



HAL
open science

DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DES FORMATIONS VEGETALES EN CASAMANCE

Safietou Soumaré

► **To cite this version:**

Safietou Soumaré. DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DES FORMATIONS VEGETALES EN CASAMANCE. Sciences de l'environnement. Université Iba Der Thiam de Thies (Sénégal); Université Nice Côte d'azur (France), 2024. Français. NNT: . tel-04801062

HAL Id: tel-04801062

<https://hal.science/tel-04801062v1>

Submitted on 25 Nov 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE IBA DER THIAM DE THIES



ECOLE DOCTORALE DEVELOPPEMENT DURABLE ET SOCIETE

ED 2DS

THESE DE DOCTORAT UNIQUE

N° d'ordre : **XXX/2024/ED2DS**

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE IBA DER THIAM DE THIES

Mention : Sciences et Technologies

Spécialité : Géophysique

Année académique

2023/2024

**« DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DES FORMATIONS VEGETALES EN
CASAMANCE »**

Présentée et soutenue

Par

Mlle, Safiétou SOUMARE

Le 29 Avril 2024

COMPOSITION DU JURY

Président	Mr Mamadou WADE	Grade : Professeur titulaire des Universités	Etablissement : Ecole Polytechnique de Thiès
Rapporteurs	Mr Gayane FAYE	Maître de conférence	Université Cheikh Anta Diop
	Mr Cheikh Faye	Maître de Conférence	Université Assane Seck de Ziguinchor
	Mr Luc DESCROIX	Directeur de Recherche en	Institut de Recherche pour le
Examineurs	Mr Ababacar FALL	Hydrologie	Développement
Directeur de Thèse	El Hadji Bamba DIAW	Maître de conférence	Ecole Polytechnique de Thiès
		Professeur Titulaire des Universités	Ecole Polytechnique de Thiès

Résumé :

La succession d'années sèches durant la période 1960 - 1990 a eu un impact important sur le couvert végétal en Casamance. Or la végétation est l'une des ressources majeures pour les différentes activités en milieu rural qu'elles soient agricoles ou pastorales. Durant les années de sécheresse prononcée, la végétation a subi des pertes très importantes et les sociétés agropastorales ont été contraintes de s'adapter dans l'urgence à la fréquence des années sèches. Cependant, depuis les années 1990, on assiste à un renversement de situation. Cette nouvelle phase est marquée par une reprise des précipitations qui, d'après la littérature se traduirait par un certain « reverdissement » du Sahel (Descroix et al 2020, Descroix et al 2015 ; San Emeterio et al 2019 ; San Emeterio et al 2018 ; Dardel et al 2014 ; Toulouse et Lacaze, 2010 ; Olsson et al 2005 ; Anyamba et Tucker, 2005 ; Hermann et al 2005). Devant une telle situation, l'étude des dynamiques des formations végétales de la Casamance devient pertinente pour une gestion durable des ressources forestières.

L'objectif principal de cette thèse est de comprendre comment les formations végétales de la Casamance, sous l'emprise du changement climatique et des pratiques anthropiques, ont évolué ces dernières décennies. Cette problématique a été étudiée selon une approche multiscalaire (régionale et locale) pour comprendre les processus en cours. Ces connaissances pourraient servir à une meilleure gestion de l'environnement et protéger la biodiversité.

Pour se faire, la démarche méthodologique d'analyse élaborée comporte deux volets : 1) un travail de cartographie par télédétection basé sur le traitement d'images satellites, et 2) des analyses géo-textuelles basées sur la lexicométrie à partir d'entretiens semi-directifs.

Les résultats de cette thèse indiquent une progression de la végétation de terre ferme à l'échelle régionale de 40% soit 288 902 hectares et celle de mangrove de 30% soit 31 459 hectares entre 2000 et 2021. Cette progression de la végétation a aussi été confirmée par la cartographie effectuée à partir de l'évolution du NDVI sur une période comprise entre 1982 et 2015 où 72,5% des pixels montrent une tendance positive significative. On parle alors de reverdissement de la Casamance. Cette tendance est liée au retour des pluies annuelles autour de leur moyenne, et la régénération naturelle des arbres, mais doit aussi localement, beaucoup à des progrès de la gouvernance de la gestion des ressources naturelles. En revanche, des tendances négatives ont également été observées localement qui sont contraires à la relation précipitations-végétation et donc hypothétiquement à un changement induit par l'homme.

En effet, cette couverture végétale a bien résisté aux conditions de péjoration de la pluviosité des années 1970 aux années 1990, dont les conséquences ne se sont pas traduites par des bouleversements importants. En parallèle, il ressort de nos analyses que les changements socio-démographiques enregistrés dans la région, associés à une évolution des pratiques agropastorales (extension des surfaces agricoles par des défrichements, conversion des vergers d'anacardiens, utilisation du bois, surpâturage, etc.) constituent, en certains lieux, une pression sur les ressources naturelles. Cette pression a localement opéré des modifications importantes sur la structure et la composition floristique de la couverture végétale comme c'est le cas dans le sud du département de Bignona (Kafountine) et à Sédhiou dans le village de Marakissa.

Le recours à des analyses géo-textométriques du discours des personnes rencontrées a permis de mettre en évidence l'opposition « Usagers-Gérants ». L'analyse de ces deux types de discours a montré que l'implication des acteurs locaux est indispensable à la réussite de projets de replantation et de sauvegarde du patrimoine forestier de chaque village. Néanmoins les générations futures ont une représentation de leur environnement qui intègre les préoccupations environnementales, donc plus favorables à sa préservation.

Mots clés : Formations végétales, Dynamique, Dégradation, indice de végétation par différence normalisée ; Reverdissement ; Précipitations ; Télédétection, Perception ; Casamance.

Abstract:

The succession of dry years during the period 1960-1990 had a significant impact on the plant cover in Casamance. However, vegetation is one of the major resources for various activities in rural areas, whether agricultural or pastoral. During years of pronounced drought, vegetation suffered very significant losses and agropastoral societies were forced to urgently adapt to the frequency of dry years. However, since the 1990s, we have seen a reversal of the situation. This new phase is marked by a resumption of precipitation which, according to the literature, results in a certain “greening” of the Sahel (Descroix et al 2020, Descroix et al 2015; San Emeterio et al 2019; San Emeterio et al 2018; Dardel et al 2014; Toulouse and Lacaze, 2010; Olsson et al 2005; Anyamba and Tucker, 2005; Faced with such a situation, the study of the dynamics of plant formations in Casamance becomes relevant for sustainable management of forest resources.

The main objective of this thesis is to understand how the plant formations of Casamance, under the influence of climate change and anthropogenic practices, have evolved in recent decades. This issue was studied using a multi-scalar approach (regional and local) to understand the ongoing processes. This knowledge could be used for better environmental management and protect biodiversity.

To do this, the methodological analysis approach developed includes two components: 1) remote sensing mapping work based on the processing of satellite images, and 2) geo-textual analyzes based on lexicometry based on semi-interviews. -directives.

The results of this thesis indicate an increase in dry land vegetation at the regional scale of 40% or 288,902 hectares and that of mangroves by 30% or 31,459 hectares between 2000 and 2021. This progression of vegetation was also confirmed by the mapping carried out from the evolution of the NDVI over a period between 1982 and 2015 where 72.5% of the pixels show a significant positive trend. We then speak of the regreening of Casamance. This trend is linked to the return of annual rains around their average, and the natural regeneration of trees, but also locally owes much to progress in the governance of natural resource management. In contrast, negative trends were also observed locally that are contrary to the precipitation-vegetation relationship and therefore hypothetically a human-induced change.

Indeed, this plant cover resisted well to the conditions of worsening rainfall from the 1970s to the 1990s, the consequences of which did not result in significant upheavals. At the same time, it emerges from our analyzes that the socio-demographic changes recorded in the region, associated with an evolution of agropastoral practices (extension of agricultural areas through clearing, conversion of cashew orchards, use of wood, overgrazing, etc.) constitute, in certain places, a pressure on natural resources. This pressure has locally brought about significant modifications to the structure and floristic composition of the plant cover, as is the case in the south of the department of Bignona (Kafountine) and in Sédhiou in the village of Marakissa.

The use of geo-textometric analyzes of the speeches of the people met made it possible to highlight the “Users-Managers” opposition. The analysis of these two types of discourse showed that the involvement of local actors is essential to the success of replanting projects and safeguarding the forest heritage of each village. However, future generations have a representation of their environment that integrates environmental concerns, therefore more favorable to its preservation.

Keywords: Plant formations, Dynamics, Degradation, vegetation index by normalized difference; Regreening; Precipitation; Remote sensing, Perception; Casamance.

Dédicace :

Je dédie cette thèse :

- À mes très chers parents Mame Fanta SANE et Ibou Arouna SOUMARE pour leur amour et leurs prières ;
- À mes très chers ami(e)s et confident(e)s Mamadou BARRY, Mamadou Lamine Badji, Mame Tacko DIALLO, Khadidiatou Henriette SOUMARE, Fatim Rassoul GUEYE, Babacar FALL, Ibou BARRY, Anta COLY, Oumi SAMB, Ndeye Aicha FALL, Louis PREIRA, Maréme NGOM, Lamine DIENG, Sylvie Paméla MANGA, Dalanda DIALLO et Barnabé Ephrem DIEME pour leurs encouragements et soutiens toujours manifestés ;
- À mes très chers professeurs, Pr El Hadji Bamba DIAW, Pr Ababacar FALL, Pr Julien ANDRIEU et Dr LUC DESCROIX Directeur de recherches à l'IRD qui m'ont fait avancer

Remerciements :

A travers ces quelques lignes, je tiens à remercier tous ceux qui de près ou de loin m'ont aidé directement ou indirectement pour la réussite de ce travail de recherche. Tout d'abord j'exprime toute ma gratitude à mon directeur de recherche, Pr El Hadji Bamba DIAW (Directeur Général de l'Institut International d'Ingénierie de l'eau et de l'environnement (2iE) de Ouagadougou - Burkina Faso) et au Pr Ababacar FALL, pour avoir œuvré afin que je puisse être dans les meilleures conditions de travail, pour leur rigueur intellectuelle et scientifique qui m'a permis de progresser et de mener à bien cette recherche.

J'exprime toute ma reconnaissance au Docteur Julien Andrieu (Chef du département de géomatique Institut Français de Pondichéry (IFP), pour son attentive relecture critique, pour les discussions riches qui ont nourri mes réflexions dans l'avancée de ce travail. MERCI POUR TOUT.

J'adresse aussi mes remerciements aux membres du jury constitué des Professeurs titulaires des Universités en l'occurrence le Pr Mamadou WADE (Ecole Polytechnique de Thiès) en qualité de Président du jury, les Docteurs Cheikh FAYE (UASZ/Faculté des Sciences et Technologies), Gayane FAYE (UCAD/Directeur de Laboratoire de Télédétection appliquée) et Luc DESCROIX (Directeur de Recherche/IRD) en qualité de rapporteurs. Je compte sur les critiques et discussions qu'ils porteront sur ce travail pour un débat fructueux me permettant par la suite d'améliorer ce manuscrit ainsi que mes travaux futurs.

Toute ma reconnaissance à mes amis et collègues Florent LOMBARD, Mathieu VIGNAL de l'Université de Nice Sophia Antipolis de France. Merci à toute l'équipe du Laboratoire ESPACE de l'Université Nice Sophia Antipolis. Cette structure est une plateforme qui incarne l'interdisciplinarité et permet une complémentarité formidable entre les enseignants-chercheurs, les doctorants et les étudiants stagiaires. Grâce à cette plateforme, j'ai acquis des compétences riches et variées dans la maîtrise de divers outils de Cartographie, SIG, Télédétection qui m'ont été très utiles tout au long de ces années de thèse.

Mes remerciements vont également à l'endroit de mes Professeurs de l'Université Assane Seck de Ziguinchor : Tidiane SANE, El Hadji Balla DIEYE, Lamine FALL, Alvares BENGA, Oumar SY et Oumar SALL. A tous ceux dont les noms ne sont pas cités ici par omission involontaire, et qui m'ont accompagné dans cette aventure, qu'ils reçoivent ici mes sincères remerciements.

Mes remerciements vont également à l'endroit de ma famille de Ziguinchor et celle de Thiès, Sadio SANE, Penda DIALLO, Sadio SANE, Thérèse SANE, Malick SANE, Mandiaye SECK, Youssouph SANE, Mère GUEYE, Mami Badji, Rosine MANGA, Héléne MANGA, Seynabou DIAGNE, Amath DIOUF, Ousmane NDIAYE, Lidelle DIATTA, Raïssa DIATTA, Djoulith SANE, Maguette DIAKHATE et Ibrahima DIA qui m'ont offert la tranquillité pour achever mes travaux.

Enfin je dédie ce travail à mes parents, mes cousins et cousines pour leurs soutiens constants malgré la distance entre Dakar et Paris. MERCI POUR TOUT. Dédicace aux agropasteurs de la Casamance, et à tous les contacts en Afrique, ceux qui m'ont hébergé, nourri, guidé et instruit.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	247
Références.....	254
WEBOGRAPHIE.....	275
LISTE DES FIGURES.....	276
LISTE DES TABLEAUX.....	280
LISTE DES PHOTOS.....	282

LISTE DES ABBREVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ACP : Analyse en composantes principales

AFC : Analyse Factorielle de Correspondance

AMMA : African Monsoon Multidisciplinary Analysis

AMP : Anticyclones Mobiles Polaires

AMPA : Aire Marine Protégée d'Abéné

ANACIM : Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie

ANSD : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

APAC : Aire Patrimoine Autochtone Communautaire

AVHRR : Advanced Very High-Resolution Radiometer

CCNUCC : Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatique

CEDEAO : Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest

CSAO : Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest

CSE : Centre de Suivi Écologique

DEFCCS : Direction des Eaux et Forêts, de la Chasse et de la Conservation des Sols

DPN : Direction des Parcs Nationaux

DRDR : Direction Régionale de Développement Rural

ENSG : Établissement d'Enseignement Supérieur à Champs sur Marne, France

ESA : European Space Agency

ETM+ : Enhanced Thematic Mapper Plus

FAO : Food and Agriculture Organization

GIEC : Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

GIMMS : Global Inventory Modeling and Mapping Studies

GLCF : Global Land Cover Facility

GLOVIS : Global Visualization Viewer Quickbird

GPS : Global Positioning System

LANDSAT: Land Satellite

LIDAR : Light Detection and Ranging

MIR : Moyen Infrarouge

MODIS : Moderate Resolution Imaging Spectrometer

MSS : Multispectral Scanner System

NASA : National Aeronautics and Space Administration

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économiques

OLI-TIRS : Operational Land Image - Thermal Infrared Sensor

ONG : Organisation Non Gouvernemental

PEVS : Programme Environnement, Vie et Sociétés

PIB : Produit Intérieur Brut

PIR : Proche Infrarouge

RADAR : Radio Detection and Ranging

RF : Random Forest

RGPHAE : Recensement Général de la Population, de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'élevage

ROK : Réserve Ornithologique de Kalissaye

- SIG** : Système d'Information Géographique
- SPOT** : Système Probatoire d'Observation de la Terre
- SVM** : Support Vector Machine
- TM** : Thématique Mapper
- UICN** : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
- UNCCD** : Convention des Nations Unies sur la lutte contre la Désertification
- UNEP/WCMC**: United Nations Environment Programme-World Conservation Monitoring Centre
- USGS** : United States Geology Survey
- ZCIT** : Zone de Convergence Intertropicale

INTRODUCTION GENERALE

La problématique de l'état des formations végétales, devient une préoccupation tant pour les acteurs locaux que pour la communauté scientifique dans un contexte de changement climatique. Cette préoccupation apparaît aussi bien dans les revues scientifiques et les programmes de recherche, que dans les rapports des organisations nationales et internationales. Durant la COP21, elle a été reconnue qu'elles sont un capital naturel et un patrimoine à léguer aux générations futures. À ce titre, toute conversion entraîne des impacts néfastes tant du point de vue environnemental que socio-économique (Tra Bi, 2013, Hountondji, 2008 ; Bamba, 2010).

En Casamance, la végétation est l'une des ressources majeures pour les différentes activités en milieu rural qu'elles soient agricoles ou pastorales. Ces ressources forestières assurent trois types de fonctions (De Wasseige *et al* 2014 ; Tsayem Demaze, 2011) : une fonction économique, par la production et la commercialisation du bois, une fonction environnementale car elle constitue un réservoir de biodiversité et une fonction culturelle car elle est au centre des systèmes de croyance des populations locales. Les facteurs culturels sont à la base de la conservation de certains espaces forestiers, car diverses ressources y sont préservées suite à l'affectation d'un lien culturel. La prépondérance des aires forestières à statut sacré est le produit du rapport spirituel entre l'homme et la nature.

Or, concernant la Casamance, la majeure partie des travaux de la littérature (Solly *et al* 2020 ; San Emeterio *et al* 2013 ; CSE, 2012 ; Andrieu, 2008) considère que les formations végétales sont impactées par des changements d'ordres naturel et anthropique.

