

Drylands Research Working Paper 21

**RÉGION DE DIOURBEL : CARTOGRAPHIE
DES CHANGEMENTS D'OCCUPATION-
UTILISATION DU SOL DANS LA ZONE
AGRICOLE DU SENEGAL OCCIDENTAL**

**Magatte Ba, Massaer Mbaye, Samba
Ndao, Almamy Wade, Lamine Ndiaye**

2000

Drylands Research
Crewkerne
Somerset TA18 8BJ
Royaume-Uni

Centre de Suivi Ecologique
BP 15 523, Dakar-Fann
Sénégal

Ce document a été présenté pour la première fois à l'Atelier sur les rapports entre politiques gouvernementales et investissements paysans dans les régions semi-arides, tenu à Bambey et Dakar (Sénégal) du 12 au 14 janvier 2000.

Les recherches présentées dans le présent document de travail s'inscrivent dans le cadre d'une étude sur les **Rapports entre les politiques gouvernementales et les investissements paysans en Afrique semi-aride**, financée par le Programme de recherche sur les politiques en matière de ressources naturelles du Department for International Development (DFID), ministère britannique du développement (Projet R 7072 CA). Les informations fournies et opinions exprimées n'engagent en aucune manière le DFID.

ISSN 1470-9384

© Drylands Research 2000

Mise en page: Drylands Research. Impression: Press-tige Print, Crewkerne.

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, stockée dans un système de recherche documentaire ni transmise sous une forme ou par un moyen quelconque (électronique, mécanique, photocopie, enregistrement ou autre) sans l'autorisation préalable et écrite de l'éditeur.

Préface

Les documents de travail du groupe Recherche sur les zones semi-arides présentent en version préliminaire les résultats d'études entreprises en association avec des chercheurs et institutions partenaires.

Le présent document de travail s'inscrit dans le cadre d'une étude visant à établir les liens entre modifications à long terme de l'environnement, croissance démographique et évolutions technologiques, et à repérer les politiques et les institutions aptes à favoriser un développement durable. Cette étude se situe dans le prolongement d'un projet entrepris par l'Overseas Development Institute (ODI) dans le district de Machakos, au Kenya, dont les résultats préliminaires ont été publiés par l'ODI en 1990-1991 dans une série de documents de travail. Ces travaux ont également donné lieu à un ouvrage (Mary Tiffen, Michael Mortimore et Francis Gichuki, *More people, less erosion: environmental recovery in Kenya*, John Wiley, 1994), présentant une synthèse et une interprétation de la dynamique du développement physique et social à Machakos. Cet ouvrage fait état d'un ensemble d'hypothèses et de recommandations en matière de politiques qu'il est nécessaire de tester dans d'autres milieux semi-arides de l'Afrique. A l'aide de méthodologies compatibles, quatre études ont été parallèlement menées dans les pays suivants:

Kenya	District de Makueni	
Sénégal	Région de Diourbel	(en association avec l'ISRA et le CSE)
Niger	Département de Maradi	(en association avec l'ODI)
Nigeria	Région de Kano	(en association avec l'ODI)

Une série de documents de travail et une synthèse seront produites pour chaque étude et passées en revue dans le cadre d'ateliers nationaux. La synthèse générale sera examinée à l'occasion d'un atelier international organisé à Londres en l'an 2001.

Dans la série consacrée au Sénégal, les auteurs se sont penchés sur les évolutions à long terme de l'agriculture et du monde rural pour établir des liens entre celles-ci et les investissements consentis par les petits exploitants dans la région de Diourbel au cours de la période 1960-1999.

M. Michael Mortimore est Responsable des recherches. Il est assisté par son collègue Mme Mary Tiffen. Le Chef de l'équipe sénégalaise est M. Abdou Fall, de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA). Ils peuvent être contactés aux adresses suivantes:

Michael Mortimore
Cutters Cottage, Glovers Close, Milborne Port
Somerset DT9 5ER, UNITED KINGDOM

Mary Tiffen
Orchard House, Tower Hill Road,
Crewkerne, Somerset TA18 6BJ,
UNITED KINGDOM

Courrier électronique:
mikemortimore@compuserve.com
mary@marytiff.demon.co.uk

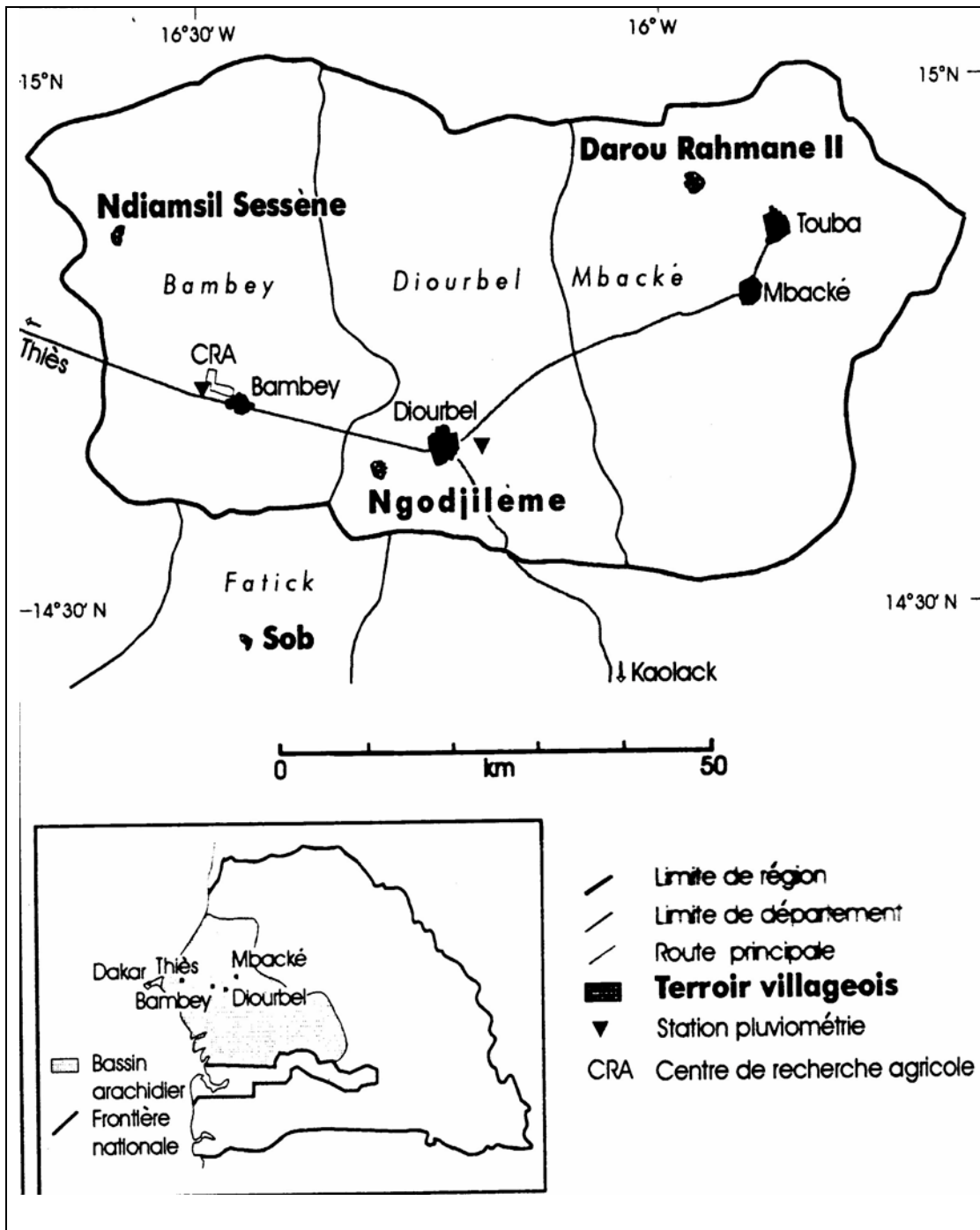
Abdou Fall
ISRA
BP 3120
Dakar
SENEGAL

Courrier électronique :
abdoufal@isra.refer.sn

Site web:

www.drylandsresearch.org.uk

Carte



Résumé

Abstract

[Abstract continued]

SOMMAIRE

1	LE CONTEXTE ET LES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	1
2	ACQUISITION DES DONNÉES DE BASE	2
2.1	L'imagerie satellite Spot	2
2.2	Les photographies aériennes	3
3	LES MISSIONS DE TERRAIN	3
3.1	Les travaux préliminaires sur le terrain	4
3.2	La mission de cartographie des terroirs	4
4	LA CONSTITUTION DE LA LÉGENDE DÉFINITIVE	5
5	LA PHOTO-INTERPRÉTATION ET LA NUMÉRISATION	9
5.1	La photo-interprétation et la création de la mosaïque	9
5.2	La numérisation et la transformation des fichiers	9
6	LE TRAITEMENT D'IMAGES	10
6.1	Rectification géométrique	10
6.2	Classification des images Spot	11
6.3	Les traitements interactifs à l'écran	11
7	LA VALIDATION ET LES CORRECTIONS	12
8	RÉSULTATS CARTOGRAPHIQUES	13
8.1	Les produits cartographiques	14
8.2	Les résultats statistiques	14
9	PROBLÈMES RENCONTRES	31
10	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	32
	ANNEXE 1 : COMMENTAIRES SUR LES CARTES (FIGURES 2-7) : CHANGEMENTS SIGNIFICATIFS AYANT ÉTÉ IDENTIFIÉS AU NIVEAU DE L'UTILISATION DES TERRE	33
	ANNEXE 2 : NOTICE EXPLICATIVE DES CARTES AU 1/50 000 ET ANALYSE DES PROFILS DE CHANGEMENTS	36
	ANNEXE 3 : STATISTIQUES MULTIDATES DE L'OCCUPATION- UTILISATION DU SOL DES DÉPARTEMENTS DE BAMBEY ET DE DIOURBEL	41
	SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES	44

Sigles et acronymes

AAT :	<i>Arc Attribute Table</i>
AOF :	Afrique Occidentale Française
CERP:	Centres d'Expansion Rurale Polyvalents
CNRA :	Centre National de Recherche Agricole
DAT :	Direction de l'Aménagement du Territoire
DTGC :	Direction des Travaux Géographiques et Cartographiques
ENCR :	Ecole Nationale des Cadres Ruraux
GPS :	<i>Global positioning system</i>
IGN :	Institut Géographique National (France)
JICA :	Japan International Co-operation Agency
KJ :	Rows and columns in the Spot orbit [AG : Please translate into French]
PAT :	<i>Polygone Attribute Table</i>
SEIB:	Société d'exploitation industrielle du Baol
SGN :	Service Géographique National (Sénégal)
SIG :	Système d'Information Géographique
SONACOS:	Société Nationale de Commercialisation des Oléagineux du Sénégal
STA :	Science et Techniques Agricoles
UTM :	<i>Universal Transverse Mercator</i>

1 LE CONTEXTE ET LES OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le projet de recherche sur *les interrelations entre les politiques nationales et les investissements paysans des régions semi-arides d'Afrique* a été exécuté en partenariat avec l'institution Drylands Research sise en Grande Bretagne, l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA), le Centre de Suivi Ecologique (CSE) et divers chercheurs. Il se situe dans le prolongement d'une étude entreprise par l'*Overseas Development Institute* (ODI), dans le district de Machakos au Kenya, sur le rôle des investissements publics et privés dans la transformation positive de la productivité et la durabilité des petites exploitations agricoles (Tiffen *et al.*).

