

REPUBLIQUE DU SENEGAL



Ministère de l'Environnement de la
Protection de la Nature des Bassins de
Rétention et des Lacs Artificiels.
Direction des Parcs Nationaux
Programme GIRMaC



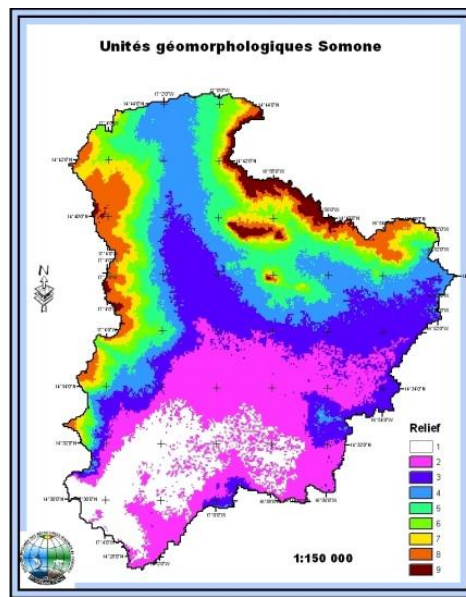
Ministère de l'Enseignement Supérieur
des Universités, des Centres Universitaires
Régionaux et de la Recherche Scientifique.
Université de Thiés
Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Travaux des Eaux et Forêts

THÈME :

ETUDE DE L'OCCUPATION DES SOLS POUR LE SUIVI DE L'EVOLUTION DE LA DEGRADATION DES MILIEUX NATURELS DANS LE BASSIN VERSANT DE LA SOMONE.



Présenté et soutenu par :

Babacar Attakaï DIATTA, 43^{ème} PROMOTION

Tuteur de stage : **Mamadou KONATÈ**

Expert en Conservation de la Biodiversité

au Programme GIRMaC

Maitre de Stage : **Birahim FALL**

Chef du Département Productions Forestières

à l'ISFAR de Bambey

Février 2010

Dédicace :

Je dédie ce travail à :

- ma mère feu **Nancy Assoumenyo SAMBOU** arrachée à notre affection depuis notre tendre enfance. Que Dieu le tout puissant t'accueille dans son paradis.
- mon père **Cheikh DIATTA**, un père exceptionnel, qui m'a indiqué la bonne voie. Il s'est toujours donné pour la réussite de ses enfants. Que le bon Dieu lui accorde longue vie.
- ma tante **Rokhaya DIALLO**, qui m'a éduqué et inculqué une bonne conduite. Elle n'a jamais failli à ses rôles de mère.
- Mon beau frère **Samba Ndoucoumane NDAW**, pour son soutien indéfectible et ses conseils
- Mes frères **Pape Waly DIATTA, Robert DIÈDHIOU, Ousmane, Moulaye, Doudou, Djibi, Téreence, Omar, Boubou, Abdallah, Ibrahima.**
- Mes sœurs **Méry DIATTA, Ndéye, Rokhaya, Bintou Adio, Ami, Dieynaba, fatou, Salie, Astou «Miss », Léna, Gnagna, Bintou.**
- mes amis **Bouso DIEYE, Ass BITEYE, Cheikh MBOUP, Malick NDIAYE, Ndeye GASSAMA, Adama NDIAYE**
- mes neveux et nièces,mes meilleurs vœux de succès dans vos études
- notre regretté promotionnaire **Adrien ADÈKOMBI**
- mes camarades de promotion **Diouf DIATTA, KÈBÈ, Lassana, BIAYE, SY, Samba, Fall DIALLO, DRAMÈ, DIÈMÈ, WADE, Birahim, Séga, Racine, Adama, Saliou, Ablaye FAYE, Djibril FAYE, Sonar, Famara, Ansoumana, Idrissa DIÈDHIOU, Mbodé, Idrissa DIÈYE, Amadou, COLY, Sérigne, Seynabou**
- l'amicale des étudiants à travers elle les 41^{ème}, 42^{ème}, 44^{ème}, 45^{ème} promotion de l'ISFAR et les étudiants de la LGIEE

Remerciements :

Je me dois en premier lieu de remercier les personnes qui ont contribué à ma formation pendant ces trois années d'étude.

Mes remerciements vont principalement à :

- Dr **Ahmed Tidiane DIALLO**, Directeur de l'ISFAR, à travers lui tout le personnel administratif
- Dr **Abdoulaye FAYE**, Directeur des Etudes, à travers lui tout le corps professoral
- M. **Birahim FALL**, chef du Département Productions Forestières, mon maître de stage, pour sa disponibilité et ses conseils avisés durant toute notre formation. Nous lui reconnaissons un humanisme et une volonté d'offrir une bonne formation à ses étudiants
- M. **Michel DIATTA**, professeur au Département de Production Végétale, pour ses rôles de frère et sa participation active au bon déroulement de ma formation.
- M. **Amsatou THIAM**, chercheur à l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole, à Dakar

Sincère remerciements à :

- Mr **Mamadou KONATÈ**, expert en Conservation de la Biodiversité, mon tuteur de stage, pour son écoute, son aide au cours de mes recherches de stage et pour son suivi durant ces quatre mois. Merci pour sa disponibilité et ses échanges productifs sur le sujet.
- ma maman Mme **Khadidiatou Camara KONATÈ**, secrétaire à l'Université de Thiès, pour son soutien et ses conseils.
- M. **Youssef DIOP**, chef du garage mécanique de l'ISFAR, qui me considère comme son petit frère. Merci pour les sacrifices.
- M. **Ousseynou BÈYE**, bibliothécaire de l'ISFAR, pour sa gentillesse et sa sympathie.
- Lieutenant **Malick DIATTA**, chef du Bureau Aménagement et cartographie au Centre Forêt de Thiès, pour son soutien moral et matériel.
- Je remercie également **Ablaye SOW, Mbaye, Fallou, Naby, Malick, Pape TALL, Dianké** et à travers eux toute l'Amicale des Etudiants et Elèves Talibés de **Baye NIASS** de Bambey.

Je tiens également à témoigner ma reconnaissance à :

- **Baye Mallé THIAM**, mon « Moukhadam », qui m'a initié à la confrérie Tidiane par la voie de **Cheikh Ibrahima NIASS** et à travers lui tout le mouvement **Fityanou Sitkhin**.

- Colonel **Mame Balla GUEYE** directeur Directeur des Parcs et son adjoint Capitaine **Mandiaye NDIAYE**, à travers eux tout le personnel.
- Lieutenant **Cheikh NIANG**, conservateur de la RNICS, qui m'a accueilli chez lui, pour sa disponibilité et son soutien ainsi que tout son personnel
- M. **Mbaye Ndiaye**, Chef de la scolarité de l'ISFAR, pour sa disponibilité et ses conseils.

Enfin, merci à toutes les personnes qui ont prêté leur concours à la réalisation de cette étude.

Liste des acronymes

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

CSE : Centre de Suivi Ecologique

DGPRES : Direction de la Gestion et de Planification des Ressources en Eau

DPA : Département de productions agricoles

DPF : Département de Productions Forestières

DPN : Direction des Parcs Nationaux

ENC: Espace Naturel Communautaire

ENCR : Ecole Nationale des Cadres Ruraux

Eros data center : Centre de Télédétection (USA : South Dakota)

ERTS : Earth Resources Technology Satellite

ESRI : Environmental Systems Research Institute

ETM+ : Enhanced Thematic Mapper Plus

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

FEM : Fonds pour l'Environnement mondial

GIRMaC : Gestion Intégrée des Ressources Marines et Côtières

GIZC : Gestion Intégrée des Zones Côtières

GLCF: Global Land Cover Facility

GPS : Global Positioning System

ISFAR : Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale

LANDSAT : Land Satellite

LGIEE : Licence en Gestion Informatisée de l'Eau et de L'Environnement

MNT : Modèle Numérique de Terrain

MSS : Multi Spectral Scanner

NCDC: National Climatic Data Centre

RBV : Return Beam Vidicon

RNICS : Réserve Naturelle d'Intérêt Communautaire de la Somone

RNP : Réserve Naturelle de Popenguine

SIG : Système d'Information Géographique

SRTM : Shuttle Radar Topographic Mission

TM : Thematic Mapper

TROPIS : Tropical Service (cabinet d'étude et d'appui au développement)

UCAD : Université Cheikh Anta Diop de Dakar

UTM : Mercator transverse universelle

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Image Landsat 4 du 10 mars 1988</i>	16
Tableau 2 : Correspondance fichiers-bandes de l'image Landsat 4 TM du 10/03/1988.....	17
<i>Tableau 3 : Fichiers de l'image Landsat 7 ETM du 04/11/1999</i>	18
Tableau 4 : Correspondance fichiers-bandes de l'image Landsat 7 ETM du 4/11/1999.....	19
Tableau 5: <i>Edition des données SRTM-3 du GLCF</i>	20
Tableau 6 : typologie des données utilisées.....	20
Tableau 7 : Nomenclature du système de classification.....	22
Tableau 8 : Classes des divisions climatiques selon le modèle de Thornthwaite	35
Tableau 9: Description climatique de la zone d'étude avec le modèle de Thornthwaite.....	35
Tableau 10 : unités d'occupation des sols du domaine amont du bassin versant	41
Tableau 11 : unités d'occupation des sols des domaines médian et aval.....	42
Tableau 12 : unités occupation du sol domaine estuarien.....	44

Liste des figures

Figure 1 : types de sols du bassin versant.....	23
Figure 2 : composition colorée 432 (RGB) Image de 1988.....	24
Figure 3 : composition colorée 731 (RGB) image 1999.....	25
Figure 4 : composition colorée 547 (RGB) image 88.....	26
Figure 5: localisation zone d'étude.....	30
Figure 6 : Pluviosités moyennes du Senegal (1951-1980).....	33
Figure 7 : Température moyennes annuelles du Senegal (1951-1980).....	34
Figure 8 : Modèle numérique de terrain (MNT).....	40

Figure 9 : cartographie des principales unités morpho-pédologiques du bassin versant.....	45
Figure 10 : classes d'aptitude agricole des sols du bassin versant.....	47

Sommaire

Dédicace :	i
Remerciements :	ii
Liste des acronymes	iv
Liste des tableaux	vi
Liste des figures.....	vi
Sommaire	viii
Résumé.....	ix
Introduction	1
CHAPITRE I. Cadre théorique.....	3
1.1 Problématique et enjeux du suivi de l'occupation du sol	3
1.2. Analyse conceptuelle.....	10
CHAPITRE II : Cadre méthodologique	15
2.1 Recherche bibliographique.....	15
2.2 Matériels et méthodes.....	15
CHAPITRE III. Présentation générale du milieu d'étude	28
3.1. Structure d'accueil : le GIRMAC.....	28
3.2. Zone d'étude.....	30
CHAPITRE IV. Résultats.....	38
4.1. Photo-interprétation et visites de terrain.....	38
4.2. Unités d'occupation des sols	41
4.3. Analyse de l'aptitude des sols pour l'agriculture	46
Conclusion et recommandations.....	48
Bibliographie.....	50
Table des matières	x

Résumé

Les écosystèmes côtiers (estuaires, deltas, lagunes...) représentent des espaces naturels variés avec une forte richesse biologique. Leur évolution est depuis quelques décennies tributaire des changements climatiques mais aussi des fortes pressions anthropiques. C'est le cas du bassin versant de la Somone.

Le bassin versant de la Somone est un milieu complexe et hétérogène car comprenant une partie continentale et une lagune, ce qui lui confère un statut d'écosystème particulier. Cependant, il est confronté à de sérieux problèmes liés à des pressions intenses et variées qui lui sont exercées. Si aucune action n'est entreprise on assistera à sa dégradation dans un avenir proche.

D'où la préservation de ce milieu et ses ressources vivantes constitue aujourd'hui un enjeu de gestion durable. Il est d'un intérêt capital tant écologique, économique que social, de comprendre ces milieux pour mieux les gérer.

Fort de ce constat, le GIRMaC a souhaité étudié l'occupation du sol à l'échelle du bassin versant. L'objectif visé est de contribuer à la compréhension de la dynamique de l'occupation et/ou de l'utilisation du sol pour mieux cerner la problématique de la dégradation des milieux naturels dans le bassin versant.

Dans le cadre de cet exercice nous avons utilisé des images satellitaires de 1988 et de 1999, et procéder à leurs traitements avec des logiciels ou des techniques permettant d'obtenir des images de qualité. Ensuite on a effectué des visites de terrain afin de disposer d'informations complémentaires.

A l'issu de ce travail nous avons obtenu des cartes qui nous donnent des renseignements sur les caractéristiques pédologiques et morphologiques des sols du bassin versant de la Somone.

Mots clés : bassin versant, écosystèmes, images satellitaires, Somone, occupation des sols.

Introduction

La dégradation des sols se définit comme un processus qui réduit le potentiel de production des sols ou de l'utilité des ressources naturelles. Elle se définit également comme un changement de tous les aspects naturels ou biophysiques de l'environnement par une activité anthropique au détriment de la végétation, des sols, de l'état de surface, des eaux de surface et souterraines ainsi que des écosystèmes (BOU KHEIR et al. 2001).

Selon le FEM (Fonds pour l'Environnement Mondial), la dégradation des sols est un problème mondial qui a des incidences notables sur la productivité de plus de 80 pays ; elle revêt une importance particulière en Afrique où 36 pays doivent faire face à la dégradation des terres arides ou la désertification. Elle compromet déjà les moyens de subsistance, le bien-être économique et l'état nutritionnel de plus d'un milliard de personnes dans les pays en développement.

La dégradation des terres augmente en sévérité et extension dans plusieurs régions dans les proportions suivantes : plus de 20% pour toutes les terres cultivées, 30% pour les forêts et 10% pour les pâturages, en ce sens la FAO (2008) la considère comme un déclin à long terme de la fonction et de la productivité d'un écosystème

Les conséquences de cette dégradation comprennent notamment la diminution de la productivité agricole, la migration, l'insécurité alimentaire, les dégâts aux ressources et aux écosystèmes de base et la perte de la biodiversité du fait des changements subis par l'habitat aussi bien au niveau des espèces qu'au niveau génétique. (FAO ,2002)

Bien qu'affectant de larges zones au Sénégal, en particulier la région côtière, la dégradation des sols n'a été que peu étudiée à l'échelle du bassin versant de la Somone.

Ainsi pour mieux comprendre la dynamique spatiale, analyser l'état de dégradation des sols et en évaluer les risques d'expansion et d'aggravation, la télédétection s'avère un outil très pratique.

La télédétection des paysages permet une perception très nouvelle de l'évolution des phénomènes de surface résultant soit de la dynamique des milieux naturels, soit des transformations dues à l'action des sociétés humaines.

Ainsi, pour apporter une contribution à la compréhension de la dynamique de l'occupation et/ou de l'utilisation du sol le GIRMaC a proposé à l'Institut Supérieur de Formation Agricole et Rural (ISAFR ex ENCR), la conduite d'une étude intitulée :

« Etude de l'occupation des sols pour le suivi de l'évolution de la dégradation des milieux naturels dans le bassin versant de la Somone ».

Ce présent document s'articulera essentiellement sur les parties suivantes :

La présentation du cadre théorique ;

La description de la méthodologie ;

La présentation générale du milieu d'étude ;

La présentation des résultats.

CHAPITRE I. Cadre théorique

Ce chapitre permet de construire l'objet de la recherche. Il est constitué de la problématique, de l'analyse conceptuelle et de l'approche adoptée.

