'image IKONOS***

Pour le cas de l'image IKONOS, un retraitement a été fait par le Dr Bruno G. A savoir les composites fausse couleur et couleur réelle ( figures 6 et 7).

Une mission de terrain a été effectuée et a permis de relever les coordonnées GPS de quelques points remarquables, sur la base desquelles les images ont été recalées. Il faut noter ces points GPS ont soumis à une correction différentielle avec les données de la station de base.



*FIGURE 6 : IMAGE FAUSSE COULEUR DE LA SCENE IKONOS*



*FIGURE 7 : IMAGE COULEUR REELLE DE LA SCENE IKONOS*

### **Cartographie par interprétation visuelle**

Un premier travail consiste à faire une stratification horizontale à l'aide de la composite couleur réelle. Ceci a permis de distinguer les groupes homogènes sur le plan de vue apparence physiologique en 2000. Les contours de chaque strate ont été vectorisés, ce qui permet de faire les analyses de façon automatique.

### Vectorisation des arbres de l'espace agricole

Cette opération consiste à amener l'image IKONOS à une échelle de 1/6000. Les arbres apparaissent sous forme de points rouge fonces sur la composite fausse couleur et noir sur la composite couleur réelle. Cette opération nécessite la création d'un fichier « Arbres 2000 ». Dans ce fichier les arbres représentent les entités et sont cartographiés en points, Chaque entité a été vectorisée. Ceci permet de faire les analyse de la densité des arbres suivant les unités pédomorphologiques, les unités paysagères et les différents types de sols (figure 8 ).

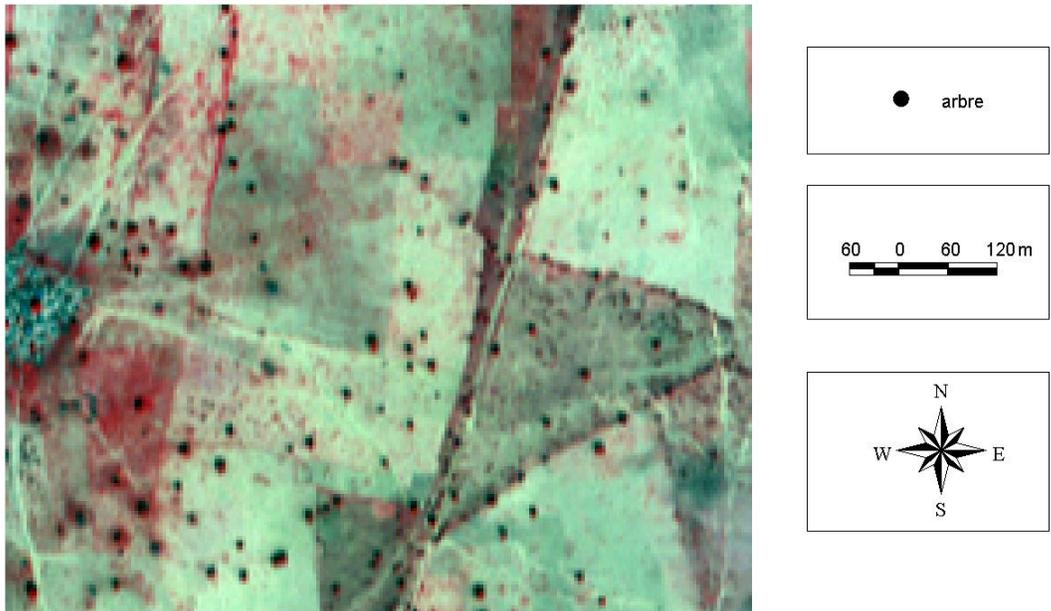


FIGURE 8 : ASPECT DES ARBRES À L'ÉCHELLE DE 1/6000

### Vectorisation de la brousse tigrée

Cette opération se fait de la même façon que les photos aériennes ont été traitées, c'est à dire, la création d'un fichier polygone et la digitalisation des contours des bandes boisées.

### Cartographie automatique

Le NDVI est obtenu à partir des données enregistrées par le satellite. Il fournit, une estimation de la plupart des rayonnements absorbés par la végétation pour la photosynthèse ( Halfield, 1984 ;Sellers, 1987). la première étape consiste à calculer ce NDVI en faisant le rapport suivant :

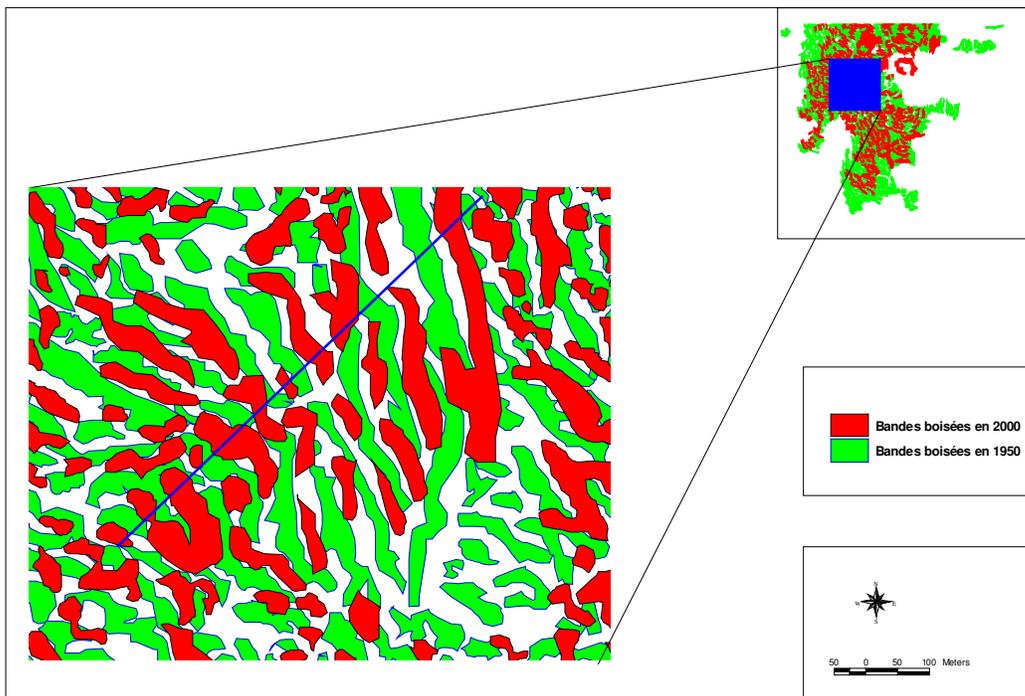
$$\text{NDVI} = \frac{\text{BPIR} - \text{BR}}{\text{BPIR} + \text{BR}}$$

La couche NDVI est ensuite convertie en en format GRID, puis seuillée aux niveaux suivant : 0 ; 0.05 ; 0.1 ; 0.15 ; 0.20 ; 0.25. ,ceci permet d'établir la courbe de NDVI en fonction du taux de

recouvrement pour chacune des strates. Il faut noter que ce seuillage consiste à considérer comme sol nu toutes les zones qui ont un NDVI inférieur à une limite donnée et considérer comme ligneux toutes les zones ayant un NDVI supérieur à cette limite.

### **Calcul de la distance moyenne parcourue par les bandes boisées entre 1900 et 2000.**

Le calcul de la distance moyenne parcourue par les bandes boisées de la brousse tigrée se fait en superposant la carte de la brousse tigrée de 2000 sur celle de 1950. Ensuite tracer une ligne parallèle au sens de déplacement des bandes et enfin calculer la distance séparant le front de la bande de 1950 de celui de la même bande en 2000 (figure 9). La distance moyenne obtenue est égale à la moyenne arithmétique des distances mesurées sur la superposition. Les mesures lues devront être multipliées par l'échelle. Dans le cas de figure, 5 mm correspondent à 50 m sur le terrain



**FIGURE 9 : CALCUL DE LA DISTANCE PARCOURUE PAR LES BANDES BOISÉES ENTRE 1950 ET 2000**

### **3.2.3. Echantillonnage**

l'échantillonnage se définit comme étant, une méthode d'enquêtes statistiques, réalisée sur des petites superficies appelées unités d'échantillonnage ou placeaux, à l'intérieur desquels s'effectuent toutes les mesures(Saadou, 2001). L'information recueillie doit représenter au mieux, la population en ce qui concerne le ou les caractère(s) étudié(s).

Il existe deux systèmes d'échantillonnage :

- l'échantillonnage aléatoire;
- l'échantillonnage systématique Renes (1988), rapporté par( Saadou, 2001).

Pour le cas de notre travail la méthode consiste à établir une grille suivant l'utilisation du sol et les unités pédomorphologiques consignée dans le tableau 8. Cette grille divise l'espace agricole en 6 secteurs selon l'usage. Ces 6 secteurs sont subdivisés en 25 faciès nous permettant d'avoir une bonne variabilité entre les échantillons. Dans ces 25 faciès, des fenêtres ou placeaux de 2 ha ont été ouvertes au hasard. Dans le cas de ce travail, le taux d'échantillonnage (s/S) est d'environ 1% .Nous précisons qu'il est calculé juste à titre indicatif car l'objectif n'est pas de faire un inventaire des arbres sur l'ensemble de la zone mais de déterminer le pouvoir de détection du satellite IKONOS vis à vis de ces arbres. La démarche consistait à faire l'inventaire sur l'image et ensuite introduire les coordonnées des placeaux dans le GPS garmin, aller sur le terrain retrouver ces sites pour faire un inventaire des arbres afin de comparer les deux résultats.