La Casamance a été soumise à d'importantes fluctuations de son environnement au cours des dernières décennies. En effet, la région a connu une importante sécheresse à partir de la fin des années 1960 jusqu'au milieu des années 1990 (Descroix *et al* 2015, Nicholson, 2013 ; Nicholson, 2005). En effet, durant la seconde moitié du 20^{ème} siècle, la variabilité climatique est très prononcée : on observe ainsi une réduction importante des apports pluviométriques de l'ordre de 25% à 30% à Ziguinchor, Diouloulou et à Bignona durant les années 1970-1990 par rapport à la moyenne 1918 - 1986 qui est de 1459 mm/an à Ziguinchor par exemple (Dacosta, 1989). Celle-ci a produit une augmentation de la salinité dans les estuaires de la Casamance provoquant une réduction des surfaces de mangrove. D'autre part, la sécheresse a provoqué un stress hydrique qui a pu mener à des situations de plus grande fragilité de la végétation. Pendant la période de sécheresse, la végétation a été exposée à une vulnérabilité en raison des conditions arides alors que les périodes de retour pluviométriques, les conditions se sont améliorées, offrant un environnement propice au développement de ses formations végétales.

En Casamance, cette dernière est étudiée depuis les années 1970, et on a constaté un changement majeur de l'environnement avec de lourdes pertes de couverture de la végétation (Bâ et al 2017 ; FAO, 2007 ; Gueye 2000 ; Marius, 1985). Ce changement a été largement abordé par la littérature (Fent et al 2019 ; Andrieu et al 2019 ; Carney, 2014 ; Conchedda et al 2011, Conchedda et al 2008). Pour expliquer ces changements, les facteurs à la fois biophysiques et anthropiques sont retenus (Fent et al 2019 ; Dieye et al 2013 ; Marius, 1985). Quelques discordances d'interprétations sur la nature des changements qui ont été qualifiés de dégradation apparaissent en effet entre différents auteurs consultés à ce sujet. C'est par exemple le cas des travaux de Montoroi (1996), qui, tout en préconisant une préservation des terres agricoles de la Casamance, affirmait que la conversion des mangroves en rizières constituait une dégradation des mangroves. Bassène, (2016) dans sa thèse consacrée aux mangroves d'Afrique de l'Ouest, en particulier la Casamance, emploie le mot dégradation pour désigner le phénomène de déboisement. Il évoque que : « la dégradation des mangroves est liée à des facteurs naturels (sécheresse, extension des tannes) et anthropiques (prélèvements de bois, conversion en habitation, construction des routes) ». En revanche, Cormier-Salem (1999), dans le cadre de ses travaux où elle définit la mangrove comme un paysage construit où la forêt de mangrove s'associe aux rizières, considère : « que la dégradation de l'environnement en Casamance n'est pas due à la pression sur les ressources mais, au contraire, à l'exode rural et en particulier à la déficience en force de travail ».

Les recherches sur la végétation de terre ferme soulignent également la dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest comme le démontrent les travaux de Diédhiou et al 2021 intitulé « les paysages forestiers de la Ségambie ». Ils y décrivent, en Casamance, un déboisement illicite du bois et un défrichement de nouvelles zones pour la mise en culture qui ont transformé la flore. Diédhiou, 2019 reprend ce dernier point en confirmant une diminution de la superficie forestière en Basse et Moyenne Casamance, estimée à 48 628 ha entre 1972 et 2016. Également, plusieurs études scientifiques et ouvrages y ont noté des tendances relatives à la dégradation des formations végétales de terre ferme (Solly et al 2021 ; Sylla et al 2019 ; Cabral et Costa, 2017 ; CSE, 2015 ; Touré, 2013 ; Tappan et al 2004 ; Richard, 1990). Ces auteurs rapportent, en effet, les défrichements en vue des cultures pluviales et l'extension de nouvelles cultures de rente tels que le maraîchage et l'anacardier impliquent un recul du couvert végétal. Les formations forestières de terre ferme sont considérées comme menacées par l'accroissement des activités agricoles et forestières.

Il en découle que l'ensemble des formations végétales (la mangrove ou celles de terre ferme) sont très souvent considérées comme dégradées, le mot de dégradation étant employé quel que soit le type de changement, qu'il s'agisse du défrichement des mangroves pour la riziculture et son contraire, du

défrichement de la terre ferme en vue des cultures de plateau ou de l'extension du bâti, signe d'une préoccupation, de la part des auteurs, sur le devenir des forêts. On peut alors se demander si le terme de dégradation n'a pas pris la place du terme « changement ». Rappelons ici que la dégradation désigne des changements au sein de la forêt menant à un état de moins bonne qualité que l'état précédent. Pour qualifier l'état et correctement définir la dégradation, on peut s'appuyer sur une réduction de la capacité d'une forêt à fournir des biens et services (FAO, 2002). Le GIEC (2007) associe au concept, la perte de stocks de carbone forestier. Selon Simula (2009), les définitions internationales les plus complètes ont été développées par l'OIBT (2002, 2005) et la CDB (2002, 2005). Selon leurs définitions, la dégradation désigne des changements de la structure des forêts et leurs dynamiques, les fonctions forestières, les causes relatives à l'activité humaine, par rapport à une situation de référence. L'analyse porte ainsi sur la dynamique des formations végétales en Casamance visant, d'une part, la détection des changements sur quelques décennies et d'autre part l'explication de ces changements. Sur cette base on pourra mener une réflexion sur la notion de dégradation.

D'autre part, ces évolutions s'observent sur le plan humain avec une augmentation constante de la population. Dans la zone d'étude, celle-ci est passée de 1 388 280 habitants en 2013 à 1 484 375 habitants en 2025 (ANSD, 2013). En même temps, cette population est frappée par le chômage (26% de la population active) et la pauvreté (69% des ménages) faute d'infrastructures économiques suffisantes pour les absorber (ANSD, 2013). En effet, avec la forte croissance démographique et les besoins alimentaires, de vastes superficies forestières sont converties en terres agricoles ou en zone de pâturage (Diédhiou et al 2021 ; Sidibé, 2005 ; Tappan et al 2004 ; CILSS, 2016). À ces besoins, s'ajoutent les feux de brousse qui sont considérés, dans certains terroirs, comme les principaux facteurs de la dégradation de la végétation (Mbow, 2000 ; CSE, 2015). Avec l'extension des terres agricoles, ils ont entraîné une perte de 62 262 ha des formations forestières dans les régions de Ziguinchor et de Sédhiou entre 2017 et 2018 (CSE, 2020). À ces facteurs s'ajoutent les besoins en bois d'énergie et de service (Diouf et al 2000 ; Gueye, 2000) qui ont amplifié les dynamiques. Le phénomène le plus marquant depuis 2010 est la coupe abusive et illicite de certaines espèces telle que *Pterocarpus erinaceus* (espèce inscrite à la convention sur le Commerce International des Espèces de Faune et Flore Menacées d'Extinction) acheminée en Chine à partir du port de Banjul (Ba et Descroix, 2022).

Aux facteurs climatiques et à la pression anthropique, s'ajoutent les effets du conflit casamançais. La Casamance est le théâtre d'un conflit, opposant les indépendantistes regroupés sous le Mouvement des Forces Démocratiques de la Casamance (MFDC) à l'armée Républicaine du Sénégal depuis 1982. Avec presque 41 années d'existence, il est considéré comme l'un des plus longs de l'Afrique

contemporaine. Depuis cette date, la Casamance ne cesse de connaître une violence multiforme malgré les périodes d'accalmie notées de temps à autre (Marut, 2010). Au fil du temps, l'insécurité gagne de nouvelles zones et la confusion s'installe entre rébellion et banditisme (Robin et NDione, 2006).

La crise a un impact sur la forêt. En effet, depuis son déclenchement, les zones forestières sont devenues inaccessibles à cause de la pose fréquente d'engins explosifs. Une situation qui instaure deux faits remarquables : d'une part les zones accessibles subissent une plus grande pression. D'autre part, le contrôle et la gestion des forêts naturelles minées ou sièges de groupes armés ne sont plus assurés. De plus, le conflit a provoqué d'amples migrations de part et d'autre de la frontière avec la Guinée-Bissau et que ces dernières ont provoqué des défrichements en zone d'immigration et enrichissements en zone d'émigration.

L'insécurité a favorisé des pratiques comme l'exploitation illégale de la forêt (trafic de bois, coupe abusive de certaines espèces protégées). Les opérations de mise en valeur des plantations dans les forêts classées sont interrompues. La pression sur les ressources forestières s'accroît dans certaines zones du fait de la faiblesse des services de surveillance forestière. Parallèlement, cette situation a limité dans certains secteurs, les perturbations du massif forestier provoquées par les cultures sous pluies sur les plateaux. Elle s'est traduite par une recolonisation de la forêt.

Une telle situation a-t-elle généré une pression importante sur les formations végétales ? Cette pression a-t-elle compromis la résilience de l'environnement ?

Toutefois, le contexte actuel marqué par le changement climatique, des politiques de développement durable et de conservation de la biodiversité, les formations végétales représentent un enjeu à la fois politique, économique, sociale et écologique. Ainsi, leur gestion rationnelle et leur conservation relèvent de l'intérêt des pays auxquels elles appartiennent, tout en ayant une grande importance pour les communautés locales et pour l'environnement appréhendé dans sa dimension globale (FAO, 2010).

C'est d'ailleurs en tenant compte de cela que, durant la période coloniale, la France a mis en place une politique de protection de la forêt avec le classement de 183 forêts couvrant une superficie totale de 2 747 333 ha (Gueye, 2000) dont 40 sont situées en Basse et Moyenne Casamance. La politique coloniale de classement des forêts consistait en la prise et en l'application d'un ensemble de dispositions législatives et réglementaires sur l'utilisation d'une forêt bien délimitée. Le classement suppose encore aujourd'hui un règlement particulier de limitation des usages et une police conservatoire qui a perduré depuis l'époque coloniale. L'objectif du classement des forêts était

d'empêcher les agropasteurs d'y exercer des défrichements, des ébranchages, du pâturage, ou toutes autres activités qui pourraient endommager l'état boisé tout en préservant l'environnement (Gueye, 2000). En plus du classement des forêts, le Sénégal indépendant a ensuite entrepris une politique d'aménagement des forêts depuis trois décennies. C'est ainsi que 7 forêts sont aménagées en Casamance entre 1999 et 2000. L'intérêt de l'aménagement de ses forêts réside à la fois dans le souci de maintenir la durabilité et dans celui d'attirer les exploitants forestiers vers ces zones grâce à un allègement des taxes sur la production qui en est issue. Mais ce programme d'aménagement a également pour but d'inviter les acteurs villageois et les conseils ruraux à participer à la gestion de leur forêt et, partant, à bénéficier des retombées de la production, voire à produire eux-mêmes.

On retient en matière d'aménagement forestier des programmes comme : le Projet de Foresterie Rurale de Kolda (FRK, 1988-1998), le Projet d'Appui à l'Entrepreneuriat Forestier de Kolda (PAEFK), le Projet d'Aménagement de la Forêt de Dabo (PAFD, 1990-1997), le Projet de Systèmes de Production Intégrés pour la Protection des Ressources en Moyenne Casamance (PSPI, 1994-2003), le Projet de Promotion et Protection des Forêts du Sud (PPFS, 1976-1997), le Projet de Gestion Durable et Participative des Energies Traditionnelles et de Substitution (PROGEDE, 1998-2004) et le Programme de Relance des Activités Economiques et Sociales en Casamance (PRAESC, 2000-2005). Les différentes interventions ont permis d'aboutir dans ces zones : à l'ouverture et l'entretien de pare-feu comme moyen de lutte préventive contre les feux de brousse, à l'adoption de la ruche kenyane comme outil pour la production du miel, à l'adoption des techniques de restauration et conservation des terres, ainsi que des technologies agro-forestières.

Cependant, malgré toutes ces politiques de conservation de ses formations forestières, on ne peut gérer durablement une ressource quand on ne dispose pas d'informations nécessaires sur sa disponibilité, ainsi que les paramètres qui influent sur cette disponibilité et ses enjeux. Dès lors, on se pose la question de savoir comment analyser la dynamique des formations végétales de la Casamance ? Spécifiquement, l'étude cherche à répondre aux questions suivantes :

1. Comment le couvert végétal a-t-il évolué en Casamance depuis la reprise des pluies ?
2. Quels sont les facteurs influençant ces dynamiques ?
3. Quels ont été les répercussions de ces changements sur les activités agricoles, sylvicoles et pastorales ainsi que sur la faune sauvage et la flore ligneuse ?

Pour répondre à ces questions, nous nous sommes fixés comme objectif général, de savoir comment les formations végétales de la Casamance sous l'emprise du changement climatique et des pratiques anthropiques ont évolué ces dernières décennies. De manière plus spécifique, l'étude vise à :

1. Expliquer l'évolution spatio-temporelle des formations végétales et les changements intervenus entre 2000 et 2021 ;
2. Analyser les principaux facteurs qui influencent la dynamique du couvert végétal à l'échelle régionale ;
3. Etudier la dynamique des formations végétales à l'échelle locale et ses impacts sur les pratiques agro-sylvo-pastorales.

Notre hypothèse est que la dynamique spatio-temporelle des formations végétales en Casamance entre 2000 et 2021 est marquée par une forte progression des boisements, en partie parce que les populations utilisent de manière appropriée les ressources offertes par les deux domaines : les mangroves et la végétation de terre ferme. Cette hypothèse est soutenue par les hypothèses spécifiques suivantes :

1. L'utilisation de différentes images satellitaires et aériennes fournies à des résolutions spatiales différentes permet d'appréhender les changements les plus fins de l'occupation des sols à différentes échelles et de détecter les zones de dégradation et de régénération significative de la couverture végétale ;
2. Premièrement, les changements observés sont expliqués en grande partie par la reprise des pluies qui a eu des impacts positifs sur le développement de la végétation.
3. Deuxièmement, les actions de l'homme, en combinaison avec les différentes évolutions sociologiques et économiques des territoires étudiés, ont pu mener à des évolutions des pratiques agro-sylvo-pastorales, lesquelles ont à leur tour créé d'importantes transformations du milieu.

Pour vérifier ces hypothèses, nous notons dans la littérature que la télédétection constitue un outil incontournable de description de l'occupation du sol par les différentes formations végétales, dans l'espace et dans le temps (Hountondji, 2008). Avec la disponibilité des images satellites, elle est devenue un outil privilégié de suivi et d'évaluation des ressources végétales (Solly *et al* 2020a ; Sylla *et al* 2019 ; Diédhiou, 2019 ; Cabral et Costa, 2017 ; Mama *et al.*, 2014 ; Fall, 2014 ; Touré, 2013 ; Djoufack-Manetsa, 2011 ; Dibi N'Da *et al* 2008 ; Andrieu, 2008 ; Tappan *et al* 2004). L'emploi que nous avons fait de cette technique a, par ailleurs, déjà été publié (Soumaré *et al* 2022). Dans cette thèse de doctorat, son utilisation est combinée à la collecte des données de terrain et le traitement des données climatiques.

L'organisation de cette thèse s'articule sur trois grandes parties. **La première partie** s'attache à présenter l'environnement de la Casamance à travers l'état des connaissances du milieu, le cadre théorique et les méthodes qui la composent. Elle comporte deux chapitres. Le **chapitre 1** présente les caractéristiques biophysiques et humaines de la Casamance à travers une revue de la bibliographie. En effet, cette analyse bibliographique de description constitue un préalable à l'étude des interactions entre les sociétés et leur environnement. Ensuite, le **chapitre 2** est consacré à la discussion des concepts utilisés et de la méthode choisie pour la réalisation de ce travail de thèse.

La deuxième partie contenant 2 chapitres, portera sur la cartographie et la quantification de la couverture du sol par la végétation. Au **chapitre 3** les principaux résultats sur la cartographie de l'occupation du sol entre les années 2000 et 2021 seront présentés aux échelles régionales. Par la même occasion, la détection des changements de la couverture du sol par télédétection fera l'objet du **chapitre 4** à travers une cartographie diachronique de la couverture du sol par la végétation.

Pour finir, **la troisième partie** de cette thèse cherchera à répondre à la question centrale de cette thèse qui est de savoir si les formations végétales de la Casamance sont en voie de dégradation ? Pour répondre à cette question, l'évolution du couvert végétal sera abordée dans le **chapitre 5** à partir des mesures d'indices de végétation. Ces indices, issus de l'analyse d'images satellites, peuvent être générés de façon continue et permettent ainsi de suivre les rythmes phénologiques des différents types de couvert depuis le début des années 1980. L'analyse d'importantes séries temporelles d'indices de végétation permettra ainsi de cartographier l'organisation spatiale du couvert végétal, mais surtout de spatialiser les différentes tendances qu'elles soient liées à la reprise ou à la dégradation. Ainsi pourrons nous, à partir de là (**chapitre 6**), exposer nos méthodes d'enquêtes de terrain et d'analyse de données. Le **chapitre 7** présente les résultats de ces enquêtes et les dynamiques des formations végétales à l'échelle locale, centrées sur cinq villages pour caractériser les changements socio-environnementaux intervenus au cours de ces dernières décennies.