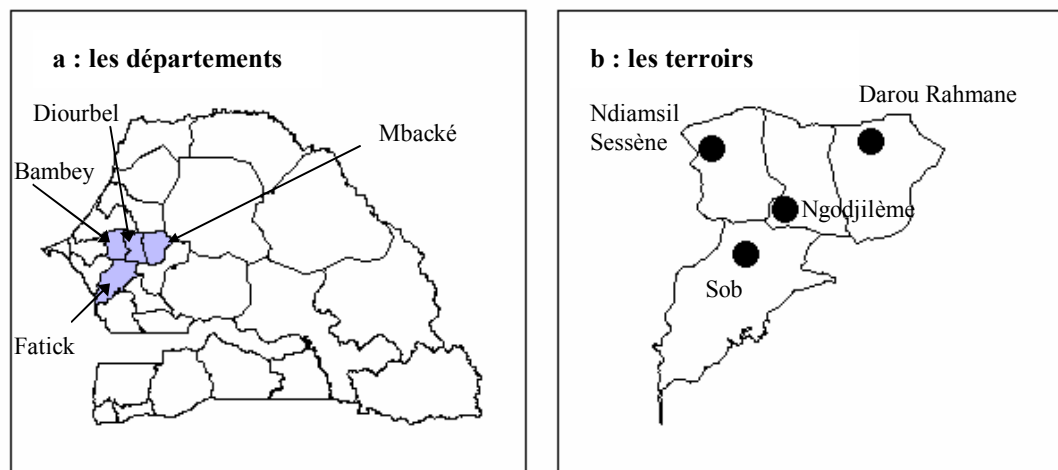
Sur l'instigation de Drylands Research, l'harmonisation des méthodes est recherchée dans divers pays analogues, afin de permettre des comparaisons avec les résultats obtenus par cette étude de référence réalisée en 1990.

Au Sénégal, dans le centre du bassin arachidier, les changements intervenus au cours de plusieurs décennies sont étudiés, pour comprendre et promouvoir les politiques nationales susceptibles de faciliter l'amélioration de l'environnement et l'augmentation des revenus paysans. La construction des profils de changement a reposé sur la valorisation des sources d'information clé et des données de terrain.

L'étude a porté sur les départements de Bambey et de Diourbel qui ont été définis comme un domaine d'application, suite à une discussion approfondie au sein du groupe de recherche et des investigations qui ont été menées sur le terrain. A l'échelle locale, quatre terroirs villageois ont été sélectionnés en guise de témoins (figure 1) :

1. Darou Rahmane, situé dans le département de Mbacké
2. Sob, département de Fatick
3. Ndimasil Sessène, département de Bambey
4. Ngodjilème, département de Diourbel

Figure 1 : Carte de situation



Il a été vérifié, au delà des critères géographiques, que les recherches antérieures qui portent sur ces zones permettent l'analyse des évolutions pendant plusieurs décennies.

L'intervention du CSE s'inscrit dans ce besoin de connaissance des changements dans l'occupation-utilisation du sol par la cartographie multidate à l'aide de l'imagerie satellitale et des photographies aériennes. Conformément aux finalités du projet, elle doit faciliter et améliorer le processus de prise de décision en matière d'investissement dans le secteur clé de la gestion des ressources naturelles.

Dans ce sens, il s'est agi de réaliser la carte de l'occupation-utilisation du sol des deux départements de Diourbel et Bambey à l'échelle moyenne du 1/50 000 pour les années 1954, 1978 et 1999, d'une part, et celle de quatre terroirs agricoles identifiés dans la zone, à l'échelle du 1/10 000 pour les années 1954, 1978 et 1989, d'autre part (cf. carte de situation). Ces dates de représentation ont été déterminées sur la base d'un compromis entre les objectifs d'étude des changements dans l'espace rural et la disponibilité des sources photographiques.

En définitive, une cartographie évolutive et une évaluation quantitative de l'occupation-utilisation du sol est proposée à travers l'outillage du Système d'information géographique (SIG), pour une appréhension raisonnée des modifications de l'espace rural.

2 ACQUISITION DES DONNEES DE BASE

Après le lancement du projet, l'équipe d'exécution du CSE s'est attelée à réunir la documentation et les données de base nécessaires à la réalisation des produits (voir bibliographie).

Les cartes topographiques au 1/200 000 et au 1/50 000 ont été acquises auprès de la DTGC en vue de la numérisation des éléments cartographiques de base, des travaux de terrain et de l'exploitation des données-images. Les cartes des communautés rurales des départements de Diourbel, Bambey et Mbacké, ainsi que celles des unités administratives du Sénégal au 1/1 000 000, ont été collectées auprès de la Direction de l'Aménagement du Territoire (DAT), pour les besoins du terrain.

2.1 L'imagerie satellite Spot

Pour atteindre les objectifs de cartographie actualisée, il est important de procéder à un choix judicieux des images. Le choix a porté sur l'imagerie Spot, caractérisée par une résolution spatiale de *10 mètres* dans le *mode panchromatique* et de *20 mètres* dans le *mode multispectral*, donc appropriée à la cartographie à l'échelle moyenne du 1/50 000. Spot présente une grande flexibilité d'acquisition sur l'ensemble du pays. La scène a une taille moyenne de 60 x 60 kilomètres.

On sait que la précision des images Spot est nettement améliorée par la combinaison des

images XS et P, mais compte tenu de l'échelle, et pour des raisons de coût il n'a pas été utile de mettre en œuvre cette méthode en mobilisant les deux types images. Ainsi, il a été décidé l'achat de deux images Spot XS (multibande) correspondant à la scène KJ 022-320 mais dont le *Shift Along Track* (SAT)¹ permet de couvrir presque entièrement les deux départements de Bambey et Diourbel. Elles ont été acquises par l'instrument HRV1 les 21 janvier et 5 février 1999, c'est-à-dire à une période de début de saison sèche.

En attendant que les données Spot soient livrées, une image Landsat TM de 1994 disponible dans la base de données du CSE a été traitée et exploitée, afin de permettre d'avoir des *drafts* de compositions colorées susceptibles de ressortir l'habitat rural et l'état des paysages. Cette image a été utilisée par la suite pour combler un petit secteur non couvert par les scènes Spot à l'ouest de département de Bambey ; ceci par procédures de *mosaïquage* et de *rééchantillonnage*.

2.2 Les photographies aériennes

Les seules sources disponibles pour la cartographie de l'occupation du sol à des dates reculées sont les photographies aériennes ; les premiers enregistrements des satellites d'observation de la terre datent de 1972. C'est à l'analyse de la disponibilité de ces données de base, en fonction des objectifs de connaissance des changements de la surface du sol dans la région agricole du bassin arachidier, que les datent de 1954, 1978 et de 1999 ont été retenues pour la cartographie des départements et celles de 1954, 1978 et 1989 pour la cartographie des terroirs.

La couverture complète des départements de Bambey et Diourbel a nécessité l'assemblage de 104 photos pour 1954 (mission AOF de l'IGN, échelle 1/50 000) et 70 photos pour 1978 (mission IGN, 1/60 000). La cartographie des terroirs a été réalisée à partir de ces sources ainsi que des photographies prises en 1989 (mission JICA-SGN, 1/60 000).

En définitive, l'exploitation de la documentation et des données de terrain a permis de définir une nomenclature de base pour la cartographie de l'occupation-utilisation du sol aux échelles du 1/50 000 et du 1/10 000. Elle a été structurée selon de grandes rubriques en vue d'une analyse plus détaillée sur le terrain.

3 LES MISSIONS DE TERRAIN

Les travaux de terrain ont commencé avec une mission de coordination et de reconnaissance de la zone d'étude avec les partenaires de l'institution Drylands Research.

¹ *Shift Along Track* : ajustement en latitude des images, de degré 9 pour celle de janvier et 3 pour celle de février. La scène KJ 022-322 ne cadrant pas exactement sur la zone d'étude, il a fallu demander des données images dont les ajustements selon la trace au sol du satellite permettent de couvrir la région du nord et le sud sans interruption.

Ils se sont poursuivis avec une équipe plus restreinte du CSE. Une deuxième mission s'est intéressée spécifiquement à la cartographie des terroirs.

3.1 Les travaux préliminaires sur le terrain

La première mission s'est déroulée du 3 au 11 Mars 1999. L'équipe a travaillé à la réalisation des objectifs suivants :

- la reconnaissance des paysages en vue de l'interprétation des photographies aériennes et de l'image Spot ;
- la prise de points au GPS² en vue du redressement de l'image et de la localisation précise des sites visités ;
- la confrontation de la nomenclature prédéfinie aux données de terrain et aux photographies aériennes ;
- la prise de contact et la documentation auprès des agents à la base (CERP), des leaders et des populations des terroirs ciblés par le projet.

Des entretiens avec les populations ont également eu lieu de façon formelle (discussion avec les populations dans la place publique) ou informelle (discussions avec des personnes rencontrées). Ces entretiens ont permis de mieux comprendre que les populations rurales ont vraiment pris conscience de la dégradation des paysages et des risques d'accentuation du phénomène. Elles soulignent au niveau des responsabilités la part importante des actions anthropiques auxquelles s'ajoutent les effets du climat. Les solutions préconisées par les populations, bien que souvent en contradiction avec leurs actions de tous les jours sur les paysages restent pertinentes et variées.