#### **Détermination de la surface de la couronne des arbres sur l'image**

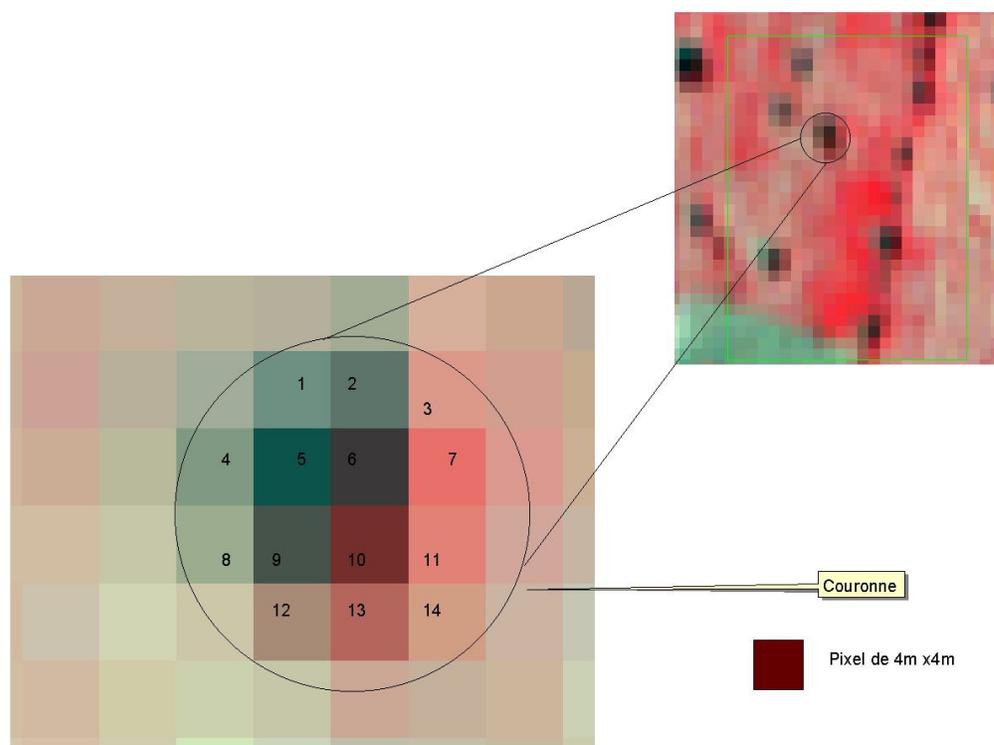
Sur la composite fausse couleur, les arbres apparaissent en rouge foncé, ils sont facilement identifiés dans les sites échantillonnés. La zone correspondant au houppier de l'arbre est agrandie à une échelle où les pixels sont distinctement visibles(figure10). Les pixels constituant la surface de la couronne sont comptés à l'écran et leur nombre saisi dans la table des attributs.

$$S = n \times p$$

n : nombre de pixels constituant la couronne ;

p : surface d'un pixel ;

S : surface du houppier.



**FIGURE 10 : CALCUL DE LA SURFACE DE LA COURONNE DES ARBRES**

**Inventaire sur le terrain :** Les techniques de télédétection, préparent, facilitent et diminuent les études au sol mais, en aucune façon ne sauraient les remplacer. En d'autres termes l'examen de l'image ne règle pas tous les problèmes et que les informations obtenues à partir d'une telle procédure d'investigation n'ont d'intérêt que si elles sont étayées, par le travail sur le terrain.

La phase terrain a pour but essentiel de vérifier de « visu » et « in situ » l'adéquation entre les unités trouvées en salle et celles existant en réalité. Il consistait à retrouver les sites avec le GPS et faire le relevé des paramètres suivants : la hauteur de l'arbre, le point GPS, la longueur et la largeur du houppier, et la circonférence du tronc.

**TABLEAU 6: FACIES CARACTERISTIQUES DE LA ZONE ETUDIEE**

	Terre non cultivable	Friches	Jachères	Champs non fumés	Champs fumé	<b>Total</b>
Plateaux	1	1	2	1	1	<b>6</b>
Talus	1	1	1	2	1	<b>6</b>
Glacis	2	2	2	2	2	<b>10</b>
Jupes sableuses	2	1	1	1	2	<b>7</b>
Vallées	1	1	1	1	1	<b>5</b>
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>34</b>

## Répartition spatiale des fenêtres

Les sites d'étude du terrain sont reparties dans l'espace agricole (figure 11). L'inventaire des arbres a été effectué dans les fenêtres. Après ce travail, les coordonnées sont introduites dans le GPS garmin afin d'aller sur le terrain pour effectuer l'inventaire au sol.

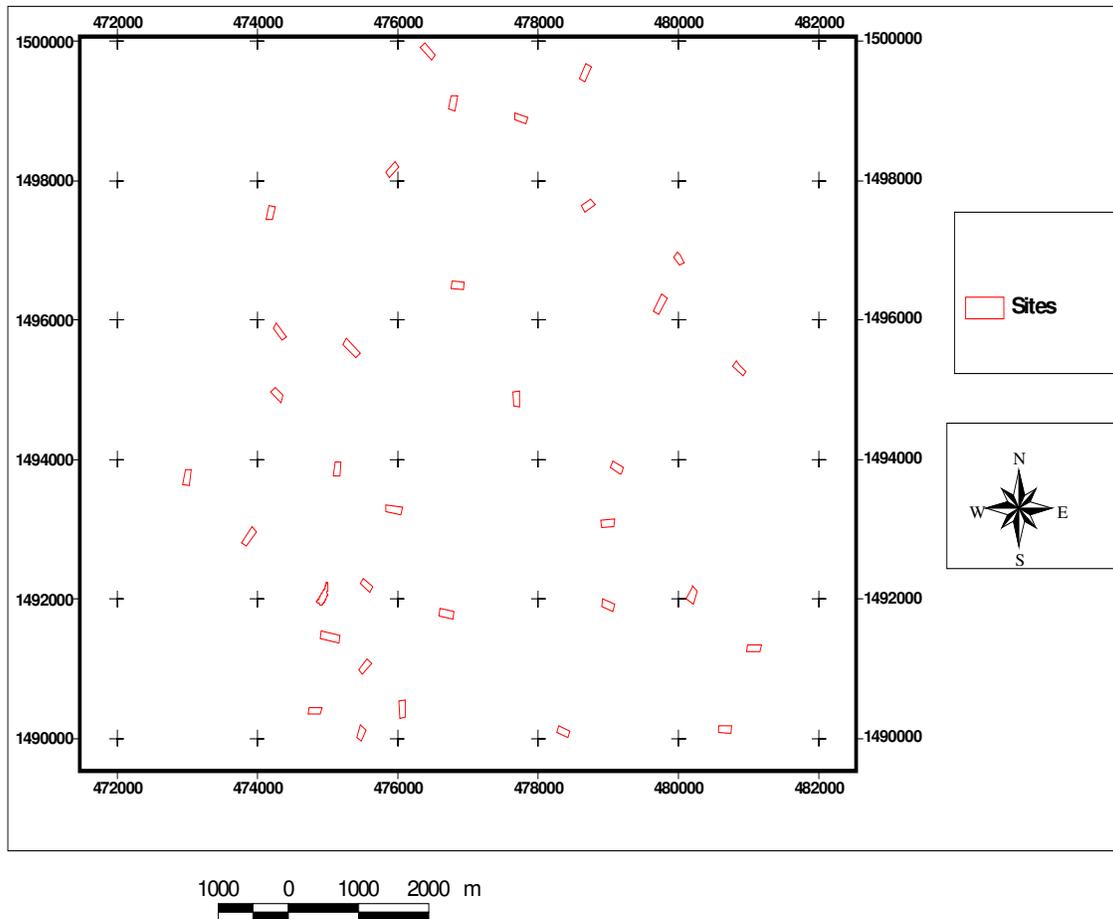


FIGURE 11 : REPARTITION SPATIALE DES UNITES ECHANTILLONNEES

## IV. RESULTATS DISCUSSIONS

### 4.1. Etude de L'évolution de la brousse tigrée

#### 4.1.1. Interprétation des photos de 1950

En 1950 la brousse tigrée couvrait une superficie de 596.58 ha et avait un taux de recouvrement de 55.34 %. La formation présentait des bandes boisées longues et larges alternées avec des bandes dénudées minces et très discontinues. Pendant cette période la superficie minimale des bandes boisées était de 2.45 ha, la maximale de 40 ha et la zone comptait 429 bandes (figure 12)

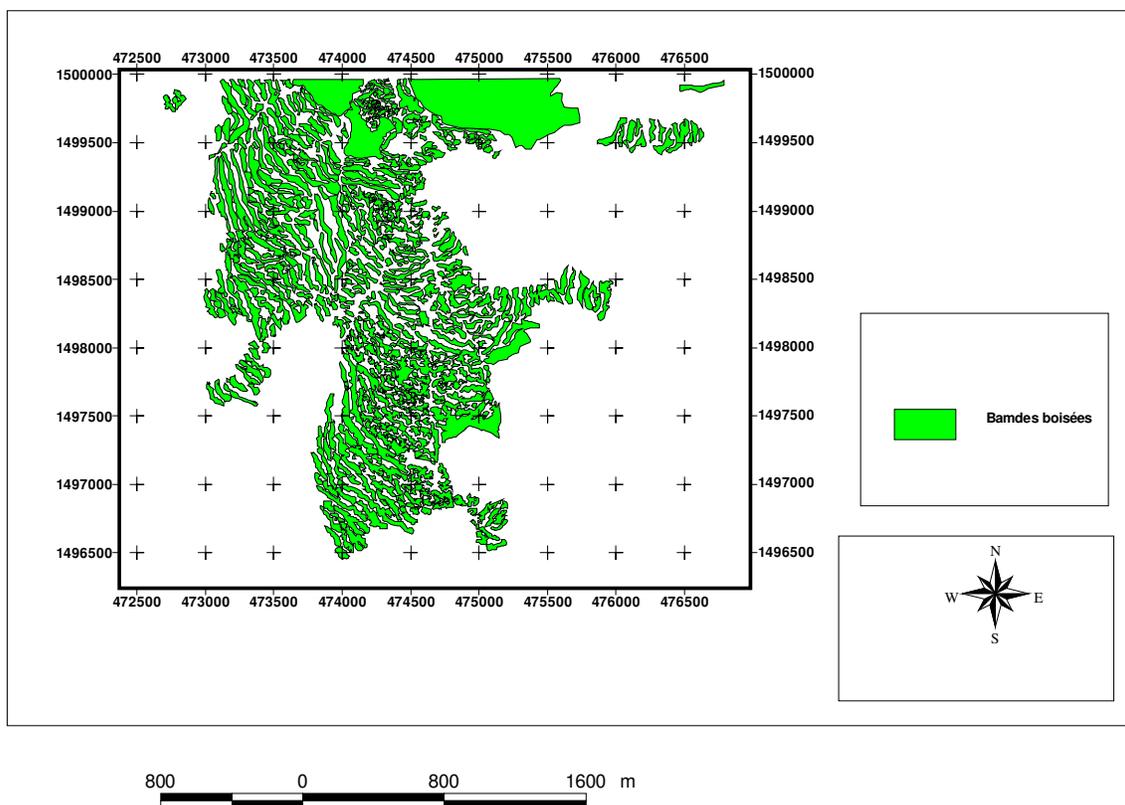


FIGURE 12 : REPRESENTATION DE LA BROUSSE TIGREE EN 1950

#### 4.1.2. Interprétation de l'image Ikonos de l'an 2000

La télédétection satellitaire est un outil adéquat pour investiguer les ressources naturelles. Son principal avantage de ce point de vue est la vision synoptique qu'elle offre. Elle permet en effet, d'embrasser, en un clin d'œil, des vastes territoires et de les cartographier à une échelle voulue. Cette étude donne les résultats suivants.