PREMIÈRE PARTIE :
L'ENVIRONNEMENT DE LA CASAMANCE : ÉTAT
DES CONNAISSANCES, CADRE CONCEPTUEL ET
MÉTHODES D'ANALYSES

.

Cette première partie de la thèse a pour objectif de replacer l'étude de la dynamique des systèmes socio-écologiques de la Casamance par rapport au débat actuel sur l'évolution des milieux soudaniens ouest africains. A travers une revue bibliographique, nous présenterons la zone d'étude dans ses caractéristiques biophysiques, pour mieux appréhender les processus de changements qui s'y opèrent aujourd'hui. Cette revue de la littérature sera par ailleurs l'occasion d'effectuer un examen critique des concepts utilisés dans ce travail ainsi que la définition d'une méthode au regard de la problématique générale posée. Cette méthode est le résultat de la combinaison de plusieurs techniques que sont les techniques de la géomatique (télédétection et système d'information géographique), les techniques de terrain (enquêtes auprès des populations et étude de la végétation) et la recherche bibliographique.

Chapitre 1 : La Casamance, un grenier toujours inexploité ?

La Casamance abrite des écosystèmes variés. Entre autres, citons le domaine marin sur le littoral, le domaine fluviomarin entre l'embouchure et la limite de l'influence de la marée, le domaine forestier sur les plateaux. Ces écosystèmes offrent à la société des ressources biologiques et physiques importantes (Diédhiou, 2009). La structuration et la configuration de ces écosystèmes sont conditionnées par la nature du substrat sur lequel ils se développent ainsi que par les actions de l'Homme. C'est pourquoi, l'étude de l'environnement de la Casamance nécessite une meilleure compréhension de ces paramètres.

1. Caractéristiques biophysiques

Nous présenterons dans un premier temps la zone d'étude, le contexte géomorphologique et pédologique, l'hydrographie de la Casamance ; le climat et la végétation décrites dans la littérature.

1.1 Présentation générale de la zone d'étude

La Casamance est située dans le sud du Sénégal et elle est composée par les régions administratives de Ziguinchor, de Sédhiou et de Kolda. Elle est limitée au nord par la Gambie, au sud par la Guinée Bissau et la République de Guinée, à l'est par le bassin de l'Anambé (Kolda) et à l'ouest par l'Océan Atlantique (Figure 1). D'après les dernières projections de l'ANSD de cette année (2023) la Casamance compte 2 292 256 habitants soit 12,5% du total national estimé à 18 275 743 (ANSD, 2023)¹.

Le climat de la région est de type soudano-guinéen, recevant des précipitations qui s'étalent de juin à octobre avec une intensité maximale en août et septembre, et une saison sèche qui couvre la période de novembre à mai (Dacosta, 1989 ; Veillefon, 1975). Un gradient climatique zonal oppose le Nord à la saison des pluies s'étalant sur 3 à 4 mois et avec une pluviométrie entre 800 et 1200 mm et le sud à la saison des pluies de 4 à 5 mois et aux fortes pluviosités entre 1200 et 1800 mm. C'est une région où se côtoient divers peuples : les Diolas, les Mandingues, les Peuls, les Toucouleurs, les Sérères etc... La composition ethnique varie en fonction des sites et en rapport avec son peuplement d'origine. Cette diversité ethnique fait de cette région une zone de rencontre où ces différents groupes ethniques se côtoient et y pratiquent des activités importantes comme l'agriculture, l'élevage, la pêche et la transformation des produits halieutiques

¹ <https://www.ansd.sn/Indicateur/projections-demographiques>

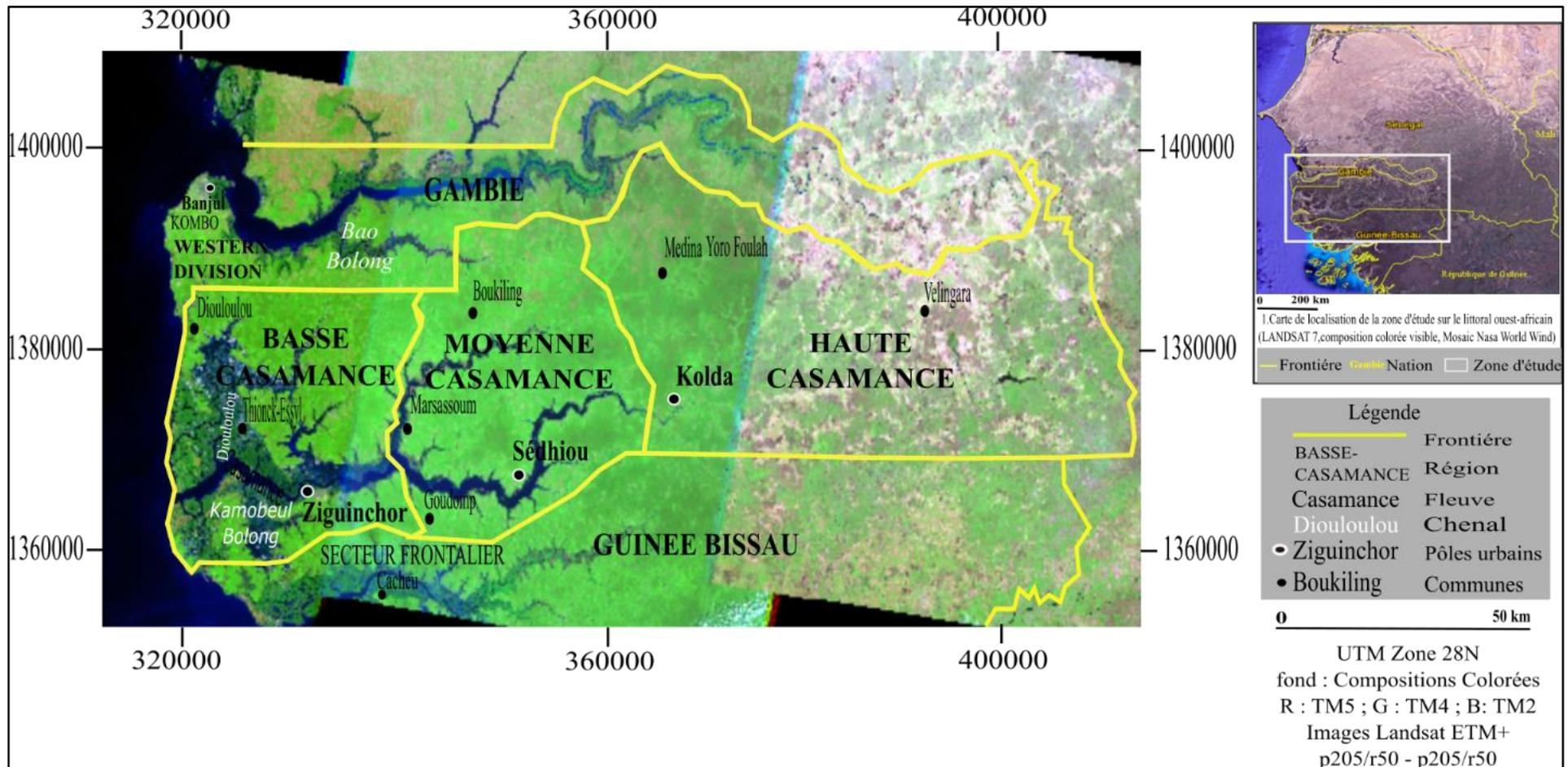


Figure 1 : Carte de la zone d'étude de la Basse, Moyenne et Haute Casamance. Les régions de Basse et Moyenne Casamance, principaux fleuves et localités (Source : SOUMARE)

1.1.1. Contexte géomorphologique et pédologique de la Casamance

Plusieurs études de référence Michel (1973), Sall, (1982), Prian (1986), Saos et *al* 1987, Diop (1987), permettent de retracer l'histoire géomorphologique et de décrire les unités pédologiques de la région. Revenir sur ces aspects aide dans la compréhension des évolutions récentes du milieu biophysique Casamançais.

1.1.2. Les aspects géologiques

La géologie de la Casamance est analysée à la lumière des travaux de Michel (1973), Vieillefon (1977), Kalck (1978) et, Malaud (1992). Ils ont réalisé d'importantes recherches touchant les aspects géologiques de la Casamance. Cette région naturelle, à l'instar de la majeure partie du territoire sénégalais, appartient au grand bassin sédimentaire sénégal-mauritanien du Secondaire-Tertiaire.

Les formations géologiques caractérisant ce bassin sont datées du Continental Terminal (Michel, 1973), soit des grès alternant avec des calcaires et des argiles. Ces matériaux couvrent en effet des formations antérieurement mises en place (granite et matériaux volcano-sédimentaires de l'antécambrien à l'ordovicien).

D'après Michel (1973), à l'Eocène supérieur, la majeure partie du bassin sédimentaire était émergée. La mer se cantonne sur la Basse et Moyenne Casamance, la Gambie et sur une partie de la presqu'île de Dakar et forme un golfe sur la Mauritanie occidentale au nord de Nouakchott. En Casamance et en Gambie se succèdent d'est en ouest des dépôts argilo-sableux. Même si l'Oligocène était considéré comme une période de régression marine, la mer occupait encore la Basse Casamance.

La Casamance constitue donc, du point de vue géologique, la partie méridionale du bassin sédimentaire sénégal-mauritanien, l'un des plus vastes bassins du littoral ouest africain. Le socle métamorphique paléozoïque est composé de schistes, de grès et de quartzites. Il est traversé par un complexe volcanique effusif (rhyolites, dolérites) et se situerait, d'après les recherches géophysiques (Saos et *al* 1987) et les forages pétroliers, à plus de 7 000 m en Basse-Casamance.

Les dépôts sédimentaires composés essentiellement de sables, argiles, marnes, calcaires alternés résultent d'une série de transgressions marines qui a commencé dès le Jurassique. Des forages profonds ont montré l'enfoncement des structures au niveau du fleuve Casamance, accentué à

Ziguinchor, et un relèvement en direction de l'anticlinal gambien, remontée qui explique l'absence de l'Oligocène à Baïla (Bignona) et la disparition de l'Éocène Supérieur vers le nord-ouest.

Au cours du Miocène, des sédiments argilo-sableux de 50 à 150 m de puissance se sont déposés sur l'ensemble de la Casamance. C'est au cours de cette période qu'intervient une importante phase tectonique cassante. Les réseaux de fractures de direction principale N 50° et N 130°, ainsi que N 80° et N 180° vont fortement conditionner l'hydrographie. Les cours d'eau, en suivant les lignes de fractures, dessinent des coudes brusques qui caractérisent le cours de la Casamance et de ses affluents, nommés localement *bolongs* (Dacosta, 1989, SAOS et al 1987).

Après la régression qui a suivi le Miocène, il se dépose un sédiment détritique qui correspond à la formation appelée Continental Terminal. Ce sédiment est composé de grès argileux bariolés interstratifiés de couches d'argiles. Ces matériaux seraient originaires des régions plus élevées, à l'est du bassin dans la région du Fouta Djallon et se seraient déposés sous l'action d'un climat tropical à tendance subaride (Vieillefon, 1977). L'origine continentale de ces sédiments est cependant contestée par certains auteurs (Flicoteaux et Medus, 1974), qui considèrent que cette formation provient d'une altération importante *in situ* de sédiments marins.

Les dépôts du Continental Terminal ont été modelés en glacis au cours d'une période aride, il y a un demi-million d'années (Michel, 1973). Ils présentent maintenant un relief mollement ondulé, altéré par la pédogenèse ferralitique (cuirasse grès-ferrugineuse de Boukotte et du Cap Skirring). Ces plateaux très découpés (plateaux d'Oussouye et de Diembéring) dominant faiblement (15 à 30 m) la zone sédimentaire actuelle.

La part essentielle prise par le Quaternaire, en particulier à l'Holocène moyen ou Nouakchottien, pour l'évolution géologique du milieu estuarien de la Casamance, a été soulignée par de nombreux auteurs (Vieillefon, 1975, Sall, 1982, Marius, 1979).

1.1.3. Une géomorphologie héritée du Quaternaire récent

Le Quaternaire récent est surtout marqué par les variations du niveau marin et par les changements climatiques. Il peut être divisé en trois périodes majeures au cours desquelles les formations pédologiques actuelles se sont mises en place.

- Le quartenaire ancien et moyen (700 000 ans à 100 000 ans BP)

Les cuirasses de grès ferrugineux se sont formées à cette période. Ce sont de vastes plateaux tabulaires entaillés de marigots et constitués par des séries argilo-sableuses du Tertiaire dites du Continental

Terminal (CT). Cette période de subsidence qui s'est traduite par un affaissement des séries sédimentaires du Secondaire et du Tertiaire. Ce qui crée en Casamance une zone déprimée que la formation d'un golfe bordé par les cordons littoraux successifs et l'installation de la mangrove vont contribuer à combler.

- **Le quartenaire récent (100 000 ans BP à 15 000 ans BP)**

Cette période a connu une transgression suivie d'une régression sans précédent. La transgression a permis la submersion de l'ensemble de la zone déprimée suite à l'affaissement des séries sédimentaires du Secondaire et du Tertiaire. C'est à cette période que se sont déposés les sédiments de l'Inchirien entre 35 000 ans et 31 000 ans BP.

A la transgression succède une régression liée à la glaciation du Würm (31 000 ans et 17 000 ans BP). La mer se retire et son niveau baisse de -120 m entre 20 000 ans et 17 000 ans BP. Au cours de cette période dite de l'Ogolien, la baisse du niveau marin a permis à la plupart des cours d'eau de la région de creuser leur lit jusqu'à exhumer les matériaux du Continental Terminal (Montoroi, 1996).

- **La période Holocène (postérieure à 15000 ans)**

La période holocène correspond au retour à un climat plus humide amorçant une nouvelle transgression. Le niveau de la mer s'élève mais reste encore bas (-55 m à 12 000 ans BP). La mer atteint son niveau actuel vers 7 000 ans BP, le niveau maximum fut atteint vers 5 500 avec +1 m à +2 m de plus sur le niveau actuel. Elle envahit le bassin de la Casamance et les eaux marines s'étalent jusque sur l'axe Ziguinchor - Balandine formant ainsi un vaste golfe (Michel, 1973). Cette transgression est dite Nouakchottienne et intéresse tout le bassin sédimentaire sénégal-mauritanien depuis la Mauritanie jusqu'en Guinée Bissau.

La transgression a laissé en place des dépôts sableux. Ces dépôts forment les terrasses ourlant les plateaux du Continental Terminal bien visible en Basse Casamance.

Après cette période, le niveau marin baisse jusqu'à son niveau actuel et une houle de direction Nord-Nord-Ouest est mise en place. Cette houle a engendré vers 3 000 ans BP un courant Nord Sud qui va jouer un rôle géomorphologique majeur. Il va progressivement mettre en place des cordons littoraux qui vont peu à peu fermer le golfe de la Casamance (Faure et al 1974) (figure 2). La Casamance se transforme en lagune progressivement peuplée par la mangrove. Cette fermeture du golfe aura pour conséquence la diminution d'apports sédimentaires d'origine marine. Le comblement de la Casamance se fera par le remaniement des dépôts de sable et de vase qui seront fixés par la mangrove (figure 3).

Vers 1 500 ans BP, la Casamance avait pris sa forme actuelle (Vieillefon, 1977 ; Marius, 1985). Les plateaux du Continental Terminal sont bien distincts dans le paysage ainsi que les basses terrasses argileuses.