La reconnaissance des paysages s'est effectuée sous forme de transects effectués dans les départements de Bambey et Diourbel. Chaque transect traversait plusieurs formes d'occupation et d'utilisation de l'espace : champs, terres de parcours du bétail, jachères, zones boisées, mares, etc.

3.2 La mission de cartographie des terroirs

La collecte des données sur le terrain repose sur un double travail d'interprétation des photos les plus récentes (1989) des quatre terroirs villageois sélectionnés et de contrôle sur site des éléments du paysage les plus caractéristiques.

Pour l'**occupation des sols**, les éléments caractéristiques sont :

- les zones cultivées, les jachères, les bosquets...
- l'habitat, pistes...
- les bas fonds, les mares...
- les infrastructures (principalement les forages).

² Système de positionnement global par satellite.

Pour le **parcellaire**, les unités ont été identifiées sur les photos aériennes à partir de leurs formes plus ou moins régulières et se distinguent surtout par la végétation naturelle qui marque les lisières des champs ou par des clôtures en haies vives (*Euphorbia balsamifera*).

Les éléments du paysage qui n'existaient pas au moment des prises de vue aériennes ont été relevés au GPS. Également, il a été procédé au relèvement des limites du terroir par GPS avec l'aide des populations locales qui connaissent mieux que quiconque les terroirs en question. Cependant, il faut préciser que ces limites recueillies en vue de la cartographie sont indicatives et n'ont aucune valeur juridique.

4 LA CONSTITUTION DE LA LEGENDE DEFINITIVE

La légende initiale qui repose sur une nomenclature de base établie par la commission de l'Occupation du sol du CSE a servi de canevas d'interprétation des photographies aériennes (1954, 1978 et 1989³) et de l'image Spot (1999).

La légende qui a été adoptée pour la cartographie des départements et des terroirs a procédé d'une approche concertée des experts du CSE impliqués dans le projet, qui ont tenu compte des données de base et des éléments de terrain. Elle a été soumise à coordonné avec l'étude de la végétation (Sadio, 2000).

Les unités de légende des cartes d'occupation du sol de la zone d'étude ont été examinées de manière exhaustive, mais des ajustements ont été nécessaires pour coller au contexte des trois dates de représentation.

³ Les photos de 1989 concernent seulement la cartographie à grande échelle des terroirs.

Tableau 1 : Recherche de nomenclature sur l'occupation-utilisation du sol dans la région de Diourbel

Légende initiale (connaissances générales)	Légende 1954 (photos aériennes au 1/50 000)	Légende 1978 (photos aériennes au 1/60 000)	Légende 1999 (image spot XS)
<p><i>1. Voies de communication</i> 11- Route bitumée 12- Piste principale 13- Piste secondaire 14- Voie ferrée</p>	<p><i>1. Voies de communication</i> 11- Route principale 12- 13- Route secondaire revêtue 14- Route secondaire non revêtue 15- 16- Piste principale 17- Piste secondaire 18- Chemin de fer 19- Piste de bétail</p>	<p><i>1. Voies de communication</i> 11- Route principale 12- 13- Route secondaire revêtue 14- Route secondaire non revêtue 15- 16- Piste principale 17- Piste secondaire 18- Chemin de fer 19- Piste de bétail</p>	<p><i>1. Voies de communication</i> 11- Route principale 12- 13- Route secondaire 14- 15- 16- Piste 17- 18- Chemin de fer 19- Piste de bétail</p>
<p><i>2. Limites administratives</i> 21- Limite de région 22- Limite de département 23- Limite d'arrondissement</p>	<p><i>2. Limites administratives</i> 21- Limite de région 22- Limite de département 23- Limite d'arrondissement</p>	<p><i>2. Limites administratives</i> 21- Limite de région 22- Limite de département 23- Limite d'arrondissement</p>	<p><i>2. Limites administratives</i> 21- Limite de région 22- Limite de département 23- Limite d'arrondissement</p>
<p><i>3. Zones d'habitation</i> 31 - Villes et villages (contours)</p>	<p><i>3. Zones d'habitation</i> Villes et villages, avec différenciation typographique des noms de : - Chef lieu de département - Chef lieu d'arrondissement - Chef lieu de communauté rurale - Autres villages</p>	<p><i>3. Zones d'habitation</i> Villes et villages, avec différenciation typographique des noms de : - Chef lieu de département - Chef lieu d'arrondissement - Chef lieu de communauté rurale - Autres villages</p>	<p><i>3. Zones d'habitation</i> Villes et villages, avec différenciation typographique des noms de : - Chef lieu de département - Chef lieu d'arrondissement - Chef lieu de communauté rurale - Autres villages</p>

<p><i>4. Infrastructures</i> 41. Usine 42. Centre de recherche Agricole (CNRA) 43. Centre de santé 44. Etablissement scolaire</p> <p><i>5. Mise en valeur sur savane arborée / arbustive</i> 51. Cultures pluviales 52. Complexe cultural (pluvial associé aux jachères/ parcours) 53. Zone de parcours du bétail (friche / jachère) 54. Cultures maraîchères et fruitières des vallées 55. Reboisement</p> <p><i>6. Végétation naturelle sur savane arborée / arbustive</i> 61. Savane arborée dense 62. Savane arborée / arbustive claire 63. Formation végétale des mares (buissons) 64. Bois villageois 65. Friche / jachère ancienne</p> <p><i>Autres</i></p>	<p><i>4. Infrastructures</i> 42. Centre National de Recherche Agricole (CNRA)</p> <p><i>5. Zone agricole</i> 51. Cultures pluviales sous parc arboré plus ou moins dense 54. Cultures maraîchères et fruitières</p> <p><i>6. Zone non cultivée / zone de parcours du bétail</i> 61. Savane boisée des bas-plateaux non cultivés 62. Savane arborée des bas-plateaux et vallées non cultivés 63. Formation complexe des bas-fonds et zones dépressionnaires 65. Jachères 66. Formation arbustive à arborée des vallées et cuvettes non cultivées</p> <p><i>Autres</i> Cours d'eau temporaire</p>	<p><i>4. Infrastructures</i> 41. Complexe industrielle (SEIB) 42. Centre National de Recherche Agricole (CNRA) 44. Ecole Nationale des Cadres Ruraux (ENCR)</p> <p><i>5. Zone agricole</i> 51. Cultures pluviales sous parc arboré plus ou moins dense 54. Cultures maraîchères et fruitières</p> <p><i>6. Zone non cultivée / zone de parcours du bétail</i> 61. 62. Savane arborée des bas-plateaux et vallées non cultivés 63. Formation complexe des bas-fonds et zones dépressionnaires 65. Jachères 66. Formation arbustive à arborée des vallées et cuvettes non cultivées</p> <p><i>Autres</i> Cours d'eau temporaire</p>	<p><i>4. Infrastructures</i> 41. Complexe industrielle (SEIB/SONACOS) 42. Centre National de Recherche Agricole (CNRA) 44. Ecole Nationale des Cadres Ruraux (ENCR)</p> <p><i>5. Zone agricole</i> 51. Cultures pluviales sous parc arboré plus ou moins dense 54. Cultures maraîchères et fruitières</p> <p><i>6. Zone non cultivée / zone de parcours du bétail</i> 62. Savane arborée des bas-plateaux et vallées non cultivés 63. Formation complexe des bas-fonds et zones dépressionnaires 65. Jachères 66. Formation arbustive à arborée des vallées et cuvettes non cultivées</p> <p><i>Autres</i> Vallée asséchée</p>

--	--	--	--

NB : Les chiffres correspondent à la codification cartographique des thèmes.

5 LA PHOTO-INTERPRETATION ET LA NUMERISATION

La photo-interprétation et la numérisation ont été des tâches particulièrement laborieuses en raison du grand nombre de photos et de la diversité des sources.

5.1 La photo-interprétation et la création de la mosaïque

L'interprétation, effectuée sur des transparents superposés aux photos, commence par la collecte des informations préliminaires telles que le nadir, le numéro du couple, les limites de la zone centrale à interpréter, les marges de recouvrement avec le prochain couple de photos et les points de repère pour l'élaboration de la mosaïque. La localisation précise des unités d'occupation du sol qui ont été identifiées pendant la phase de terrain (GPS et cartes topographiques) a permis d'avoir des échantillons de description enrichissant les clefs d'interprétation. L'interprétation de certaines photos a nécessité plusieurs passages du fait de la faiblesse du contraste ou de la complexité des thèmes.

La phase d'assemblage des transparents est complexe parce que les différentes déformations des photographies aériennes créent des jeux entre les calques et entre les bandes. Pour minimiser les erreurs, nous avons choisi de nous fier aux repères et aux unités situés vers le centre de la photo. Ce procédé est utilisé aussi bien pour l'élaboration des bandes que pour leur assemblage ou *mosaïque*. Une fois la mosaïque achevée, le produit est par la suite repris sur un seul film transparent avec lequel sera effectuée la numérisation.

5.2 La numérisation et la transformation des fichiers

La numérisation est un système de conversion des informations analogiques dans un code numérique identifiable par un ordinateur. Elle peut s'appliquer directement sur les cartes et images.

La transformation des résultats d'interprétation en mode numérique permet d'opérer plusieurs exploitations : transferts d'échelle, calculs de superficie, analyse des relations (juxtaposition, voisinage, liaisons entre polygones lignes et points...).

La numérisation a commencé par le choix d'un nombre important de points de repère (appelés tics) bien répartis sur la mosaïque de photos de 1954 et 1978. Pour que ces repères puissent être retrouvés sur les cartes topographiques au 1/50 000, ils doivent correspondre à des points remarquables tels les intersections de routes et de pistes. Des transformations successives du fichier sont effectués par calculs pour éliminer les points non satisfaisants. Par ce processus itératif d'élimination de tics et de reprise de la transformation, une marge d'erreur satisfaisante pour la cartographie au 1/50 000 a été recherchée et obtenue.

L'édition des cartes à l'écran offre la possibilité de modifier les arcs et les points, d'ajouter ou de supprimer des labels, de créer des champs. Selon le principe du système

Arc/Info, chaque thème de la légende est représenté par une couverture. Les sous thèmes (exemple « type de route ») sont représentés par des codes. Les informations relatives au réseau routier, aux limites administratives et aux localités sont tirées des cartes topographiques disponibles. La codification a suivi la norme élaborée par le CSE pour l'alimentation de la base de données.