- les plateaux renferment deux types de formations : La brousse tigrée et la brousse mouchetée ;

- Le terroir agricole est constitué de cultures, de jachères et de friches avec des arbres dispersés.

#### 4.1.2.1. Situation de la brousse tigrée en 2000

En 2000 la brousse tigrée couvre une superficie de 490.65 ha avec un taux de recouvrement de 38.67 %. Les bandes boisées sont très discontinues et minces par rapport aux bandes nues. La superficie minimum des bandes boisées est de 4.89 ha, la superficie maximale est de 22 ha et le nombre de ces bandes n'est plus que de 296 (figure 13)

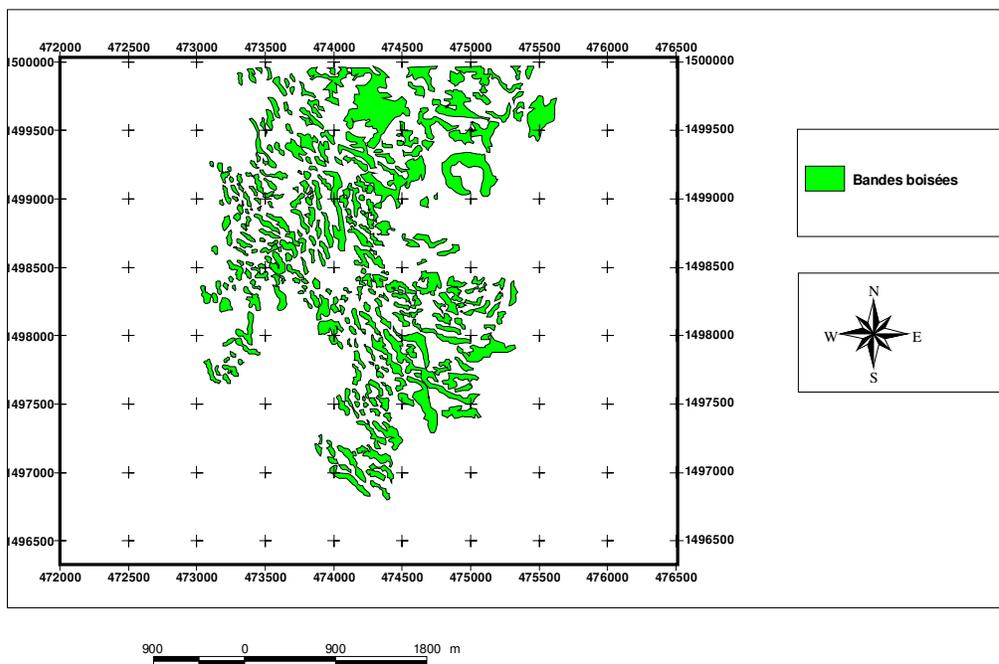


FIGURE 13 : REPRESENTATION DE LA BROUSSE TIGREE EN 1950

**Seuillage du NDVI dans la brousse tigrée :** On constate que le taux de recouvrement reste invariable dans l'intervalle 0 à 0.04. A partir du seuil 0.05 on note une forte diminution du taux de recouvrement, qui s'annule au seuil 0.25 (figure14). Cette courbe nous permet de voir les risques d'erreur suite à un mauvais choix de seuil de NDVI.

Par exemple une erreur de seuillage de plus ou moins 0.025 dans l'intervalle [ 0.05- 0.1 ] entraînerait une surestimation ou souestimation de 25 % du taux de recouvrement.

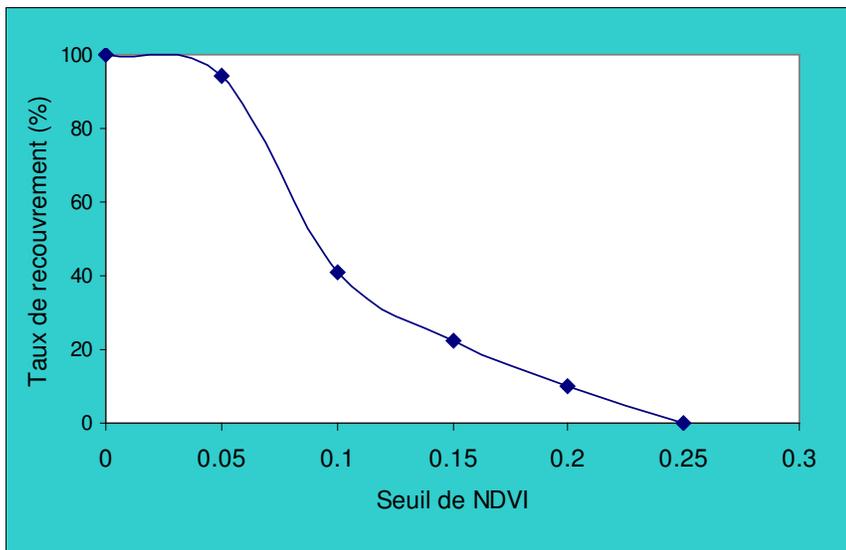


FIGURE 14 : RELATION ENTRE LE SEUIL DU NDVI ET LE TAUX DE RECOUVREMENT DANS LA BROUSSE TIGREE

#### 4.1.2.2. Situation de la brousse tachetée en 2000

La brousse tachetée se caractérise par des punctuations de sol nu, criblant une végétation constituée par un mélange d'espèces ligneuses telle que *Combretum micranthum*, *Combretum nigricans*, *Guiera senegalensis* *Combretum glutinosum*. La formation couvre une superficie de 353.35 ha avec un taux de recouvrement de 32.55%. Les bandes sont au nombre de 2707. (figure 15)

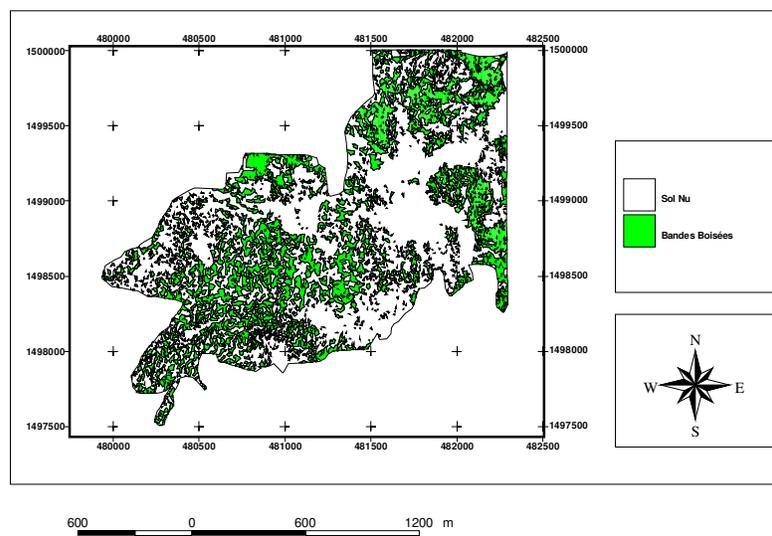


FIGURE 15 : REPRESENTATION DE LA BROUSSE TACHETEE EN 2000

**Seuillage du NDVI en fonction du taux de recouvrement:** Le taux de recouvrement varie très peu entre le seuil 0 et 0.05 tandis qu'il baisse à partir de 0.05 pour s'annuler au seuil 0.25. Cette courbe permet de comparer les risques de surestimation ou de souestimation du taux de recouvrement, suite à une erreur de seuillage dans les deux formations contractées (figure 16). Il ressort que, par rapport à la courbe de la brousse tigrée les erreurs seront moindres suite à un mauvais choix dans le seuillage du NDVI dans la brousse tachetée.

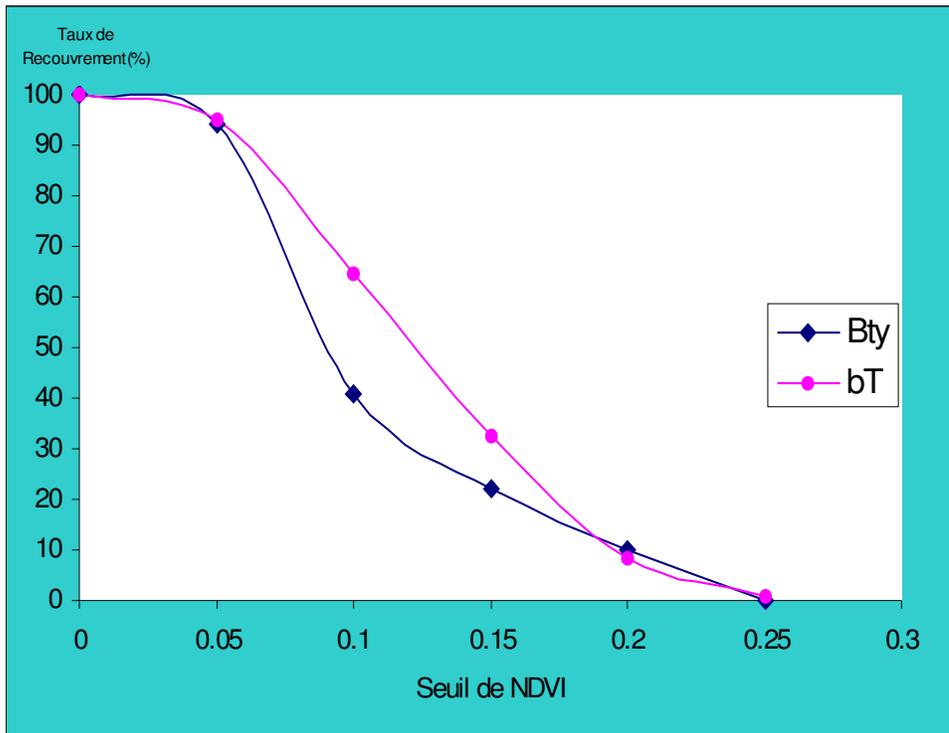


FIGURE 16 : COURBE DU TAUX DE RECOUVREMENT EN FONCTION DU SEUIL DU NDVI

#### 4.1.2.3. Evolution de la brousse tigrée de 1950 à 2000

La figure 17 montre l'état de la brousse tigrée de 1950 et 2000. On constate que la superficie occupée par la brousse tigrée a considérablement baissé. C'est ainsi qu'elle est passée de 596.57 ha en 1950 à 490.90 ha en 2000, soit une baisse de 17.75%. Le nombre de bandes est passé respectivement de 429 à 296. L'apparition en 2000 des champs sur le faciès qui était inculte en 1950 témoigne du niveau assez avancé d'anthropisation de la zone.