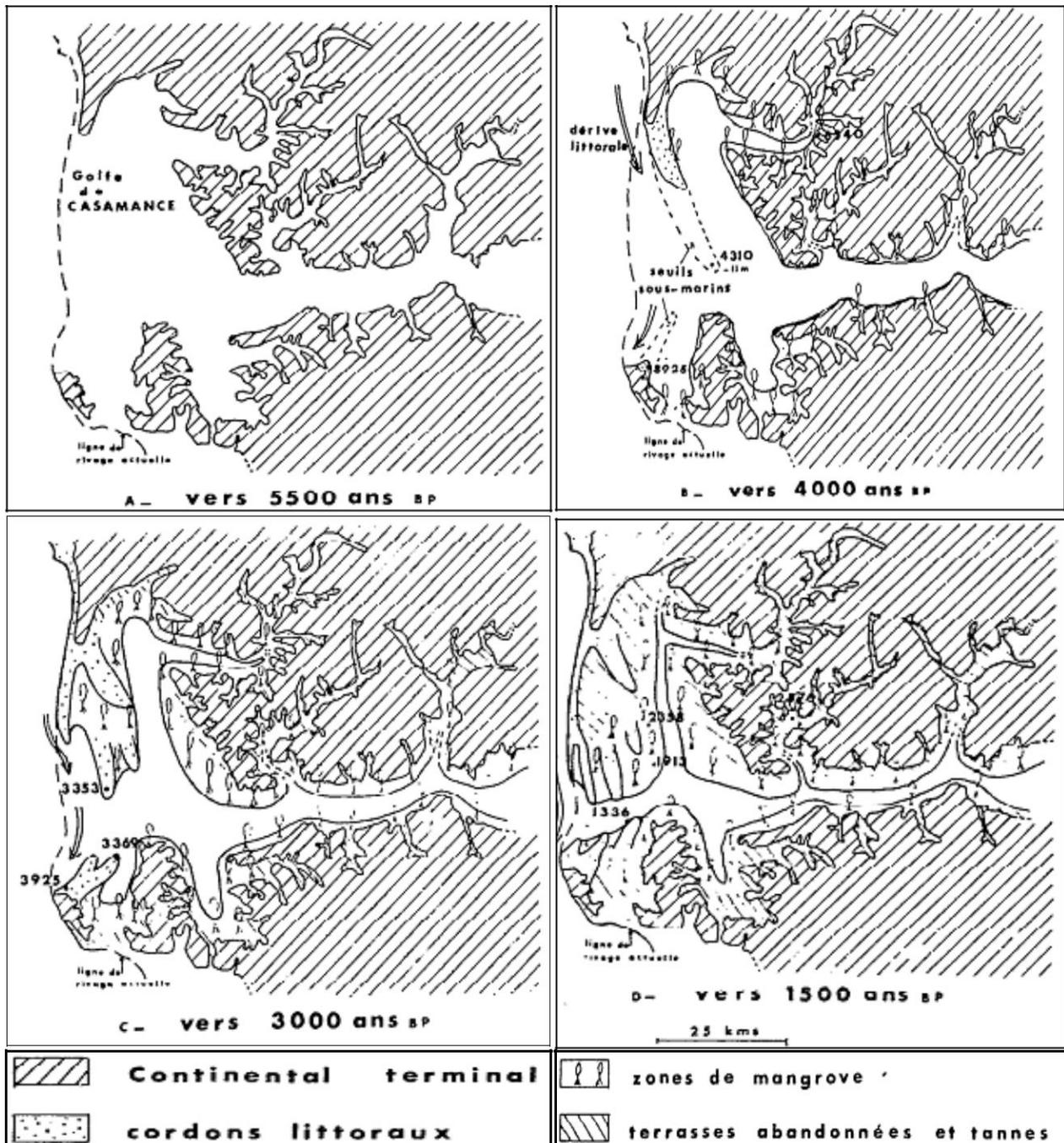


Figure 2 : Evolution du golfe de la Casamance entre 5 500 BP ans et 1 500 BP (Kalk in Dacosta, 1989)

Le golfe s'est entièrement comblé, comblement lié à deux systèmes de progradation (Marius et al 1986). L'un est lié au développement des cordons littoraux et l'autre à l'avancée des vasières occupées par la mangrove (Kalk, 1978) (Figure 3).

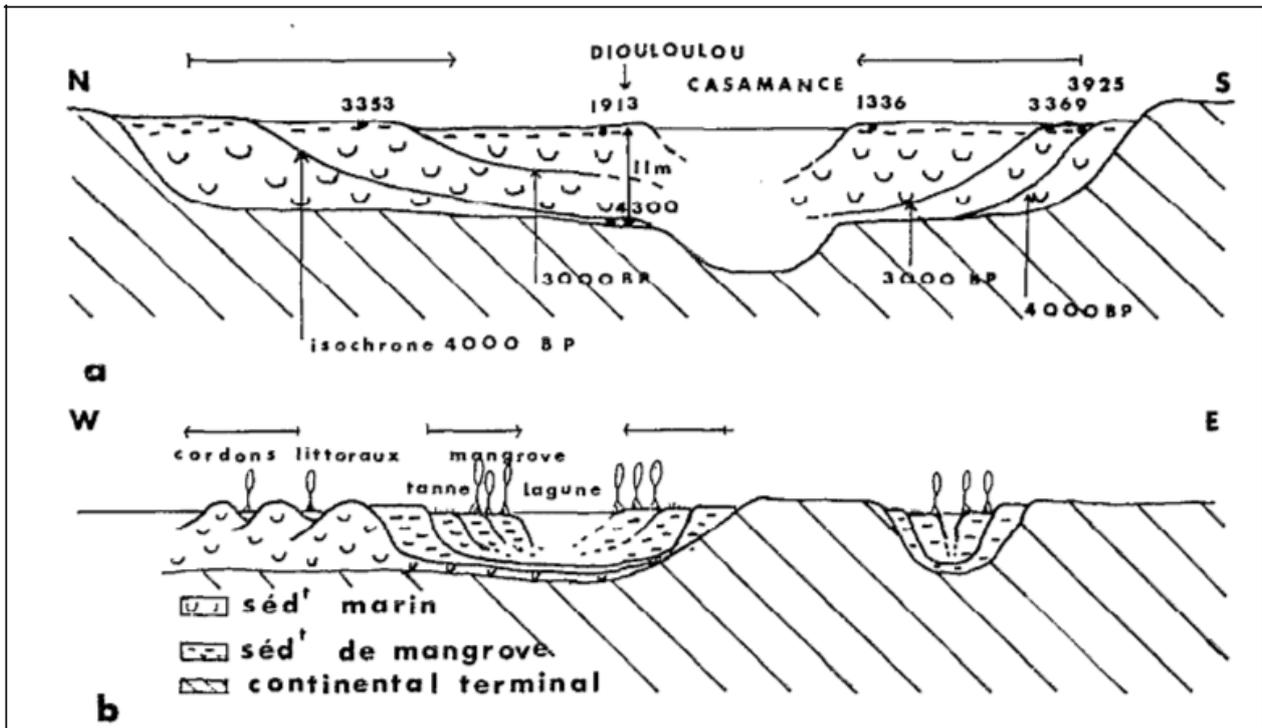


Figure 3 : Le système de progradation en Casamance (Kalk in Dacosta, 1989)

1.1.4. Répartition des types de sols en Casamance

La pédologie est donc construite à travers les différents épisodes morpho-climatiques ayant prévalu dans la région. La formation des sols a suivi les vagues successives de transgression et de régression marines et de périodes humides ou sèches permettant le dépôt de sédiments divers (Barreto, 1982 ; Lamagat et Loyer, 1985 ; Montoroi, 1996). La texture du sol est un paramètre important en cela qu'elle détermine la capacité d'infiltration et le stockage de l'eau. La répartition de ces types de sols est d'abord liée à la différence entre le domaine estuarien et celui de la terre ferme même si ces deux domaines présentent une variabilité pédologique interne. Ces sols sont plus ou moins fertiles, avec des conséquences sur le développement de la végétation (Dardel, 2014). La région de la Casamance est ainsi constituée de cinq ensembles majeurs, que sont les sols ferrallitiques sablo argileux, les sols hydromorphes, les sols halomorphes, les sols ferrugineux et les sols peu évolués.

1.1.4.1. Les sols rouges ferrallitiques sablo-argileux

Ces formations sont plus fréquentes sur les plateaux du Continental terminal. Ce sont des sols rouges et des sols beiges de plateau, pauvres en matières organiques, bien drainés, acides et très pauvres en éléments nutritifs et en base échangeables après 2 à 3 ans de mise en culture (Maignien, 1965). Ces sols sont essentiellement exploités en culture pluviale (arachide, niébé, mil, sorgho, maïs...) après un défrichage de la forêt. La destruction du couvert arboré par brûlis, abattage manuel progressif et débroussaillage soumet le sol à de profondes modifications (Barreto, 1982 ; Lamagat et Loyer, 1985).

En Moyenne et en Haute Casamance notamment, le mode de culture traditionnel a induit à brève échéance une détérioration continue de la plupart des caractéristiques physiques et chimiques des sols entraînant une chute de la productivité des terres et une baisse drastique subséquente des rendements (Guéye, 2000).

1.1.4.2. Les sols hydromorphes

Ces sols sont souvent situés dans la partie supérieure des vallées et dans la zone de raccordement du plateau au bas-fond. Ils sont pour la plupart occupés par les rizières de nappes (rizières momentanément inondées pendant la saison des pluies). Ils peuvent présenter des signes de contamination par le sel, notamment dans les horizons inférieurs. Mais ils sont en général peu salés, sauf lorsqu'ils sont proches du lit du marigot (Montoroi, 1996). Très riches par endroits, ils présentent une texture beaucoup plus consolidée à cause de la présence de l'argile. Ils sont généralement localisés dans les vallées caractérisées par la présence d'une nappe semi-permanente ou temporaire et par une submersion temporaire pendant l'hivernage. Ils sont assez riches en matière organique, acides et largement exploités en rizières (Aubrun 1988). Ces sols retiennent bien l'eau et sont favorables à la culture du riz et également au maraîchage.

1.1.4.3. Les sols halomorphes

Les sols halomorphes sont des sols de mangroves et tannes, les « Sols Sulfatés Acides » situés le long du fleuve Casamance et de ses affluents. Ils sont assez hétérogènes. Ils présentent souvent des problèmes d'acidité actuelle ou potentielle excessive avec leur corollaire de toxicité (fer, alumine sel, etc...). Ils sont généralement utilisés pour la riziculture (Loyer et *al* 1986 ; Marius et Cheval, 1980) après un lessivage contrôlé par les riziculteurs (Cormier-Salem 1999). La riziculture est la valorisation dominante de ces types de sols (60 %) à l'exception des sols de plateaux où elle est marginale (Niane, 1984). En effet, elle se pratique sur tout le long de la toposéquence sous toutes ses formes : riziculture pluviale stricte sur le plateau ; riziculture pluviale de nappe sur sols hydromorphes de bas de pentes et en amont de vallées dont l'alimentation hydrique est assurée par la pluie et par la nappe phréatique qui affleure à certaines périodes de l'année; riziculture de bas-fonds caractérisée par la submersion due à l'accumulation des eaux de pluie et pratiquée dans les vallées intérieures et sols de transition entre le plateau et la mangrove ; riziculture de mangrove pratiquée dans les plaines récupérées de la mangrove et sur les sols sableux situés à proximité de la mangrove caractérisée par une forte concentration de sel dans le sol et l'acidité (Sané, 2019 ; Badiane 2012).

1.1.4.4. Les sols ferrugineux

Ils occupent la partie supérieure et moyenne de la pente (Vieillefon, 1977). Ces sols constituent l'unité de raccordement entre les sols rouges en tête de plateau et les sols hydromorphes en bas de pente. En fait, il s'agit d'une évolution des sols rouges (Montoroi, 1996). Ce sont des sols de couleur « beige » constitués sur les matériaux sablo-argileux du Continental Terminal. Cette caractéristique est liée à une érosion sélective de la partie argileuse et au lessivage des éléments organiques et minéraux (fer, silice, alumine, kaolinite, etc.) vers les horizons inférieurs (Montoroi, 1996). Leur épaisseur varie entre 1,5 m et 2,5 m (Vieillefon, 1975). Le profil est constitué d'un horizon humifère (A) d'une épaisseur de 20 cm posé sur des argiles. Ces sols sont essentiellement constitués de sable (45% à 70%) mais aussi d'argile (9% en surface et 40%) et de la matière organique autour de 2%. A cause de l'instabilité de la liaison argile-fer lié à la présence de matière organique (acide fulvique), ces sols sont très sensibles à l'érosion hydrique (Charreaux et Fauck, 1965). En bas de pente, ils sont souvent engorgés d'eau provenant du Continental Terminal présentant des caractéristiques d'hydromorphie.

1.1.4.5. Les sols peu évolués

Ce sont des sols composés peu évolués qui renferment des sols jeunes (sans cesse rajeunis), des sols renouvelés (sols formés sur des matériaux récents), ils sont acides avec des teneurs faibles en argile, en matières organiques et en bases échangeables (Sané, 2019). Ils se situent en arrière des cordons littoraux. Les sols peu évolués d'apport se trouvent généralement en bordure du plateau du Continental Terminal et occupent la partie supérieure des lits de marigots. En Casamance, on ne reconnaît que les sols peu évolués d'origine non climatique qui se situent sous des conditions de milieu permettant une évolution marquée, mais qui, dans les cas considérés, n'ont pu jouer parfaitement pour des raisons diverses, soit que les sols sont trop jeunes, soit que les matériaux sont plus ou moins résistants et plus ou moins remaniés (Aubrun, 1988).

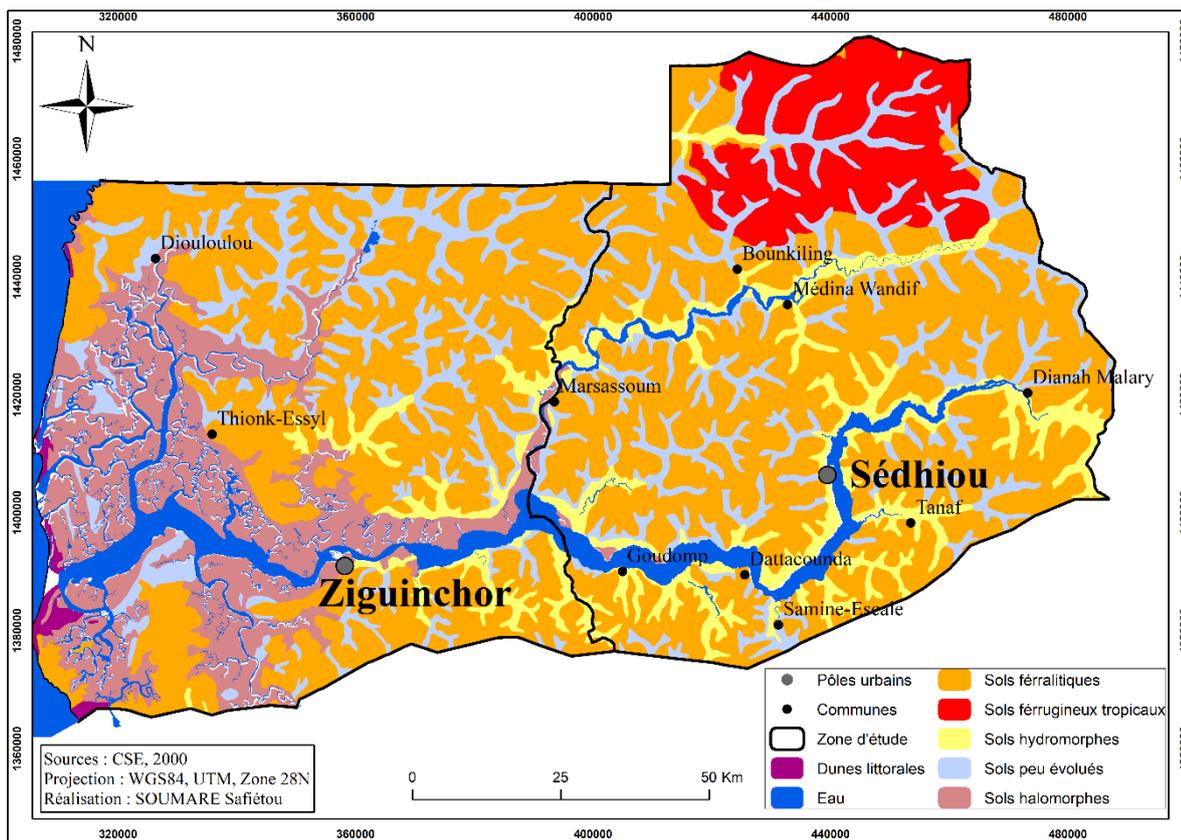


Figure 4 : Répartition des types de sol de la Basse et Moyenne Casamance

1.1.5. L'hydrographie : le fleuve Casamance et son bassin

Elle est caractérisée par la présence d'un cours d'eau principal, le fleuve Casamance (figure 5). La dynamique de son écoulement est dominée par deux facteurs : le mouvement des marées et la pluviométrie régionale.

Le fleuve Casamance est le seul fleuve au Sénégal qui coule entièrement dans le territoire national. Il prend sa source à l'intérieur des frontières sénégalaises et couvre un bassin versant de 20 150 km².

En Basse Casamance, le fleuve reçoit sur sa rive droite le Baïla (1645 km²) qu'alimentent les marigots de Bignona (750 km²) et de Diouloulou et sur sa rive gauche, le Kamobeul 700 km² de bassin versant (Plan d'Action Forestier de la Région de Ziguinchor, 1998). Il est alimenté à hauteur d'Adéane par un affluent, « le Soungrougrou », long de 140 km. Le fleuve Casamance est parcouru par de multiples chenaux de marée dont celui de Tobor et celui qui longe la ville de Niaguis, le Guidel. Ces cours d'eau sont bordés de palétuviers qui s'enchevêtrent. La partie dite estuarienne est sous le contrôle des courants de marée. Marius (1985) et UICN (2001) constatent qu'entre Ziguinchor et Baghagha (zone amont), la vallée est entièrement remblayée par des vases.