1.1 Problématique et enjeux du suivi de l'occupation du sol

Le Projet de Gestion Intégrée des Ressources Marines et côtières (GIRMaC) s'intéresse aux bassins versants côtiers pour bien les inventorier, mieux les connaître et modéliser leur fonctionnement. L'étude de la Somone constitue un premier pas dans son action sur le littoral sénégalais.

Le bassin versant de la Somone, qui comprend une partie continentale et une lagune, est alimenté par un réseau hydrographique qui descend du plateau de Thiès. La lagune qui est située à 60 km au Sud de Dakar reçoit aussi des eaux marines qui, mêlées aux eaux douces, en font un écosystème particulier, un espace d'interface avec une grande productivité.

Aujourd'hui cependant, cette lagune connaît une dégradation croissante (réduction des ressources en eau, de la mangrove et des prises de poissons) du fait semble-il des ouvrages (petits barrages) édifiés en amont et des constructions réalisées à des fins de villégiature sur les rives de l'estuaire. C'est pour en avoir le cœur net et trouver une solution à ce problème que l'Etat du Sénégal, à travers GIRMAC, a décidé la réalisation d'un audit environnemental dont le but est d'évaluer l'impact de ces aménagements sur la lagune et les populations voisines.

Les conclusions de l'étude ont établi le constat que la dynamique de l'occupation du sol joue un rôle fondamental dans la dégradation des milieux naturels et en particuliers dans le comblement de la lagune.

Le GIRMaC souhaiterait donc confirmer ces résultats en étudiant la dynamique de l'occupation du sol, sur une échelle de temps plus longue. La géomatique sera mise à contribution pour le traitement et la spatialisation des données.

1.1.1 Position du problème

L'inventaire et le suivi de l'occupation du sol à l'échelle mondiale a pris un essor décisif avec le développement de l'imagerie satellitaire à partir des années 1980 (Corgnes 2004,). Depuis lors, l'analyse de l'évolution de l'occupation du sol constitue un axe de recherche privilégié pour de nombreuses disciplines.

Des nombreuses études effectuées sur les changements d'occupation du sol et leur relation avec la biosphère, il apparaît en effet qu'ils constituent un indicateur significatif voir majeur dans l'étude des dynamiques environnementales à l'échelle globale (Mather et Sdasyuk, 1991). La connaissance des causes et des conséquences des dynamiques d'occupation du sol à différentes échelles constitue désormais un enjeu scientifique important et motive le développement de collaborations interdisciplinaires.

Le littoral de la Somone est le siège de conflits d'usage. Cette situation a entraîné une forte dynamique dans l'occupation et dans l'utilisation des sols.

Malgré les avantages associés à la présence des carrières, situés en amont de la Somone, des impacts négatifs graves sont à signaler. En effet, l'environnement de la nouvelle cimenterie se caractérise par la présence d'un nombre important de monticules de sable qui proviennent des surfaces déblayées par les engins de terrassement lors de la construction de l'usine. En outre, la recherche et l'exploitation de carrières se matérialisent par l'ouverture d'énormes excavations et la constitution de monticules de terres dans les chantiers. Les monticules freinent les écoulements de surface et absorbent une grande quantité d'eau. Cette eau permet à la végétation autrefois dégradée de croître assez rapidement. Cette eau est perdue pour la Somone. De ce fait, l'extension des carrières, malgré l'apport de celles-ci à l'industrie de la construction et à l'économie nationale, constitue une menace sérieuse pour l'équilibre hydrologique et, partant, écologique du bassin versant.

Les routes, malgré leur importance, sont généralement situées en contrebas de collines aux pentes fortes. A certains endroits, elles ralentissent et stockent de l'eau en amont jusqu'à une certaine cote au delà de laquelle elle passe au dessus de la route. Cela est à l'origine du phénomène de ravinement observé en aval des points de passage d'eau. En plus, les matériaux arrachés se retrouvent dans la lagune et contribuent ainsi à son comblement progressif. Ce phénomène est parfois accentué par les défauts de construction de certains ouvrages de franchissement, notamment au niveau de Sorokh Khassab et de Thiafoura.

Six (6) ouvrages ont été construits en 1999 au niveau de la réserve animalière de Bandia. Il faudrait dire aussi qu'une bonne partie de l'eau qui tombe en amont de Bandia est certes perdue par infiltration mais le peu qui arrive dans la réserve est presque entièrement retenu dans ces ouvrages, sauf après de fortes pluies. C'est donc pour mettre fin à cet état de fait qu'en juin 2003, ces barrages ont été en partie détruits suite à une décision ministérielle.

Mais depuis lors l'écoulement ne se produit dans les axes qu'à la faveur d'évènements pluvieux successifs ou exceptionnels.

Autrement dit, la rétention de l'eau se poursuit au niveau des ouvrages de la réserve animalière de Bandia, même si une partie des eaux est écoulee lors de très grosses pluies ou de pluies successives.

Avec la pression démographique, il se pose un problème d'espace et les populations déboisent pour exploiter des champs sur les versants de collines qui sont des endroits propices au ruissellement à cause de l'ampleur de la pente.

Avec la disparition de la végétation, l'érosion est accélérée. C'est ce facteur qui semble contribuer le plus au comblement de la lagune (Tropis, 2004).

Le passage répété des troupeaux bovins et caprins sur les secteurs aux sols sablonneux et aux pentes fortes de l'ouest limite la régénération du couvert végétal et contribue également à l'accroissement de l'érosion, tout comme le ravinement provoqué par le passage répété des animaux de trait et des charrettes.

Le fauchage de l'herbe à des fins commerciales par des gens venus notamment des villes est une pratique également très répandue. Il en est de même des coupes de *Guiera senegalensis* et de *Combretum glutinosum* pour l'énergie domestique. Ces pratiques mettent à nu les sols et les exposent à toutes formes de dégradation.

La pêche dans l'estuaire constitue une sérieuse concurrence à l'alimentation des oiseaux et un facteur de perturbation de leur quiétude. Selon Houde (2001) les pêcheurs repèrent les zones d'attroupement des oiseaux et vont y pêcher.

A signaler aussi la surexploitation provoquée par la pêche industrielle (par les chalutiers) sur la zone côtière et l'utilisation des filets nylon qui déciment les ressources halieutiques même lorsqu'ils ont été abandonnés sur place. Tout ceci a contribué à l'appauvrissement de la zone côtière et entraîné la migration forte et précoce des pêcheurs locaux vers des secteurs plus poissonneux comme le Delta du fleuve Saloum.

Les constructions se développent à un rythme très rapide dans la zone côtière, de Somone à Guéréo et aux abords de Nguékokh jusqu'au lit du cours d'eau, et elles sont surtout associées au développement du tourisme et à la croissance urbaine.

Hormis la spéculation foncière et la perte de terres agricoles, la destruction du parc d'Adansonia digitata et la défiguration des paysages sur le littoral et autour de la lagune, cette occupation anarchique du lit de la Somone aura pour effet un ralentissement et une diminution croissants des écoulements vers l'estuaire et l'augmentation des risques d'inondation dans les établissements humains concernés. Cette pression foncière pousse de plus en plus les paysans à exploiter les terres marginales sur les flancs des collines.

En outre l'occupation anarchique du domaine public maritime et le prélèvement du sable marin pour la construction de cabanons, participent sans aucun doute à l'accentuation de l'érosion côtière dans les villages du littoral.

La pollution de la lagune par les déchets solides et liquides est perceptible au niveau de la lagune et autour du village de la Somone. Ce développement risque de provoquer des effets désastreux sur les fruits de mer comme les crevettes, les huîtres et les arches et un phénomène d'eutrophisation dans la lagune.

L'activité touristique contribue au développement économique de la région par les opportunités qu'elle offre en termes de création d'emplois dans le secteur hôtelier et de la restauration et de marché pour l'écoulement des produits de l'agriculture et de l'artisanat. Mais elle a des effets néfastes sur la faune de l'estuaire du fait notamment des perturbations occasionnées sur les oiseaux.

1.1.2. Etat de la question

Cette bande côtière a fait l'objet d'un grand nombre de travaux de réflexion. Pour contribuer à la gestion de certains biotopes, un chapelet d'aires protégées a été mis en place.

La première aire protégée mise en place fut la Forêt classée de Popenguine créée par Arrêté n° 2632 SE du 7 Novembre 1936, sur une superficie de plus de 800 ha. Elle est constituée d'un plateau et de quelques vallées en bordure Ouest, souvent envahies par l'extension des terres agricoles.

La Réserve Naturelle de Popenguine (RNP), d'une superficie de 1009 hectares, fut la seconde aire protégée créée par le décret n° 86-604 du 21 mai 1986. Elle est constituée aux deux tiers d'un plateau qui s'incline doucement vers l'Est. L'altitude moyenne est de 60 m avec le Cap de Naze qui borde la mer à 74 m d'altitude. Sa falaise calcaire domine la partie littorale de la réserve et se termine dans la mer par une importante frayère.

Une vallée sépare également le Cap de Naze du reste de la réserve. Avec un espace de 900 m au large, la réserve s'étend aussi dans la mer.

Le règlement intérieur de la RNP, en date du 3 Janvier 1987, fait de la réserve un espace entièrement mis en défens où pratiquement toute activité est interdite hormis la pêche traditionnelle, la recherche scientifique et les visites guidées qui sont soumises au paiement d'un droit d'entrée.

On est ensuite passé de la notion de réserve naturelle limitée à un espace contrôlé entièrement par l'Etat (RNP) au concept d'Espace Naturel Communautaire (ENC), élargi et complexe intégrant à la fois des milieux naturels sous administration étatique (RNP, Forêt Classée de Popenguine et plus tard la RNICS) et des terroirs agricoles sous contrôle des populations riveraines de ces milieux naturels.

Comme pour le cas de la Réserve de biosphère dont on s'inspire d'ailleurs, il ne s'agit plus seulement d'associer les populations à la gestion d'un espace naturel, mais de les impliquer dans la cogestion d'un espace.

Le passage du concept de réserve naturelle à celui d'espace naturel communautaire n'impliquait pas seulement un changement sémantique. Il intégrait à la fois l'élargissement de l'espace d'évolution et des objectifs.

Dans la même lancée fut créée en 1999 par délibération N°3 du Conseil Rural de Sindia, la Réserve Naturelle d'Intérêt communautaire de la Somone. Elle s'étend sur les huit (8) derniers kilomètres de la rivière et porte principalement sur la lagune dont elle est destinée à protéger les biotopes.

A côté de ces initiatives de conservation, la rivière de la Somone a fait l'objet d'un suivi hydrologique de 1973 à 1992. Il a été réalisé par la Direction de la Gestion et de Planification des Ressources en Eau (DGPRE) à partir d'une station de mesure installée en 1973 au niveau du pont de la réserve de Bandia. Ce suivi s'est arrêté en 1992. Les derniers éléments de la station déjà à l'arrêt ont été complètement détruits par les travaux de génie civil effectués au pont de Bandia pour l'aménagement de la Réserve animalière.

La zone a aussi fait l'objet de nombreuses études qui ont porté sur la compréhension des aspects ci-dessus évoqués. Il en est ainsi de l'analyse des modes de gestion, l'évaluation de l'expérience du programme ENC (Tropis, 2004), de l'occupation des sols (Aubry, 2003),

au diagnostic territorial et des potentialités de développement de l'écotourisme, de conservation de la mangrove (Houde, 2001), les paramètres physico-chimiques des eaux de la Somone (Pages et Lung Tack, 1984), etc.

L'audit environnemental du Bassin versant de la Somone effectué par Tropis (2004) a permis de caractériser vingt quatre (24) unités homogènes. Ces unités homogènes ont été définies et délimitées au moyen de la carte d'occupation des sols au 1/50 000 (IGN) de la zone d'étude en se basant sur les critères topographique, hydrologique, écologique et humain.

1.1.3. Délimitation du champ de l'étude

Ce travail constitue une contribution à la prise en charge d'un aspect de la large problématique de l'aménagement des bassins versant des zones côtières à travers l'étude de l'occupation des sols. Il cherche, à partir de données provenant de diverses sources, à identifier les différentes entités morpho-pédologiques du bassin versant de la Somone. Il pousse enfin la réflexion sur les contraintes liées au caractère versatile des unités spatiales de base sur le littoral et sur le besoin d'intégrer toutes ces données dans un système d'information géographique.

Associé à d'importants développements technologiques, l'essor des Systèmes d'Information Géographiques (SIG) a permis la création de bases de données spatialisées offrant la possibilité d'intégrer des données d'occupation et d'utilisation du sol dérivées des images de télédétection dans des modèles de suivi et plus récemment de prédiction de l'usage des terres. Des images multispectrales seront utilisées pour fabriquer un modèle numérique de terrain, duquel sera extrait le contour du bassin versant.

Cependant ce travail ne comportera pas de résultats d'inventaires de la flore ou de la faune, ni d'étude de sol qui sont pourtant des paramètres importants pour la caractérisation des unités d'occupation et/ou d'utilisation des sols. L'étude de la dynamique du changement d'occupation ou d'utilisation des sols n'est pas un centre d'intérêt pour cette phase du travail. L'accent sera surtout mis sur l'interprétation visuelle des faciès caractéristiques des principales unités d'occupation et/ou d'utilisation des sols.

Le principal produit attendu est l'élaboration d'abord une légende puis une carte d'occupation et/ou d'utilisation des sols qui servira de référentiel pour la détection des changements.

1.1.4. Justification du choix du sujet

L'espace littoral et côtier apparaît de plus en plus comme une zone très sensible qu'il faut connaître. Les estuaires en particuliers, sont des zones complexes et fortement dynamiques, caractérisées par des problématiques très diversifiées et des conflits d'acteurs importants.

La cohabitation d'espaces naturels étendus et riches, d'infrastructures et de larges zones d'activités et de tâches urbaines importantes, font de ces estuaires des zones d'étude de premier ordre. En plus ce sont des milieux caractérisés par une catégorie originale de formes littorales, dues à la pénétration au gré des marées de la mer dans le cours aval d'organisations fluviales spécifiques et par les activités humaines qu'ils supportent.

L'identification et le suivi de l'évolution de l'occupation des sols pose d'emblée des questions relatives aux échelles spatio-temporelles utilisées (Corgnes, 2004) : A quelles échelles les processus interviennent-ils et sont-ils perceptibles ? Quelles sont les échelles d'observation disponibles et/ou souhaitables ? Comment peut-on passer d'une échelle à l'autre ? En plus des questionnements liés aux échelles spatiales, la détermination des dynamiques de l'occupation et de l'utilisation des sols soulève le problème de la prise en compte du temps dans les processus d'observation et de suivi : il s'agit en particulier de déterminer si les systèmes territoriaux étudiés, sont en phase de stabilité ou d'instabilité sur une période donnée, c'est-à-dire repérer des constantes, mais aussi des ruptures ou des discontinuités.

La détermination des unités d'occupation du sol constitue ainsi une première étape pour établir un état des lieux d'un espace géographique. Ces travaux de recherche offrent des possibilités d'effectuer une analyse spatiale de paramètres structurants des différents. Avant toute étude diachronique, il est indispensable de bien connaître l'espace concerné et donc d'élaborer un état de référence de l'occupation du sol aussi précis, exact et exhaustif que possible. Ce document revêt une grande importance puisqu'il va servir d'étalon et de base de comparaison. S'il est faussé ou incomplet, toute étude diachronique qui s'ensuit risque de l'être également. Ce thème s'insère dans les problématiques de recherche actuelles de la géographie.