Au plan quantitatif, nous constatons une baisse du taux de recouvrement qui est passé de 55.34% à 38.67%, soit une baisse de 30.12%, ceci se traduit par un amincissement et un morcellement des bandes boisées au profit des bandes nues qui s'élargissent de plus en plus, donnant l'aspect d'une brousse tigrée dégradée.

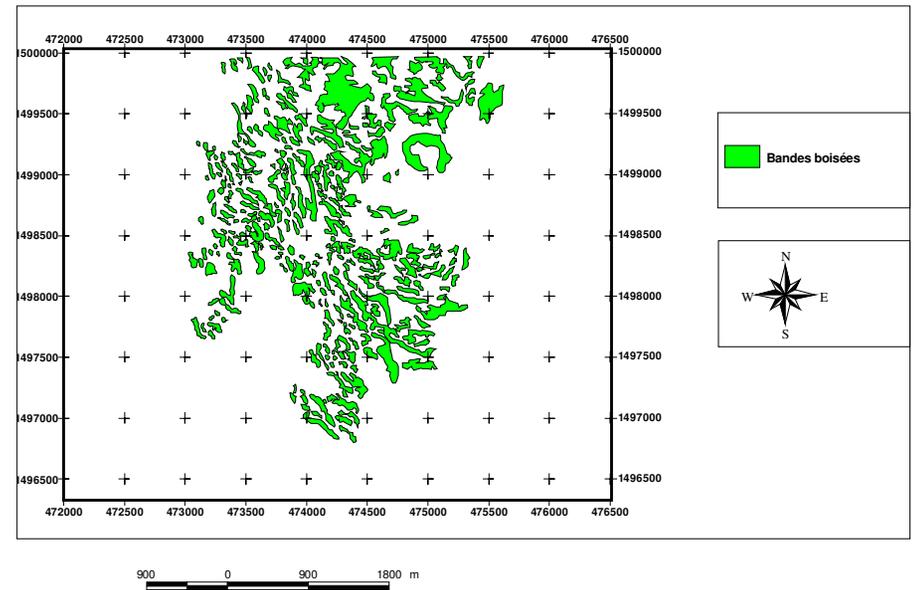
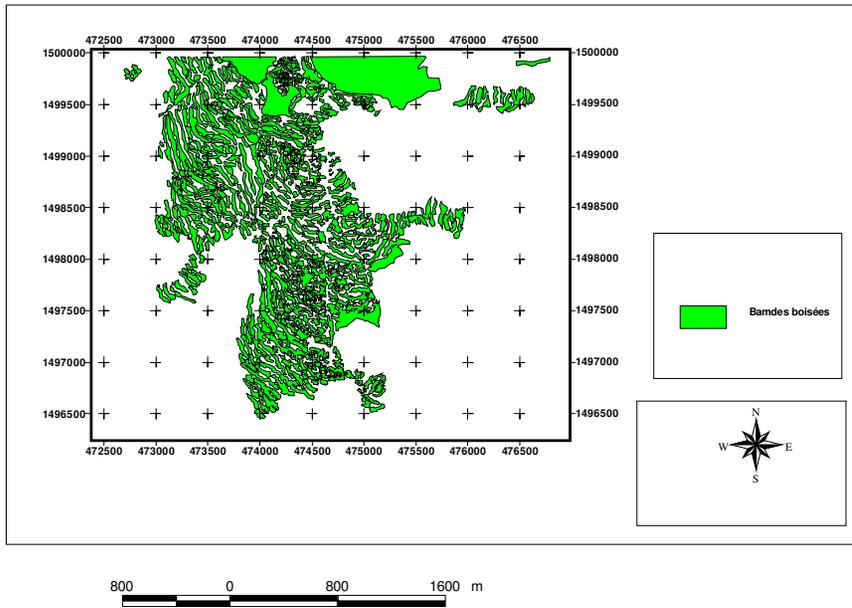


FIGURE 17 : ÉTATS DE LA BROUSSE TIGREE DE 1950 ET 2000

TABLEAU 7: COMPARAISON STATISTIQUE DES SUPERFICIES DES BANDES 1950 ET 2000

Statistique des bandes	1950	2000	Différence
Superficie minimale (m <sup>2</sup> )	2456	4890	
Superficie maximale (m <sup>2</sup> )	407433	224861.05	182571.95
Nombre	429	296	133
Superficie totale (m <sup>2</sup> )	3313048	1897482.9	1415565
Superficie/strate (m <sup>2</sup> )	5965800	4906500	1059300
Superficie Moyenne (m <sup>2</sup> )	7722.72	6410.41	1312.31
Ecart type	21439.42	16299.83	

**Déplacement des bandes:** sur la figure 18, on observe un déplacement des bandes vers le nord-est, est accompagné par des modifications de la périphérie des bandes. Actuellement il est difficile de donner des chiffres exacts sur la distance parcourue par les bandes entre les deux dates. Cependant les mesures faites sur la figures 9 donnent une distance moyenne de l'ordre de 44.27 m entre 1950 et 2000, soit environ 88 cm par an.

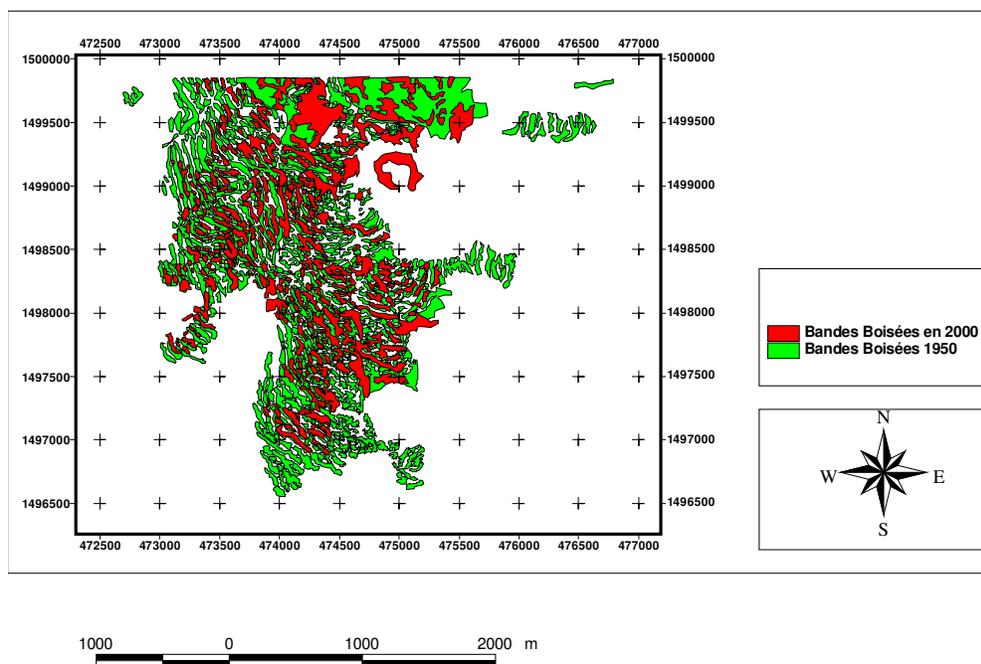


FIGURE 18 : MOUVEMENT DES BANDES BOISEES ENTRE 1950 ET 2000

### Conclusion partielle

Cette étude diachronique nous a permis de mettre en évidence de façon pertinente les modifications et la dynamique de la formation :

- modifications quantitatives matérialisées par la diminution de la superficie totale occupée par la brousse tigrée entre les deux périodes ;
- modifications qualitatives traduisant la baisse du taux de recouvrement ;
- mouvements des bandes et la transformation physionomique de la brousse tigrée lui donnant un aspect dégradé.

## **4.2 Discussion sur l'étude diachronique de la brousse tigrée**

Le déplacement et les changements dans la physionomie des bandes entre 1950 et 2000 peuvent être imputés à quatre principales causes.

### **4.2.1. La croissance démographique**

La zone ouest du Niger a connu une forte explosion démographique ces dernières décennies. Ceci a eu pour conséquences l'augmentation de la pression sur les ressources naturelles en général. En effet, la croissance démographique entraîne une augmentation des besoins alimentaires, donc l'accroissement des superficies cultivées. En fait en Afrique, l'augmentation de la production agricole est beaucoup plus liée à l'extension des superficies cultivées qu'à l'accroissement de la productivité des champs. La population augmentant à un taux de 3.2% Banque (Mondiale,1989), et les besoins suivent de manière proportionnelle, conduisant une course pour l'accès à la terre. Cet accès à la terre, qui se fait ailleurs par succession, donations, gages, prêts, achats, locations, se fait sur les plateaux (considérés avant comme terres marginales en 1950) par défrichement. C'est généralement le mode d'accès originel à la terre. Il découle du droit du premier occupant. Dans ce mode d'accès, le défrichement confère le droit à la propriété (Sidikou,1997).