La diversité des logiciels pouvant servir à la réalisation d'une carte conduit ipso facto à une transformation des fichiers. Les couvertures étant numérisées en coordonnées *inch*, il a fallu par la suite les transformer toutes en coordonnées UTM (*Universal Transverse Mercator*).

Les cartes de base numérisées pour les besoins de cartographie ancienne et actualisée sont indiquées dans la bibliographie. Cinq couvertures ArcInfo ont été créées à partir de chacune de ces cartes de base :

- limites administratives : limites d'arrondissement, de département et de région ;
- localités : constitution d'un label correspondant au nom de chaque localité ;
- réseau de communication : les paramètres descriptifs (type, praticabilité) sont codifiés ;
- réseau hydrographique ;
- topographie : courbes de niveau et points cotés.

Toute l'opération de numérisation et de correction des couvertures est faite avec le logiciel ArcInfo. Après le nettoyage des couvertures (suppression de certains arcs, raccordement) vient la phase de création des tables d'attributs (*AAT*, *PAT*) et de la topologie (fonctions *build* et *clean*). La légende est ensuite organisée en vue de la composition de la carte finale. Il s'agit pour cela de préciser l'ordre de superposition des couvertures et des thèmes.

6 LE TRAITEMENT D'IMAGES

Trois modes de traitements ont été appliqués à nos données images : les redressements, les classifications supervisées et les traitements interactifs à l'écran.

6.1 Rectification géométrique

Elle consiste à ramener une prise de vue spatiale à une norme de coordonnées cartographiques. Pour y parvenir, il y a lieu de choisir un ensemble de points de contrôle sur l'image et sur une carte topographique ou avec un GPS. Les points à utiliser auront la particularité d'être sur des croisements très nets permettant une localisation au pixel près.

Pour la présente étude l'ensemble des points sont pris au GPS et corrigés par le mode différentiel à l'aide de la station de base du CSE et d'un logiciel spécifique. Deux types de redressements ont été effectués : celui appliqué à l'image Spot et aux résultats de

numérisation des départements et celui des couvertures portant sur les terroirs. Pour ces derniers redressement l'opération a été plus complexe en raison du nombre de couvertures et de la difficulté de la localisation des points-amers dans les limites des terroirs.

6.2 Classification des images Spot

La classification consiste à rendre structurés et plus lisibles les éléments épars d'une prise de vue. Il s'agit en effet de regrouper les thèmes recherchés dans une grille de lecture plus conviviale. Le résultat attendu est donc une carte thématique. La classification de l'image satellite est basée sur un fichier statistique issu de la lecture des valeurs physiques de la signature spectrale des objets. La reconnaissance de ces derniers sur une composition colorée permet de définir des aires d'entraînement sur lesquels sont appliquées les algorithmes de classification⁴ : c'est la classification supervisée, qui requiert une bonne connaissance du milieu physique et une bonne interprétation de l'image.

L'image Spot XS a fait l'objet de traitements classiques (redressement, composition colorée, classification supervisée) afin de dégager les différents thèmes de l'occupation-utilisation du sol. Les résultats obtenus ont été minutieusement examinés et confrontés d'une part aux diverses données cartographiques et, d'autre part, à la réalité du terrain.

Cependant, des écarts ayant été constatés sur le terrain ainsi que des problèmes d'harmonie par rapport aux cartes issues de la photo-interprétation, il a été nécessaire de procéder à des traitements interactifs qui combinent la numérisation à l'écran et la classification sélective.

6.3 Les traitements interactifs à l'écran

Ces traitements concernent aussi bien l'image Spot de 1999 que les photographies aériennes acquises à différentes dates sur les terroirs étudiés.

En ce qui concerne l'image satellite, l'affichage d'une composition colorée, qui est un mélange additif des couleurs, permet de délimiter directement les unités homogènes reconnues et de constituer successivement les couvertures thématiques. Mais la classification n'a pas été abandonnée pour autant, car de nombreuses limites ont été ajustées ou créées par découpage en classe à l'intérieur des polygones. C'est le cas des affinements opérés dans la délimitation de l'habitat et l'éclatement des thèmes selon la plus ou moins grande densité de la couverture végétale des zones non cultivées.

Les photographies aériennes quant à elles, ont fait l'objet de plusieurs tests de scannage pour être disponibles en format numérique de qualité. Toutes les cartes de terroirs ont été réalisées sur cette base numérique par procédures d'affichages à l'écran, d'édition et de codification.

⁴ Pour chaque classe-résultat, il existe une synthèse des valeurs minimales et maximales et une matrice de covariance.

Le traitement interactif à l'écran requiert une grande capacité de synthèse visuelle, même pour les images en noir et blanc (panchromatiques). En plus de l'interprétation visuelle, la confrontation du résultat aux aires dont les coordonnées ont été prises sur le terrain avec un GPS est une étape déterminante. Une fois la satisfaction obtenue au bureau, il est indispensable de voir sur le terrain la réalité des thèmes et la pertinence des délimitations. C'est ainsi que des numérisations de second niveau ont été opérées après vérification et validation scientifique des produits.

7 LA VALIDATION ET LES CORRECTIONS

Pour des raisons d'objectivité une mission de vérification des produits primaires a été effectuée sur le terrain d'étude par une personne compétente et étrangère à leur réalisation. Dans le même temps, des analyses comparées ont été faites à l'échelle des terroirs et des points-amers ont été saisis au GPS pour les corrections géométriques.

Conformément à la méthode de validation qui a été conçue pour vérifier les différents thèmes reconnus sur la carte des départements, quatre transects ont été parcourus durant la mission. Les coordonnées de quelques points sur les transects identifiés sur la carte ont été relevées afin de confronter les thèmes cartographiques et la réalité géographique.

Cette confrontation a permis de relever les problèmes suivants au niveau de la classification :

- une confusion entre les *jachères* et *zones de cultures* d'une part, et entre *savane arborée* et *zones de cultures* d'autre part ;
- une représentation exagérée de *l'habitat rural* entre les villes de Bambey et de Diourbel du fait des teintes affectées aux localités ;
- certains éléments pris pour des *mares* sont identifiées sur le terrain comme des *habitations* ;
- des *zones de parcours* sont également considérées comme des *jachères* ; leur différenciation n'est certaine qu'à partir d'une enquête auprès des populations.

Suite aux vérifications de terrain, l'équipe de validation a suggéré la reprise de la classification en regroupant certains thèmes comme par exemple, *zone cultivée* et *savane arborée*. En effet, la discrimination qui a été tentée entre ces deux grands thèmes n'a pas été concluante en raison notamment de la complexité radiométrique des pixels de télédétection dans les paysages agraires du Centre-Ouest.

La recherche des points de calage sur les terroirs a été particulièrement fastidieuse, car il n'a pas été évident de trouver des amers pour la géoréférenciation des cartes issues des photos anciennes. En effet les pistes et les carrefours qui semblent être plus pertinents dans ce genre d'exercice ne sont pas toujours les mêmes sur les cartes se rapportant à différentes dates.

Si au niveau des terroirs de Sob et de Ndiamsil Sessène , les points de calage ont été plus faciles à trouver, en revanche la recherche de repères sur les terroirs de Darou Rahmane et de Ngodjilème a pris beaucoup plus de temps et a donné des résultats moins satisfaisants.

Tableau 2 : Correspondance des unités de légende à moyenne et petite échelle des départements et des terroirs villageois

La perception à l'échelle départementale	La perception à l'échelle du terroir
51. Cultures pluviales sous parc arboré plus ou moins dense	Cultures pluviales sous parc arboré dense Cultures pluviales sous parc arboré diffus
54. Cultures maraîchères et fruitières	
61. Savane boisée des bas-plateaux non cultivés	Savane boisée non cultivés
62. Savane arborée des bas-plateaux et vallées non cultivée	
63. Formation complexe des bas-fonds et zones dépressionnaires	Formation herbeuse des bas-fonds et zones dépressionnaires Formation arbustive des bas-fonds et zones dépressionnaires
65. Jachères	Jachères
66. Formation arbustive à arborée des vallées et cuvettes non cultivées	Savane arbustive non-cultivée Savane arbustive et arborée non cultivés
69. Villes et villages	Habitat rural

Enfin, la validation des anciennes cartes a nécessité des petites enquêtes qui ont permis de confirmer ou d'infirmer certaines interprétations. C'est ainsi qu'il a été discuté la représentation de la *savane arbustive* et de la *savane arbustive et arborée non cultivée* au niveau des terroirs.

8 RESULTATS CARTOGRAPHIQUES

Après acquisition des données, interprétation, assemblage des transparents, numérisation, restitution, contrôle de terrain et correction, il a fallu passer à la phase ultime de la représentation des espaces ruraux en question : la composition des cartes. Celles-ci requiert d'abord la réorganisation des différentes couvertures.

8.1 Les produits cartographiques

Les couvertures de base sont organisées sous le système *Arc-Info* en trois rubriques : les lignes, les polygones et les points.

- Dans la première rubrique sont classés le réseau routier (voie ferrée, routes, pistes), les chemins du bétail et le réseau hydrographique (cours d'eau temporaire).
- La seconde rubrique comprend les zones cultivées (pluvial, maraîchage), les zones de végétation non cultivées (savane boisée, arborée...), les infrastructures, les localités...
- La dernière contient les points associés aux noms de localité.

Les polygones sont organisés suivant leur ordre de superposition (fonction *Update*). Cela permet de regrouper chaque rubrique dans une seule couverture. C'est avec ce procédé de regroupement des polygones qu'on a réussi à calculer, sous *ArcView*, les superficies occupées par les unités cartographiques.

Trois cartes correspondant aux données décrites plus haut (photographies aériennes de 1954 et de 1978, image satellite Spot-XS de 1999) sont produites pour représenter le profil de changement de l'occupation-utilisation du sol des départements de Bambey et Diourbel. Chacune des cartes a été découpée en six feuilles, conformément à la grille de référence régulière des feuilles topographiques au 1/50 000. La notice de légende est associée à une analyse sommaire des profils de changements dans le texte qui suit (annexe 2).