En plus de cela, il existe une faible prise en compte des liens bassin –versant / littoral, même si la notion de Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) semble mieux acceptée de nos jours du fait d'un contexte institutionnel nouveau, favorable.

1.1.5. Objectifs de l'étude

1.1.5.1. Objectif global

L'objectif global de ce travail est de contribuer à la compréhension de la dynamique de l'occupation et/ou de l'utilisation du sol pour mieux cerner la problématique de la dégradation des milieux naturels d'un bassin versant.

1.1.5.2 Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques de cette étude sont :

- déterminer les principales unités morpho-pédologiques d'occupation du sol et les cartographier après élaboration d'un modèle numérique de terrain ;
- dresser les perspectives de recherche pour une prise en charge du suivi de la dynamique des modes de gestion de l'occupation du sol.

1.1.6. Hypothèse de recherche

L'étude va tenter de vérifier l'hypothèse suivante : **“Les conditions morpho-pédologiques déterminent les types d'occupation ou d'utilisation des sols et des autres ressources naturelles”**.

1.2. Analyse conceptuelle

1.2.1. Occupation du sol

1.2.1.1. Définition

La définition du terme « Occupation du sol » a fait l'objet de plusieurs études dont on peut citer la suivante : « L'occupation du sol peut être succinctement défini comme la couverture biophysique de la surface des terres émergées » (FAO, 1998).

1.2.1.2. Etude de l'occupation du sol

1.2.1.2.1. Pourquoi étudier l'occupation du sol?

La double influence du milieu physique et des activités anthropiques dans un environnement socio-économique quelconque déterminent l'organisation de l'espace. Il faut en déduire que l'occupation du sol donne une illustration de cette «confrontation continue entre la société et son milieu » (Burel et Baudry, 1999, cité par Benkrid, 2008), exprimant à un instant donné un état de ces relations qui impliquent des structures changeantes dans l'espace et dans le temps.

Pour cela, l'étude et la cartographie de l'occupation du sol sont très importantes dans la compréhension de cette confrontation ainsi que dans l'étude interdisciplinaire de la dynamique socio-économique et son impact sur le milieu naturel.

D'autre part, la cartographie de l'occupation du sol offre un ensemble d'informations relatives à un temps « t » et à un endroit « x, y, z ». Ces informations caractérisent au mieux le milieu physique et son évolution spatio-temporelle. Donc, que ce soit pour l'agronome, le pédologue, le géologue, etc., la connaissance de l'occupation du sol, d'un territoire donné représente une information très importante pour la caractérisation, la gestion et la prévision a posteriori d'un schéma directeur d'aménagement des ressources naturelles.

1.2.1.2.2. Aperçu sur l'historique de l'étude et la cartographie de l'occupation du sol

L'étude et la cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol fait l'objet depuis l'essor de la télédétection à partir des années 1980 de nombreuses recherches théoriques et applicatives. Les premiers capteurs d'observation de la terre, dont la résolution spatiale était limitée (80 mètres pour Landsat MSS, 1,1 Km pour NOAA AVHRR) ont permis au mieux d'étudier et cartographier des petites régions agricoles dans des paysages agraires de type bocager (Allain, 2000 cité par Benkrid, 2008¹).

La résolution des capteurs s'étant améliorée à partir du milieu des années 80, l'échelle d'analyse s'est affinée et des cartes d'occupation du sol à l'échelle parcellaire sont désormais réalisées grâce à des capteurs à haute et très haute résolution spatiale de type SPOT 5 (10 mètres en multispectral) ou Landsat TM+ (15 mètres en multispectral).

Associé à ces importants développements technologiques, l'essor des Systèmes d'Information Géographiques (SIG) a permis la création de bases de données d'occupation du sol spatialisées offrant la possibilité d'intégrer des données d'occupation et d'utilisation du sol dérivées des images de télédétection dans des modèles de suivi et plus récemment de prédiction de l'usage des terres. Ces derniers, en plein développement depuis une dizaine d'années sont souvent complexes à mettre en œuvre, car ils nécessitent d'une part la connaissance et la compréhension des facteurs qui motivent les changements observés, et d'autre part l'élaboration de modèles valides et reproductibles.

En outre, ils nécessitent généralement la collaboration de nombreuses disciplines scientifiques, ce qui requiert un effort de compréhension afin de mettre en place une interface de dialogue indispensable. Donc l'étude de l'occupation du sol est étroitement liée à la télédétection.

1.2.2. Géomatique

La géomatique est l'application de l'informatique à la géographie (par exemple sous la forme de SIG - système d'information géographique).

C'est au début des années 70 qu'un ingénieur géographe employa pour la première fois le mot «géomatique» pour faire allusion au mariage des sciences de l'étude et des mesures de la Terre avec l'informatique.

De nos jours, la géomatique est définie comme étant un champ d'activités qui a pour but d'intégrer les moyens d'acquisition et de gestion des données à référence spatiale en vue d'aboutir à une information d'aide à la décision, dans un cadre systémique.

La notion de système explique la prise en compte de tout ce qui concourt à la réalisation d'un projet de géomatique : les données, les équipements, les logiciels, les spécialistes, le cadre physique de travail ainsi que les procédures qui les coordonnent.

Des expressions synonymes du mot géomatique sont utilisées dans d'autres langues; c'est le cas de l'anglais avec l'expression « Geographic Information System » qui est souvent traduite en français par « Système d'Information Géographique (SIG) ».

Le Système d'Information Géographique est un système de gestion de base de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse, l'affichage de données localisées (Gilliot, 2000).

Depuis la fin des années 90, les scientifiques utilisent de plus en plus l'expression « sciences de l'information géographique » pour éviter la confusion dans la désignation du domaine de la géomatique et des logiciels qui supportent cette dernière.

1.2.3. Images satellitaires

Les images satellitaires constituent un outil important dans la cartographie de l'occupation du sol ainsi que dans la planification et la gestion des ressources ; elles sont descriptives et apportent une information spatiale, beaucoup plus importante par rapport aux autres sources d'information (Pouchin, 2001) et spectrale qui permet la caractérisation des objets dans une large bande spectrale.

Le processus d'interprétation, qu'il soit visuel ou automatique, transforme les données contenues dans l'image en éléments d'informations attachés à une localisation géographique. Cela permet d'utiliser ces données de télédétection dans un processus de gestion des ressources en les combinant avec des données pluri-thématiques et multi-sources. C'est dans cette intégration des données que le potentiel de développement des applications de télédétection est le plus important.

Selon Bardinet (1994), le choix d'un système de télédétection dans l'étude de l'occupation du sol est crucial, il dépend de la résolution au sol du pixel, du nombre et de l'intervalle des bandes spectrales, du cycle d'enregistrement de données disponibles et de la superficie couverte par une seule image. L'approche temporelle que nous envisageons nous conduit à privilégier les capteurs qui ont la plus grande chronologie d'archives comme Landsat.

La mise sur orbite de la série des satellites Landsat résulte d'un projet de la NASA, visant à réaliser un satellite spécifiquement destiné à l'observation de la terre, afin d'évaluer les ressources potentielles (ERTS : Earth Resources Technology Satellite). Sept **satellites Landsat** ont été lancés depuis juillet 1972 (tableau 1). Depuis, la caméra est évoluée de RBV (Return Beam Vidicon) et MSS (Multi Spectral Scanner) de 1972 à l'ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) de 1999.

La résolution spatiale est passée de 80 m à 30 m (ou 15 m en mode panchromatique) et les domaines spectraux explorés concernent le visible, le proche infrarouge et le moyen ainsi que l'infrarouge thermique. Le radiomètre ETM+ permet ainsi d'offrir des images couvrant un champ d'observation de 185 km * 185 km, avec une résolution spatiale de 30 m en mode multispectral.

1.2.3. Partition du paysage en éléments ou unités du milieu

Un système ne peut être défini, à un moment donné, à une échelle donnée et selon un “point de vue” (thématique ou intégrée) donné, avant qu’on en identifie les “éléments” qui sont en interaction (Raunet, 1989).

Dans le cas du paysage, les éléments constitutifs sont les “unités de milieu” (ou “unités morpho-pédologiques”) contiguës dans l’espace, que l’on perçoit globalement comme des entités.

Répetons, car ceci est très important, que ce découpage du paysage est une possibilité parmi d’autres ; il est conditionné par plusieurs aspects :

- l’optique et l’objectif de l’observateur : en morpho-pédologie, cette optique est d’intégrer et de faire ressortir les interdépendances des composantes du milieu, en les regroupant en “unités” cohérentes. Cette optique est différente de celle du thématicien ;

- l’échelle d’observation : il y aura d’autant plus d’éléments au kilomètre carré que le niveau de détail sera grand. Les classes d’unités seront définies (caractéristiques ou propriétés) différemment selon l’échelle considérée.

Le découpage du territoire ne doit pas être artificiel, mais s’imposer de façon naturelle à l’issue d’une démarche spécifique, à la fois empirique, comparative et inductive. À une échelle donnée, la distinction des unités et classes d’unités repose sur la perception de différences significatives et de récurrences (répétitivité) de ces différences, dans le contexte exclusif de la région étudiée. Cette dernière condition est indispensable pour que les différences observées soient pertinentes. Il apparaîtra que les “caractéristiques” des unités de milieu qui permettent de définir celles-ci ne doivent être référées qu’à des relations (d’équivalence ou de différence) existantes au sein du territoire. Un élément en soi n’est définissable sans ambiguïté que dans le contexte du système étudié et par rapport aux autres éléments. En ce sens, le système doit être autoréféré.

1.2.4. Relations entre unités du milieu et structure du paysage

La structure d’un système est la manière dont ses éléments sont “arrangés”. C’est donc une notion statique, à un moment donné, à l’opposé des notions d’interactions, de flux, de processus, d’évolution qui sont les aspects dynamiques du système et qui “traversent” le cadre structural. Celui-ci peut donc se représenter, à un moment donné, selon un axe horizontal dit “synchronique”. L’évolution du système s’imagine sur un axe vertical dit “diachronique”.

CHAPITRE II : Cadre méthodologique

Pour atteindre l'objectif de notre recherche, la méthodologie suivante a été adoptée:

- la recherche bibliographique
- le recueil de données : il concerne ici l'acquisition et le traitement des images satellitaires ainsi que les missions de terrain.

2.1 Recherche bibliographique

Elle concerne dans un premier temps les ressources documentaires disponibles au niveau de l'ISFAR, de l'UCAD, du GIRMAC, de la Direction des Parcs Nationaux.

L'étude s'est ensuite poursuivie avec la consultation des sites web appropriés ayant trait au thème.

2.2 Matériels et méthodes

2.2.1. Acquisition des données de télédétection et cartographie des unités d'occupation et d'utilisation du sol

Pour obtenir des informations sur la zone d'étude, la carte topographique Bargny ND-28-XIII (Sud-Est) a été exploitée. Elle a été produite en 1983, à une échelle de 1 : 50 000, par l'Institut Géographique National (IGN) de la France avec la collaboration du Service Géographique National du Sénégal. Elle a été scannée et géoréférencée avec les caractéristiques suivantes :

- Projection : Mercator Transverse universelle (MTU) ;
- Ellipsoïde : Clarke 1880 ;
- Fuseau : 28.

Deux images Landsat ont été téléchargées sur le site de GLCF (Global Land Cover Facility). La première image a été choisie parce qu'elle a été prise en saison sèche et un an après la mise en place de la RNP. De ce fait l'interprétation visuelle des unités géomorphologiques est facilitée parce que le sol n'est pas couvert.

- **Niveau de prétraitement des images :**

Deux niveaux de prétraitement sont proposés dans les listes de résultats pour une scène donnée ;

- Niveau L1G : les données sont systématiquement corrigées radiométriquement et projetées en WGS 84.
- Ortho-geocover : les données ont été orthorectifiées. Il s'agit de la meilleure qualité disponible en imagerie Landsat en termes de précision de localisation. Les trois images téléchargées appartiennent à ce niveau de pré-traitement.

- **Format de fichiers**

Les données sont fournies soit en Geotiff soit en BSQ. Les trois images sont données en Geotiff et sont automatiquement géoréférencées dès leur ouverture dans ENVI 4.3.

Tableau 1 : Image Landsat 4 du 10 mars 1988.

Nom du Fichier	Taille téléchargement	Taille actuelle	Dernière modification
p205r50_4t880310.742.browse.jpg	261978 bytes		Thu Jun 15 00:25:28 EDT 2006
p205r50_4t880310.742.preview.jpg	8265 bytes		Thu Jun 15 00:25:28 EDT 2006
p205r50_4t880310.browse.jpg	230774 bytes		Thu Jun 15 00:25:28 EDT 2006
p205r50_4t880310.hdr	2636 bytes		Thu Aug 29 04:42:42 EDT 2002
p205r50_4t880310.met	364 bytes		Thu Aug 29 04:43:08 EDT 2002
p205r50_4t880310.preview.jpg	7763 bytes		Thu Jun 15 00:25:28 EDT 2006
p205r50_4t880310.tar.jpg	31499 bytes		Thu Aug 29 04:43:34 EDT 2002
p205r50_4t880310_nn1.tif.gz	25138219 bytes	57980778 bytes	Thu Aug 29 04:52:38 EDT 2002
p205r50_4t880310_nn2.tif.gz	18706562 bytes	57980778 bytes	Thu Aug 29 04:45:04 EDT 2002
p205r50_4t880310_nn3.tif.gz	23595557 bytes	57980778 bytes	Thu Aug 29 04:46:18 EDT 2002
p205r50_4t880310_nn4.tif.gz	20094096 bytes	57980778 bytes	Thu Aug 29 04:47:30 EDT 2002
p205r50_4t880310_nn5.tif.gz	28029478 bytes	57980778 bytes	Thu Aug 29 04:48:51 EDT 2002
p205r50_4t880310_nn6.tif.gz	7298175 bytes	57980778 bytes	Thu Aug 29 04:49:29 EDT 2002
p205r50_4t880310_nn7.tif.gz	28744725 bytes	57980778 bytes	Thu Aug 29 04:51:09 EDT 2002

Source : ftp://ftp.glcf.umiacs.umd.edu/glcf/Landsat/WRS2/p205/r050/p205r50_4t880310.TM-EarthSat-

[Orthorectified/](#)

Les fichiers ci-dessous correspondent à une image Landsat 4, path 2005, row 050 (p205r050) du 10 mars 1988.

Tableau2 : Correspondance fichiers-bandes de l'image Landsat 4 TM du 10/03/1988.

Numérotation du fichier	Correspondance Landsat
4t880310_nn1	Bande 1, bleue
4t880310_nn2	Bande 2, verte
4t880310_nn3	Bande 3, rouge
4t880310_nn4	Bande 4, infrarouge proche
4t880310_nn5	Bandes 5, infrarouge moyenne
4t880310_nn6	Bande 6, infrarouge thermique
4t880310_nn7	Bandes 7, infrarouge moyenne

Les bandes 1 à 5 et 7 ont une résolution spatiale de 30 mètres et la bande 6 de 120 mètres. Les fichiers ci-dessous correspondent à une image Landsat 7, path 205, row 050 (p205r050) du 04 novembre 1999.

Tableau3 : Fichiers de l'image Landsat 7 ETM du 04/11/1999.