### **4.2.2. Influence du climat**

Ces dernières décennies on assiste à une baisse des précipitations. Les apports en eau deviennent insuffisants pour l'entretien de la végétation( Ambouta,1997) .Toutes les parties ne supportent pas la pénurie de la même façon: la partie en amont de la bande, continue à être approvisionnée en eau par l'impluvium constitué par la bande nue adjacente. Par contre, la partie en aval n'étant plus alimentée suffisamment, les arbres dépérissent et meurent donnant naissance à une frange à chicot. Cette partie n'étant plus protégée contre l'érosion perd sa substance terrigène à la faveur du front de la bande boisée de l'aval. Ceci justifie le rétrécissement des bandes boisées observé sur le résultat du traitement de l'image 2000.

Pour ce qui est de la migration des bandes, elle a fait l'objet de plusieurs études. Leprun rapporté par (J.M. d'herbes 1997) a obtenu des résultats convaincants de l'ordre de 0.5 m d'avancée annuelle soit 25 m en 50 ans, mais dans des conditions différentes de celles de la brousse tigrée qui fait l'objet de cette étude. Au Niger, Mougnot et al rapporté par (J.M. d'herbes 1997) ont étudié cette dynamique à travers une démarche comparable. (Ichaou et d'Herbes 1997) ont utilisé l'âge des arbres. et arbustes qui devaient suivre un gradient de l'amont vers l'aval.( Ambouta 1984) montre que les bandes se déplacent

en remontant la pente. Le déplacement des bandes ne fait aucun doute ce qui justifie la situation observée sur la figure 14. La présente étude vient ainsi confirmer les travaux antérieurs conduits sur les formations contractées.

Par ailleurs, les sécheresses ont certes décimé le cheptel réduisant de fait la pression pastorale, mais ont obligé les populations nomades à se sédentariser et à s'orienter vers l'agriculture comme principale activité. Il s'en est suivi une reconstitution rapide du cheptel et une augmentation des besoins en terres de culture. La conjugaison de ces deux facteurs augmente logiquement la pression sur les ressources naturelles en général et sur les ligneux en particulier. Selon quelques mémoires vivantes enquêtées dans la zone, ces sécheresses ont aussi provoqué le dépérissement massif des espèces telles que *Combretum nigricans*, *Combretum micranthum*, *Guiera senegalensis*...

#### **4.2.3. Pression pastorale**

La brousse tigrée de la zone constitue un élément majeur des systèmes d'élevage. Elle est pâturée sans discontinuité de juillet en avril, sert de refuge aux animaux quand les surfaces cultivées et les jachères leur sont interdites. La production fourragère aérienne est faible, car les espèces appréciées sont peu nombreuses (Achard, 1997). Les espèces fourragères telles que *Boscia angustifolia* et *Pterocarpus eriranceus* du fait de leur qualité, souffrent d'émondage sévère en fin de saison sèche et sont en voie de disparition.

Le tapis herbacé est rapidement consommé et le sol piétiné, rendu pulvérulent. Dans ces conditions les vents en saison sèche et le ruissellement pendant l'hivernage agissent pour entraîner les éléments fins. Un processus de désertification est alors en place car l'érosion du sol entraîne aussi bien l'absence de germination que la disparition à terme de ligneux à cause de l'infiltration insuffisante de l'eau (Ambouta, 1984).

#### **4.2.4. Surexploitation des ressources naturelles**

Le prélèvement du bois est l'une des principales causes du défrichement car le ravitaillement des centres urbains en bois de chauffe et de service est devenu un enjeu économique et financier (Sidikou, 1997). Cette zone étant proche de Niamey, joue un rôle important pour son ravitaillement.

Concernant particulièrement le bois de feu, le plan national de lutte contre la désertification a évalué en 1990, les besoins des populations nigériennes en combustible de la manière suivante :

- Les grands centres urbains : 0.6 kg / personne / jour ;
- Les villes moyennes : 0.7 kg / personne / jour ;
- Les zones rurales : 0.8 / kg / personne / jour. .

### **Conclusion partielle**

L'image IKONOS nous donne deux possibilités de cartographier les formations contractées : la cartographie par interprétation visuelle et la cartographie automatique, alors que les photos de 1950 n'offrent que la cartographie par interprétation visuelle.

L'évolution de la brousse tigrée de 1950 à 2000 est le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs dont :

- L'influence du climat à travers la péjoration des conditions pendant ces dernières décennies, les effets sévères des sécheresses ont provoqué le dépérissement des arbres.
- L'anthropisation à travers particulièrement le prélèvement de bois de chauffe et de services pour l'approvisionnement des grandes villes, qui est devenu un enjeu économique et financier.

**Proposition de sauvegarde de la brousse tigrée:** Bien que le climat contrôle pour une large part, l'aspect de la dégradation de la brousse tigrée, l'action de l'homme et des animaux est toujours notable car elle peut devenir dangereuse en conduisant à des déséquilibres irréversibles. Pour cela, l'exploitation raisonnable des ressources fourragères forestières et une bonne gestion des ressources en bois sont nécessaires. Mais cette gestion raisonnable est-elle possible quand on sait que la population humaine et animale augmente chaque année. Nous pensons que le maintien du potentiel de production de cette brousse tigrée passe par la mise en place d'une politique d'aménagement globale du terroir.

### 4.3. Etude de la distribution spatiale des arbres dans le territoire agricole

Les arbres sont dispersés dans l'espace agricole sous forme d'amas épais et souvent alignés ou disséminés de façon aléatoire. (figure19)

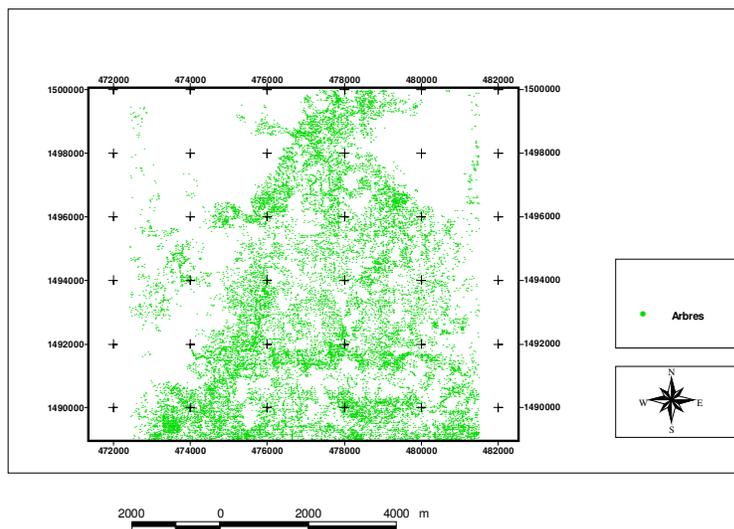


FIGURE 19 : REPRESENTATION DES ARBRES DE L'ESPACE AGRICOLE PAR INTERPRETATION VISUELLE DE L'IMAGE IKONOS

**Seuillage du NDVI dans l'espace agricole comparée à celles de la brousse tigrée et la brousse tachetée :** Le taux de recouvrement est de 100% entre le seuil de [ 0, 0 – 05 ] . Il descend de 100 à 80 % dans l'intervalle [0.05 - 0.1], enfin il baisse à 15 % pour le seuil de 0.15 et s'annule au seuil 0.17

(figure 20). Cette figure montre l'évolution du seuil de NDVI en fonction du taux de recouvrement dans les différentes strates de la zone d'étude. La tendance montre que plus on élève le seuil, plus le crible se resserre et le taux de recouvrement baisse.

Cette courbe montre qu'une erreur de seuillage du NDVI au niveau de l'espace agricole dans l'intervalle [ 0.1 - 0.15 ] entraîne de grosses erreurs dans la détermination du taux de recouvrement que si cette erreur devait se produire dans les autres strates. Ceci témoigne la complexité de l'espace agricole dans la détermination automatique du taux de recouvrement des ligneux.

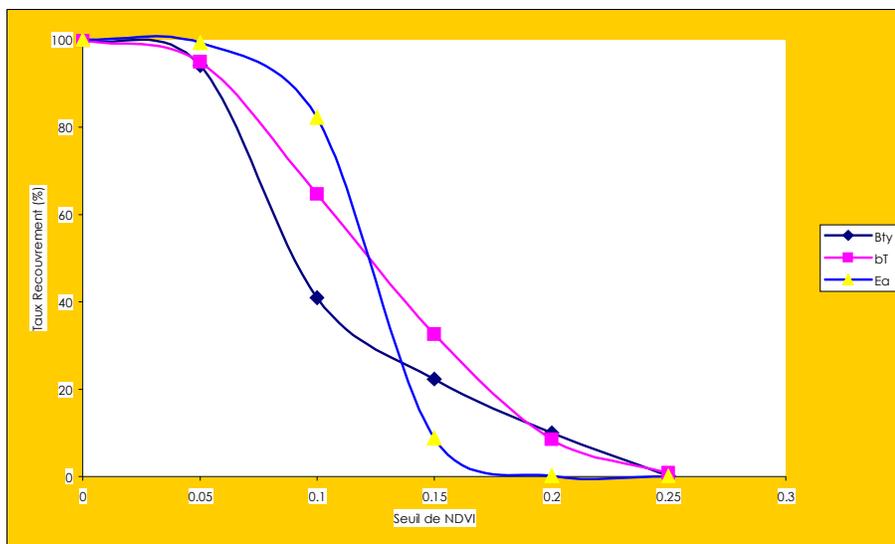


FIGURE 20 : RELATION ENTRE LE SEUIL DE NDVI ET LE TAUX DE RECOUVREMENT DANS L'ESPACE AGRICOLE COMPAREE A CELLES DE LA BROUSSE TIGREE ET LA BROUSSE TACHETEE

Ea = Espace agricole ;

Bty=Brousse tigrée ;

BT =Brousse tachetée.

#### 4.3.1. Répartition des ligneux sur les unités paysagères

L'analyse de la densité des ligneux dans l'espace, montre une inégale distribution des arbres suivant les unités paysagères, en fonction de la profondeur du sol et la capacité de rétention en eau. Plus on prend de l'altitude, plus la densité des arbres baisse. En effet, les densités sont relativement fortes dans les vallées et sur les glacis et jupes sableuses et faibles sur les plateaux et talus (figure21).