Pour chacun des terroirs de Sob, Darou Rahmane, Ndiamsil Sessène et Ngodjilème appartenant respectivement aux arrondissements de Niakhar, Ndamé, Baba Garage et Ngoye, trois cartes détaillées de l'occupation-utilisation du sol ont été produites au 1/10 000 (1954, 1978, 1989) ; mais l'échelle de restitution a été ramenée au 1/15 000 pour des raisons de commodité. Au total, 12 cartes de terroir ont été éditées. Pour avoir une meilleure lecture des changements intervenus dans ces terroirs, avec le maximum de repères, on ne s'est pas contenté de travailler dans les limites prescrites par les populations mais on a pris en compte, au moment de la numérisation et de l'interprétation des photo-sources, l'espace géographique environnant. Toutes les cartes sont présentées en hors-texte.

8.2 Les résultats statistiques

Le Système d'information géographique a permis de générer directement les données statistiques se rapportant aux différentes unités spatiales cartographiées. Dans les tables qui suivent, il est notamment exposé, en guise de résultats, la superficie couverte par chaque thème et sa valeur relative par rapport à la superficie totale de la carte (tableaux 3, 4a, 4b, 4c et 4d).

A partir de ces résultats cartographiques et statistiques, il est possible de faire une analyse approfondie des faits d'évolution sur un demi siècle de l'occupation-utilisation du sol dans le Centre-Ouest du Sénégal.

Figure 2 : Occupation du sol, ND2814 4c (Thiès) 1954
Echelle 1: 50 000. Voir à la page 16 pour la légende.

Figure 3 : Occupation du sol, ND2814 4c (Thiès) 1999
Echelle 1: 50 000. Voir à la page 16 pour la légende.

Figure 4 : Occupation du sol, ND2814 4a (Thiès) 1954
Echelle 1: 50 000. Voir à la page 16 pour la légende.

Figure 5 : Occupation du sol, ND2814 4a (Thiès) 1999
Echelle 1:50 000. Voir à la page16 pour la légende.

Légende (figures 2-5) : Carte d'utilisation des sols, 1 : 50 000

**Explication des légendes (figures 6-9) : Cartes d'occupation du sol
(catégories à l'ordre montré)**

Figure 6 : Darou Rahmane II, 1954	Figure 7 : Darou Rahmane II, 1989	Figure 8 : Ngodjilème, 1954	Figure 9 : Ngodjilème, 1989
1. Limite du terroir	1. Limite du terroir	1. Limite du terroir	1. Limite du terroir
2. Piste sablonneuse remarquable	2. Piste sablonneuse remarquable	2. Piste sablonneuse remarquable	2. Piste sablonneuse remarquable
3. Piste de Bétail	3. Limite du parcellaire	3. Piste de Bétail	3. Limite du parcellaire
4. Hales vives/clôture	4. Piste de Bétail	4. Hales vives/clôture	4. Piste de Bétail
5. Mare temporaire	5. Hales vives/clôture	5. Mare temporaire	5. Hales vives/clôture
6. Habitat	6. Forage	6. Habitat	6. Réservoir
7. Cultures pluviales sous parc arboré dense	7. Mare temporaire	7. Cultures pluviales sous parc arboré dense	7. Mare temporaire
8. Jachère	8. Habitat	8. Jachère	8. Habitat
9. Savane arbustive et arborée non cultivé	9. Cultures pluviales sous parc arboré diffus	9. Savane arbustive non cultivé	9. Cultures pluviales sous parc arboré diffus
10. Bas-fond et zone dépressionnaire à formation arborée à boisée	10. Jachère	10. Bas-fond et zone dépressionnaire à formation arborée à boisée	10. Jachère
	11. Bas-fond et zone dépressionnaire à formation herbeuse		11. Savane arbustive non cultivé
	12. Bas-fond et zone dépressionnaire à formation arbustive		12. Bas-fond et zone dépressionnaire à formation arbustive

Figure 6 : Occupation du sol, Darou Rahmane II, 1954

Echelle 1: 15 000. Voir à la page 17 pour l'explication de la légende.

Figure 7 : Occupation du sol, Darou Rahmane II, 1989

Echelle 1: 15 000. Voir à la page 17 pour l'explication de la légende.

Figure 8 : Occupation du sol, Ngodjilème, 1954

Echelle 1: 15 000. Voir à la page 17 pour l'explication de la légende.

Figure 9 : Occupation du sol, Ngodjilème, 1989

Echelle 1: 15 000. Voir à la page 17 pour l'explication de la légende.

Tableau 3 : Données statistiques multitudes de l'occupation-utilisation du sol des départements de Bambey et de Diourbel

Types d'occupation-utilisation du sol	1954		1978		1999	
	Surperficie (ha)	Couverture (%)	Surperficie (ha)	Couverture (%)	Surperficie (ha)	Couverture (%)
41. Complexe industrielle (SEIB/SONACOS)			48	0,02	71	0,03
42. Centre National de Recherche Agricole (CNRA)	548	0,20	638	0,24	637	0,24
44. Ecole Nationale des Cadres Ruraux (ENCR)			72	0,03	39	0,01
51. Cultures pluviales sous parc arboré plus ou moins dense	220555	82,10	231872	86,31	249950	93,04
54. Cultures maraîchères et fruitières	203	0,08	438	0,16	588	0,22
61. Savane boisée des bas-plateaux non cultivés	7985	2,97				
62. Savane arborée des bas-plateaux et vallées non cultivée	17883	6,66	8042	2,99	1791	0,67
63. Formation complexe des bas-fonds et zones dépressionnaires	7505	2,79	11048	4,11	4660	1,73
65. Jachères	5538	2,06	3105	0,16	1417	0,53
66. Formation arbustive à arborée des vallées et cuvettes non cultivées	4395	1,64	1574	0,59	956	0,36
69. Habitat	4046	1,51	11821	4,40	8551	3,18
Total	268658	100,01	268658	99,1	268658	100,01

**Tableau 4 : Données statistiques multitudes de l'occupation-utilisation du sol des terroirs cartographiés
a : terroir de Darou Rahmane**

	1954		1978		1989	
	Surperficie (ha)	Couverture (%)	Surperficie (ha)	Couverture (%)	Surperficie (ha)	Couverture (%)
Cultures pluviales sous parc arboré dense	446	55,47				
Cultures pluviales sous parc arboré diffus			439	73,91	512	86,20
Jachères	129	16,04	109	18,35	70	11,78
Savane arbustive non cultivée						
Savane arbustive et arborée non cultivée	164	20,40				
Savane boisée non cultivée						
Formation arbustive des bas-fonds et zones dépressionnaires			36	6,06	6	1,01
Formation arborée à boisée des bas-fonds et zones dépressionnaires	63	7,84				
Formation herbeuse des bas-fonds et zones dépressionnaires			7	1,18	2	0,34
Habitat	2	0,25	3	0,51	4	0,67
Total	804	100,00	594	100,01	594	100,00

b : terroir de Ndiamsil Sessène

	1954		1978		1989	
	Surperficie (ha)	Couverture (%)	Surperficie (ha)	Couverture (%)	Surperficie (ha)	Couverture (%)
Cultures pluviales sous parc arboré dense	334	75,06				
Cultures pluviales sous parc arboré diffus			375	84,27	336	75,51
Jachères	85	19,10	52	11,69	95	21,35
Savane arbustive non cultivée			13	2,92	10	2,25
Savane arbustive et arborée non cultivée	6	1,35				
Savane boisée non cultivée	19	4,27				
Formation arbustive des bas-fonds et zones dépressionnaires						
Formation arborée à boisée des bas-fonds et zones dépressionnaires						
Formation herbeuse des bas-fonds et zones dépressionnaires						
Habitat	1	0,22	5	1,12	4	0,90
Total	445	100,00	445	100,00	445	100,01

c : terroir de Ngodjilème

	1954		1978		1989	
	Surperficie (ha)	Couverture (%)	Surperficie (ha)	Couverture (%)	Surperficie (ha)	Couverture (%)
Cultures pluviales sous parc arboré diffus		0.00	502.9003	86.68	459.10	79.13
Cultures pluviales sous parc arboré dense	540.84	93.22		0.00		0.00
Jachères		0.00	26.24	4.52	84.15	14.50
Savane arbustive non cultivée / Parcours	17.40	3.00	23.89	4.12	2.06	0.36
Savane arbustive et arborée non cultivée		0.00		0.00		0.00
Savane boisée non cultivée		0.00		0.00		0.00
Formation arbustive des bas-fonds et zones dépressionnaires		0.00	21.16	3.65	27.32	4.71
Formation arborée à boisée des bas-fonds et zones dépressionnaires	17.77	3.06		0.00		0.00
Habitat	4.18	0.72	6	1.03	7.56	1.30
Total Terroir	580.19	100.00	580.19	100.00	580.19	100.00

d : terroir de Sob

	1954		1978		1989	
	Surperficie (ha)	Couverture (%)	Surperficie (ha)	Couverture (%)	Surperficie (ha)	Couverture (%)
Cultures pluviales sous parc arboré dense	504	91,14				
Cultures pluviales sous parc arboré diffus			507	91,68	536	96,93
Jachères	20	3,62	26,5	4,79		
Savane arbustive non cultivée	17	3,07	9	1,63	5	0,90
Savane arbustive et arborée non cultivée						
Savane boisée non cultivée						
Formation arbustive des bas-fonds et zones dépressionnaires	9	1,63	6	1,08	6	1,08
Formation arborée à boisée des bas-fonds et zones dépressionnaires						
Formation herbeuse des bas-fonds et zones dépressionnaires						
Habitat	3	0,54	4,5	0,81	6	1,08
Total	553	100,00	553	99,99	553	99,99

9 PROBLEMES RENCONTRES

L'une des premières difficultés à laquelle s'est confrontée l'équipe est située au niveau de l'acquisition des photographies aériennes auprès de la DTGC (Sénégal) et de l'Institut Géographique National (IGN, France). Il a fallu plusieurs échanges de courriers et de nombreux déplacements pour disposer des jeux au complet. Certaines photos (celles de 1978 notamment) présentent un faible contraste, ce qui rend leur interprétation assez délicate, alors que celles de 1954 ont été rendues disponibles de manière très tardive.