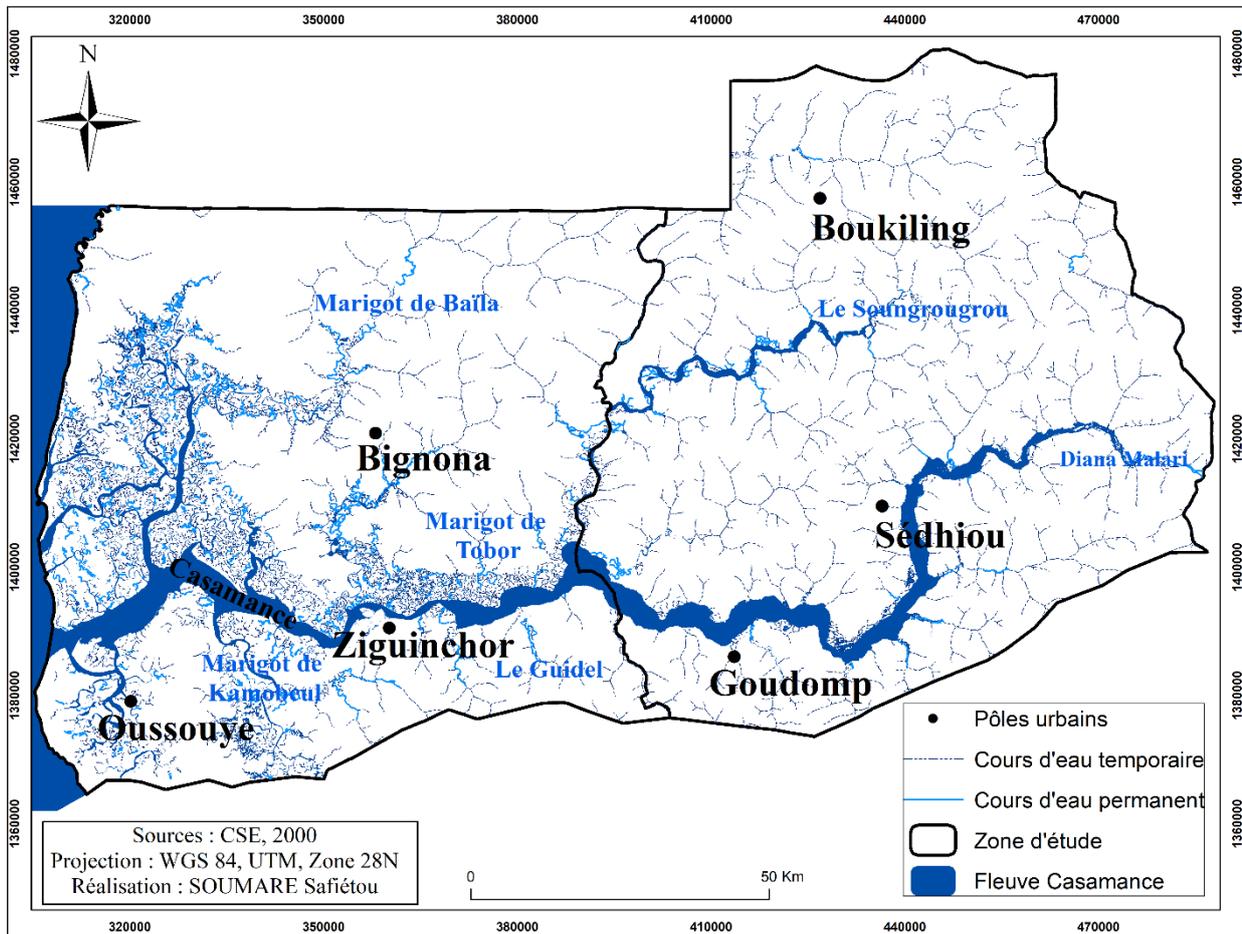


Figure 5 : Le réseau hydrographique du fleuve Casamance

Le régime hydrologique du fleuve est sous la dépendance étroite de la pluviométrie régionale, contrairement aux fleuves Sénégal et Gambie qui prennent leur source dans les massifs du Fouta Djallon en République de Guinée sous climat tropical humide.

Les fluctuations annuelles de la salinité sont étroitement liées à l'évolution du débit fluvial (Descroix et *al* 2020). Seulement, les variations interannuelles du fleuve Casamance sont intimement liées aux variations des précipitations à l'échelle régionale. Au cours de l'année, la salinité minimale est en effet observée en octobre, c'est-à-dire en fin de saison humide ; ce minimum est fonction de l'abondance des précipitations au cours de l'année concernée. Les années où les précipitations sont faibles sont aussi celles où la salinité d'octobre est plus élevée. On remarque également que les années à faible pluviométrie correspondent à des périodes où les températures moyennes sont les plus élevées. Ce qui engendre une forte évaporation. La salinité s'élève ensuite progressivement en mars-avril. Au moment de l'étiage, la langue salée remonte jusqu'à Sédhiou. Le maximum de la salinité est alors atteint au début de la saison des pluies.

1.1.6. La végétation et sa distribution spatiale en fonction du climat

Le zonage bioclimatique c'est-à-dire la différenciation latitudinale des formations végétales suivant le gradient climatique a fait l'objet de plusieurs travaux (Arbonnier, 2002 ; Chevalier, 1900 ; White, 1986 ; Schnell, 1952 ; Trochain, 1940 ; Aubréville, 1950). En nous référant à ces travaux, nous présenterons ici la structure et la composition des formations végétales de la Casamance. Nous verrons que l'organisation spatiale de la végétation est fonction de la distribution méridienne des pluies (Hountondji, 2008). Cependant, les interactions entre les activités humaines et la végétation, notamment à travers les modifications dans l'occupation du sol jouent également un rôle déterminant dans cette répartition spatiale.

Au niveau régional, la répartition spatio-temporelle des précipitations, selon un gradient croissant du nord au sud, a souvent été utilisée pour la discrimination des domaines bioclimatiques ou autres « zones agro-écologiques » (Trochain, 1940 ; Aubréville, 1950 ; White 1986) en Afrique de l'Ouest et des régions adjacentes. Un tel découpage où les limites sont, par définition, peu claires, fondées sur un paramètre aussi fluctuant que la pluviosité peut paraître insuffisant (Alexandre 1994, Génin, 1995, Alexandre *et al* 1998) voire inadapté. Les subdivisions bioclimatiques ci-dessous (adaptées de Trochain, 1940, Aubréville, 1950 et White, 1986) feront l'objet d'une discussion. Elles sont toutes, à l'exception de celle de White, fondées sur la répartition spatio-temporelle de la pluviosité et elles distinguent, pour les domaines qui nous intéressent ici :

- Les zones sahélo-soudanienne (pluviométrie entre 500 et 700 mm annuellement ; la saison des pluies dure 3 à 4 mois entre juin et septembre) où la culture du mil est dominante ; et soudano-sahélienne (700-900 mm de pluie) où la culture de l'arachide est très répandue à l'instar du bassin arachidier ; la végétation naturelle correspond au paysage de la savane arborée ;

- Une zone soudanienne (900-1200 mm de pluie) où la pluviométrie permet une variété d'activités agricoles. Ici, même si les apports sont plus importants, la saison des pluies ne dure pas plus de 4 mois.

Les précipitations en région soudanienne se singularisent par une très forte variabilité temporelle et spatiale, avec une tendance à la hausse depuis le milieu des années 1990 (Hountondji, 2008). Dans cette partie du monde, la disponibilité de l'eau conditionne la dynamique écosystémique (Huber *et al.* 2011) et la vie économique basée essentiellement sur les activités primaires (agriculture, élevage etc...). Cette situation montre encore une fois que le contexte climatique de la Casamance est marqué par les fluctuations interannuelles de la pluviosité qui ont des effets immédiats sur les récoltes. Un phénomène qui renforce la vulnérabilité des socio-écosystèmes locaux. Cependant, lors de cette dernière période (1982 à 2015), les quantités de pluies recueillies annuellement en Casamance comme

dans d'autres régions soudanaises d'Afrique de l'Ouest montrent une tendance à la hausse (voir chapitre NDVI-Pluie). Des améliorations qui renforcent l'optimisme des sociétés rurales et alimentent le débat sur le « *reverdissement du Sahel* ».

1.1.7. La végétation de la Casamance

La Casamance se caractérise par une végétation riche en espèces. L'influence édaphique est primordiale dans le bassin de la Casamance pour la répartition des formations végétales (Hountondji, 2008 ; Chevalier, 1900 ; Trochain, 1940 ; Aubréville, 1950 ; White, 1986 ; Adam, 1966). En fonction de la nature du sol, du régime hydrique et de la nature des eaux, la Casamance peut être divisée en deux grands domaines phytogéographiques à savoir le domaine de plateau (terre ferme) et le domaine des vasières (figure 6).

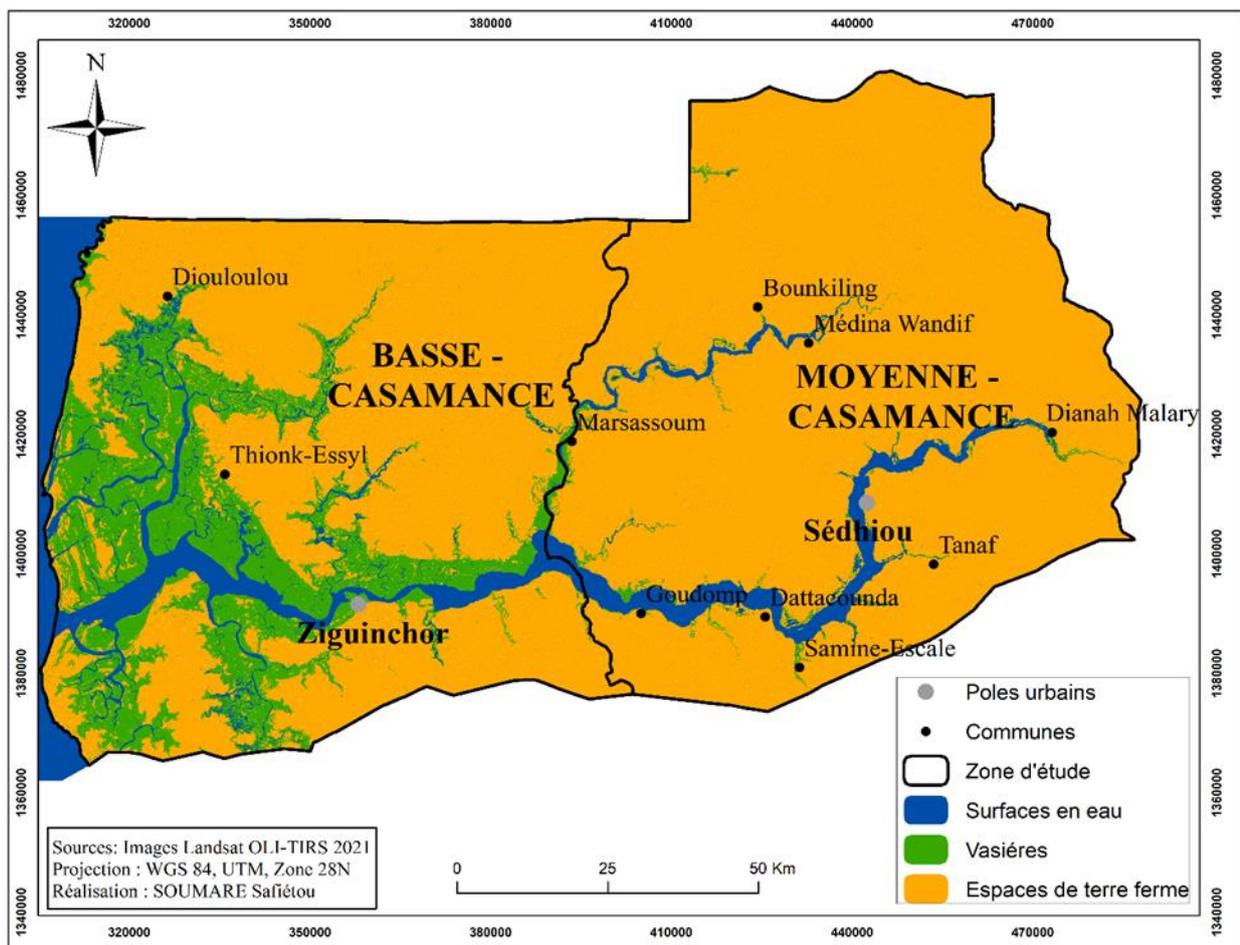


Figure 6 : Carte des vasières et de la terre ferme dans les régions de la Casamance

Quoiqu'il en soit, la disponibilité en eau reste l'élément fondamental qui structure spatialement la végétation. La végétation Casamançaise se prête dès lors bien à l'analyse de gradient (Whittaker, 1967) : le gradient pluviométrique d'orientation nord-sud, nuancé par le contexte morphologique et édaphique, intervient dans la chorologie des espèces végétales. La végétation ainsi que la qualité des

sols sont ensuite des facteurs environnementaux déterminants des conditions de sécurité alimentaire du fait de la proportion encore importante de la population dont les moyens de subsistance sont directement dépendants de l'exploitation de ces ressources naturelles. En retour, la végétation est aussi structurée par les usages développés par les sociétés rurales. Le socle géographique de l'organisation et l'occupation de l'espace est ainsi livré par l'observation de la végétation, ce que nous nous efforcerons de montrer dans ce mémoire.

1.1.7.1. Le domaine des vasières

Ils constituent l'habitat de la mangrove ; on y retrouve les forêts de palétuviers, les tannes et les rizières de mangrove.

1.1.7.1.1. Composition floristique de la mangrove de la Casamance et sa zonation

Les mangroves du domaine atlantique sont en général pauvres en espèces (Tomlinson, 1986). Outre les palétuviers qui s'inscrivent dans deux familles botaniques, les Avicenniaceae et les Rhizophoraceae, elles peuvent comporter quelques autres ligneux, arbres et arbustes qui constituent le plus souvent l'arrière-mangrove. Deux faciès caractérisent les mangroves de la Casamance : il s'agit des forêts de palétuviers et des tannes.

- Les palétuviers

En Casamance, les palétuviers sont représentés par six espèces :

- ***Rhizophora racemosa*** : C'est l'espèce pionnière de la famille des *Rhizophoraceae* qui colonise et contribue à fixer les vases en cours de dépôt sur le front de la mer. Mais c'est elle aussi qui remonte très loin à l'intérieur sur les berges des chenaux et des fleuves jusqu'où se fait sentir la marée. *Rhizophora racemosa* qui se distingue de *Rhizophora mangle* par sa taille nettement plus grande est strictement localisé en bordure de certaines rives convexes (Marius, 1985). C'est le plus haut des palétuviers de la mangrove ouest-africaine et est moins tolérante à la salinité (Veillefon, 1977 ; Jacques-Felix, 1957). Il est particulièrement typique par ses racines échasses puissantes, lancés parfois de très haut à partir du tronc et recouvertes d'huître dans leurs parties baignées journallement par l'eau salée.
- ***Rhizophora mangle*** : C'est un arbuste peu élevé (2 à 4 m de hauteur) dont l'inflorescence est composée de deux fleurs. Du genre *Rhizophora* et de la famille des *Rhizophoraceae*, qui pousse dans l'estran et qui s'ancre dans la vase de la mangrove grâce à ses imposantes racines-échasses disposées en arceaux. Cette espèce se trouve généralement dans un milieu fortement

saumâtre et plus salé que *Rhizophora racemosa*. En mangrove dite « haute », elle se mélange avec le palétuvier blanc (*Laguncularia racemosa*) et le palétuvier gris (*Conocarpus erectus*). Les racines de *Rhizophora mangle* présentent de nombreuses lenticelles et un tissu lacuneux-spongieux permettant la circulation de l'air (tissu aérochyme) ce qui lui permet de vivre dans des environnements salins et partiellement submergés par l'eau (Marius, 1985).

- ***Rhizophora harrisonii*** : De la famille aussi des Rhizophoracees, c'est une espèce hybride entre *Rhizophora racemosa* et *Rhizophora mangle* (Marius, 1985).
- ***Avicennia germinans*** : De la famille des Aviceniacees, il comprend une seule espèce du genre *Avicennia* qui supporte une salinité plus forte et se trouve ainsi située en haut de l'estran. *Avicennia germinans* est un arbre pouvant aller de 12 à 15 mètres de hauteur mais que l'on rencontre au Sénégal, très majoritairement sous forme d'arbustes de 2 à 3 mètres (Vieillefon, 1975).
- ***Laguncularia racemosa*** : C'est un palétuvier du genre *Laguncularia* et de la famille des Combretacees. Arbuste jusqu'à 3 m de haut, ou parfois arbre atteignant 25 m de hauteur avec un fût jusqu'à 70 cm de diamètre, au feuillage vert lumineux, feuilles succulentes, arrondies ; avec des fleurs, en épis blancs qui donnent de fruits côtelés-ailés qui flottent sur l'eau (Jiménez, 1985). Il est généralement présente sur les berges vaseuses récentes et est assez tolérante aux fortes salinités.
- ***Le Conocarpus erectus*** : De la famille des Combretacees, c'est une espèce d'arbuste mesurant de 1 à 4 m poussant sur les rives des régions tropicales. L'écorce est épaisse et présente de larges plaques d'écailles fines grises à brunes. Il pousse généralement dans les eaux saumâtres dans les lagunes et les baies de marée, mais peut pousser dans les habitats intérieurs et il est tolérant aux fortes salinités.

En Casamance, la mangrove est dominée par les palétuviers de l'espèce *Rhizophora racemosa* et *Avicennia germinans*. Elles poussent respectivement en bordure du cours d'eau et dans la vasière (Photo 1 et 2), même si par ailleurs on retrouve l'espèce *Conocarpus erectus* un peu plus loin après les *Avicennias* (Photo 3).