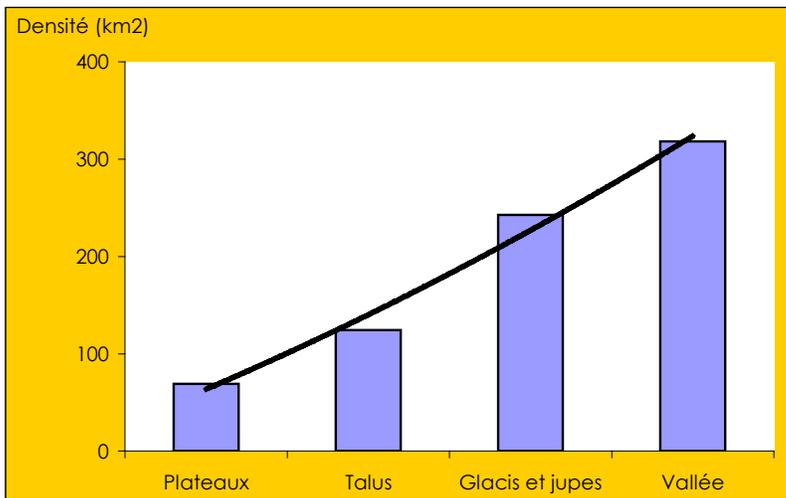


FIGURE 21 : DENSITE DES ARBRES SUIVANT LES UNITES PAYSAGERES

#### 4.3.2. Répartition des arbres sur les types de sols

L'analyse de la densité des arbres suivant les types de sols, montre une inégale distribution. Les densités sont relativement fortes sur les arénosols gleyiques et lixisols aréniques, faibles sur les arénosols ferrallitiques et les arénosols cambiques., très faibles sur les cambisols aréniques les arénosols gleyiques et les arénosols squelettiques (figure22)

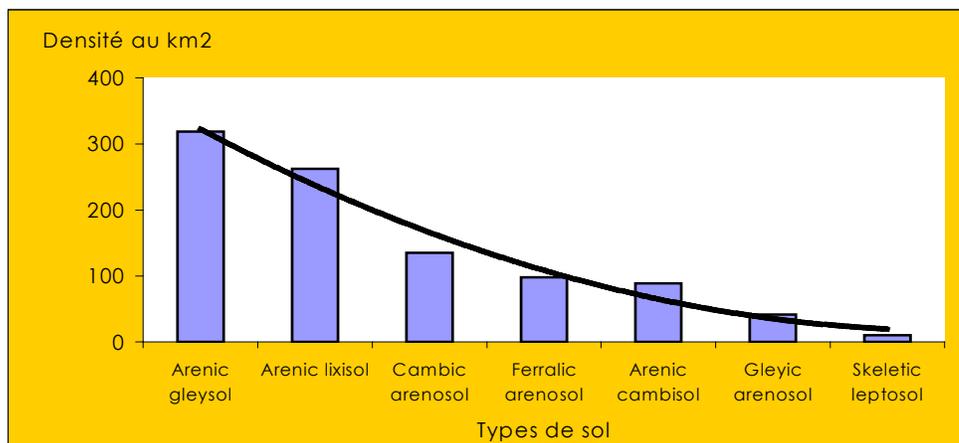


FIGURE22 : DENSITE DES ARBRES SUIVANT LES TYPES DE SOLS

#### 4.3.3. Répartition des ligneux sur les unités d'occupation du sol

L'analyse de la densité des arbres suivant l'occupation des sols du terrain montre une distribution très inégale. En effet les densités sont relativement fortes dans les villages, faibles sur les champs, les friches et très faibles sur les terres non cultivables (figure23).

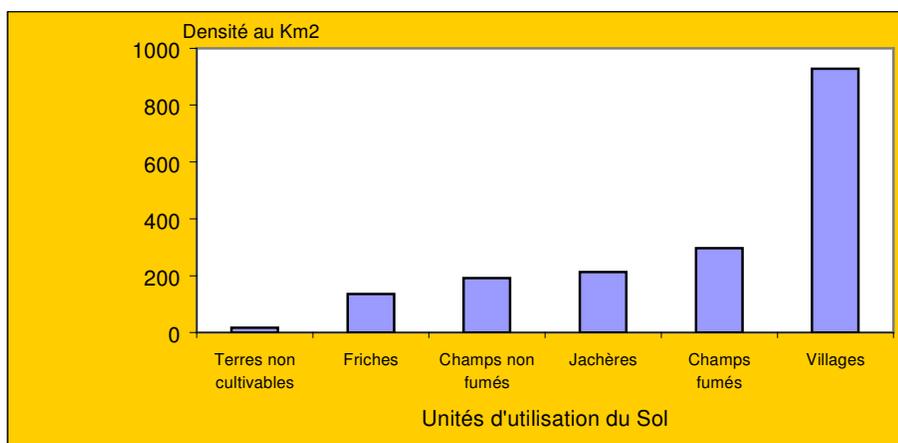


FIGURE 23 : DENSITE DES ARBRES SUIVANT L'OCCUPATION DU SOL

L'analyse des figures 21, 22, 23, met en évidence une répartition très inégale des arbres dans la zone d'étude. En effet les densités des arbres sont relativement élevées aux abords des maisons (villages), dans les vallées et sur les arenosols gleyiques avec respectivement des densités de 928, 318 et 319km<sup>-2</sup>. Si certaines zones sont fournies en arbres, protégées contre les attaques du climat et des hommes, d'autres par contre y sont très exposées. La prédominance des arbres au niveau de ces endroits s'explique par le fait que dans les villages, en plus de la régénération naturelle, les villageois introduisent eux même des arbres et les protègent. Au niveau des vallées le gradient hydrique représente le facteur explicatif le plus plausible. En plus de l'eau des pluies, ces zones reçoivent d'énormes quantités d'eau de ruissellement transportant des éléments fins (argiles et limon), des éléments minéraux, et de la matière organique provenant des autres unités topographiques. Ceci confère aux vallées un bilan hydrique et un apport en éléments nutritifs favorables à la croissance et au bon développement des arbres.

S'agissant des autres zones, la forte pression anthropique, les conditions pédologiques et hydriques ne favorisent pas le bon développement des arbres. Dans les territoires cultivés, les arbres sont disséminés et organisés en massif épais ou rangés en haies. La présence des arbres dans les champs ou aux abords, est très intéressante à cinq points de vue:

- Ils atténuent les effets néfastes du climat sur les terres de culture et permettent aux paysans de contrôler partiellement les rigueurs du climat. Dans cette zone, l'arbre vient en aide au paysan si celui-ci sait l'utiliser.
- Ils améliorent les propriétés physiques, chimiques et biologiques. En effet les racines des plantes sont très actives dans le sol. Elles modifient la composition et la structure du sol; le contenu alimentaire du sol; et les réserves d'eau du sol en favorisant l'infiltration de l'eau au détriment du ruissellement. Par des pratiques adaptées, l'agriculteur peut utiliser les arbres pour drainer sa terre; il peut aussi utiliser les arbres et les associer suivant le travail qu'il

réalise dans le sol : Labour, aération, enrichissement en azote en matière organique (Dupriez, 1993)

- Ils fournissent des produits intéressants tels que le bois, le fourrage aérien, les légumes, les grains, les produits de pharmacopée traditionnelle.
- Ils fixent le droit de culture : celui qui plante un arbre a le droit d'en exploiter les fruits.
- Ils constituent un élément de continuité : Chaque espèce a une durée de vie caractéristique, c'est précisément cette durée qui fait que les espèces marquent fortement l'histoire du paysage. Certains arbres voient passer plusieurs générations d'hommes. Ils sont donc un élément de continuité dans la vie du terroir.

Cependant force est de constater qu'aujourd'hui les arbres sont, malgré leurs multiples utilités, confrontés à des difficultés :

- L'éêtage catastrophique, quand on circule dans les terroirs on a l'impression que tout se passe de la manière suivante « L'homme pénètre dans la brousse, abat tout ce qu'il trouve à exploiter et s'en va à la recherche d'autres coupes. Il ne s'inquiète même pas de ce qui peut arriver après son passage. Il oublie que pour rétablir un équilibre naturel d'un milieu il faut du temps (20 à 30 ans) alors que sa destruction se fait en un temps très bref» Ce phénomène touche surtout les arbres des jachères, des friches et des terres non cultivables
- L'émondage sauvage des espèces fourragères telle que *Acacia albida*, en période sèches, car il constitue la principale source de fourrage vert pour les animaux pendant cette saison.
- L'abattage des arbres à bon bois pour la fabrication des mortiers. Ce phénomène est fort inquiétant car il menace surtout le *Prosopis africana*, une espèce qui fait déjà face à un problème de pérennité. En effet la zone ne dispose d'aucune jeune pousse de cette espèce, donc elle est sérieusement en voie de disparition du fait de la baisse considérable de cumuls de pluviométries annuelles pendant ces dernières décennies.

### **Conclusion partielle**

Nous constatons que les arbres sont assemblés dans l'espace selon des proportions différentes suivant des facteurs biotiques, topographiques et pédologiques. C'est ainsi que les vallées et les alentours des villages portent les plus fortes densités d'arbre alors que les faibles densités se trouvent dans les terres non cultivables et les friches.

Les arbres malgré leur utilité multiple, sont confrontés à plusieurs problèmes dont l'abattage, l'éêtage, l'émoudage, et le vieillissement .

### **4.4. Détermination du pouvoir de détection des arbres par IKONOS**

L'étude de la courbe montre qu'il y a corrélation significative à un seuil 1% ( $r^2=0.82$ ) entre le nombre de pixels et la surface de la couronne des arbres déterminée sur le terrain. Tous les 319 arbres inventoriés sur le terrain sont détectés dans les fenêtres, ce qui nous fait dire que l'image IKONOS a un fort pouvoir de détection, nous permettant d'affirmer que les données de ce satellite sont très indiquées pour un inventaire de ligneux dans un espace agricole.