La toponymie a été également un sérieux problème. En effet des localités ont changé d'emplacement, d'autres se sont créées ou ont disparu. Les seules sources complémentaires disponibles en 1954 et 1978 sont les cartes topographiques au 1/200 000. Les cartes disponibles à l'échelle du 1/50 000 remontent à 1989. Dès lors, la toponymie connaît de grandes variations. Nous avons ainsi choisi de prendre les noms des localités à partir de la base de données environnementale du CSE; laquelle reprend le répertoire des localités du recensement général de la population du Sénégal de 1988 (Senegal, DPS, 1992). L'équipe n'a donc pas réalisé une enquête spécifique sur les localités.

Les difficultés rencontrées dans l'assemblage des photos ont été telles qu'un décalage géométrique a été noté au niveau de la feuille 4c de la couverture de 1978. Son caractère irrégulier entre Baba Garage et Ndoulo n'a pas permis d'apporter des corrections satisfaisantes.

En ce qui concerne le traitement des images Spot, les confusions de réponses spectrales étant fort nombreuses dans la zone d'étude, des difficultés sont apparues dans la classification, au point de conduire à l'adoption d'une méthode hybride de délimitation à l'écran et de classification partielle.

En effet, nous sommes au cœur du bassin arachidier, marqué par une forte pression de l'homme et du bétail sur des ressources naturelles fragilisées par les sécheresses successives. Sur le plan radiométrique les paysages s'avèrent complexes du fait de la finesse de la texture qui tient notamment aux phénomènes suivants : la monotonie du paysage dunaire ; la mise en culture systématique ; l'omniprésence du parc arboré dans les champs.

Le traitement interactif utilisé dans la cartographie des terroirs se substitue de plus en plus à la technique de numérisation des données analogiques. Cependant, à l'application, beaucoup de problèmes techniques se sont posés à divers niveaux :

- dans l'acquisition (scannage), il faut jouer sur le filtrage, la résolution, la taille des fichiers, etc.
- dans la numérisation à l'écran, les modes d'affichage sont multiples et le temps de correction est assez long ;
- la composition des cartes a pour préalable le redressement des différentes couches et l'harmonisation du symbolier de légende ; les points de calage ont été particulièrement difficiles à identifier sur le terrain.

10 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Dans le présent travail, l'accent est mis sur les principales unités d'occupation-utilisation du sol qui sont définies à l'aide d'une nomenclature relativement simple. A l'évidence, ces unités ne sont pas neutres dans leurs configuration, agencement et évolution ; elles sont l'émanation des stratégies paysannes, des politiques de développement, des conditions environnementales... A travers leur observation et l'analyse précise des relations à l'espace et au temps, il est possible de guider la décision.

Le recours à la télédétection spatiale pour la cartographie de la zone d'étude a l'avantage, en s'appuyant sur la vision synoptique des satellites et la forme numérique des données, de permettre l'élaboration de produits assez précis et actualisée, à moindre coût. Les premières données satellitaires à grande échelle ne sont disponibles malheureusement qu'à partir de 1986 (Spot 1) ; ce qui ne permet pas d'avoir le profil de changement recherché dans les paysages agraires du bassin arachidier. Seules les photographies aériennes archivées par les institutions spécialisées permettent de remonter à des dates appréciables selon les objectifs de l'étude. Cependant l'utilisation des photographies aériennes pour la cartographie de vastes espaces (télédétection aéroportée) impose des délais d'exécution assez longs : la photo-interprétation et la numérisation sont assez laborieuses.

En plus de la télédétection, il a été indispensable de s'appuyer sur un important travail de terrain et de recourir au SIG pour intégrer et analyser les différentes couches de données. Cet outil permet d'interroger à tout moment les cartes disponibles sous format numérique, d'effectuer des analyses spatiales en relation avec les thèmes de l'étude (économie, transport, gestion des ressources naturelles, sols, végétation, etc.) et d'apporter les modifications que suggèrent les nouvelles informations d'ordre géographique sur la région.

A travers les cartes et les statistiques associées, le projet dispose, en définitive, d'outils de base pour bien étayer les recherches menées sur les politiques d'investissement chez les exploitants agricoles du Sénégal Occidental pendant ces cinquante dernières années. Dès lors, l'équipe du CSE recommande :

1. une exploitation optimale des cartes par les chercheurs chargés de développer les autres thèmes sur la zone d'étude ;
2. la réalisation, sur les terroirs jugés représentatifs de la problématique de l'investissement paysan, d'un SIG qui sera alimenté par des enquêtes socio-foncières à partir du parcellaire de base (propriété, spéculation, rotation, production, revenus, équipement, etc.)
3. la production d'un document scientifique qui repose sur une analyse spatiale détaillée des cartes qui seront reproduites à une échelle plus appropriée à la publication pour le grand public.
4. un affinement du traitement de l'imagerie Spot de 1999 pour une discrimination du parc arboré en sous-unités « relativement dense » et « relativement diffus », ainsi qu'une identification précise des autres éléments constitutifs de la zone de cultures

pluviales, telles les petites jachères ; ce travail pourrait s'accompagner d'une actualisation du fichier des villages.

ANNEXE 1 : COMMENTAIRES SUR LES CARTES (FIGURES 2-7) : CHANGEMENTS SIGNIFICATIFS AYANT ETE IDENTIFIES AU NIVEAU DE L'UTILISATION DES TERRE

(1) 1:50 000 Thies 4c extrait 1954-1999 (figures 2 et 3)

- Aucun *bas-fond* et zones *dépressionnaires à formations arborées et boisées* ne sont présents. Ce qui indique un milieu naturel plus sec.
- Les zones occupées par la *savane arborée des bas plateaux et vallées non cultivées* ont diminué et disparu. Ce qui indique une demande accrue de terres agricoles dans la zone asséchée, ainsi que la surexploitation des ressources naturelles, notamment des formations végétales qui ont de multiples usages.
- Aucune zone à *formations arbustives arborées des vallées et cuvettes non cultivées* n'est présente (215 ha en la1954 et 0 ha en 1999, pour la zone). Ce qui indique un milieu naturel plus sec et pression du population.
- Le nombre de *formations complexes des bas fonds et zones dépressionnaires* a diminué mais la superficie moyenne de ces zones a augmenté, ce qui indique une disposition plus marquée SO-NE. Ceci signale l'abandon apparent de certaines cultures pluviales (ce phénomène est encore plus apparent en 1978). L'éclaircissement de la couverture végétale e la région met en relief ces unités qui abritent une végétation naturelle basse et des cultures : leur délimitation sur les images en est facilitée.
- Les *jachères* qui étaient très apparentes en 1954 ont disparu (à partir de 1978), quand il y avait 152 ha. Ce qui indique une demande accrue de terres agricoles.
- Les zones de *cultures pluviales sous parc arboré plus ou moins dense* ont augmenté et représentent un pourcentage élevé de la superficie totale de cette région aux dépens des zones occupées par la *savane arborée des bas plateaux*, les *vallées non cultivées* et les *jachères*. Ce qui indique une croissance de la population et une demande accrue de terres agricoles.
- Le nombre de *villes et villages* a augmenté mais non leur superficie moyenne, mis à part *Gade Escale* et les zones d'habitat voisines. Ce qui indique des tendances opposées au niveau de l'implantation des zones d'habitat et un phénomène d'émigration.
- A *Gade Escale* il y avait en 1954 une disposition en auréole surimposée sur une zone de dunes orientée SO-NE. Ce qui indique une installation récente des Wolof, et l'influence de la disparition de la *jachère et de la savane arborée des bas plateaux et vallées non cultivées* (dans cette région, à partir de 1978)

(2) 1:50 000 Thiès 4a extrait 1954-1999 (figures 4 et 5)

- La *savane boisée des bas plateaux non cultivée* a diminué et disparu (dès 1978), et elle a laissé la place dans certains endroits à des *formations arbustives ou arborées* ou *formations complexes des bas fonds* – voir ci-dessous), la disposition SO-NE a disparu (à partir de 1978). Ce qui indique une demande accrue de terres agricoles et un éventuel assèchement, ou surexploitation du bois pour l'énergie domestique et diverses autres fonctions.
- La *savane arborée des bas plateaux et vallées non cultivées* a diminué et disparu (principalement à partir de 1978). Ce qui indique une demande accrue de terres agricoles et un assèchement/surexploitation.
- Les zones à *formations arbustives et arborées des vallées et cuvettes non cultivées* ont diminué et disparu. ce qui indique une demande accrue de terres agricoles et un assèchement/surexploitation.
- La superficie et le nombre de zones à *formations complexes des bas fonds et zones dépressionnaires* ont diminué (principalement dès 1978) et la disposition SO-NE a disparu (dès 1978). Ce qui indique une demande accrue de terres agricoles et un assèchement ou surexploitation.
- Pas de *jachères* en 1954 et en 1999, dans une vaste zone indiquée en 1978, ce qui indique une demande (dis)continue de terres agricoles et un pourcentage élevé de terres cultivées. Mais dans la région (Thiès 4a), il y avait 1029 ha de jachère en 1954, 588 ha en 1978 et 336 ha en 1999 : voir annexe 3.
- Les zones de *cultures pluviales sous parc arboré plus ou moins dense* sont en expansion dans cette région aux dépens des zones boisées et les autres zones non-cultivées. Ce qui indique une croissance de la population et une demande de terres agricoles.
- Les *villes* et les *villages* sont en expansion et leur superficie plutôt que leur nombre a augmenté; certaines fusions ont peut-être été dues à certaines résolutions. Ce qui indique une croissance de la population dans le cadre des communautés existantes actuelles.
- Les *mars temporaires* (non indiquées dans la légende) sont passées de zéro à deux (1978). Ce qui indique certains problèmes au niveau de l'interprétation plutôt que des conditions climatiques plus humides.
- A *Ngodjilème* et dans les zones d'habitat voisines les *cultures pluviales* paraissent dominer au SO, ce qui indique une expansion progressive des terres agricoles vers des zones qui étaient auparavant boisées (Sereer).

(3) 1:15 000 Darou Rahmane II 1954-1989 (figures 6 et 7)

- Les *bas-fonds et les zones dépressionnaires à formations arborées et boisées* ont régressé et sont devenues des zones à *formations arbustives* et *formations herbeuses*; Leur superficie a diminué et elles sont disposées de plus en plus suivant une orientation SO-NE. Ce qui indique un déboisement et un assèchement de ces terres ainsi qu'une demande accrue de terres agricoles.
- La zone de *savane arbustive et arborée non cultivée* a diminué et disparu, ce qui indique une demande accrue de terres agricoles.