Nom du Fichier	Taille téléchargement	Taille actuelle	Dernière modification
p205r050_7k19991104_z28_nn61.tif.gz	4567031 bytes	16664234 bytes	Mon Dec 22 13:39:00 EST 2003
p205r050_7k19991104_z28_nn62.tif.gz	5788201 bytes	16664234 bytes	Mon Dec 22 13:39:00 EST 2003
p205r050_7p19991104_z28_nn80.tif.gz	115293509 bytes	266219906 bytes	Mon Dec 22 13:39:00 EST 2003
p205r050_7t19991104.742.browse.jpg	266172 bytes		Tue Jun 27 12:04:24 EDT 2006
p205r050_7t19991104.742.preview.jpg	8143 bytes		Tue Jun 27 12:04:24 EDT 2006
p205r050_7t19991104.browse.jpg	249041 bytes		Tue Jun 27 12:05:55 EDT 2006
p205r050_7t19991104.preview.jpg	7955 bytes		Tue Jun 27 12:06:31 EDT 2006
p205r050_7t19991104_z28_nn10.tif.gz	25770088 bytes	66586154 bytes	Mon Dec 22 13:39:00 EST 2003
p205r050_7t19991104_z28_nn20.tif.gz	26917817 bytes	66586154 bytes	Mon Dec 22 13:39:00 EST 2003
p205r050_7t19991104_z28_nn30.tif.gz	31184937 bytes	66586154 bytes	Mon Dec 22 13:39:00 EST 2003
p205r050_7t19991104_z28_nn40.tif.gz	27715930 bytes	66586154 bytes	Mon Dec 22 13:39:00 EST 2003
p205r050_7t19991104_z28_nn50.tif.gz	30972321 bytes	66586154 bytes	Mon Dec 22 13:39:00 EST 2003
p205r050_7t19991104_z28_nn70.tif.gz	32144409 bytes	66586154 bytes	Mon Dec 22 13:39:00 EST 2003
p205r050_7x19991104.met	5521 bytes		Thu Feb 12 12:55:00 EST 2004

Source: ftp://ftp.glcf.umiacs.umd.edu/glcf/Landsat/WRS2/p205/r050/p205r050_7x19991104.ETM-EarthSat-Orthorectified/

En somme, deux périodes ont été choisies : la saison sèche pour l'image de 1988 et la fin de l'hivernage pour l'image de 1999.

Tableau4 : Correspondance fichiers-bandes de l'image Landsat 7 ETM du 4/11/1999.

Numérotation fichier	Correspondance Landsat
7t19991104_z28_nn10	Visible Bleu (0.45 – 0.52µm) 30m
7t19991104_z28_nn20	Visible Vert (0.52 – 0.60µm) 30m
7t19991104_z28_nn30	Visible Rouge (0.63 – 0.69µm) 30m
7t19991104_z28_nn40	Near Infrared (NIR) (0.77 – 0.90µm) 30m
7t19991104_z28_nn50	NIR (1.55 – 1.75µm) 30m
7k19991104_z28_nn61	Thermal (10.40 – 12.50µm) 60 m Low Gain
7k19991104_z28_nn62	Thermal (10.40 – 12.50µm) 60 m High Gain
7t19991104_z28_nn70	Mid IR (2.08 – 2.35µm) 30m
7p19991104_z28_nn80	Panchromatic (PAN) (0.52 - 0.90µm (15m)

Pour la construction du modèle numérique de terrain, des fichiers SRTM (**Shuttle Radar Topography Mission**) ont été téléchargés sur le même site du GLCF. Ce sont des images de type SRTM-3 avec une résolution 90m (3 arcs seconde), couvrant environ 80% des terres émergées qui ont été téléchargées avec le format décrit dans le tableau 5.

En effet, seules les cartes à 90 m de résolution sont rendues publiques. Les cartes aux résolutions les plus fines nécessitent, en effet, une autorisation avant leur utilisation.

Tableau5 : Edition des données SRTM-3 du GLCF

Résolution	Projection	Couverture
3 arcs-seconde (90 mètres)	Géographique	Format natif USGS (degré)
	UTM	WRS-2 Path/Row

2.2.2. Système d'information géographique

Pour cette étude, les données ont été collectées de diverses sources comme les images satellitaires, le système de positionnement global (GPS) et les documents scannés ou digitalisés.

Tableau6 : typologie des données utilisées

Données thématiques	Types de données
Images géoréférencées Landsat	Raster
Carte des unités d'occupation de sols	Vecteur
Images géoréférencées SRTM	Raster
Carte topographique	Vecteur
Carte des sols du Sénégal	Vecteur
Photos de terrain	Raster

Les logiciels suivants ont été utilisés :

- **ENVI 4.3** : il a servi à réunir sous un même fichier les différents canaux des images landsat (fonction layer stacking). Il a permis ensuite d'effectuer les différentes compositions colorées ayant facilité la photo-interprétation des images multispectrales. Il intègre de nouvelles fonctionnalités facilitant le traitement des images satellitaires parmi lesquelles on trouve :
 - ENVI Zoom, une nouvelle interface de visualisation des images avec un accès facilité aux fonctions de traitement ;
 - ENVI RX Anomaly Detection Tool, un plug-in gratuit pour ENVI de détection de signature spectrale anormale ;
 - ENVI Intelligent Digitizer, outil de digitalisation semi-automatique ;
 - Support Vector Machine Classification, un système expert de classification ;
 - Etc. ;

- **ArcView 3.2a et Arcgis 9.3(Esri©)**: ils ont été employés pour le traitement des données vectorielles. Les extensions spatial analyst intégrée à ArcGIS 3.3 et Arc Hydro Tools téléchargé sur le site d'ESRI et installé ensuite ont permis de traiter le fichier topo (SRTM) et de produire le Modèle numérique de terrain.
- **Landserf 2.3. 1** : c'est un logiciel open source qui a été gratuitement téléchargé sur le site www.landserf.org. Il a contribué au traitement et à l'analyse morphométrique du fichier topographique (SRTM) ainsi que la conversion des fichiers de forme d'ArcGIS en format kml projeté sur Google Earth.
- **Google Earth** : ce logiciel a rendu aisée la photo-interprétation d'images landsat et la création de la carte de situation de la zone d'étude.

2.2.3. Carte d'occupation et d'utilisation des sols et sa légende

2.2.3.1. Revue documentaire

La revue documentaire est d'un grand apport pour la préparation de la légende. En effet, il a fallu se documenter pour avoir un aperçu global, du climat, de la géologie, de la géomorphologie, de la végétation, des activités anthropiques et des sols.

2.3.3.2. Visites de terrain

Les visites terrains ont permis de disposer d'informations complémentaires assez détaillées sur la zone d'étude. La reconnaissance des paysages s'est effectuée sous forme de transects traversant plusieurs formes d'occupation et d'utilisation de l'espace : champs, terres de parcours, zones boisées ou habitées, plaines, collines, etc.

Les sorties de terrain ont permis de faire un contrôle sur site des éléments les plus caractéristiques du paysage.

2.3.3.3. Préparation de la légende préliminaire

Les unités d'occupation du sol ont été ajustées pour refléter le contexte de la zone d'étude. La nomenclature définitive a été conçue par paysage suivant la toposéquence.

L'objet de l'étude ne nécessite pas l'utilisation de méthodes de classification d'images. Seule une interprétation visuelle a été combinée à des vérifications de terrain.

L'interprétation des compositions colorées combinée à l'utilisation de *Google Earth*, a permis de retenir types d'occupation et/ou utilisation des sols.

Tableau7 : Nomenclature du système de classification

Eléments de Paysages		Toposéquence		Occupation/Utilisation sol	
1	Domaine Amont du Bassin versant	1	Plateau cuirassé	Végétation naturelle	
2	Domaine médian du Bassin versant	2	Glacis De raccordement	1	Savane boisée
3	Domaine aval du bassin versant	3	Vallée encaissée	2	Savane arborée
		4	Vallée étalée	3	Savane arbustive
		5	Plaine alluviale	4	Tannes arbustives
		6	Bas-fonds	5	Mangroves
		7	Plateau	Végétation artificielle	
		8	plages	6	Cultures sans arbres
		9	carrières	7	Cultures avec arbres
		10	Zones habitées	8	Reboisement
		11	Cours d'eau	Autres	
		12	Plan d'eau	9	Sable vif
		13	Sol nu	10	Rivière
		14	Vasières	11	Lagune

A l'échelle du bassin versant de la Somone, six (6) classes de sols ont été répertoriés (figure 1) La cartographie des types de sols a été superposée à celle des unités morpho-pédologiques pour affiner les différents types d'occupation des sols.

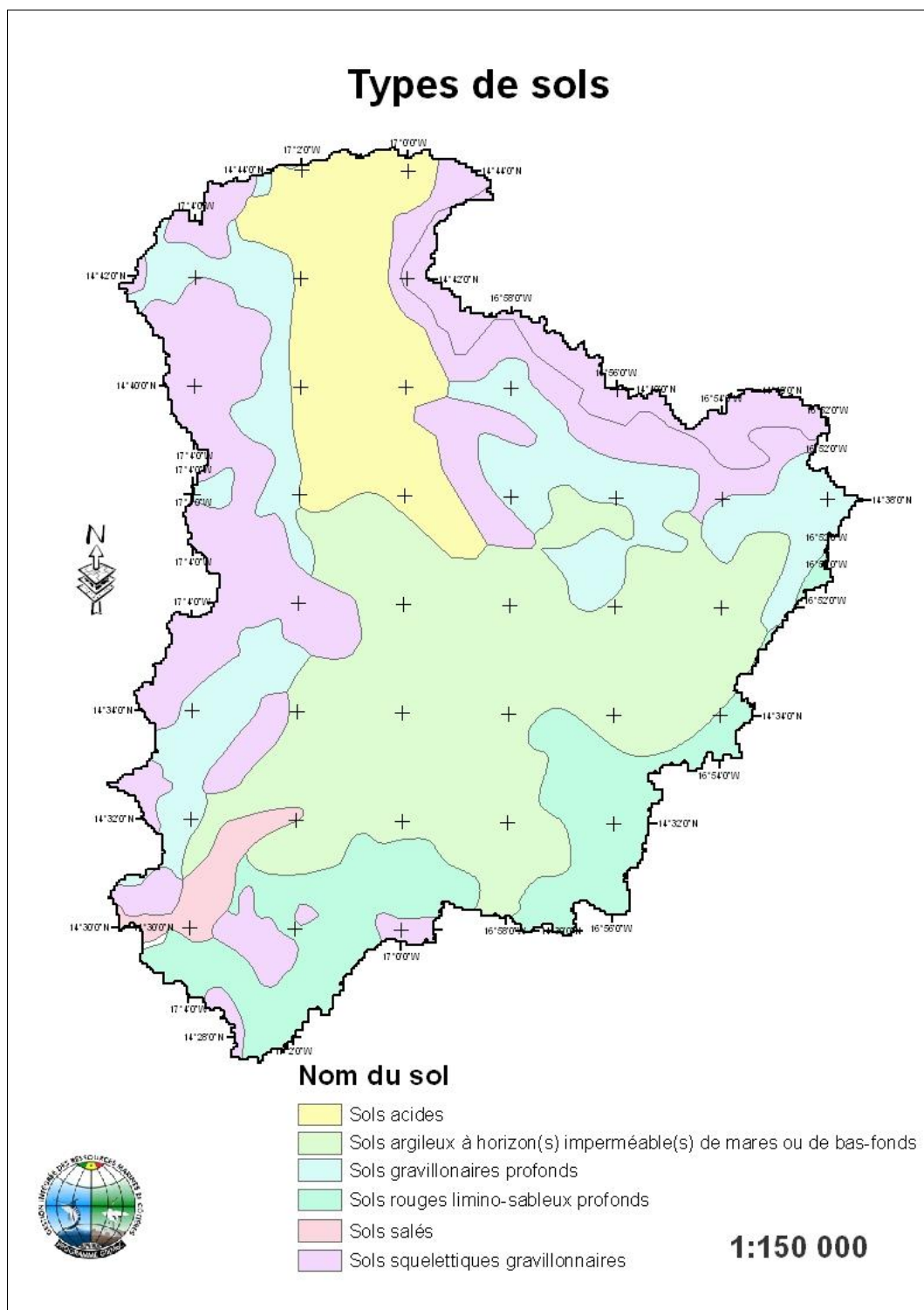


Figure 1 : types de sols du bassin versant

2.3. 3.3.4. Interprétation visuelle

Les compositions colorées suivantes ont été appliquées pour les deux images :

- Le 432 (RGB) pour afficher le couvert de la végétation (Figure 1) ;

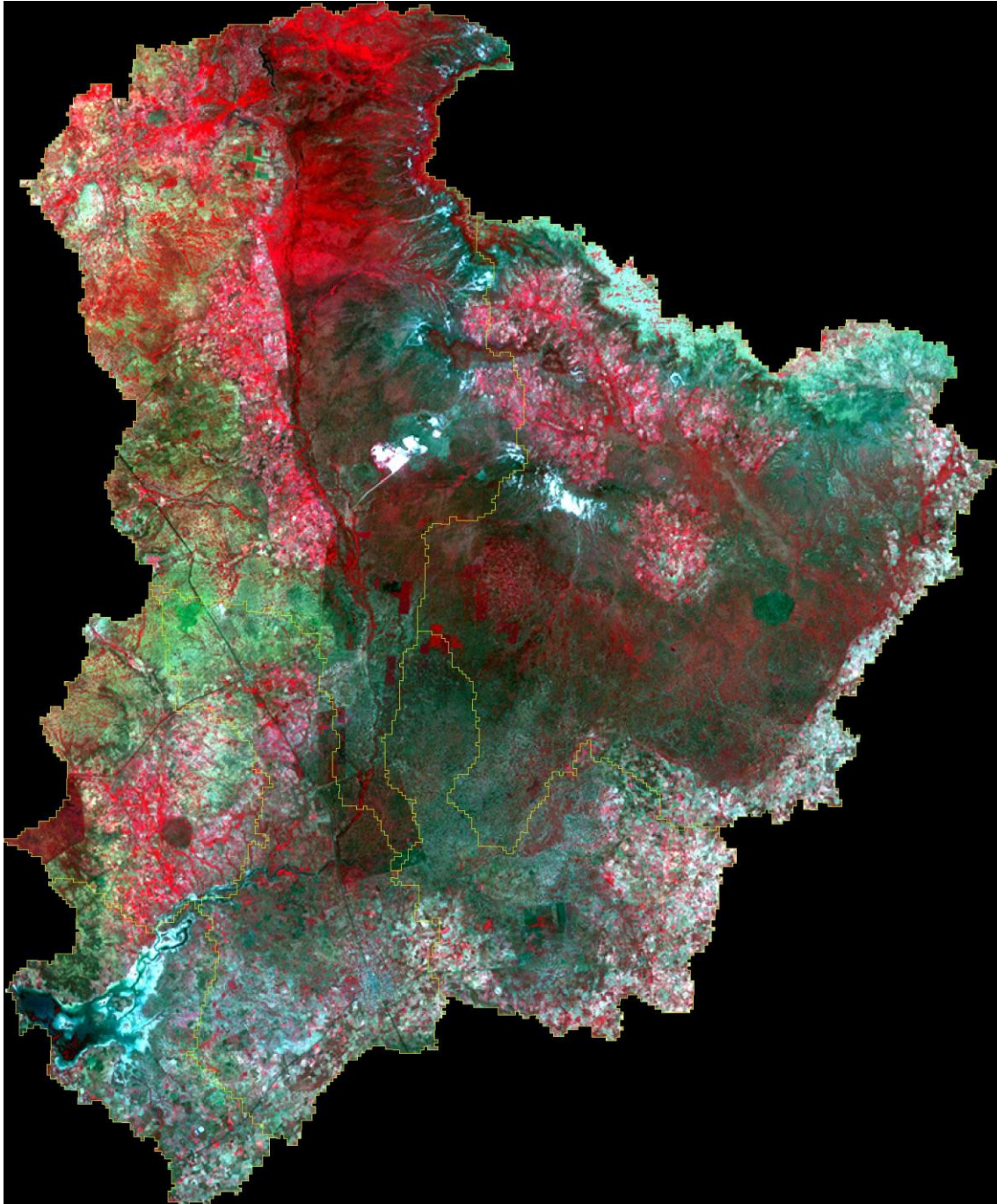


Figure 2 : composition colorée 432 (RGB) Image de 1988

- Le 731 (RGB) pour les interprétations géologiques : il minimise les effets de la végétation (figure 2) ;