A : *Rhizophora Racémosa*

B : *Rhizophora Racémosa*

C : *Conocarpus Erectus*

Photo 1 : Mangroves de la Casamance

La répartition de ces espèces de mangrove varie suivant une zonation bien définie de la mer vers la terre. Cette zonation dépend de la topographie, de la quantité d'alluvions charriée depuis la ligne de séparation des eaux, de la salinité, du type de sol ainsi que de sa composition (Marius, 1985 ; Cormier Salem 1994 ; Vieillefon, 1969). Ce gradient écologique, lié à la topographie, structure une succession de formations végétales depuis le bas vers le haut de l'estran nommée zonation. L'adaptation des palétuviers aux différentes conditions écologiques, notamment morpho-sédimentologiques et hydro-climatiques commande la zonation observée dans les Rivières du Sud (Schnell, 1961 ; Diop, 1990). Ces formations suivent une zonation relativement stricte et leur distribution spatiale des espèces s'organise très fréquemment de la façon suivante (figure 7) :

- des arbustes bas de *Laguncularia racemosa* sur les bancs de vase instables des estuaires et, plus rarement, de leurs digitations (bolongs) ;
- une bande à *Rhizophora* constituée d'un rideau de *Rhizophora racemosa* souvent hauts (figure 7), puis, en position médiane sur l'estran, d'une formation à *Rhizophora mangle* (on trouve aussi des individus de *Rhizophora harrisonii*) ;
- une bande à *Avicennia germinans*, espèce qui supporte une salinité plus forte et se trouve ainsi située en haut de l'estran ;
- sur les sols soumis plus irrégulièrement à l'inondation par la marée et en bordure des écoulements continentaux d'eau douce, des arbustes de *Conocarpus erectus* ;
- lorsque la concentration en sel est très forte, les palétuviers ne peuvent survivre ; le sol est nu ou couvert d'un tapis herbacé discontinu d'halophytes, constituant le tanne (Marius, 1985 ; Diop, 1990 ; Andrieu, 2008).

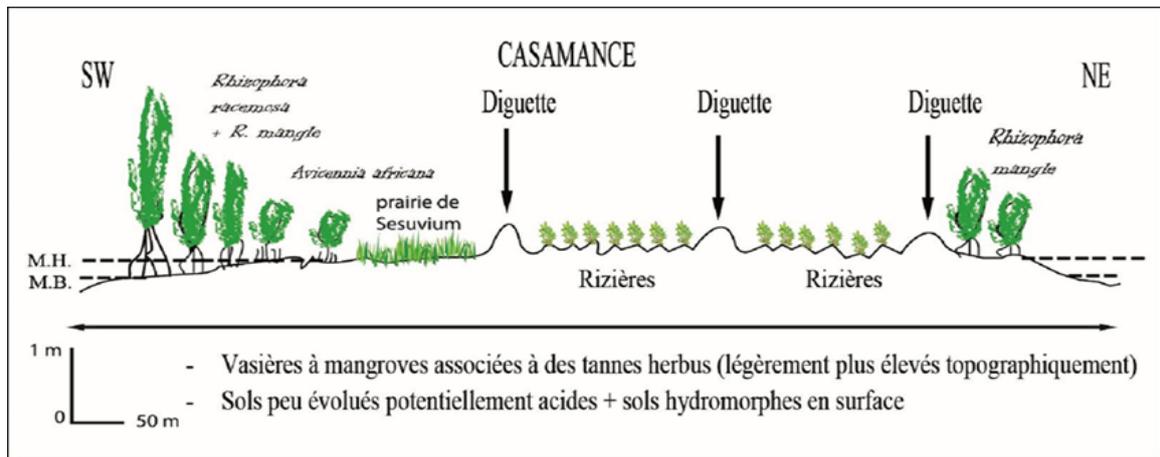


Figure 7 : Configuration des mangroves de la Casamance (Cormier Salem, 1994)

A cette flore s'ajoutent une faune et une avifaune assez variées. Comme faune on y rencontre huîtres, crevettes, abeilles, singes (*Corcopictheus campbell*), cymbiums, coquillages, crabes, crocodiles (*Crocodylus miloticus*), biches, poissons, moustiques, la loutre (*Lutra lutra*), tortues et hippopotames. En revanche, les hippopotames ont disparu de ce milieu.

- Les tannes

Les paysages de mangroves de la Casamance comprennent aussi de grandes surfaces dénudées et sursalées appelées *tannes*. La distribution des mangroves de la Casamance est comparable à celles des régions des rivières du Sud voisines (Gambie au Nord, Rio Cacheu au Sud) mais se distingue (comme le Saloum) par une plus grande extension des tannes (Cormier Salem, 1999). Les tannes sont souvent considérées comme une regression d'origine anthropique ou naturelle de la végétation de mangrove mais il faut être prudent sur les pas de temps et la contribution des sociétés est discutée

(Andrieu, 2008). Les tannes se développent aux dépens de cette dernière (mangrove) dans la partie supérieure de l'estran, soumise aux hautes mers de vive eau et aux marées exceptionnelles (Lebigre, 2010). Ainsi, les tannes constituent une forme de transition entre la mangrove et la terre ferme. Ils s'inscrivent ainsi dans la zonation de l'estran tandis qu'eux-mêmes présentent une zonation plus ou moins nette. Il est assez tentant d'assimiler les tannes à des shorres et les mangroves à des hautes slikkes.

Mangrove et tanne, étroitement imbriqués, constituent non seulement la majeure partie des formations de l'estuaire, mais on les rencontre également dans les vallées de la Casamance et de ses affluents, pratiquement jusqu'à la limite de la remontée des eaux salines, soit près de 220 km sur la Casamance (Veillefon, 1975).

1.1.7.2. Le domaine des plateaux

La Casamance est couverte par un manteau forestier assez important. Celui-ci s'étend des profondeurs des plateaux, jusqu'aux abords des rizières, des marigots et des dunes littorales (Diouf, 2012). Une gamme relativement variée d'espaces forestiers se présente sur les terres fermes. Il s'agit de la savane, de la forêt (dont les forêts sacrées), des palmeraies, dont l'occurrence suit un gradient pluviométrique décroissant avec la latitude.

1.1.7.2.1. La savane

Elle correspond à un peuplement d'arbres et d'arbustes disséminés (Descoings, 1978). Selon la définition retenue à la conférence de Yangambi, il s'agit pour la savane arborée, d'une formation végétale avec des arbres et arbustes disséminés dans le tapis de graminées, et pour la savane arbustive, d'une formation végétale caractérisée par la présence d'une strate herbacée continue. Selon Adam (1966), les arbres sont plus abondants au niveau de la savane arborée qu'au niveau de la savane arbustive avec un recouvrement de 5 à 25 % pour la savane arborée, et 5 à 10 % pour la savane arbustive. Da Lage et Métailié (2005) estiment le taux de recouvrement à moins de 30 %. Ainsi, ce congrès de Yangambi (Aubrèville 1950) a donc décidé d'inclure cette végétation dans la classe des forêts. D'après White (1986), ce sont des formations herbeuses dites aussi formations ouvertes. Ces formations ouvertes sont composées principalement de plantes herbacées vivaces de la famille de Poaceae formant un tapis continu atteignant 2 m de haut à maturité ; elles peuvent être parsemées ou non d'arbustes ou d'arbres

1.1.7.2.2. La forêt

Dans la littérature, plusieurs définitions sont proposées pour le terme forêt. Elle apparaît plus complexe à définir. Sa définition est sujette à controverse. Elle tient compte de la surface, de la densité, de la hauteur des arbres et du taux de recouvrement du sol. En Afrique de l'Ouest, un boisement est considéré comme forêt à partir d'un taux de recouvrement de 10% alors qu'en Europe, on parle de forêt quand le taux de recouvrement excède 20% (Guéye, 2000). Elle est souvent classifiée selon la nature des arbres et leur phénologie. On peut distinguer des forêts sempervirentes (toujours vertes), des forêts caducifoliées, des forêts mixtes (qui comprennent des arbres à feuilles caduques et des arbres sempervirents). C'est une vaste étendue boisée, relativement grande, constituée d'un ou plusieurs peuplements d'arbres, arbustes et arbrisseaux, et aussi d'autres plantes indigènes associées (Guéye, 2000). D'après Da Lage et Metailié, (2005), c'est un écosystème, relativement étendu, constitué principalement d'un peuplement d'arbres, arbustes et arbrisseaux, ainsi que de l'ensemble des autres espèces qui lui sont associées et qui vivent en interaction au sein de ce milieu. Les forêts de Casamance sont des forêts secondaires qui sont constituées par des espèces végétales à affinités guinéennes culminant entre 10 et 25m dont *Khaya senegalensis* (Caïlcedrat), *Ceiba pentandra* (Fromager), *Pterocarpus erinaceus* (Véne), *Daniellia oliveri* (Santang), *Bombax costatum* (Kapokier rouge), *Cordyla pinnata* (Poirier du cayor) etc..., sont les principales espèces caractéristiques.

1.1.7.2.3. Les palmeraies

Elaeis guineensis (palmier à huile) est très répandu en Basse et Moyenne Casamance, soit à l'état isolé, soit en bouquets assez serrés (Camara et al 2017). Elle se dresse généralement en bordure des plateaux et des terrasses, sur le long des versants. La palmeraie est constituée essentiellement de *Elaeis guineensis*. On peut citer dans la même catégorie *Borassus aethiopum*, qui forme des peuplements sporadiques (rônaraies de Baïla, Sindian, Essaout...). Le vif intérêt porté au palmier à huile par les populations locales, pour les fruits (huiles et noix), le vin, les matériaux de construction, les médicaments, le savon, les engrais ; expliquent sa présence à proximité des villages et son extension dans les terrains de cultures (Carrere, 2010). Le développement de la palmeraie est assez tributaire de la pluviométrie.

1.1.7.2.4. Les forêts sacrées

Les forêts sacrées sont souvent décrites comme des reliques de forêt naturelle. Elles sont des écosystèmes préservés en raison des croyances et pratiques qui y sont associées. Selon, Faty, (1994), ce sont des espaces biologiques dans lesquels toute la flore, toute la faune, ainsi que les éléments physico-chimiques, aériens et aquatiques qui les habitent sont considérés comme strictement sacrés et intouchables.

Elles sont des aires protégées traditionnellement par les populations locales. Elles sont en nombre importants en Casamance. Chaque village en possède plusieurs mais il n'y a pas de statistique disponible concernant ces forêts. Les aires forestières sacrées remplissent d'une part une fonction socio-culturelle et religieuse et d'autre part, une fonction écologique ou environnementale (Faty, 1994).

- **La fonction de lieu de culte**

Les forêts sacrées sont des endroits abritant des totems de degrés très hiérarchisés (Badiane, 2009). Ce rôle leur est reconnu par l'ensemble de la communauté. Elles ne sont fréquentées que pendant les moments de libation et de diverses cérémonies. Selon la croyance locale, ces aires sont la demeure des divinités intermédiaires, assurant la relation entre l'homme et le maître suprême, Dieu. En rentrant dans ces endroits, l'individu reste coupé du monde extérieur et se meut dans un autre univers en communion avec les esprits. Telle est la raison pour laquelle ces forêts jouissent d'une protection intégrale. Les rites initiatiques sont toujours faits au niveau des forêts comme le *Boukout* (initiation des diolas). Elles sont donc des centres prestigieux de formation et d'apprentissage.

- **La fonction de cimetière**

Cette autre fonction que remplissent les forêts est la plus anciennement reconnue. Ces aires servant de nécropoles (vaste cimetière) sont bien conservées. Dans la tradition, les forêts apparaissent comme des endroits sûrs, des refuges, pas facilement accessibles, où ce qui est à l'intérieur reste loin du regard des hommes profanes.

- **Les lieux de mémoire**

Certaines forêts ont été conservées et déclarées sites sacrés, parce que l'endroit aurait été l'empreinte d'un événement majeur, qui s'est produit au cours de l'histoire. Ils déterminent une relation à l'antériorité, qui émaille la mémoire collective. Ce sont des lieux très discrets.

1.1.5.2.2. Les forêts classées

Considérées comme des forêts constituées en vue de la conservation, de l'enrichissement et de la régénération des sols, par tout moyen approprié de gestion ou de protection, les forêts classées appartiennent au domaine forestier de l'Etat (Guéye, 2000). Le code forestier de 2018, d'ajouter qu'elles sont constituées en vue de la conservation des sols, des eaux, de la diversité biologique et d'écosystèmes particuliers ou fragiles et de la garantie d'une production durable par tout moyen approprié de gestion ou de protection.

C'est ainsi que dans cette logique, 40 forêts ont été classées dans la région de Ziguinchor et celle de Sédhiou pour une superficie de 168 198 ha (Figure 8). Ainsi, la région de Ziguinchor compte à elle seule 29 forêts classées dont quatre dans le département de Ziguinchor pour une superficie de 11 164 ha, dix-huit dans celui de Bignona répartie sur 72 142 ha ; et sept dans le département d'Oussouye couvrant une superficie de 4400 ha.

La région de Sédhiou quant à elle compte onze forêts classées dont sept dans le département de Sédhiou avec une superficie de 54 007 ha et quatre dans celui de Goudomp sur une superficie de 26 485 ha.

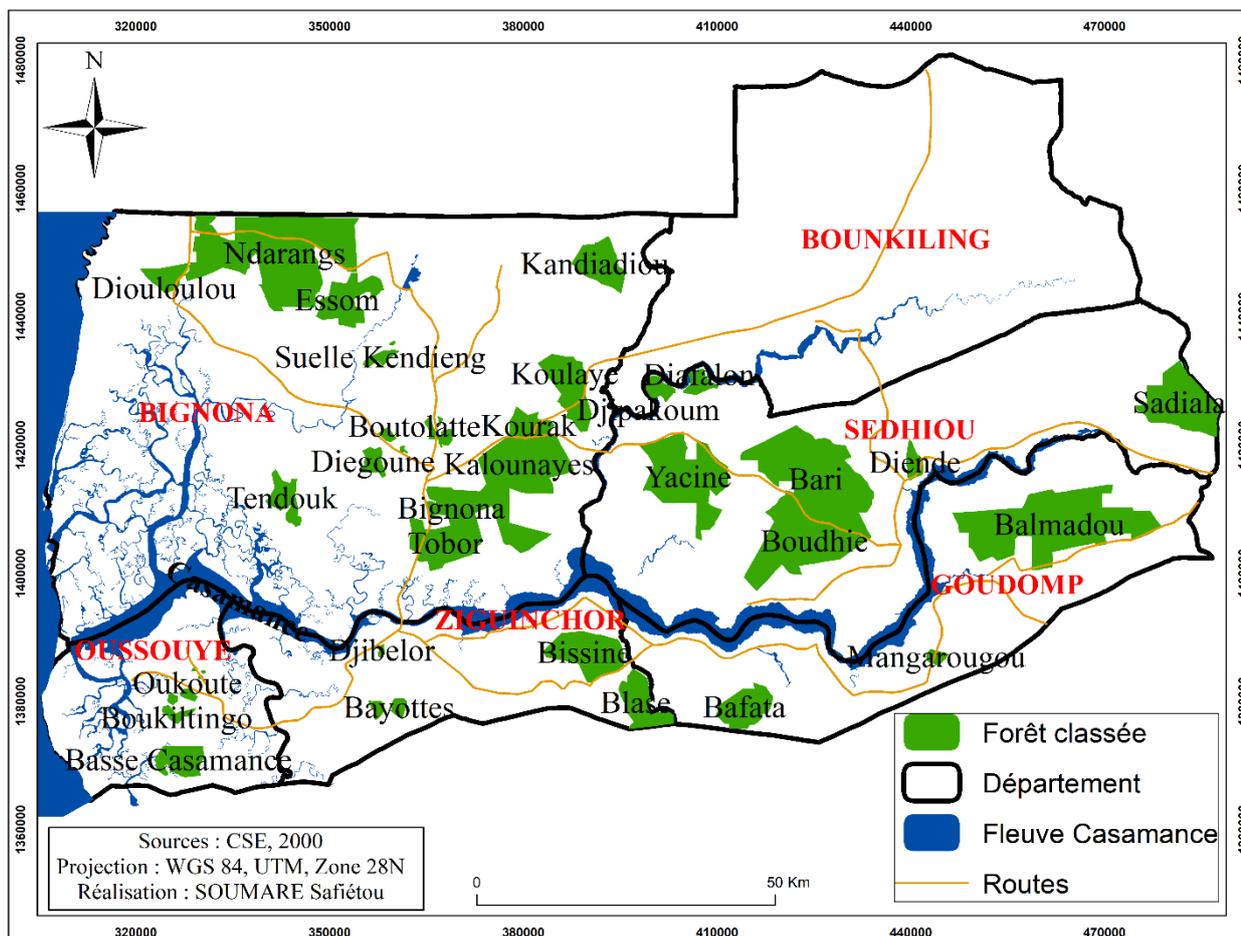


Figure 8 : Forêts classées des régions de la Basse et Moyenne Casamance

Les forêts classées participent grandement au maintien des formations forestières. Elles bénéficient d'un régime particulier, puisque la forme de protection est souvent répressive comme le ressentent les populations locales. D'ailleurs, le classement de certaines forêts a été très ardu, parce que les populations n'en voyaient pas l'intérêt. Elles manifestaient une opposition farouche au projet de classement de l'espace forestier. Ce fut le cas lors de la création de la forêt classée de Kahème (Oussouye) durant la période coloniale ; où les populations du village de Kalobone étaient contre le

projet. De même, deux décennies plus tard, c'est-à-dire en 1970, le village d'Essaout a exprimé son mécontentement à la mise en place du Parc National de la Basse Casamance (PNBC). C'est dans ces contextes que la plupart des forêts classées ont été créées en Casamance.