- La fréquence des *jachères* a diminué, bien qu'elles soient présentes dans toute la région. Ce qui indique que le pourcentage de terres cultivées est plus faible dans le système Wolof que dans le système Sereer, accroissant davantage la demande de terres agricoles.
- Le nombre et la taille moyenne des *zones d'habitat* ont augmenté et elles forment des anneaux ou carrés indiquant des mouvements au niveau des sites et des villages. Ce qui signale une croissance de la population et l'impact du système *dara*.
- La démarcation des champs (1989 uniquement) indique une disposition circulaire peu marquée, centrée sur le village et se déployant tout autour ; ce qui indique l'impact ancien du système *dara*.
- Les limites du terroir ont changé entre 1954 et 1978 (voir carte), ce qui indique une demande accrue de terres au voisinage de Touba et une modification du système d'attribution *dara*.

(4) 1:15 000 Ngodjilème 1954-1989 (figures 8 et 9)

- Les zones de *bas-fonds et zones dépressionnaires à formations arborées et boisées* sont devenues des *zones à formations arbustives*. Ce qui indique un déboisement et assèchement (les agriculteurs ont indiqué que les arbres ont été décimés lors des sécheresses des années 1970)
- La superficie des *mares temporaires* a diminué, ce qui indique leur assèchement et ensablement des interdunes.
- La superficie occupée par la *savane arborée non cultivée* a diminué, ce qui indique une demande accrue de terres agricoles.
- La superficie occupée par la *jachère* s'est accrue, ce qui indique soit une diminution de la fertilité, soit le manque/l'augmentation du coût de la main- d'oeuvre ou d'autres intrants (manque de semences ; délaissement ou abandon des terroirs suites aux sécheresses successives.
- Le pourcentage de terres consacrées aux *cultures pluviales sous parc arboré dense* est stable et reste élevé (augmentation de la superficie de *jachères* mais diminution de la surface occupée par la *savane arborée non cultivée*). Ce qui indique le maintien de la fertilité et une demande élevée de terres agricoles.
- Le nombre et la taille moyenne des *zones d'habitat* a augmenté, leur disposition en grappes persiste et des mouvements au niveau des sites occupés sont apparents. ce qui indique une croissance de la population et le maintien du mode d'occupation Sereer.
- La démarcation des champs (1989 uniquement) indique une expansion linéaire forte en direction du SO du village. Ce qui montre la direction de l'expansion initiale des terres cultivées qui lui même dépend de la morphogène de dunes et interdunes orientées NE-SW.

ANNEXE 2 : NOTICE EXPLICATIVE DES CARTES AU 1/50 000 ET ANALYSE DES PROFILS DE CHANGEMENTS

La présente notice donne une description diachronique des unités d'occupation-utilisation du sol libellées dans la légende définitive. La numérotation des thèmes est conforme à la codification utilisée dans le Système d'information géographique. A chaque unité, linéaire ou polygonale, est associé un code à deux chiffres, dont le premier renvoie à une thématique générale (1 pour les voies de communication, 2 pour les limites administratives, 3 pour les zones d'habitation, 4 pour les grandes infrastructures, 5 pour la zone cultivée et 6 pour la zone non cultivée).

Hydrographie

La zone d'étude est caractérisée par une remarquable planéité du modelé dunaire et une relative discrétion de son réseau hydrographique. Celui-ci est constitué des deux systèmes du Sine et du Car-Car qui commandent respectivement les paysages des départements de Diourbel à l'est et de Bambey à l'ouest. Le terme de « cours d'eau temporaire », utilisé dans les cartes de 1954 et 1978, est emprunté à la cartographie topographique de base ; celui de « vallée asséchée » lui a été substitué dans la carte de 1999. Cependant une seule forme de représentation est retenue dans la cartographie de ce réseau qui a connu une évolution régressive à cause des sécheresses successives et de la mise en valeur agricole. De même, le contenu thématique des milieux de vallées et cuvettes concernés, à savoir la « formation arbustive à arborée » est utilisé à la place du vocable « zones inondables » des cartes usuelles.

Voies de communication

Elles constituent, avec les établissements humains, le réseau hydrographique et les limites administratives, les éléments fondamentaux du fond de carte qui rendent lisible l'habillage thématique. Elles sont de plusieurs types : les routes, les pistes, le chemin de fer et les pistes de bétail.

La voie ferrée est invariante depuis qu'elle a été posée en 1910 (axe Thiès-Diourbel). Il s'agit de la fameuse ligne du chemin de fer Dakar-Niger qui atteint Guinguinéo en 1913. Un embranchement Diourbel-Touba lui est annexé en 1931.

Les routes n'ont pas beaucoup évolué dans leur tracé. Celle dite « secondaire revêtue » est représentée seulement en 1954, sur l'axe Diourbel-Gossas qui est devenue par la suite une « route principale ».

Les pistes sont cartographiées sous deux formes reconnues sur les photographies aériennes de 1954 et 1978 : les pistes « principales » et celles « secondaires ». Les premières matérialisent les trafics ruraux les plus denses, reliant naturellement les gros bourgs dont la plupart sont érigés en chefs-lieux de Communauté rurale à partir des années 1970. Les pistes secondaires, elles, sont très communes et forment un réseau dense de triangulations dont le tracé est très changeant. En effet, nous sommes sur des

paysages de plaine sableuse où l'intensité de la mise en valeur confère aux voies de communication et à l'habitat rural un dynamisme certain.

Sur la carte de 1999, les deux types de pistes sont regroupés en un seul thème du fait de l'homogénéisation du réseau du point de vue de sa praticabilité.

Unité 41 : Complexe industrielle (SEIB/SONACOS)

Situé à l'ouest de la ville de Diourbel, cette unité représente l'usine de la Société d'exploitation industrielle du Baol (SEIB) devenue Société Nationale de Commercialisation des Oléagineux du Sénégal (SONACOS). Elle a connu une certaine évolution spatiale entre 1978 et 1999.

Unité 42 : Centre Nationale de Recherche Agronomique (CNRA)

Le CNRA de Bambey a gardé ses mêmes limites spatiales en 1954, 1978 et 1999. Il est demeuré un joyau de la recherche agricole de la période coloniale à nos jours. La végétation naturelle qui jouxte les parcelles d'expérimentation y est préservée par une clôture en grillage. L'unité comprend de vastes plantations d'*Azadirachta indica* (ou niime).

Unité 44 : Ecole Nationale des Cadres Ruraux (ENCR)

L'ENCR formait des ingénieurs en agriculture et en foresterie. Située à l'entrée ouest de la ville de Bambey, elle s'étend actuellement sur quarante hectares.

Unité 51 : Cultures pluviales sous parc arboré plus ou moins dense

C'est la principale unité de la carte, couvrant 82 à 93 % de la superficie totale des deux départements de Bambey et de Diourbel. Les principales cultures pluviales sont l'arachide et le mil, pratiquées sous un parc arboré dont la densité est variable d'un terroir à l'autre. Aussi, l'observation des photographies aériennes et de l'image montre que le nombre d'arbres à l'hectare a diminué, fortement, entre 1954 et 1978, et légèrement entre 1978 et 1999.

Le kadd, *Acacia albida*, est de loin l'arbre dominant. Actuellement, des évaluations rapides donnent des densités de Kadd généralement comprises entre 5 et 20 à l'ha. Plus précisément, on a : 20 arbres à l'ha aux environs de Dangalma, 14 près de Lambaye, 5 et 20 près de Ndiamsil Sessène, 16 dans la vallée du Car-Car près de Keur Samba Kane De fortes densités de 60 à 80 arbres à l'ha sont rencontrées au sud-ouest, dans la zone de Touba Toul.

Le parc arboré a certainement connu une mutation de sa composition floristique entre 1954, 1978 et 1999 ; mutation se manifestant surtout par la disparition d'espèces qui n'ont pas résisté aux contraintes climatiques des années 1970. La composition floristique actuelle fait apparaître une forte prédominance de *Acacia albida*, *Berlanites aegyptiaca* et *Adansonia digitata*.

Unité 54 : Cultures maraîchères et fruitières

L'unité est essentiellement localisée au sud-ouest de Diourbel, dans la vallée du Sine. Les cultures maraîchères et fruitières se sont développées dans la dernière décennie, manifestant une solution alternative à la production traditionnelle avec le truchement des ONG et des associations paysannes. Elle s'est développée progressivement dans le secteur de Ndongol (au sud-ouest), la vallée du Car-Car et les dépendances du Sine. En effet, sa superficie est en nette augmentation au vu des trois représentations de 1954, 1978 et 1999.

Aussi, l'unité existe par endroits dans des dépressions à humidité temporaire. Mais, dans bien des cas, l'extension spatiale de ces zones est négligeable à l'échelle de restitution cartographique (1/50 000°).

Unité 61 : Savane boisée des bas plateaux non cultivés

L'unité n'est cartographiée qu'en 1954. Localisée surtout au sud de la route nationale n° 3 (axe Ndangalma-Diourbel-Ndoulo), elle est représentée un peu plus au nord et à l'est de Bambey. Elle occupe de vastes superficies au sud-est de la carte, dans l'arrondissement de Kael. Avec un important taux de couverture des arbres et une absence des plages d'éclaircies, cette unité se trouve aussi bien sur les bas plateaux que sur les surfaces pénéplanées. Généralement, elle correspond à des sols plus difficiles à travailler, gagnés en dernier lieu par l'iler et la culture attelée.

Unité 62 : Savane arborée des bas plateaux et vallées non cultivés

La savane « arborée » se différencie de l'unité précédente « boisée » par sa plus faible densité d'arbres, sa forte présence d'arbustes, et l'apparition d'éclaircies occupées par un couvert buissonnant ou herbacé.

En 1954, on retrouve la savane arborée non cultivée un peu partout, avec des dimensions et des formes variables. En 1978, l'unité se rétrécit considérablement du fait de l'expansion de la culture arachidière ; elle diminue de moitié, mais se maintient dans la vallée fossile du Car-Car au nord-ouest et dans la moitié est de l'arrondissement de Ndoulo. On rencontre aussi quelques petites zones de savane arborée non cultivée au centre de la feuille (dans le sud-ouest de l'arrondissement de Ndindy et le nord de Ngoye).

En 1999, l'unité se réduit à moins de 1% de la zone d'étude. Elle forme un seul grand ensemble situé au nord (vers Dinguiraye) et quelques lambeaux localisés surtout au centre-sud et au sud-est de Bambey.