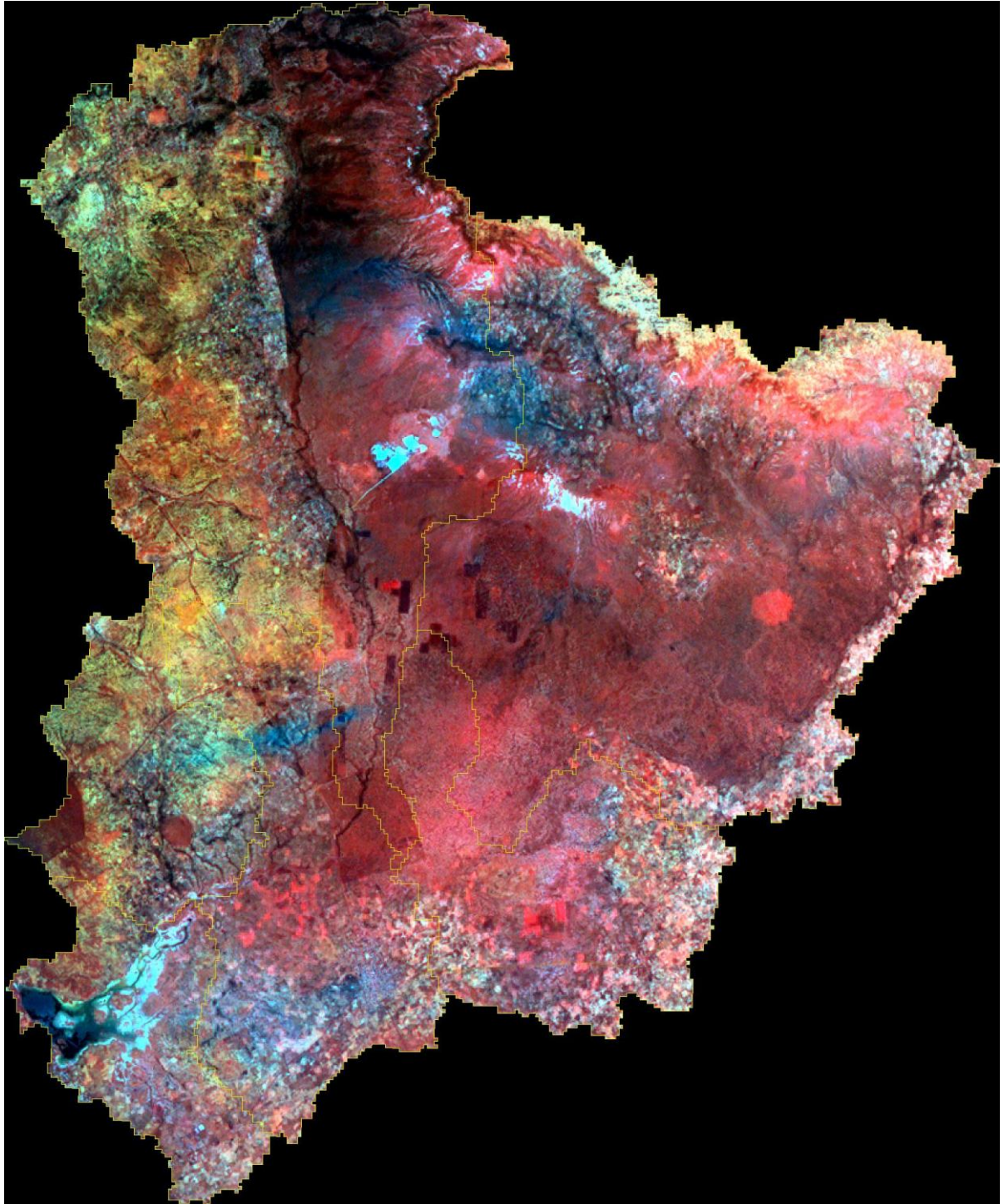


Figure 3 : composition colorée 731 (RGB) image 1999

- Le 547 et le 742 en (RGB) ont permis d’avoir un aperçu clair de la zone d’étude (Figures 3).

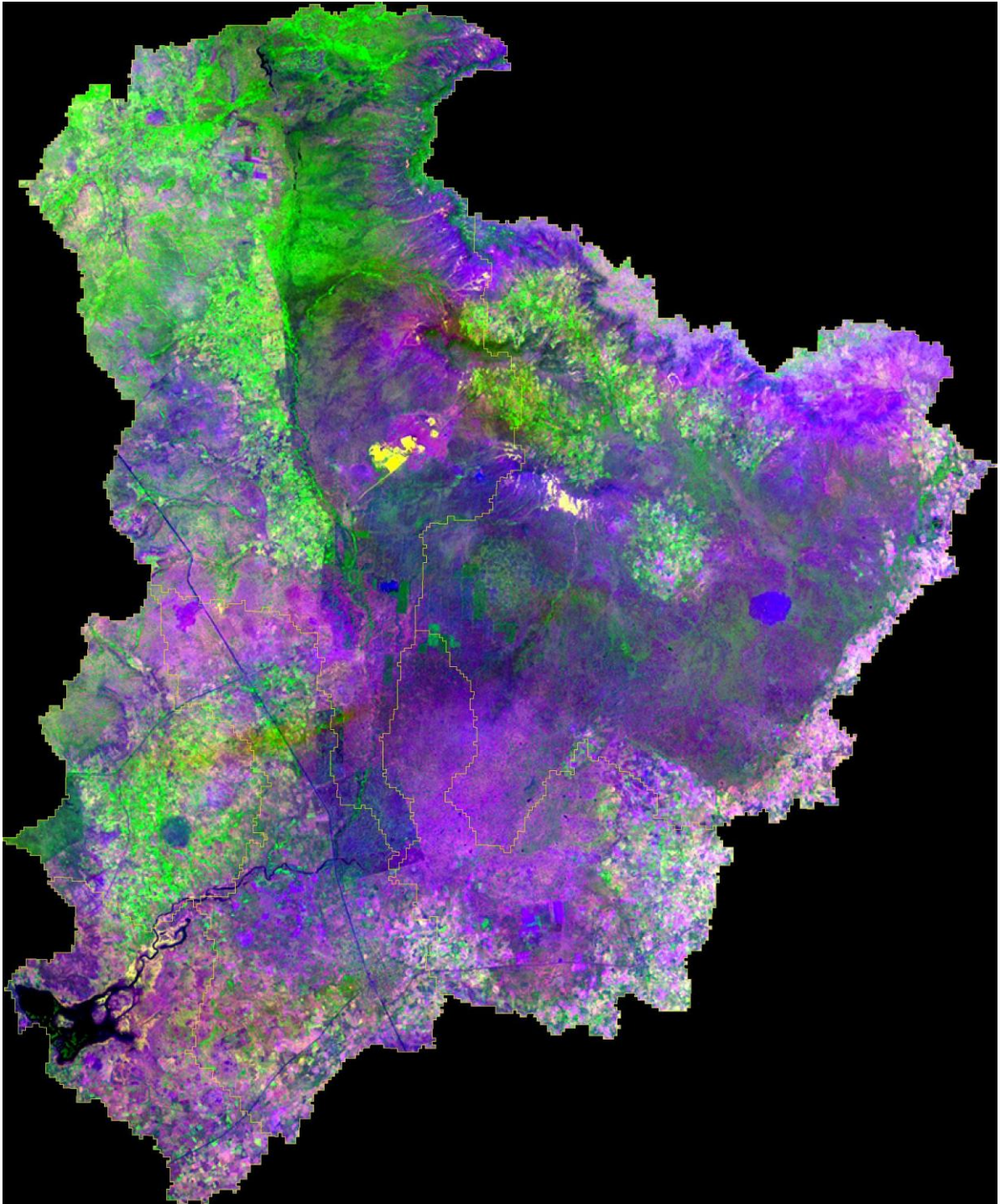


Figure 4 : composition colorée 547 (RGB) image 88

2.3.3.3.5. Edition des produits cartographiques

Pour l'édition des cartes finales, c'est le logiciel ArcGIS 9.3 qui est utilisé. Selon le principe du SIG, chaque thème de la légende est représenté par une couverture. Les cartes ont été validées après discussion avec les parties prenantes et des vérifications de terrain.

CHAPÎTRE III. Présentation générale du milieu d'étude

Cette partie introduit les informations générales et spécifiques nécessaires à une bonne compréhension du milieu d'étude.

3.1. Structure d'accueil : le GIRMAC

La Direction des Parcs Nationaux (DPN) est placée sous la tutelle du Ministère de l'Environnement de la Protection de la Nature, des Bassins de Rétention et des Lacs Artificiels. Elle gère un réseau de six (06) parcs nationaux, quatre (04) réserves et cinq (05) aires marines protégées. L'ensemble de ces aires couvre une superficie de 16 146 km² soit environ 10 % du territoire national. Une de ces principales missions consiste à conserver les échantillons représentatifs de la Biodiversité. La DPN a sous sa responsabilité des conservateurs qui gèrent les Parcs et Réserves. Elle apporte aussi une assistance technique et un appui conseil dans la mise en place et la gestion de Réserves Naturelles Communautaires et d'Aires Marines Protégées. La DPN joue un rôle de premier plan dans la mise en œuvre de Conventions Internationales sur la Biodiversité (CDB), les zones humides (RAMSAR), les espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES), la conservation des espèces migratrices (CMS), etc. Le stage de fin d'étude a été effectué au niveau de la Cellule Opérationnelle de Mise en Œuvre de la Composante Conservation du Programme de Gestion Intégrée des Ressources marines et Côtières (GIRMaC), exécutée par la DPN (COMO-Ecosystèmes). L'objectif global de ce Programme GIRMaC en matière d'environnement est d'assurer la conservation et la gestion des écosystèmes marins et côtiers du Sénégal, qui sont importants sur le plan mondial, et vitaux pour l'existence des communautés côtières.

Les objectifs de la composante Environnement consacrée à la conservation des habitats critiques et des espèces, sont d'améliorer :

- La gestion durable des écosystèmes dans le long terme. Les trois zones pilotes du Projet: le Delta du Fleuve Sénégal, la Presqu'île du Cap Vert et le Delta du Fleuve Saloum. Le Projet appuiera dans les trois zones pilotes l'option du Gouvernement de considérer les Réserves de Biosphère comme l'instrument clé de gestion des écosystèmes.

- Plus particulièrement, le Projet renforcera l'actuelle Réserve de Biosphère du Delta du Saloum, apportera un soutien au processus de la création et de mise en place de la Réserve de Biosphère du Delta du Fleuve Sénégal, et aidera à l'établissement de la Réserve de Biosphère de la Presqu'Île du Cap-Vert.

Les aires protégées déjà en place dans ces espaces serviront de sites d'ancrage pour les activités de gestion des écosystèmes.

- Le renforcement du Cadre de Conservation de la Biodiversité à travers le projet, appuiera la volonté du Gouvernement du Sénégal de mettre à jour le cadre de conservation de la diversité biologique. Cinq (5) groupes d'activités sont prévus :
 - La préparation du Code de la Biodiversité et des Aires Protégées ;
 - Le renforcement de la Direction des Parcs Nationaux ;
 - L'appui au Comité National Biodiversité ;
 - L'appui à la mise en place d'un mécanisme de financement durable ;

Pour mieux assurer la prise en charge des activités du Programme GIRMaC, la Direction des Parcs Nationaux a mis en place deux structures opérationnelles :

Le Comité de Coordination Opérationnelle (CCO) : il assure la communication interinstitutionnelle entre les différents départements du MEPNBRLA dans la mise en œuvre des activités de gestion intégrée au niveau national ;

La Cellule opérationnelle de Mise en Œuvre (COMO) : elle assure la coordination, le suivi et la supervision de la mise en œuvre des activités entre les sites d'ancrage, les divisions opérationnelles de la Direction ;

3.2. Zone d'étude

L'ensemble de la zone d'étude se trouve sur la Petite Côte. Sur le plan administratif, la zone d'étude est incluse dans l'arrondissement de Nguekhokh (département de Mbour, région de Thiès). Les plus grandes localités sont Nguekhokh d'arrondissement, Popenguine, Somone, Sindia, Ngaparou, Ndayane (Figure 5).



Figure5 : localisation zone d'étude.

Le bassin versant de la Somone est situé au sud – est de Dakar, entre le village de Ndiass et la ville de Mbour (Tropis, 2004). Il est limité à l'ouest par l'océan atlantique et les rebords du massif de Ndiass, au nord par ceux de la falaise de Thiès, à l'est et au Sud par la plaine sableuse qui va de Tasset à Ngaparou en passant par Nguékhokh.

Le bassin versant de la Somone a un périmètre de 86 km, une longueur de vingt neuf (29) km et une largeur de quatorze (14) km, soit une superficie évaluée à quatre cent dix neuf (419) km² environ (Tropis, 2004).

3.2.1. CLIMAT

Le climat constitue une des plus importantes ressources naturelles qui influencent fortement toutes les actions de développement durable, au Sénégal et dans les autres pays sahéliens. Il constitue un facteur limitant. Ainsi le changement climatique s'exprime essentiellement par des fluctuations du régime pluviométrique, qui entraînent la dégradation des autres ressources naturelles.

Une description générale du climat du Sénégal est faite dans ce chapitre avec des détails sur la zone d'étude. Les données utilisées appartiennent à une série qui permet juste de donner la classification correspondant à la période couverte par les images satellitales. Deux séries de données de sources différentes, ont été collectées.

La première a été téléchargée à partir du site Centre National des Données Climatiques (National Climatic Data Centre (NCDC)) de l'Agence américaine de l'Administration Atmosphérique et Océanique Nationale ou NOAA (www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc). Elle comprend les précipitations moyennes mensuelles de vingt et une (21) sur trente (30) ans (1951-1980). La série comporte quelques données manquantes qui ont été comblées par interpolation, en appliquant la méthode de la fréquence cumulative.

La seconde série de données est extraite de l'atlas des données agroclimatologique de l'Afrique (FAO, 1984). Elle contient des données moyennes mensuelles de précipitation, d'évapotranspiration, de pression de vapeur d'eau, de radiation totale et de moyennes mensuelles de trois types de températures (minimum, maximum et moyenne). Toutefois, la période couverte par les données n'a pas été précisée.

Après la correction des données, les données moyennes ont été utilisées avec le logiciel Surfer pour déterminer la carte des isohyètes et des isothermes pour tout le Sénégal. La classification climatique de la zone d'étude a été effectuée avec ces mêmes données.