Les données de télédétection en général, du satellite IKONOS en particulier apparaissent, comme un moyen de vision globale des phénomènes permettant de contribuer à assurer une meilleure gestion de l'environnement. (Figure 24)

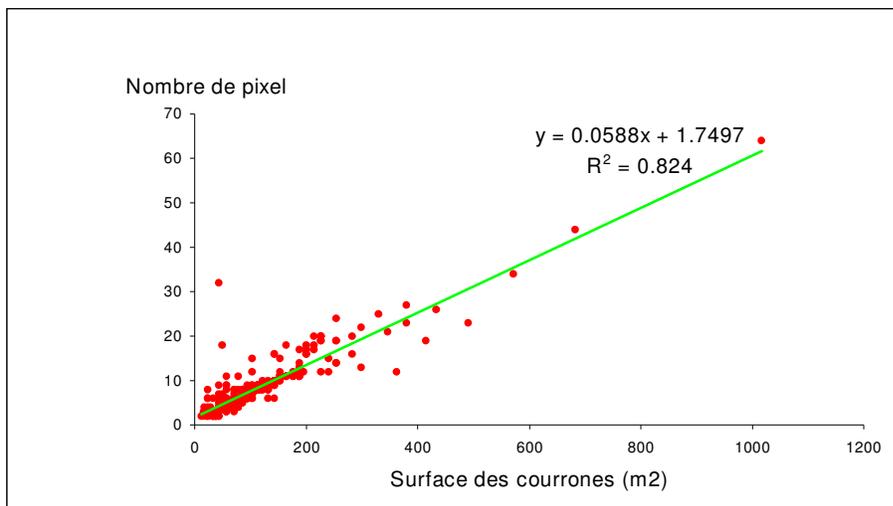


FIGURE24 : RELATION ENTRE LE NOMBRE DE PIXELS ET LA SURFACE DE COURONNES DETERMINEE SUR LE TERRAIN

L'étude de la courbe montre qu'il n'y a pas de corrélation significative à un seuil 1% ( $r^2=0.36$ ) entre le nombre de pixels et la hauteur des arbres. Nous pouvons donc en déduire que l'image IKONOS ne nous permet pas de faire une stratification verticale du peuplement ligneux par interprétation visuelle.

Pour étudier des paramètres comme la hauteur et la nature des espèces, nous pouvons nous baser sur l'expérience de (P.Courteraux,1996) qui a procédé à l'étude des réponses spectrales des différentes espèces.

En effet cette relation varie en fonction des espèces. Il y a des espèces bas branchues avec des couronnes larges (*Piliostigma reticulatum*) alors que d'autres ont un port élancé avec des couronnes moins larges(*Acacia albida*)

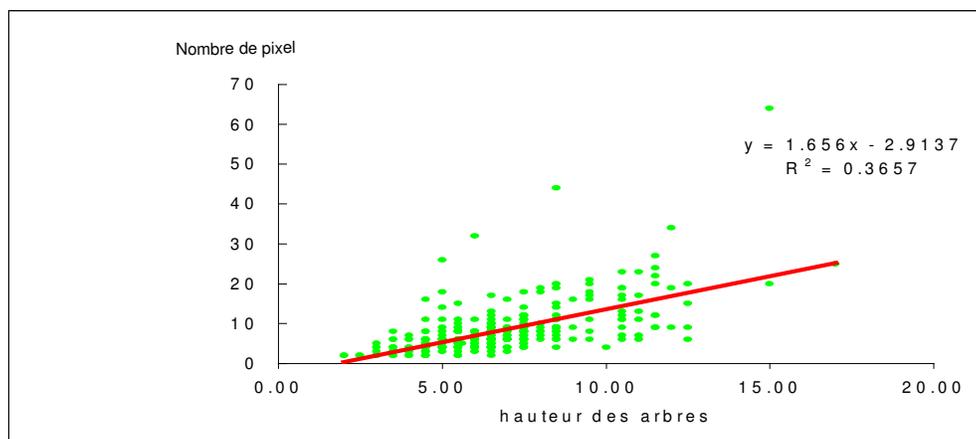


FIGURE 25 : RELATION ENTRE LE NOMBRE DE PIXEL ET LA HAUTEUR DES ARBRES MESUREE SUR LE TERRAIN.

## Analyse floristique

Chaque arbre occupe l'espace aérienne et souterraine à sa façon. Les arbres dans l'espace des champs et des jachères de façon plus ou moins régulière ou aléatoire. Ils sont traités différemment en fonction des intérêts que les paysans leurs portent.

Il apparaît sur le tableau 8 que sur les 14 espèces inventoriées trois espèces dominent le peuplement arboré de l'espace d'étude. *Combretum glutinosum*, *Detarium microcarpum*, *Acacia albida* Ce tableau apparaît comme, une donnée complémentaire aux résultats du laboratoire. L'étude au sol est toujours nécessaire car, elle permet de toucher du doigt les réalités imperceptibles avec l'analyse de l'image et de confirmer les résultats du laboratoire.

TABLEAU 8 :ANALYSE FLORISTIQUE DES DONNEES DU TERRAIN

Espèces	NAE	MHE (m)	MCE (cm)	MSC (m)	NPE	CS
<i>Calotropis procera</i>	1	3.00	70.00	15.90	2.00	0.15%
<i>Acacia albida</i>	39	8.00	115.97	87.46	7.31	12%
<i>Acacia macrostachia</i>	2	6.25	83.50	125.80	11.50	1%
<i>Acacia nilotica</i>	3	5.17	72.00	64.50	5.33	1%
<i>Balanites aegyptiaca</i>	21	5.45	81.14	56.87	4.95	7%
<i>Bauhinia rufescence</i>	1	5.00	60.00	94.99	6.00	0.15%
<i>Combretum glutinosum</i>	136	6.53	88.13	106.36	7.60	42.7%
<i>Combretum nigricans</i>	10	6.70	96.20	65.45	4.80	3%
<i>Detarium microcarpum</i>	42	8.55	153.57	200.50	13.00	13.0%
<i>Guiera senegalensis</i>	5	5.80	61.60	72.69	4.80	2.0%
<i>Piliostigma reticulatum</i>	18	5.78	112.39	159.70	10.67	6%
<i>Prosopis africana</i>	30	6.30	166.33	85.88	10.03	9%
<i>Sclerocarya birrea</i>	7	6.86	134.71	111.50	6.57	2%
<i>Ziziphus mauritiana</i>	4	3.88	49.50	78.65	6.00	1%

NAE : Nombre d'arbres par espèce

MHE : Moyenne de Hauteur par Espèce . NPE : Nombre moyen de pixels/ espèce

CS : Contribution Spécifique

MCE : Moyenne de la Circonférence du tronc par Espèce . MSC : Moyenne de la surface des Couronnes par espèce

### Conclusion partielle

L'analyse des résultats montre l'existence d'une bonne corrélation entre le nombre de pixels et la superficie de la couronne des arbres. Ceci signifie que les scènes IKONOS permettent de déterminer le taux de recouvrement et la densité des arbres dans un territoire agricole. Cette étude montre que les capteurs du satellite IKONOS détectent fort bien les arbres. En conséquence les scènes IKONOS sont des données excellentes et recommandables dans le cadre des inventaires de ligneux sur image haute résolution. Il faut cependant noter qu'elles ne sont pas une panacée et ne sauraient donc éliminer les études sur le terrain. Quant à la possibilité de stratification verticale, elle doit faire l'objet d'autres études.

## 4.5. Modèle d'inventaire de ligneux sur image haute résolution

L'inventaire des ligneux sur une image haute résolution nécessite d'abord une stratification pour isoler les zones homogènes. Le calcul du NDVI en utilisant le canal rouge des visibles et du proche infrarouge car, ils ont été développés pour mesurer l'activité photosynthétique et l'indice foliaire. Le NDVI donne une évaluation approximative du taux de recouvrement du sol par la végétation verte ( Baret F. et Guyot G., 1991 ). En suite, il faut appliquer un seuillage par strate afin de prendre en compte l'hétérogénéité de la zone par rapport la structure de la végétation. Etablir les courbes de NDVI en fonction du taux de recouvrement pour avoir une idée des erreurs de seuillage sur l'élaboration de la cartographie automatique. En fin faire une étude de validation sur le terrain sur la base d'échantillons choisis de façon aléatoire dans chaque strate. ( Figure 26)