Il était donc difficile pour les populations d'observer l'accaparement d'une bonne partie de leurs terroirs par l'autorité administrative. Surtout que ces espaces sont des zones de production vouées à l'activité de culture et de cueillette. Les populations ressentaient ainsi une privation des potentialités naturelles de leurs terroirs.

2. Caractéristiques humaines de la Casamance

Après cette présentation générale de l'aspect physique de la Casamance dans son contexte, la composante anthropique est importante dans la compréhension du fonctionnement mais aussi de la dynamique environnementale.

2.1 Caractéristiques démographiques de la Casamance

Depuis son indépendance en 1960, le Sénégal a connu quatre recensements généraux : en 1976, 1988, 2002 et 2013 (ANSD, 2013). Les effectifs de la population sont en constante croissance (Figure 9). La population de la région de Ziguinchor est passée de 416 374 habitants en 2002, 549 151 habitants en 2013 à 754 109 habitants en 2023 soit un taux d'accroissement de 2,9%/an. D'après les dernières projections de l'ANSD, elle atteindra 804 533 habitants en 2025.

Dans le cadre de ce recensement, il ressort qu'en 2002, la population résidente de la région de Sédhiou comptait 341 144 habitants, 452 994 habitants en 2013 et abrite 634 171 habitants en 2023 soit un taux d'accroissement annuel de 2,2%/an (Figure 9). D'après les projections, cette population pourrait atteindre d'ici 2025 près de 679 842 d'habitants (ANSD, 2013). La croissance de la population dans les régions administratives de Ziguinchor et de Sédhiou où se situe notre région d'étude est très forte et est caractérisée par une population qui est essentiellement jeune.

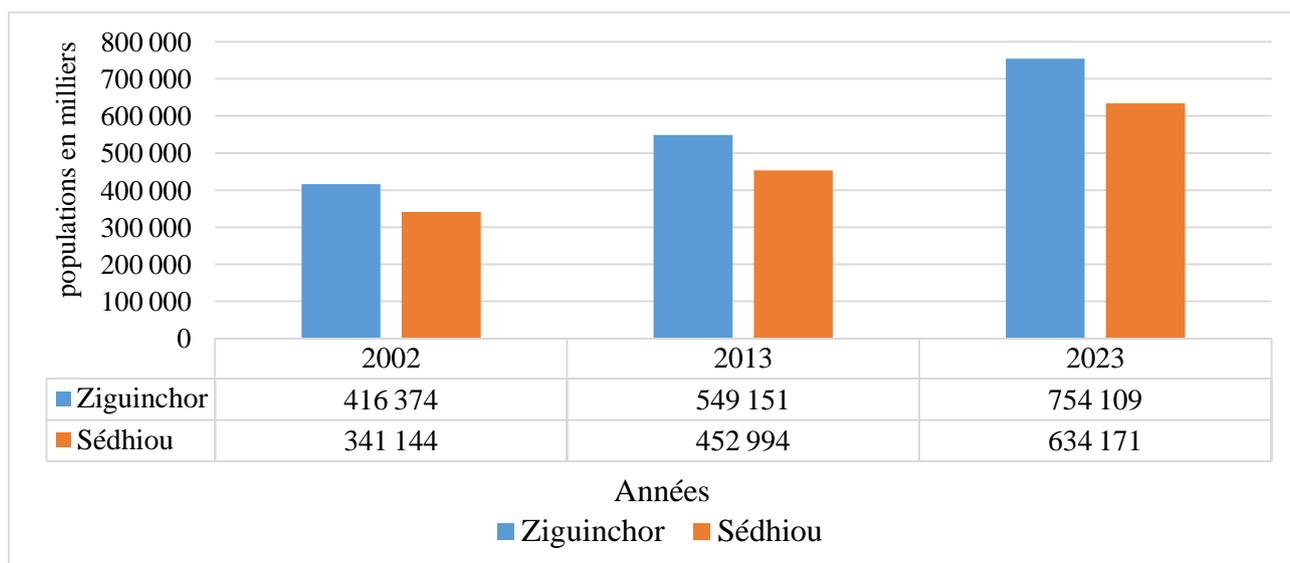


Figure 9 : Evolution de la population des régions de Ziguinchor et Sédhiou entre 2002 et 2023 (Source : Projections démographiques RGPHAE 2013)

L'accroissement de cette population est lié à deux facteurs (Bassène et *al* 2013). La Casamance a été marquée par deux vagues migratoires, dans les années 1960 et 1990. A partir des années 1960, Ziguinchor est en effet devenue une zone de grande pêche et de collecte de la crevette du fait de l'installation des usines de transformation de la crevette à Ziguinchor (Soseshals Amerger, etc.). L'abondance des ressources halieutiques, forestières et le développement d'une activité commerciale rentable constituent ainsi la première cause de l'arrivée massive de pêcheurs allochtones saisonniers originaires du nord du Sénégal, N'Guétdarién, Niominka, Walo walo, Toucouleur de la moyenne vallée du fleuve Sénégal etc., mais aussi du Mali, de la Guinée Bissau et du Niger.

2.1.1. Structure de la population par âge et par sexe

Il importe dans cette étude de présenter la composition selon l'âge et le sexe de la population de la région sur la base des données du recensement de 2013. La région est marquée par sa jeunesse. La moyenne d'âge est de 24 ans (âge médian) et la moitié de la population est âgée de moins de 17 ans (ANSD, 2013). Les moins de 15 ans constituent 40% de la population. Les 65 ans et plus forment la plus petite proportion de la population avec 4% des effectifs en 2013.

La forte proportion des jeunes de moins de 15 ans s'explique par une natalité encore soutenue (34,9%) et une mortalité relativement faible (9,2%). Ce qui se traduit par un gonflement des effectifs pour les 15-64 ans. Cette classe bénéficie de l'allongement de la durée de la vie, résultat d'une amélioration des conditions de vie. En revanche, cet effet ne se fait pas encore sentir pour les 65 ans et plus d'où les effectifs encore minces (Figure 10).

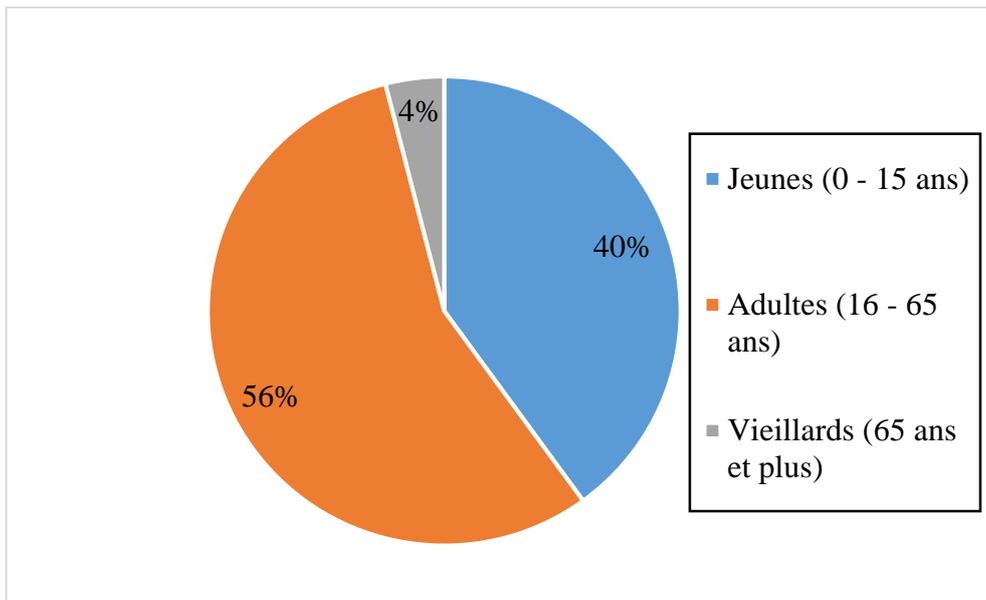


Figure 10 : Structure par âge de la population de Ziguinchor et celle de Sédhiou (ANSD, 2013)

La répartition de la population selon le sexe fait apparaître un certain équilibre entre les hommes et les femmes avec toutefois une légère domination des hommes, donnant ainsi un rapport de masculinité de 101 %. Ces tendances se remarquent dans les tranches d'âge de 0 - 19 ans et de 60 ans et plus, alors que pour le reste des tranches d'âge les femmes restent dominantes avec des rapports de féminité n'excédant guère 97 %.

L'explication n'est pas évidente mais le phénomène migratoire n'épargne pas les femmes. De plus en plus, ces dernières migrent pour chercher du travail en ville. A cela s'ajoute l'insécurité ambiante qui pousse les responsables de famille à installer femmes et enfants dans les zones plus sûres. Ce qui a un impact sur la structure par âge de la population des différentes circonscriptions.

2.1.1. Répartition spatiale de la population

La population reste inégalement répartie sur l'ensemble de la région. L'inégale répartition de la population sur l'espace se traduit dans la densité moyenne tournant autour de 64 habitants/km². Cependant, d'une localité à une autre, cette densité va varier. En Casamance 69,43% de la population habite en zone rurale contre seulement 30,57% en zone urbaine (ANSD, 2013). Il existe des disparités selon la zone d'habitation (urbaine ou rurale) suivant les deux régions de la Casamance. Ainsi à Sédhiou, 80,79% de la population vit en zone rurale contre seulement 19,21% en zone urbaine en 2013. En revanche, dans la région de Ziguinchor, 54,06% de la population sont en milieu rural contre 45,94% en zone urbaine. Le nombre de personnes habitant le milieu rural démontre l'importance de l'agriculture puisque la presque totalité des ménages ne vit que de celle-ci. En chiffres absolus, la population rurale croît toujours et l'indice de développement humain n'augmente que lentement.

2.1.2. Composition ethnique actuelle de la région

La population de la Casamance connaît une diversité non négligeable dans sa composition ethnique. Son caractère cosmopolite est né de l'ouverture de cette région longtemps fermée sur elle-même, hostile au contact extérieur. Les Diolas constituent l'ethnie majoritaire (Figure 11). Ils sont appelés dans la zone d'Oussouye « diolas kassa » à la différence des « diolas Fogny » dans le Bignona. Ils représentent environ 64 % de la population totale de la région de Ziguinchor. La communauté Mandingue occupe les territoires compris entre l'est du Soungrougrou et Sédhiou (Moyenne Casamance) et représentent 6% de la population. Les peuls qui sont plus à l'est vers Kolda constituent 9% de la population. Les autres ethnies rencontrées dans la région sont constituées par les Sérères 3 %, les Wolofs 5 %, les Balantes 4 %, les Manjacques 4 %, les Mancagnes 3 %, les Bambaras 2%.

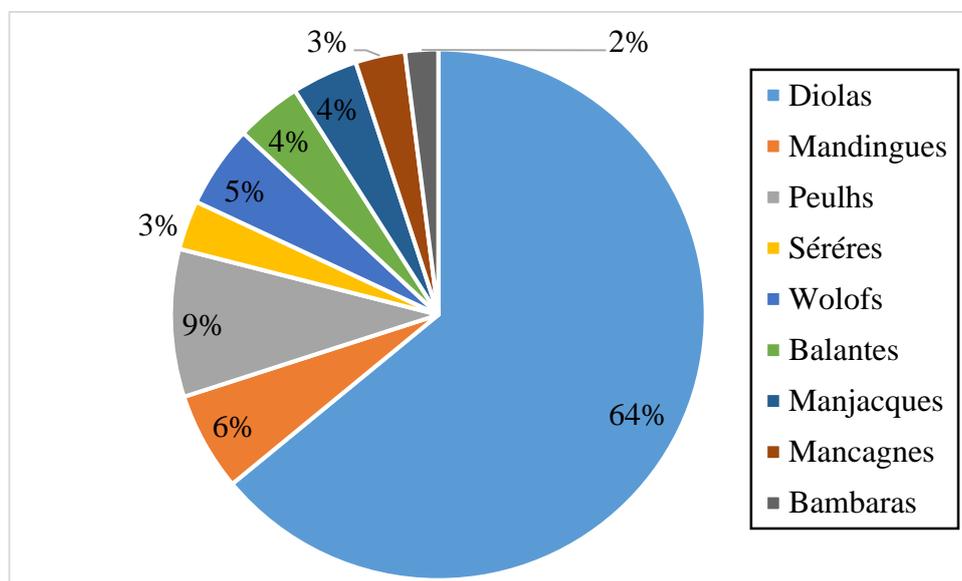


Figure 11 : Composition ethnique de la Casamance

La présence des autres ethnies est relativement récente. D'après certains écrits, elle a dû coïncider avec la pénétration coloniale (Pélissier, 1966). Il est vrai que les premiers fonctionnaires de l'administration coloniale furent essentiellement des gens venus du nord du pays. En plus, les activités du commerce et de la pêche ont entraîné une installation rapide des Peuls dans les anciens comptoirs comme Carabane ou Ziguinchor. Les Sérères sont venus s'implanter grâce à l'activité prolifique de la pêche sur le littoral casamançais.

Les patronymes d'origine sérère et Wolof que portent la plupart des populations des villages insulaires de l'estuaire du fleuve Casamance illustrent bien ce fait. La position frontalière de la région avec la République de Guinée Bissau et celle de la Gambie pourrait être évoquée comme le facteur déterminant l'arrivée d'autres ethnies.

2.2. Caractéristiques socio-économiques de la Casamance

L'importance des activités socio-économiques est fonction des intérêts relatifs des populations. Ces activités se font selon un calendrier qui tient compte à la fois de la saison, de la disponibilité du produit et de la main d'œuvre. Le tableau ci-dessous résume les activités économiques de la Casamance en fonction des périodes (tableau 1).

Tableau 1 : Les activités économiques de la Casamance

Saisons	Périodes	Activités
Sèche	Fin octobre – novembre	- Récolte de l'arachide et du niébé - Début de la production du sel de mangrove
	Décembre – janvier	- Récolte et transport de riz - Récolte et vente de vin de palme - Début activités de maraîchage
	Février – juin	- Battage, transport et commercialisation de l'arachide - Récolte des huîtres
	Avril – mai – juin	-Défrichage des champs pour la préparation des cultures (arachide, mil et maïs) - Récolte des huîtres
	Fin mars à juin – juillet	Récolte des fruits de cajou destiné à la commercialisation
Hivernage	Juillet	- Semailles d'arachide, niébé, pépinière de riz
	Août – septembre	- Repiquage du riz, sarclage de l'arachide et du niébé - Repos biologique des huîtres
	Début octobre (3 mois)	- Récolte de l'arachide, maïs et le mil

En Casamance, la riziculture, la pêche, les cultures céréalières, la cueillette et l'élevage constituent les principales activités socio-économiques de la population (figure 13).

2.2.1. La riziculture de la Casamance

Cette activité assure les principales ressources alimentaires de la population (Sané, 2019 ; Montoroi, 1996). Les terres cultivables représentent environ 50 %. Bien que la zone soit plus attractive en raison de l'activité de pêche, la riziculture tient encore une place primordiale dans l'économie traditionnelle (ANSD, 2013). C'est une riziculture de type pluviale qui s'effectue dans de petits casiers dessinés au niveau du sol, avec de petites diguettes : on parle de riziculture inondée. A l'intérieur de ces casiers, ce sont les hommes qui dessinent des sillons avec le kadiandou puis les femmes repiquent le riz (Photo 2).

La région réunit les conditions pluviométriques, pédologiques et topographiques pour être une grande région agricole. En revanche, cette activité est aujourd'hui confrontée à de nombreuses difficultés, liées notamment à la baisse de la fertilité des sols et à leurs dégradations (salinisation, acidification, érosion, ensablement), à la diminution de la maîtrise de l'eau par manque de main d'œuvre pour la maintenance des digues, mais aussi à l'insuffisance dans la diversification des produits et au caractère rudimentaire de l'outil de production.