Les données de la station climatologique de Thiès dispose d'une base de données complète sur les différents paramètres nécessaires à la classification. D'autres produits élaborés ont été collectés sur le site Internet de la Direction Nationale de la Météorologie du Sénégal (<http://www.meteo-senegal.net/html/apropos.htm>).

3.2.1.1. Description générale

Le Sénégal est situé dans la zone sahélienne de l'Afrique, dont le climat est généralement caractérisé par la sécheresse et de fortes températures. Ces facteurs sont atténués au Sénégal, par la présence d'une façade maritime de sept cents (700) km. Le climat est réduit à deux saisons :

- Une saison des pluies de juin à octobre ;
- Une saison sèche de novembre à mai.

Les principales figures climatiques dérivent de facteurs géographiques ou aérologiques. L'influence des facteurs géographiques est du d'une part à l'effet de la latitude qui confère au climat son caractère tropical et d'autre part par la forme géométrique de la façade occidentale du continent qui détermine différentes conditions climatiques, du littoral au zones continentales.

Les facteurs aérologiques sont dus à trois sortes de flux (mousson, harmattan et un vent maritime local dérivant de l'effet de l'anticyclone des Açores), qui se déplacent aisément à cause du relief quasi plat.

Le régime pluviométrique est caractérisé par un gradient sud-nord qui varie de 1250 mm à Ziguinchor, au sud, à 220mm à Podor, au nord (Roux et Sagna, 2000). Une variabilité inter annuelle est observée ces dernières années. Cela s'est traduit par un glissement des isohyètes de 120 km vers le sud, entre 1971 et 1990 (Centre de Suivi Ecologique -CSE, 2000).

La répartition spatiale des précipitations permet la division du pays en deux principales zones climatiques situées de part et d'autre de l'isohyète 500mm (figure 2):

- La région sahélienne située au nord de cette isohyète présente deux régimes: le régime nord sahélien avec moins de 300mm et le sud sahélien avec des valeurs de précipitation comprises entre 300 et 500 mm;
- La région soudanienne, au sud de l'isohyète 500mm, correspond aux régimes nord soudanien (500-800 mm) et sud soudanien (plus de 800mm) (CSE, 2000).

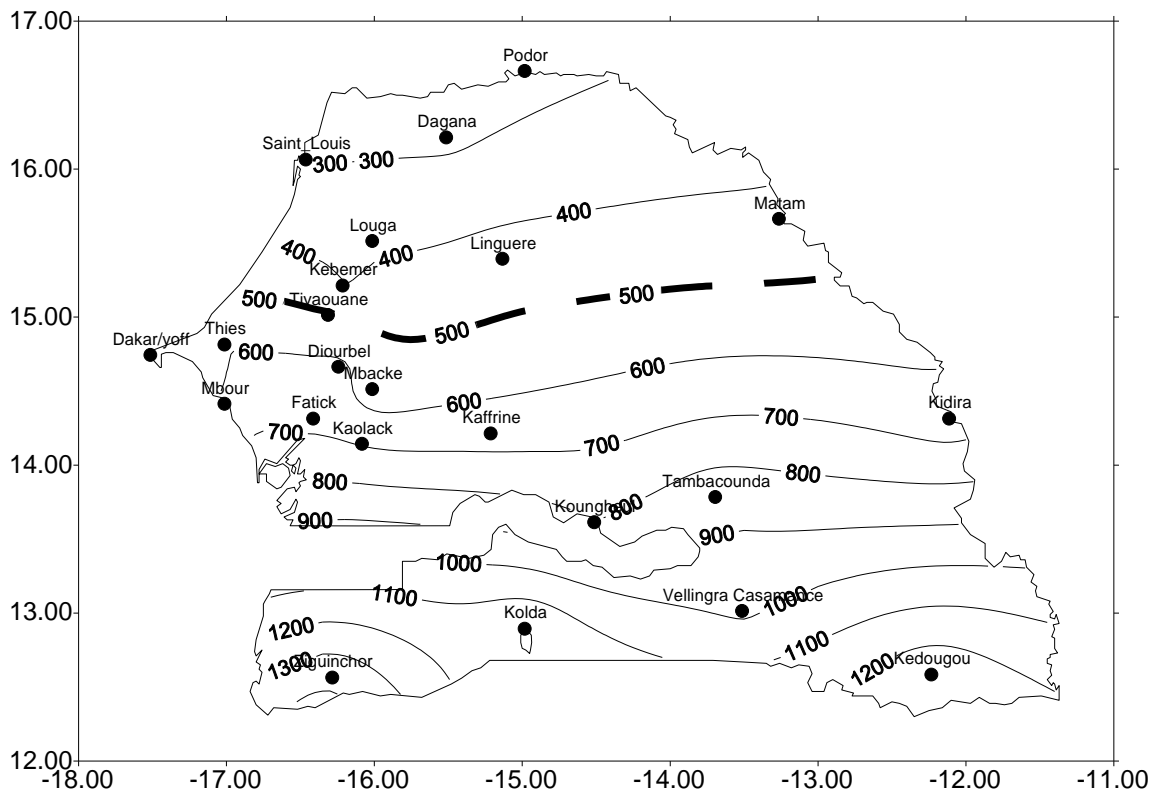


Figure 6: Pluviosités moyennes du Sénégal (1951-1980).

Les changements de température sont fonction du rythme saisonnier. Les valeurs minimales sont observées en janvier alors les maxima sont enregistrés pendant la saison des pluies. Le gradient thermique croît de la côte vers le continent (Figure 3).

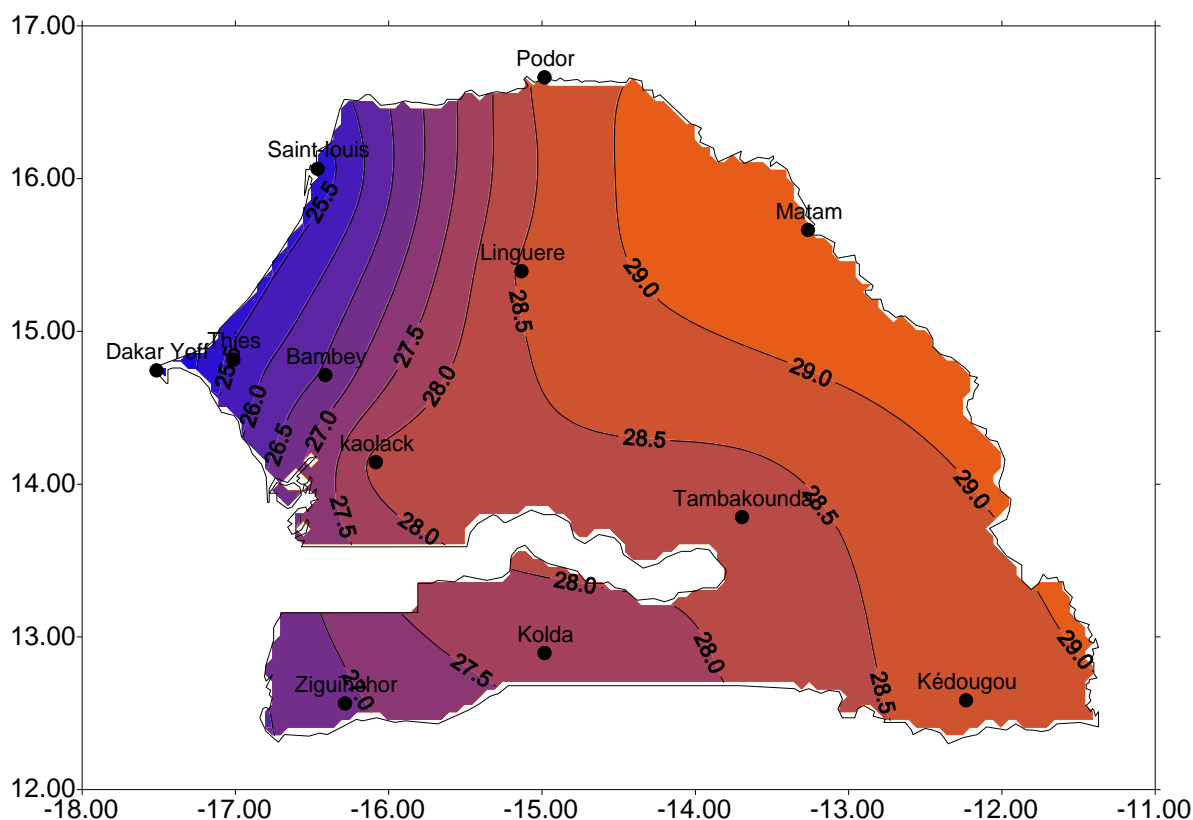


Figure 7 : Température moyennes annuelles du Senegal (1951-1980).

3.2.1 .2. Climat de la zone d'étude

Le modèle de Thornthwaite a été appliqué pour la classification du climat de la zone d'étude. Orientée vers la délimitation spatiale des grands types d'agriculture dans le monde, elle est fondée sur la combinaison d'un indice d'efficacité des précipitations (par une évaluation de l'évapotranspiration potentielle) et d'un indice thermique (FAO, 1984).

Lorsque le sol est saturé, les valeurs de l'évapotranspiration réelle et virtuelle sont égales. Toute précipitation dépassant l'évapotranspiration virtuelle se traduit par un excédent d'eau. Lorsque la précipitation est inférieure à l'évapotranspiration, la différence est en partie compensée aux dépens des réserves en eau du sol; mais à mesure que le sol se dessèche, la différence non compensée est plus importante; elle constitue le déficit en eau, le volume d'eau représentant la différence entre les évapotranspirations réelle et virtuelle. Les variations des réserves d'humidité du sol ne peuvent être déterminées directement, mais sont données par une table spéciale.

Finalement, un indice d'humidité, I_m , est déduit de la relation entre s , d et PE , en attribuant à chacune de ces trois quantités sa valeur annuelle. Cet indice sert de base pour la division du globe en zones d'humidité.

L'indice d'aridité ($I_d = (D/Eto) \times 100$) prend des valeurs comprise entre 0 et 100 tandis que celle de l'humidité ($I_w = (W/Eto) \times 100$) sont supérieures à 100. I_d et I_w sont combinés pour former l'indice de moisture $I_m = ((W-D)/Eto) \times 100$.

Dans le cas de cette étude, l'indice I_w de Thornthwaite moisture est égal à 59.84. Il appartient à l'intervalle (66 -33.3) qui correspond au climat semi-aride du système de classification de Thornthwaite (Tableau 8 & 9).

Tableau8 : Classes des divisions climatiques selon le modèle de Thornthwaite .

CLASSE S	ZONES D'HUMIDITE	INDICES HUMIDITE (IM)
A	Hyper humide	>100
B4	Humide	80-100
B3	Humide	60-80
B2	Humide	40-60
B1	Humide	20-40
C2	Humide/subhumide	0-20
C1	Subhumide/subaride	-33.3-0
D	Semi-aride	-66.0-(-33.3)
E	Aride	-100-(-66.6 ¹⁰)

Tableau9 : Description climatique de la zone d'étude avec le modèle de Thornthwaite.

	PRECIPITATIONS (mm)	Eto (mm)	W (mm)	D (mm)
Janvier	0	163		163
Février	2	162		160
Mars	0	219		219
Avril	0	202		202
Mai	2	81		79
Juin	24	152		128
Juillet	122	143		21
Août	273	120	153	
Septembre	206	123	83	
Octobre	57	125		68
Novembre	3	119		116
Décembre	5	119		114
<i>Total</i>	694	1728	236	1270

3.2.2 GEOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE

La zone d'étude est comprise dans la *Carte Hydrogéologique de La Presqu'île du Cap Vert, Feuilles Est: Horst de Ndiass produite à une échelle de 1:50,000*, par le *Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)*.

La zone d'étude appartient au bassin *Sénégal-Mauritanien*. Il est considéré comme l'un des plus grands bassins sédimentaires. Il couvre une superficie de 500,000 km². Il s'étend de du nord-ouest de la Mauritanie au sud-ouest de la Guinée-Bissau. Il représente une simple structure avec en majorité des couches sub-horizontales. L'observation par le passé de manifestations volcaniques dans la région de Dakar, indique l'existence de failles, qui sont visibles entre Dakar et le horst de Ndiass.

Le milieu d'étude est caractérisé par une géomorphologie dominé par des falaises calcaires. Une grande formation géologique située au sud et à l'ouest de l'axe passant par les localités de la Somone – Nguekokh – Sindia – Bandia caractérise la zone. Il s'agit du tertiaire situé au sud et à l'ouest de cet axe et représenté par les calcaires et marnes de l'éocène moyen.

Selon Tropis (2004), les eaux souterraines découlent de trois nappes :

- la nappe phréatique qui a une profondeur de 25m ;
- le Paléocène avec une profondeur variant entre 50 et 120 m ;
- le Maestrichien : les profondeurs varient de 150 à 300 m.

3.2.3. Végétation

Quatre (4) principales formations forestières sont recensées dans la zone d'étude :

- **Une savane arbustive** : formation dont la strate ligneuse constituée essentiellement d'arbustes présente un taux de couverture de 5 à 10 % ; le tapis graminéen est très abondant et continu.
- **Une savane arborée** : formation dont la strate ligneuse dominée par les arbres couvre 5 à 25 % du sol ; elle est soit d'origine naturelle soit d'origine agricole ; le tapis herbacé est très varié.
- **Une savane boisée** : formation dont le taux de couverture de la strate ligneuse composée principalement d'arbres est de 25 à 50 % ;

- **Une formation de mangroves** : constituée principalement par *Rhizophora mangle* L., *Avicennia africana* P. Beauv. , *Conocarpus erectus* L.

Selon EROS Data Center et CSE (1996) cité par Tropis (2004), les espèces arborescentes sont peu représentées. Les espèces les plus communes sont *Adansonia digitata* L., *Ficus platyphylla* Del., *Ficus sycomorus* L., *Ficus ovata* Vahl, *Cordia senegalensis* Juss., *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev., *Acacia nilotica* (L.) Willd. ex Del. , *Celtis toka* (Forssk.) Hepper & Wood.

Outre la flore naturelle, quelques espèces exotiques ont été rencontrées dans les formations boisées naturelles. Il s'agit de *Azadirachta indica* Juss. (envahissante et ubiquiste), *Eucalyptus* sp et *Prosopis juliflora* (Swartz) DC.

Les arbustes retrouvés dans la zone sont : *Acacia ataxacantha* DC., *Acacia seyal* Del., *Acacia macrostachya* Rolfe, *Acacia adansonii* Guill. & Perr. , *Neocarya macrophylla*, *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam., *Boscia angustifolia* A. Rich., *Combretum aculeatum* Vent., *Combretum micranthum* G. Don., *Guiera senegalensis* J.F. Gmel , *Bauhinia rufescens* Lam., *Balanites aegyptiaca* (L) Del., *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn., *Ziziphus mauritiana* Lam., *Capparis tomentosa* Lam., *Strophantus sarmentosus* DC., *Commiphora africana* (A. Rich.) Engl., *Calotropis procera* (Ait.) Ait., *Tamarindus indica* L., *Maytenus senegalensis* (Lam.) Exell , *Tamarix senegalensis* DC., *Cadaba farinosa* Forssk. , *Euphorbia balsamifera* Ait., *Combretum glutinosum* Perr. et *Feretia apodanthera* Del. *Phoenix reclinata* Jacq., *Elaeis guineensis*, *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst..

CHAPITRE IV. Résultats

4.1. Photo-interprétation et visites de terrain

4.1.1. Aperçu de la zone d'étude

Le MNT obtenu à travers la figure 4 après le traitement de l'image SRTM renseigne sur :

- L'existence de sept (07) sous bassins versants ;
- Un gradient d'altitude de 140 m en amont (secteur nord-est) à -12 m (secteur sud ouest).