Unité 63 : Formation complexe des bas fonds et zones dépressionnaires

L'unité est constituée de mares et de dépressions à humidité temporaire qui abritent une végétation naturelle relictuelle gagnée de plus en plus par les champs et les formations

buissonnantes ; d'où la dénomination de « complexe cultural ». Elle est d'une orientation générale nord-est – sud-ouest, conformément à la morphologie dunaire de la région.

En 1954, l'unité apparaissait rarement au nord-ouest, au centre-ouest et au centre-nord de la zone d'étude ; alors qu'elle était assez fréquente partout ailleurs. Elle était de dimension plus réduite au centre-sud, entre Bambey et Diourbel et moins effilée dans les paysages du sud.

En 1978, on trouve cette formation complexe un peu partout et surtout au centre-nord de la feuille : plus de 11 000 ha sont concernés, contre 7 500 en 1954. Cette évolution progressive qui semble aberrante est à mettre en relation avec une nette évolution régressive de la « savane arborée non cultivée » et, dans une moindre mesure, à la « savane boisée ». En effet, dans leur processus de dégradation, ces milieux ont pu se substituer par endroit à une formation buissonnante, notamment au niveau des basses terres qui ont été mises à jour de manière plus évidente sur les photos aériennes de 1978.

En 1999, l'unité se réduit à des portions congrues, par fait d'ensablement des interdunes et de descente progressive des cultures dans les bas-fonds et les cuvettes.

Ces formations complexes sont essentiellement peuplées de combrétacées (*Guiera senegalensis*, *Combretum micranthum*) mais sont colonisées dans leur périphéries par *Diospyros mespiliformis*. On y trouve aussi *Bauhinia rufescens*, *Tamarindus indica* et, parfois, *Balanites aegyptiaca* mais plus rarement *Acacia albida*.

Unité 65 : Jachères

La jachère, cette unité des terres de culture laissées en repos pour une durée variable, a connu une forte évolution régressive en raison de la pression démographique. Elle peut être de longue ou de courte durée, selon la disponibilité foncière des terroirs.

La jachère est depuis longtemps partie intégrante du système de culture comme l'atteste la carte de 1954 ; on peut les observer sur les photos avec des dimensions et des formes variables. En 1978, les unités sont moins nombreuses et se localisent surtout à l'ouest et au sud de la feuille. Entre de 1978 et 1999, la jachère a diminué de moitié, en passant à moins de 1 % de la zone étudiée.

Le contenu de la jachère aurait changé, car aujourd'hui elle peut être volontaire ou « involontaire ». Dans bien des terroirs du Bassin arachidier, la mise en repos s'explique par l'exode rural ou le délaissement des terres appauvries. Au plan cartographique, la confusion est réelle entre une jachère et un champ abandonné.

Unité 66 : Formation arbustive à arborée des vallées et cuvettes non cultivées

Cette formation occupe les zones qui, dans le passé, étaient inondables. En 1954, l'unité était assez représentée sur la zone d'étude, localisée au centre du département de Bambey, au nord-est et au sud-est du département de Diourbel. En 1978, elle s'est rétréci de manière drastique, pour être représentée par quelques témoins situés dans les

secteurs de Bambey, Keur Samba Kane, Diourbel et Ndoulo.

Actuellement, ces milieux liés aux conditions d'humidité du sol, ne subsistent que dans le Car-Car et quelques milieux linéaires dépendant du Sine.

Etablissements humains

Ils sont différenciés selon la hiérarchie administrative par la typographie des nom de localités : village, chef lieu de région, de département, d'arrondissement ou de Communauté rurale. La superficie concernée par l'habitat a connu une forte augmentation entre 1954 et 1978 et une légère diminution entre 1978 et 1999.

L'amaigrissement de l'habitat rural dans cette dernière période pourrait avoir quelque chose à voir avec le boume démographique de Touba, la capitale du mouridisme, située à l'ouest dans le département de Mbacké.

ANNEXE 3 : STATISTIQUES MULTIDATES DE L'OCCUPATION-UTILISATION DU SOL DES DEPARTEMENTS DE BAMBEY ET DE DIORBEL

Tableau A1: Couverture 1954

	ND28-XIV-3b	ND28-XIV-3d	ND28-XIV-4a	ND28-XIV-4b	ND28-XIV-4c + XX-2a	ND28-XIV-4d	Sup. tot. (m ²)	Sup. en ha	%
41. Complexe industriel (SEIB)									0.00
42. Centre National de Recherche Agricole (CNRA)			5477647				5477647	548	0.20
44. Ecole Nationale des Cadres Ruraux (ENCR)									0.00
51. Cultures pluviales sous parc arboré plus ou moins dense	171077087	340282390	414326712	331276413	640087003	308501862	2205551467	220555	82.10
54. Cultures maraîchères et fruitières			1053797	975015			2028812	203	0.08
61. Savane boisée des bas-plateaux non cultivés	7966445	2095217	16589141	42687353	9513918	994964	79847039	7985	2.97
62. Savane arborée des bas-plateaux et vallées non cultivés	21890670	25986862	15056332	11446940	87017847	17435542	178834193	17883	6.66
63. Formation complexe des bas-fonds et zones dépressionnaires	3739611	4840272	21811363	10046666	16209302	18405152	75052366	7505	2.79
65. Jachères	5808686	4995816	10292423	13054358	17177883	4051229	55380395	5538	2.06
66. Formation arbustive à arborée des vallées et cuvettes		14193239	5310498	7845654	2150867	14445327	43945585	4395	1.64
69. Habitat	1835090	4186727	6608778	13892501	9345700	4592382	40461178	4046	1.51
Total	212317589	396580521	496526691	431224901	781502521	368426458	2686578682	268658	100

Tableau A2: Couverture 1978

	ND28-XIV-3b	ND28-XIV-3d	ND28-XIV-4a	ND28-XIV-4b	ND28-XIV-4c + XX-2a	ND28-XIV-4d	Sup. tot. (m ²)	Sup. en ha	%
41. Complexe industriel (SONACOS)			481838				481838	48	0.02
42. Centre National de Recherche Agricole (CNRA)			6382964				6382964	638	0.24
44. Ecole Nationale des Cadres Ruraux (ENCR)			715075				715075	72	0.03
51. Cultures pluviales sous parc arboré plus ou moins dense	186801961	329534041	433599877	375585423	663024624	330174792	2318720719	231872	86.31
54. Cultures maraîchères et fruitières			3881148	497527			4378675	438	0.16
61. Savane boisée des bas-plateaux non cultivés									0.00
62. Savane arborée des bas-plateaux et vallées non cultivés	1987196	7040747	11882221	17445480	34252010	7811557	80419211	8042	2.99
63. Formation complexe des bas-fonds et zones dépressionnaires	6895030	12642519	14163795	11141497	49803725	15831100	110477666	11048	4.11
65. Jachères	9075810	8917106	5887570	2494691	1528854	3143717	31047747	3105	1.16
66. Formation arbustive à arborée des vallées et cuvettes		12182392	2640577	260371		659137	15742478	1574	0.59
69. Habitat	7555769	26263513	16890907	23799481	32893465	10806112	118209247	11821	4.40
Total	212315766	396580318	496525972	431224470	781502677	368426415	2686575619	268658	100

Tableau A3: Couverture 1999

	ND28-XIV-3b	ND28-XIV-3d	ND28-XIV-4a	ND28-XIV-4b	ND28-XIV-4c + XX-2a	ND28-XIV-4d	Sup. tot. (m ²)	Sup. en ha	%
41. Complexe industriel (SONACOS)			708614				708614	71	0.03
42. Centre National de Recherche Agricole (CNRA)			6374636				6374636	637	0.24
44. Ecole Nationale des Cadres Ruraux (ENCR)			391586				391586	39	0.01
51. Cultures pluviales sous parc arboré plus ou moins dense	197853037	360166589	454451875	406169240	729072031	351789766	2499502538	249950	93.04
54. Cultures maraîchères et fruitières	998257		3411130	1469047			5878434	588	0.22
61. Savane boisée des bas-plateaux non cultivés									0.00
62. Savane arborée des bas-plateaux et vallées non cultivés	101685	0	1653780	0	15215187	942855	17913507	1791	0.67
63. Formation complexe des bas-fonds et zones dépressionnaires	1830337	9386363	6267773	2755110	18007824	8348199	46595605	4660	1.73
65. Jachères	3436969	2290696	3368644	2697023	1304208	1072309	14169849	1417	0.53
66. Formation arbustive à arborée des vallées et cuvettes		7665869	1895448				9561317	956	0.36
69. Habitat	8091776	17121683	18002477	18134014	17890408	6271876	85512232	8551	3.18
	212312061	396631199	496525962	431224433	781489658	368425004	2686608318	268661	100

SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références

- SENEGAL, DPS (1992) *Recensement général de la population et de l'habitat de 1988 : Rapport régional de la région de Diourbel (répertoire des localités)*. Direction de la Prévision et de la Statistique, Dakar.
- SADIO, S. (2000) « Région de Dioubel : Gestion des ressources forestières et de l'arbre », *Drylands Research Working Paper 17*. Drylands Research, Crewkerne, Royaume-Uni.
- TIFFEN, M, MORTIMORE, M et GICHUKI, F. (1994) *More people, less erosion: environmental recovery in Kenya*. John Wiley and Sons, Chichester.

Cartes topographiques et administratives

- DAT, 1979, Carte administrative de la région de Diourbel au 1/ 200 000 (découpage des communautés rurales).
- DAT, Carte administrative de la République du Sénégal au 1/1 000 000 (découpage des communautés rurales). [No date]
- IGN (1954) [Missing reference, cited p. 3 : 'Mission AOF de L'IGN, 1954', 1954]
- IGN, 1968, feuille Thiès ND28-XIV, 3e édition, au 1/200 000 (pour la réalisation de la carte de 1954).
- IGN, 1981, feuille Thiès ND28-XIV, 4e édition, au 1/200 000 (utile à la carte de 1978).
- DTGC, JICA, feuilles Thiès ND28-XIV 3b, 3d, 4a, 4b,4c et 4d, réalisées à l'échelle du 1/50 000 (pour la cartographie actualisée). [No date]
- JICA-SGN [Missing reference, cited p. 3]
- SGN-IGN, Carte routière et touristique de la République du Sénégal, 1/500 000.