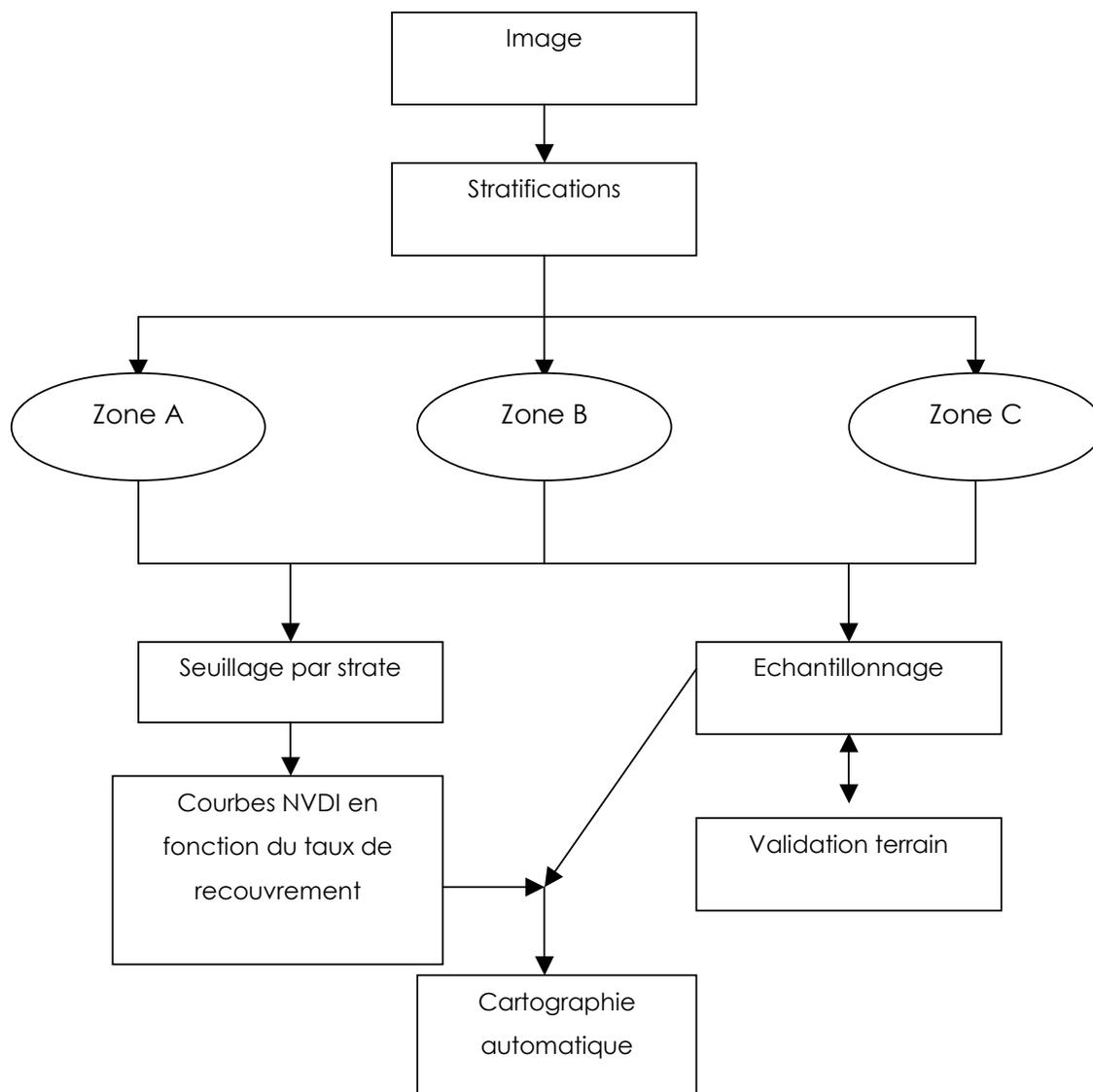


FIGURE 26 : DIFFERENTES ETAPES DE LA CARTOGRAPHIE D'UN PEUPEMENT LIGNEUX SUR UNE SCENE IKONOS

## CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La télédétection apparaît comme une discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour analyser, interpréter, et gérer l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide d'une plate-forme aéroportée ou spatiale

Les résultats présentés dans cette étude ne sont ni complets ni définitifs ni parfaits, ils ont surtout fait ressortir quelques aspects de la démarche et la rigueur méthodologique de l'application de la télédétection aérienne et spatiale dans l'étude de ressources naturelles en général et les ressources ligneuses en particulier.

Cette étude a mis en évidence les contraintes et potentialités d'un inventaire des ligneux sur image haute résolution. Elle a permis d'atteindre les objectifs que nous nous sommes fixés à savoir :

- la stratification des formations végétales sur la photographie aérienne et l'image satellitaire de la zone d'étude ;
- l'évaluation des ressources ligneuses par l'estimation du taux de recouvrement, de la densité des arbres et de la superficie des différentes strates ;
- l'étude de l'évolution et de la dynamique du peuplement ligneux au niveau de la brousse tigrée de 1950 à 2000 ;
- l'étude de la distribution spatiale des arbres dans l'espace agricole ;
- l'appréciation du pouvoir de détection des arbres par le satellite IKONOS.

Ainsi entre 1950 et 2000, nous notons :

- une dégradation quantitative et qualitative de la brousse tigrée et aussi un déplacement des bandes boisées ;
- une disparité des densités des arbres dans l'espace agricole suivant les types, la topographie et l'utilisation du sol ;
- un bon pouvoir de détection du satellite IKONOS ;
- l'élaboration d'un modèle d'inventaire des ligneux sur une image haute résolution.

Ceux ci nous amènent à faire les recommandations suivantes :

- entreprendre des études diagnostiques socio-économiques pour approfondir la connaissance des causes de la dégradation de la brousse tigrée ;
- continuer les recherches pour déterminer le coût de revient d'une telle méthode ;
- Pousser les études pour déterminer les espèces, établir à partir de l'image une relation entre les surfaces des couronnes et les hauteurs en fonction des espèces ;
- faire un inventaire des ressources naturelles en général et assurer leur suivi dans le cadre du SIG en vue d'élaborer un modèle type à l'inventaire de chaque ressource naturelle ;
- faire un diagnostic socio-économique en vue de l'élaboration d'un plan de développement local ;
- étudier les atouts et contraintes à une maîtrise de la subsistance et du renouvellement des ressources naturelles par les habitants du terroir .

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

Achard F. , 1997. Pastoralisme et écosystème forestiers contractés du sud du Niger : ressources fourragères et impact du pâturage sur la forêt. Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens, pp. 15-24.

Ambouta J.M.K., 1984. Contribution à l'édaphologie de la brousse tigrée de l'ouest nigérien. Thèse de doctorat ingénieur, univ. Nancy I, France, pp. 115

Ambouta J.M.K., 1997. Définition et caractérisation des structures de végétation contractée du sahel. Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens, pp 41-57.

Baert F. et Guyot G., 1991. Potentials and limits of of Vegetation indice lof LAI an APAR assessment. Remote Sensing environment, 35, pp.161-173.

Base de données ILRI/ICRISAT – Niamey(2000)

Breman H., 1991. L'élevage et l'exploitation des pâturages au Sahel, la productivité des pâturages sahéliens, pp. 1- 20.

Banari et al.,1995. *Remote Sensing Reviews, Vol 13, pp. 98- 100.*

Bonn F. et Rochon G., 1992. Précis de télédétection volume1, principes et méthodes AUPEL, presse universitaire Québec (Canada).

Cyr L., Bonn F., Pesant A., 1995. Vegetation indice derived form remote sensing for an estimation of soil protection against water erosion. Ecological Modelling : vol. 79, pp. 227-285.

C.D. ISAC,(1996). Cours de Télédétection, SIG et Cartographie. De l'image satellite à la carte

Couteron P., 1994. Relations spatiales entre les individus et structures d'ensemble dans les peuplements ligneux soudano-sahéliens, au nord du Burkina Faso. Thèse de doctorat de l'université Paul Sabatier.

Defourny P., 1988. Méthode d'évaluation quantitative de la végétation ligneuse en région soudano-sahélienne à des données LANDSAT/TM. Apport de la télédétection à la lutte contre la sécheresse, journée scientifique UREF-AUPELF,Dakar, pp 63 -74.

Defourny P., 1989. Etude dynamique de la végétation ligneuse en région soudano-sahélienne (Bourkina Fasso) à partir des données de LANDSAT MSS photo-interprétation, no2-4.

Defourny P., 1994. Suivi et évaluation de la végétation ligneuse en région tropicale sèche Burkina Faso. Télédétection de l'environnement dans l'espace francophone, pp. 248-264.

Decade, 1984. Cartographie et développement mémento de cartographie à l'usage de la planification et de l'aménagement. Ministère des relations extérieures, coopération et développement, pp.181.

Djietege M.A et Deming de Vries F.W.T, 1991. Productivité des pâturages sahéliens : Etude des sols, des végétations et l'exploitation de ces ressources naturelles, pp. 527.

ESRI, 1995. Using ArcView GIS the geographic System for Evreryone.

FAO-UNEP,1980. global environment monitoring system pilot projet on tropical foerst cover monitoring Bénin, Cameroon, Togo, Rome, pp. 95.

d'Herbes J.M. et Ichaou A.,1997 Productivité comparée des formations structurées et nom structurées dans le Sahel nigérien. Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens, pp. 119 -130.

d'Herbes J.M., et Valentin C. 1997. La brousse tigrée au Niger : Synthèse des connaissances acquises. Hypothèse de genèse et les facteurs déterminant les différentes structures contractées. Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens, pp.131 -152.

Hamani S., 2001. Cours de Télédétection 35 P Module gestion de l'environnement

Helden, U. ,1987. An assessment of woody biomas, commuty forest, land use and soil erosin in Ethiopia.A feasibility study on the use of remote sensing and GIS analysis for planing purpuses in developing countries .Land studies in geographysweden ,pp.75 .

Halfield,J et Asrar et E.Kanemasu 1984. intercepted photosynthetically active radiation estimeted by spectral reflectance. remote sensing of environment Vol14, pp 65-75.

Hiernaux P., 2000. The soils in villages lands in western Niger, Opportunities and constraints for rural development, pp.20.

Hugues D. et De leener P, 1993. arbres et agricultures multi-étagées d'Afrique, pp. 277.

Intranet ICRISAT – Niamey(2001)

Landy J.P.1973.Techniques récentes en matière d'évaluation des ressources forestière. Bois et Foret des tropiques, No 147,pp 35 – 45.

Lavenu,F.,F.Blasco et A.Podaire,1987. Etude des formations des savanes dans la zone soudanienne : Le secteur nord-ouest du parc de la comoc (Cote d'ivoire) coll spot1 utilisation des images ,bilan et résultats, paris , pp 429-441.

Mahamane A., 2001. Cours de cartographie, module gestion de l'environnement, pp.48.

N.A.S.A., site internet : <http://geo.arc.nasa.org>.

Nonguierma A., 2001. Cours SIG module Gestion de l'environnement,pp. 25.

Oloson K.,1985. Remote sensing for fuelwood ressources and land degredation studies in Kodofan,the Sudan.Lund studies in geography, pp. 182.

Pain.M,1982. Cartographie des formations végétations de la république du Sénégal par télédétection. In actes du symposium international, soc.int.de photogrammétrie et de télédétection Toulouse, pp. 443-449.

RGP,1992. recensement général de la population, 1988. Analyse des données définitives .L'état de la population. Ministère de l'économie et des finances, Niamey (Niger), pp.114.

Saadou M., 2001. Cours d'inventaire des ligneux :Module protection de l'environnement

Seller,a et L. Charbonneau,1988.Canopy reflectance,. phosynthesis and trapiration. the role of boiphysics in the linearity of theirin interdependance.remote sensing of environment Vol21,pp143-183

Sidi O.M,2001. SIG et cartographie du sol en vue de l'aménagement des terroirs :Exemple de Ticko et Bogojoto (Torodi, Niger) .Mémoire de DESS, CRESA, Faculté d'agronomie, université Abdou Moumouni Djofo de Niamey (Niger). pp 56.

Sidikou H.A., 1997. Droit d'usage traditionnel locaux et demande extérieure des populations urbaines au Niger. Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens, pp 3 - 14.

Somé.Y.S.C, 2000. Evaluation et suivi des plans d'eau de surface par télédétection dans le bassin de louloumbia au Burkina Faso. Mémoire de DESS, CRESA, Faculté d'agronomie, université Abdou Moumouni Djofo de Niamey (Niger).