Les altitudes négatives renseignent sur l'existence de dépressions, notamment sur le sud-ouest correspondant à l'emplacement de la lagune de Somone.

Les plus hautes altitudes sont situées sur le plateau cuirassé.

Globalement, l'exploitation du MNT combinée avec les possibilités offertes par Google Earth, permettent de distinguer trois grands domaines dans le paysage :

4.1.1.1 Le domaine amont

C'est une unité morphopédologique occupée par des plateaux cuirassés. Il présente un certain degré de pente qui n'a pas manqué de se répercuter sur la répartition des sols et la nature de la végétation reposant sur ce modèle. Ensuite on note dans ce domaine une variation latérale des sols très marquée à telle enseigne qu'on y distinguerait, selon le gradient de pente, quatre sous-unités morphologiques :

- **le niveau supérieur du plateau cuirassé** : C'est une surface d'aplanissement et généralement coiffée d'une cuirasse de couleur marron foncé qui se serait formée pendant les phases d'érosion. Cette surface occupe les plus hautes positions du bassin versant. Elle se caractérise par des sols peu épais, instables (sols gravillonnaires), une végétation arbustive et buissonnante fortement dégradée par le surpâturage et la coupe abusive de bois
- **le niveau moyen du plateau cuirassé avec forte pente** : il est situé en contrebas du niveau supérieur et se distingue par une pente généralement sensible. Elle se caractérise par :
 - une cuirasse fortement démantelée en surface et des sols peu évolués d'érosion parsemés de blocs de cuirasse latéritique démantelée à la surface et le long de tout le profil ;

- une végétation arbustive buissonnante dominée par des combrétacées et profondément affectée par le pâturage la coupe abusive de bois.
- Cette unité se distingue par de nombreux sites de faible perméabilité, en l'occurrence des termitières abandonnées où prend naissance un ruissellement intense ;
- **niveau moyen du plateau cuirassé** : il est constitué de surface d'aplanissement pouvant être assimilée à un bas glacis. Il se situe en contre-bas du niveau moyen cuirassé et se distingue par la position de son modelé assez ondulé. Cette sous unité se distingue par :
 - des sols moyennement profonds reposant sur un matériau gravillonnaire avec des concrétions soudées à peu soudées. Ce sont des sols ferrugineux tropicaux lessivés appauvris, affectés par une forte érosion hydrique mettant à nu la cuirasse.
 - un couvert végétal relativement riche en espèces arborescentes. En plus de la coupe de bois et du surpâturage, cette partie du plateau est grignotée par les paysans ;
- **bas glacis avec dissection** : c'est une zone parsemée de blocs de cailloux et de nombreux gravillons ferrugineux. Elle se caractérise par :
 - une pente relativement forte ;
 - des sols peu évolués d'érosion sur lesquels repose une végétation fortement dégradée par les coupes abusives et par le surpâturage ;

4.1.1.2 Le domaine médian

C'est une zone de glacis de raccordement couvert d'un "manteau" sableux à sablo-limoneux sous lequel plonge une cuirasse ferrugineuse et une vallée encaissée. La plupart de cette zone de glacis est réservée à l'agriculture.

4.1.1.3 Le domaine aval

Il se caractérise dans l'ensemble par des sols plus profonds. On y retrouve deux sous-unités morphopédologiques : les plaines alluviales et les bas-fonds ;

Au niveau des plaines alluviales, les caractéristiques physiques des sols, d'une manière générale, sont favorables à la croissance et développement des végétaux. Toutefois la formation fréquente de croûtes de battance sur ces sols est de nature à limiter l'infiltration des eaux, favorisant ainsi un ruissellement intense par moment.

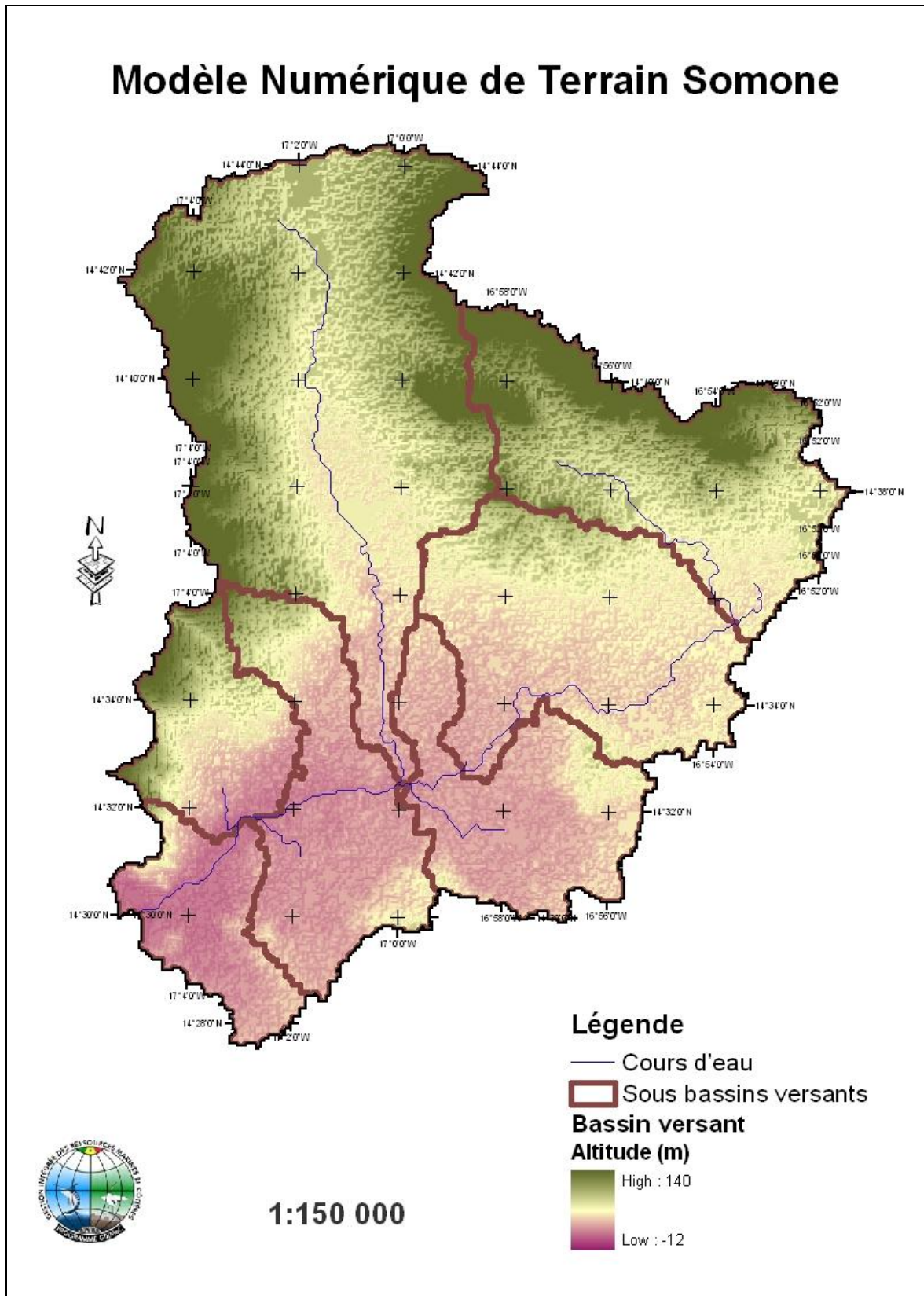


Figure8 : Modèle numérique de terrain (MNT)

4.2. Unités d'occupation des sols

L'interprétation visuelle et les visites de terrain ont permis de définir vingt (20) unités d'occupation et d'utilisation des sols dans la zone d'étude (Tableau 10 et 11). Il n'a pas été tenu compte des domaines estuariens et des autres formes d'occupation des sols (tableau 12).

Tableau 10 : unités d'occupation des sols du domaine amont du bassin versant

PAYSAGES DU BASSIN VERSANT	TOPOSEQUENCES		TYPE DE SOLS	OCCUPATION DU SOL	UTILISATION SOLS	UNITES
DOMAINE AMONT	Plateaux cuirassés	Niveau supérieur	Sols squelettiques gravillonnaires	Savane arborée ou arbustive	Surpâturage et coupe abusive du bois	1
		Niveau moyen avec forte pente	Sols squelettiques gravillonnaires	Végétation buissonnante dominée par des combrétacées	Pâturage et coupe abusive du bois	2
		Niveau moyen	sols moyennement profond reposant sur un matériau gravillonnaire	Savane arborée ou arbustive	Pâturage , coupe abusive du bois et agriculture	3
		Bas glacis avec dissection	sols peu évolués d'érosion ou acides	Savane herbeuse	Coupe abusive et dégradation	4

Tableau 11 : unités d'occupation des sols des domaines médian et aval

PAYSAGES DU BASSIN VERSANT	TOPOSEQUENCES	TYPE DE SOLS	OCCUPATION DU SOL	UTILISATION SOLS	UNITES
DOMAINE MEDIAN	Glacis de raccordement	Sols rouges limoneux sableux profonds	Savane boisée	Agriculture ou vergers	5
		Sols gravillonnaires profonds	Savane arborée ou arbustive	Mise en defens	6
		Sols argileux horizons	Cours d'eau temporaire	--	7
	Vallée encaissée	Sols rouges limoneux sableux profonds	Savane arborée ou arbustive	Pâturage ou agriculture	8
		Sols gravillonnaires profonds	Cours d'eau temporaire	--	9
		Sols argileux horizons	Cours d'eau permanent	--	10
DOMAINE AVAL	Vallée étalée	Sols squelettiques gravillonnaires	Savane herbeuse	Paturage	11
		Sols rouges limoneux sableux profonds	Savane arborée	Vergers	12
		Sols gravillonnaires profonds	Savane arborée ou arbustive	Agriculture	13
		Sols argileux à horizons imperméables	Cours d'eau permanent	-	14
	Plaine alluviale	Sols rouges limoneux sableux profonds	Savane arborée	Parcs agro-forestiers	15

	Sols gravillonnaires profonds	Savane arborée	Mise en defens	16
	Sols argileux à horizons imperméables	Zone cultivée	Agriculture	17
Bas-fonds inondables	Sols rouges limoneux sableux profonds	Savane arborée, arbustive	Agriculture	18
	Sols salés	savane arbustive	--	19
	Sols argileux à horizons imperméables	Prairie arbustive	Pâturage	20

Tableau 12 : unités occupation du sol domaine estuarien

PAYSAGES DU BASSIN VERSANT	TOPOSEQUENCES	TYPE DE SOLS	OCCUPATION DU SOL	UTILISATION SOLS	UNITES
ESTUAIRE ET DEPRESSIONS LAGUNAIRES	Plage	Sol sablonneux			21
	Cours d'eau	--	Rivière		22
	Plan d'eau	--	Lagune		23
	Sol nu		Tannes nues, enherbées ou arbustives		24
	Vasières à mangroves	Sols salés	Mangroves		25
			Carrières		26
			Zones protégées		27
			Zones habitées		28

Cette légende a permis d'effectuer la cartographie des principales unités morpho-pédologiques du bassin versant (figure 8).

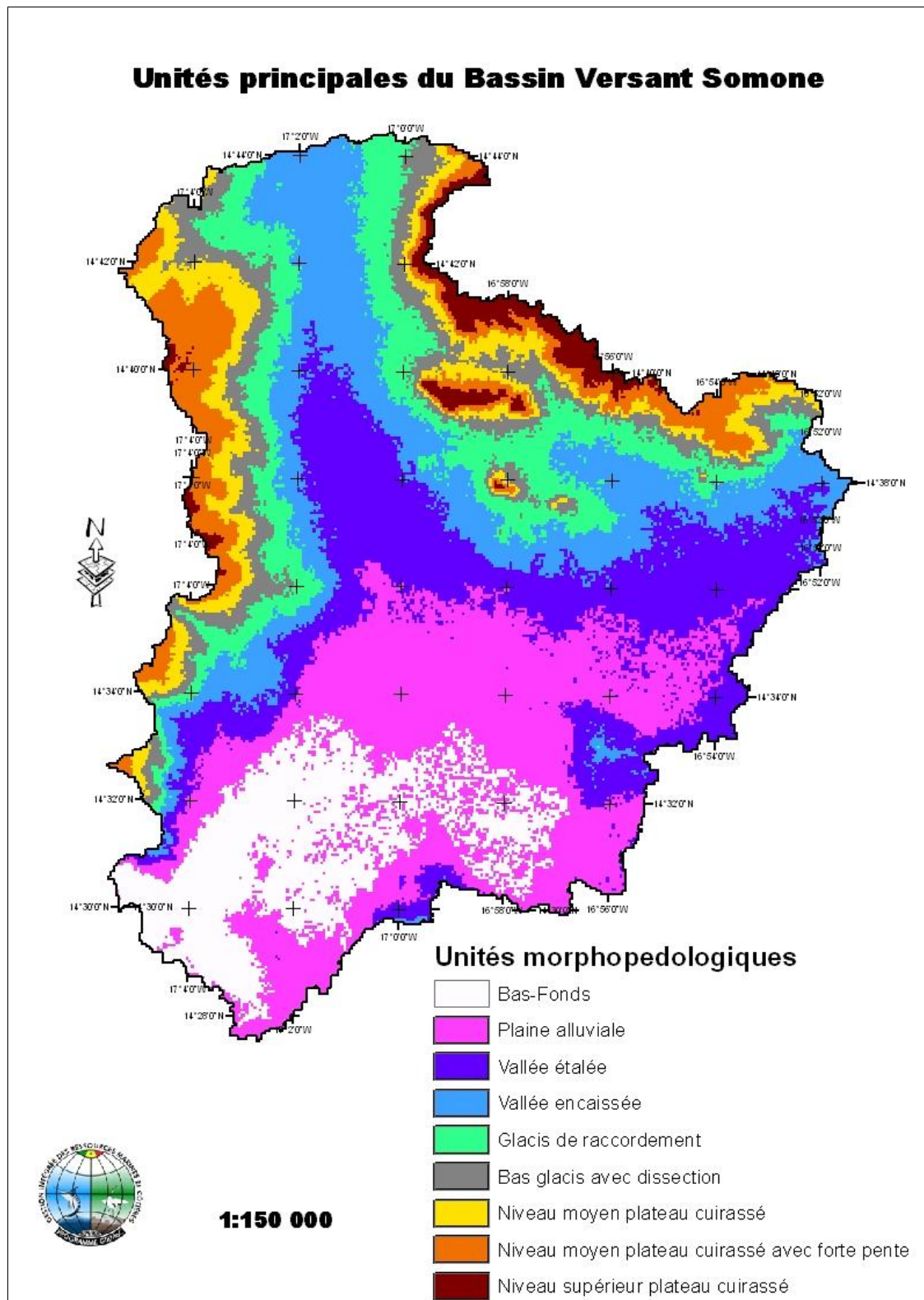


Figure 9 : cartographie des principales unités morpho-pédologiques du bassin versant.

4.3. Analyse de l'aptitude des sols pour l'agriculture

En se fondant sur le système d'évaluation des terres de la FAO (1983), les qualités des sols retenues au regard des exigences des trois principales cultures par pays sont:

- les conditions d'enracinement (profondeur, texture et taux de graviers, structure et consistance);
- les conditions d'aération et la disponibilité en oxygène (classe de drainage et risques d'inondations);
- la disponibilité en éléments nutritifs (CEC et somme des bases échangeables, teneur en N,P,K; pH eau; taux de matières organiques) ;
- la sensibilité aux éléments toxiques (sels, excès de sodium) : conductivité électrique.

Trois classes d'aptitudes sont proposées à partir de l'approche d'évaluation de type qualitative utilisée (FAO, 1983). Ces classes d'aptitude ont été déterminées en tenant compte des possibilités de garantie à partir des qualités des sols,

- de 40 à 80 % du rendement optimal ; les risques de faibles rendements liés aux sols sont faibles à moyens (20 à 60%). Cette classe d'aptitude des sols est de type S2 (sols moyennement aptes).
- de 20 à 40 % du rendement optimal ; les risques de faible productivité liés aux sols sont élevés à très élevés (60 à 80%). La classe d'aptitude des sols est de type S3 (sols marginalement aptes);
- de 20 à 0% du rendement optimal ; les risques de faible productivité liés aux sols sont très élevés de l'ordre de 80 à 100%.

Ainsi une analyse a été faite, pour compléter l'étude de l'occupation des sols, sur leur aptitude agricole (figure)

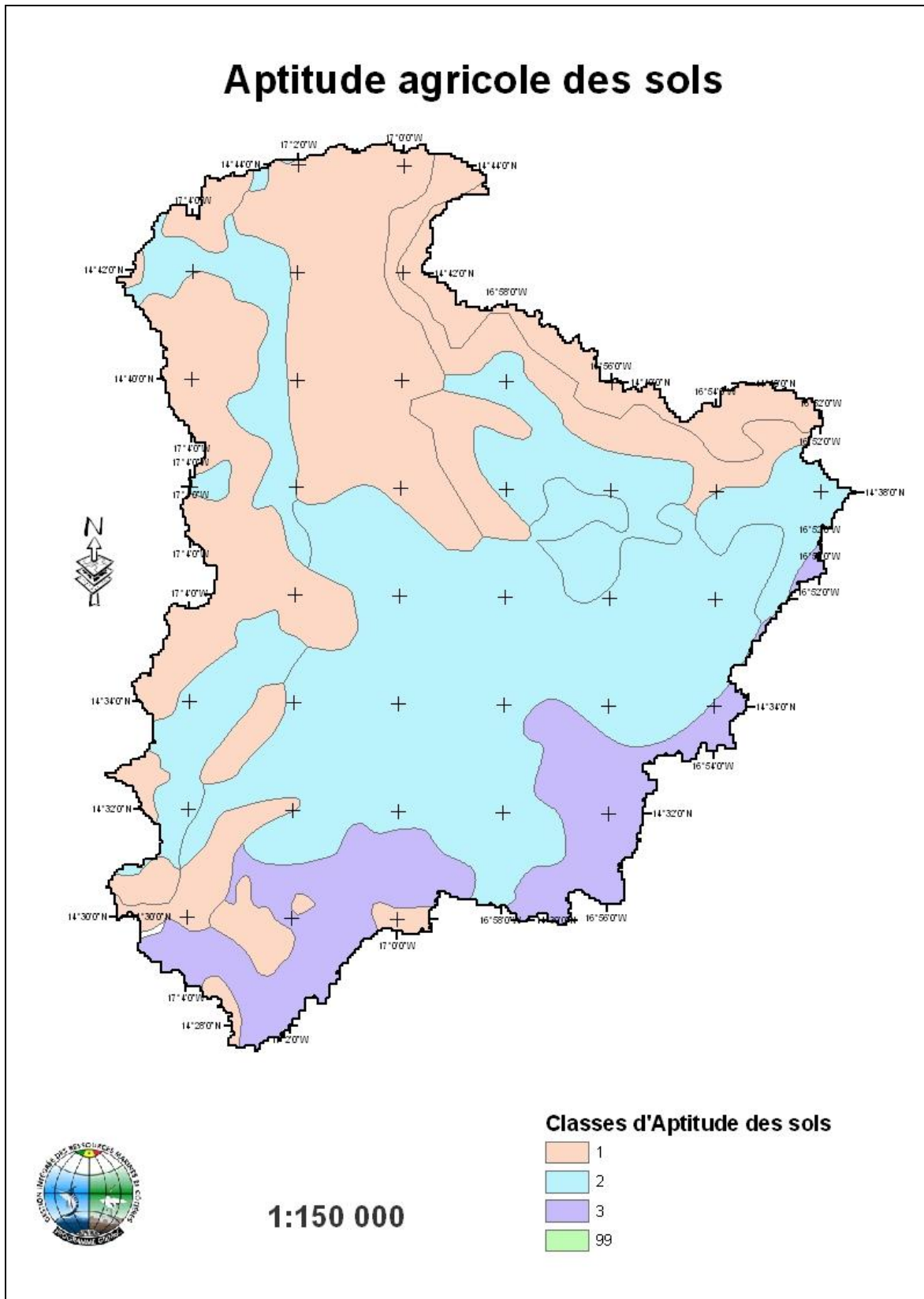


Figure10 : classes d'aptitude agricole des sols du bassin versant

Conclusion et recommandations

Ce travail de recherche a permis de contribuer à fournir des données de base pour le suivi de la dynamique de l'occupation des sols dans les milieux naturels du bassin versant de la Somone. L'interprétation visuelle d'images satellitaires combinée à la capitalisation des travaux antérieurs et à des visites de terrain a permis de délimiter vingt (20) unités d'occupation des sols. Ces éléments constituent un référentiel de base, pour la mise en place d'un système d'information environnementale pour le suivi des milieux marins et côtiers.

L'étude a aussi permis de montrer l'apport que la géomatique permet d'apporter au suivi des ressources naturelles. Le zonage des unités d'occupation des sols facilite la prise de décision pour l'aménagement du bassin versant.

L'hypothèse de base a été vérifiée. Il s'est ainsi avéré qu'une dynamique non maîtrisée de l'occupation ou de l'utilisation des sols a entraîné des conséquences écologiques négatives sur les ressources naturelles du bassin versant.

En effet, cette étude a mis en évidence un certain nombre de faits physiques caractéristiques aux différents domaines identifiés à savoir que la dégradation du couvert végétal ligneux résulte grande partie d'un ensemble de facteurs en interaction :

- exploitation abusive de la végétation par l'homme
- surpâturage et piétinement des animaux ;
- la dégradation des sols résulte des actions cumulative de la pluie, du ruissellement et de l'érosion dont l'ampleur est favorisée par des états de surface limitant l'infiltration de l'eau dans le sol ;.
- les anciennes termitières abandonnées connaissent le plus souvent un encroûtement de surface faisant de ces sites les principales zones formation du ruissellement ;
- Les espaces dénudés, dépourvus de toute végétation ligneuse et caractérisés par la présence de sols peu épais faiblement structurés, induisent un ruissellement abondant

Tous ces facteurs anthropiques et naturels de dégradation du couvert ligneux entravent profondément le processus naturel de réhabilitation des différentes unités morphopédologiques.

Par conséquent, les aménagements prévus ne pourront porter leurs fruits que si les parties prenantes concernées se mobilisent et acceptent d'apporter des corrections aux modes actuels de gestion des infrastructures. Ceci laisse sous-entendre qu'il y a lieu d'opérer une révision de toutes les pratiques actuelles de gestion des troupeaux, des ressources fourragères et ligneuses, des routes, des aires protégées, des carrières etc..

En somme, cette révision des pratiques de gestion des ressources naturelles devrait se traduire par des mises en défens dans les milieux où c'est possible (exemple de la réserve naturelle communautaire de le Somone et de Bandia) conduisant à une réhabilitation par voie naturelle des formations végétales.

Cependant, la question qui mérite d'être soulevée est celle de savoir si la mise en défens est faisable dans un contexte de pression foncière croissante et de conflits d'usages ?

En raison des contraintes socio-économiques liées à la bonne application de cette technique de mise en défens, l'idée de tendre vers une cogestion des ressources fait son chemin depuis le congrès mondial des parcs de Durban.

Les objectifs de ce travail ont été en premier lieu, la définition des unités d'occupation de sol pour comprendre les facteurs de dynamique des ressources naturelles. Mais vu la richesse du thème et son intérêt, il faut continuer à chercher et à développer de nouvelles méthodologies pour contribuer à la production cartographique à des fins de modélisation prédictive des changements d'occupation de sols pour une gestion intégrée des zones côtières.

Les facteurs extrinsèques nécessaires à une telle démarche sont soit largement disponibles, sous formes de cartes (géologique, de végétation, topographique), soit faciles à acquérir (MNT, images satellitaires). Deux campagnes de terrain, au début et à la fin des traitements des données, selon des transects ciblés, s'avèrent nécessaires et suffisantes pour bien caler le modèle chronologique, puis de le valider.

Pour cela, il faudra collecter beaucoup plus de données que celles fournies par la télédétection, pour identifier et caractériser les acteurs qui participent aux interactions du système estuarien et lagunaire. Il faudra aussi décrire en détail, les principales unités d'occupation des sols, établir des données de base pour le suivi. Cela va nécessiter des indicateurs qu'il faudra définir et caractériser d'une manière participative.

L'utilisation de techniques de détection des changements est une voie à explorer pour décrire la dynamique de l'occupation des sols.

Bibliographie

CHIKHAOUI M., BONN F., MERZOUK A., LACAZE B. et MEJJATI A. M., 2007. Cartographie de la dégradation des sols à l'aide des approches du Spectral Angle Mapper et des indices spectraux en utilisant des données ASTER. *Revue Télédétection*, 2007, vol. 7, n° 1-2-3-4, p. 343-357.

NDAO E. H. M., 2007. Analyse des parties prenantes pour une gestion concertée de l'estuaire du bassin versant de la Somone. Mémoire de fin d'étude ENCR Bambey. 29P.

C FÉAU, 2005. Note sur la recherche et l'utilisation d'images LANSAT gratuites. CIRAD AMIS, Maison de télédétection, Septembre 2005. 15 p.

Corgnes S., 2004. Modélisation prédictive de l'occupation des sols en contexte agricole intensif : Application à la couverture hivernale des sols en Bretagne. Thèse de doctorat.

TROPIS, 2004. Audit Environnemental du bassin versant de la Somone. Rapport d'audit final, Septembre 2004. 138p.

BOU KHEIR R., GIRARD M. C., SHABAN A., KHAWLIE M., FAOUR G. et DARWICH T., 2001. Apport de la télédétection pour la modélisation de l'érosion hydrique des sols dans la région côtière du Liban. *Revue Télédétection*, 2001, Vol. 2, n° 2, p. 79-90

Corgnes S., 2001. Modélisation de la couverture hivernal des sols par la télédétection ; application au bassin versant du Yar (Baie de Lannion). DEA Université de Rennes 2. 98p.

Université de Rennes 2. Discipline : GEOGRAPHIE

Houde C., 2001. contribution à la restauration d'une mangrove au Sénégal. Session 1999/2001, 45p.

CSE, 2000. Annuaire sur l'environnement et les ressources naturelles du senegal. Dakar

Mather J.R., SDASYUKG. V., 1991. Global change: Geographical Approaches, University of Arizona Press, 289p.

Sites web consultés :

www.fao.org/newsroom/FR/news/2008/1000874/index.html consulté en Septembre 2009.

http://www.geos.unicaen.fr/personnel/pagesakho/documents/projet_de_these.pdf consulté en Septembre 2009.

http://iarivo.cirad.fr/doc/dr/big_3.pdf consulté en Octobre 2009.

<http://glcf.umiacs.umd.edu> consulté en Octobre 2009.

Séguis et Puech, 1997. Méthode de détermination des invariants radiométriques adaptée au paysage semi-aride de l'Afrique de l'Ouest. INT. J. REMOTE SENSING, 1997, VOL. 18, NO. 2, 255-271pp. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_45-46/010008336.pdf consulté en Novembre 2009.

Escadafal R., n.d. Les propriétés spectrales des sols. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_4/colloques/30002.pdf consulté en Décembre 2009.

Gilliot J-M., 2000. Introduction aux Systèmes d'information géographiques. 2^{ème} partie : traitement de l'information géographique. Département AGER. Institut National Agronomique Paris Grignon. 51 pages. http://infotech-sig.teledection.fr.2traitement_JMG.pdf consulté en Décembre 2009

Benkrid E.H., 2008. Etude de l'évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la plaine du Bas Chélif (Algérie). Mémoire de Master BGAE 2^{ème} année Recherche Eau et Environnement (R2E). Université Montpellier 2.

http://www.eau-sirma.net/index.php/sirma/content/download/1133/4475/version/1/file/master_Benkrid.pdf.

Consulté en janvier 2010.

Table des matières

Dédicace :	i
Remerciements :	ii
Liste des acronymes	iv
Liste des tableaux	vi
Liste des figures.....	vi
Sommaire	viii
Résumé	ix
Introduction	1
CHAPITRE I. Cadre théorique.....	3
1.1 Problématique et enjeux du suivi de l'occupation du sol	3
1.1.1 Position du problème.....	3
1.1.2. Etat de la question	6
1.1.3. Délimitation du champ de l'étude	8
1.1.4. Justification du choix du sujet	9
1.1.5. Objectifs de l'étude	10
1.1.5.1. Objectif global.....	10
1.1.5.2 Objectifs spécifiques	10
1.1.6. Hypothèse de recherche.....	10
1.2. Analyse conceptuelle.....	10
1.2.1. Occupation du sol.....	10
1.2.1.1. Définition.....	10
1.2.1.2. Etude de l'occupation du sol	11
1.2.1.2.1. Pourquoi étudier l'occupation du sol?	11
1.2.1.2.2. Aperçu sur l'historique de l'étude et la cartographie de l'occupation du sol	11
1.2.2. Géomatique	12
1.2.3. Images satellitaires	13
1.2.3. Partition du paysage en éléments ou unités du milieu.....	14
1.2.4. Relations entre unités du milieu et structure du paysage.....	14

x

CHAPITRE II : Cadre méthodologique	15
2.1 Recherche bibliographique.....	15
2.2 Matériels et méthodes.....	15
2.2.1. Acquisition des données de télédétection et cartographie des unités d’occupation et d’utilisation du sol	15
2.2.2. Système d’information géographique.....	20
2.2.3. Carte d’occupation et d’utilisation des sols et sa légende	21
2.2.3.1. Revue documentaire	21
2.2.3.2. Visites de terrain.....	21
2.2.3.3. Préparation de la légende préliminaire	21
2.2.3.3.4. Interprétation visuelle.....	24
2.2.3.3.5. Edition des produits cartographiques	27
CHAPÎTRE III. Présentation générale du milieu d’étude	28
3.1. Structure d’accueil : le GIRMAC.....	28
3.2. Zone d’étude.....	30
3.2.1. CLIMAT.....	31
3.2.1.1. Description générale.....	32
3.2.1.2. Climat de la zone d’étude	34
3.2.2 GEOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE.....	36
3.2.3. Végétation	36
CHAPITRE IV. Résultats.....	38
4.1. Photo-interprétation et visites de terrain.....	38
4.1.1. Aperçu de la zone d’étude.....	38
4.1.1.1 Le domaine amont	38
4.1.1.2 Le domaine médian	39
4.1.1.3 Le domaine aval	39
4.2. Unités d’occupation des sols	41
4.3. Analyse de l’aptitude des sols pour l’agriculture	46
Conclusion et recommandations.....	48
Bibliographie	50

Table des matières x