A : Repiquage du riz par les femmes à Kafountine

B : Rizières de mangrove non cultivées à Affiniam

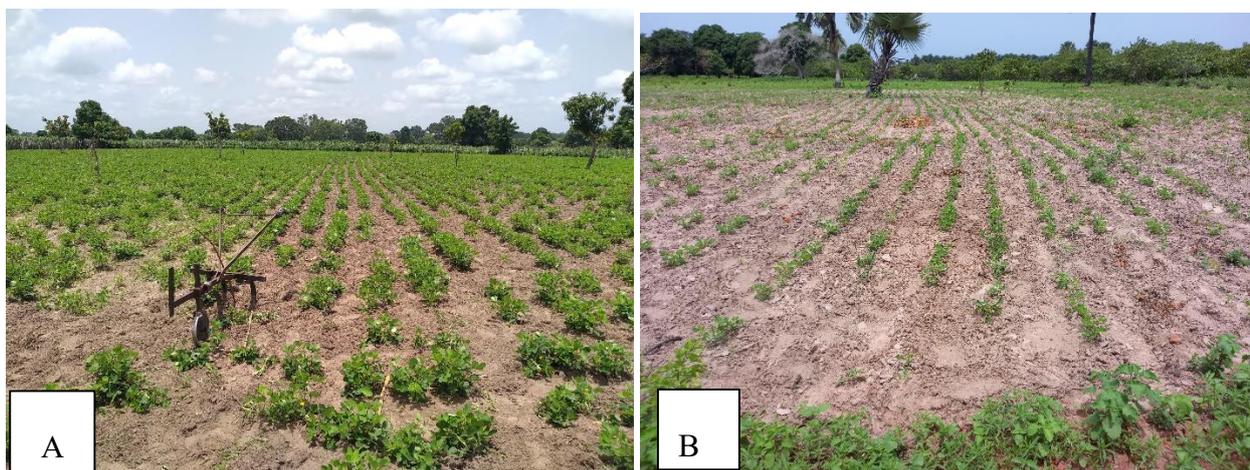
Photo 2 : Les rizières de mangroves

2.2.2. La culture céréalière

A côté du riz, le mil se positionne comme la seconde culture pratiquée avec une production de 23986 tonnes en 2021. Cette culture bien qu'introduite à une époque récente a gagné du terrain. Les autres spéculations telles que, le maïs, le sorgho, le niébé sont cultivées depuis la période de sécheresse. Ces productions qui ne sont pas très exigeantes en apport d'eau, prennent des proportions importantes dans les bas plateaux. Elles participent à combler le déficit de la production de riz chez certains paysans.

2.2.3. Les cultures de rente

L'arachide suit le mil avec une production totale de 21766 tonnes en 2021 (DRDR, 2021). Elle est essentiellement une culture de rente puisque la production est surtout destinée à la vente. Certains aléas ont poussé récemment les populations à se tourner vers cette culture. Mais, la culture arachidière a reculé ces dernières années. Les productions sont à la baisse dans certaines localités.



A : Champs d'arachides à Tankon

B : Champs d'arachide sous la palmeraie à Marakissa

Photo 3 : Culture de rente à Sédhiou

Selon les chiffres de la Direction régionale du développement rural (DRDR) de Ziguinchor, les rendements de même que la production ont accusé des baisses de l'ordre de 53,6% et 70,7% respectivement entre 2007 et 2008. Cette diminution est essentiellement liée au déficit pluviométrique.

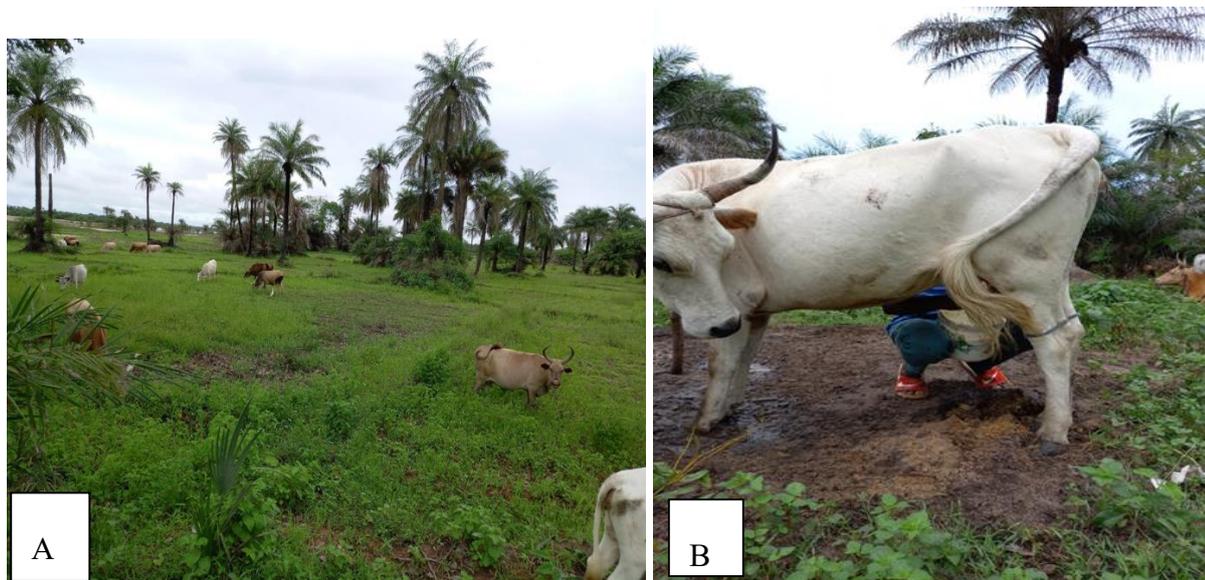
2.2.4. Le pastoralisme

Tout comme l'agriculture, l'élevage constitue une activité présente partout même si elle ne domine nulle part dans la région. Les paysans sont en même temps des éleveurs. Ce sont des agro-pasteurs qui pratiquent un élevage extensif avec un caractère plus économique que social. Cette activité occupe peu d'individus avec un taux de représentativité de 3%. Ce sont généralement les enfants n'ayant pas encore l'âge pour cultiver et quelques rares peuls qui assurent la garde des troupeaux. D'un village à l'autre le nombre de têtes varie. Le cheptel est destiné à la fois à la consommation et à la vente. Les espèces entretenues sont : les porcins, les caprins, les bovins, les ovins, les équins, la volaille.

Ces troupeaux sont surveillés pendant la saison des pluies parce que cela coïncide avec le début des cultures de riz, du mil, du maïs et de l'arachide. Ainsi, les éleveurs les surveillent toute la journée

jusqu'à la fin des récoltes précisément entre le mois d'Août et celui de décembre. A la fin de ces cinq mois leurs champs de mils, maïs et d'arachide seront récoltés.

Au début de la saison sèche, après les récoltes, les troupeaux peuvent se déplacer toute la journée pour trouver de l'herbe plus verte, donc plus riche. Ils pâturent alors la végétation naturelle, les jachères et les résidus de récolte.



A : Troupeaux dans les rizières pour la nourriture à Kafountine

B : Eleveur qui traite le lait de vache à Kafountine

Photo 4 : Troupeau de vache dans le pâturage

2.2.5. La cueillette

L'activité de cueillette se résume à la récolte des produits forestiers sur les zones de plateaux. Elle est une pratique ancienne. Les autochtones sont ceux qui s'adonnent le plus à cette activité.

La forêt offre une gamme variée de produits. Elle joue un rôle considérable dans l'économie traditionnelle et moderne. La collecte des fruits de différentes espèces forestières est importante. Les produits sont destinés à la consommation locale et à la vente. Les mouvements sont intenses toute l'année, à la recherche des produits de cueillette. Il existe beaucoup de spécificités et diverses formes d'exploitation selon les terroirs.

Le palmier, pour ses multiples usages reste la ressource la plus exploitée. Plusieurs produits sont tirés de cet arbre. Par exemple, les régimes sont cueillis et les fruits servent à la transformation de l'huile de palme. La sève est tirée par incision à la base de bouquet terminal de l'arbre et l'on obtient le vin de palme. Quant aux palmes, elles sont destinées à faire des clôtures.

D'autres espèces sont exploitées pour leurs fruits, très comestibles. Il s'agit notamment des lianes (*Landolphia heudelotii*, *Saba senegalensis*). L'hivernage est la période pendant laquelle les populations s'adonnent à la cueillette de ces produits.

2.2.6. Les mutations actuelles des systèmes de production

De nouvelles conditions donnent souvent lieu à de nouvelles pratiques. La mutation des systèmes de production en Casamance se réalise dans un contexte où les populations s'ouvrent à d'autres formes de mise en valeur du milieu. L'économie traditionnelle qui était jusque-là entretenue par les activités primaires, s'oriente vers des productions qui s'adaptent aux changements socio-économiques.

2.2.6.1. Le maraîchage

Le maraîchage est de plus en plus pratiqué surtout par les femmes au niveau des bas-fonds en saison sèche. Les espèces produites sont : la pomme de terre, le manioc, l'aubergine amère (*jaxatu*), le gombo, le piment, la carotte, la salade verte, l'oignon, etc.

Dès la fin des récoltes, le riz est remplacé par ces différents produits au niveau des bas-fonds. Il existe aussi des endroits de culture permanente de ces produits. Les projets de développement communautaire qui s'appuient sur les groupements féminins ont favorisé la mise en place de vastes complexes maraîchers dans les villages. Aujourd'hui, il existe pratiquement dans chaque village un complexe maraîcher communautaire. La production maraîchère a connu une augmentation, avec quelques variations selon les années. Ainsi, en 1992, la production de légumes produits dans la région de Ziguinchor et celle de Sédhiou était de 4045 tonnes par rapport à l'année 2021 où elle a connu une production de 15 426 tonnes (DRDR, 2021). Elle reste ainsi assez significative pour une zone qui n'était pas du tout vouée à ce type de culture. Cela révèle des mutations et des conversions qui s'opèrent dans le secteur agricole.

2.2.6.2. L'arboriculture

L'arboriculture a pris récemment de l'essor dans la région. Les espèces cultivées sont variées. Elles s'acclimatent bien à la zone, d'où un développement fulgurant des vergers ces dernières années. Certaines espèces sont très tôt connues par la population. C'est le cas des mangues, des citrons, des anacardes qui se développaient même à l'état naturel. En revanche, les autres espèces sont plantées notamment les papayes, les goyaves, etc.

La quantité produite varie d'une année à l'autre. La production dépasse 18000 tonnes entre 1992 et 2021 (DRDR, 2021). Les mangues, les oranges et les anacardes prédominent les autres productions.

Cette situation est liée au fait que l'arboriculture prend dans certaines localités une importance significative. La production arboricole est commercialisée et elle procure une devise importante pour certains producteurs de la région. De plus elles sont devenues aujourd'hui une nouvelle forme d'investissement qui vient remplacer l'arachide menacée de disparition à la suite de la chute des prix.

2.2.6.3. La pêche

L'activité de pêche occupe une place importante dans la région et définit l'identité de la zone. La région dispose d'une façade maritime de 85 km et d'un important réseau hydrographique, composé d'un fleuve (la Casamance) long de 300 km. Les très nombreux bolongs qui lui sont rattachés lui confèrent une grande richesse en ressources halieutiques et offrent d'énormes potentialités à la pêche lagunaire et fluviale.

Les mises à terres de 2021 qui sont de l'ordre de 60 000 tonnes projettent la région de Ziguinchor à la quatrième place des régions du Sénégal en matière de production halieutique après la Petite Côte, la Presqu'île du Cap-Vert (Dakar) et Saint-Louis. Elle recèle en effet de « ressources halieutiques exploitables estimées à 130 000 tonnes par an » (Direction de la pêche maritime, 2012). Ces ressources, fortement exploitées, se composent essentiellement d'espèces pélagiques côtières, d'espèces démersales côtières et profondes, et d'espèces lagunaires en abondance dans les bolongs et estuaires du fleuve Casamance.

Les embarcations sont essentiellement composées de pirogues à moteur et de pirogues à rame (photo 5). Les engins de pêche comprennent quant à eux les filets dormants, les filets maillants dérivants, les sennes tournantes, les filets maillants encerclant, les filets filtrant à crevette, les sennes de plage, les éperviers, les lignes, les palangres et les pièges. Chaque engin est utilisé suivant le type de cours d'eau (chenal principal ou bolong).



A : Pêcheurs lançant leurs filets en mer à Kafountine

B : Captures des poissons dans les bolongs d’Affiniam

Photo 5 : Pêche en milieu maritime

Les mises à terre sont dominées par les poissons. En 2010 elles étaient de l’ordre de 16 175 090 kg pour les poissons, 421 835 kg pour les crustacés et 733 315 kg pour les mollusques pour la région. Ces produits sont destinés d’abord à la transformation avec 55% en 2010, 22% à la consommation locale et 19% au mareyage de frais hors de la région (Service régional des pêches de Ziguinchor, 2010). La valeur élevée de la transformation s’explique par l’inexistence d’unités de conservation des produits frais.

La transformation industrielle est très affectée par la fermeture de certaines petites et moyennes industries comme le groupe SOSECHAL-CRUSTAGEL, jadis la plus importante des unités industrielles de pêche de la région. Elle connaît cependant un nouvel élan depuis l’installation de petites unités industrielles très dynamiques. Ce sont les unités IKAGEL, SOFRIKAF, Complexe Frigorifique, etc. qui sont, en revanche, confrontées à la diminution des ressources crevettières pêchées dans la zone de Pointe Saint Georges, de Niaguis et de Ziguinchor.

Le secteur de la transformation artisanale emploie une importante et dynamique main d’œuvre féminine avec des techniques de transformation artisanale des produits halieutiques très anciennes. Il serait donc intéressant d’apporter des améliorations à ces techniques de production au regard du poids de la transformation artisanale dans l’économie de la pêche.

Les produits frais de mareyage sont acheminés dans les autres régions notamment Tambacounda et dans les pays limitrophes du Sénégal comme le Mali, le Burkina Faso, le Ghana ou encore la Guinée Bissau.

2.3. Le conflit Casamançais : enjeu à double facette sur la forêt

Au début des années 80, un conflit séparatiste visant l’indépendance de la Casamance a éclaté. Ce conflit armé a fondamentalement bouleversé les conditions économiques, politiques et sociales de la région. Il a, de ce fait, entraîné des effets considérables sur l’environnement, les ressources naturelles et la biodiversité. L’impact du conflit sur la forêt s’observe à plusieurs niveaux.

2.3.1. Quand la forêt nourrit l’insécurité

La genèse du conflit dans la région de Casamance est attribuée à plusieurs facteurs. Elle est si complexe qu’il n’est pas évident de ressortir clairement les raisons fondamentales de son déclenchement. On évoque souvent des éléments historiques, sociaux, culturels mais aussi économiques.

Quel que soit l'argument avancé, il convient de reconnaître que la forêt est un soubassement de cette crise. Les caractéristiques naturelles que présente la Casamance déterminent en réalité la résistance des peuples et du mouvement séparatiste. Les dommages causés par le conflit sur la forêt notamment, peuvent être notés à trois niveaux : la perturbation des habitats naturels, l'exploitation abusive de certaines espèces forestières et animales et les risques humains.

Les incidents se multiplient pour le contrôle des ressources naturelles et agricoles. De nombreux habitants expliquent que leur seul tort est de vouloir « arracher prématurément aux rebelles les richesses de la nature ». Leur région, considérée autrefois comme le « grenier du Sénégal », regorge en effet de richesses convoitées. Selon certaines sources, aussi bien l'armée que le Mouvement des Forces Démocratiques de la Casamance (MFDC) sont impliqués dans un vaste trafic de bois de vène (*Pterocarpus erinaceus*), une espèce protégée en Casamance.

La pose de nombreuses mines encore présentes aujourd'hui rend certaines terres inexploitable (c'est là une des raisons de la fermeture du Parc National de Basse Casamance). Le conflit a aussi démantelé la capacité de l'administration forestière à gérer les aires protégées (forêts classées, parcs...).

Plusieurs zones de la région naturelle de la Casamance sont polluées par les mines. Cette pollution concerne toute la région de Ziguinchor et celle de Sédhiou. Dans le rapport du Programme de Relance des Activités Economiques et Sociales en Casamance (PRAESC) de juin 2001 la situation des zones de pollution est décrite comme suit :

- Un rideau de mines de densité variable s'échelonne de façon irrégulière le long de la frontière avec la Guinée Bissau où la plus grande partie des villages serait abandonnée.
- Un secteur pollué d'étendue et de densité également très variables se situerait entre Oussouye et Samine Escalé, entre le fleuve Casamance et la frontière, les secteurs ouest, sud et est de Ziguinchor étant les plus touchés, notamment les arrondissements de Nyassia et Niaguis.
- Dans la région de Kolda un périmètre compris entre les villages de Saré Yoba – Médina El Hadj et Salikénié, notamment le long des pistes en direction du sud, est décrit comme très peu sûr.
- La frontière avec la Gambie et les abords des axes routiers Bignona – Bounkiling et Bignona – Séléti comporteraient des poches contaminées à l'étendue et à la localisation très incertaines.

- Pour le reste, il s'agirait d'un minage très aléatoire, généralement de faible voire très faible densité, étalé sur des surfaces importantes notamment le long des pistes et des voies de repli, vers les frontières nord et sud. Des concentrations résiduelles plus denses pourraient se situer au niveau des zones d'accrochage.

Il semble que la menace due à la pollution s'étendrait sur environ 1 400 km² dont 80 % dans la seule région administrative de Ziguinchor et 20 % dans la région de Kolda (Handicap International, 2000). Si ces chiffres sont exacts puisqu'on s'appuie souvent sur des hypothèses, il serait évident que le conflit affecte réellement les ressources naturelles (Badiane, 2012).

Le conflit a provoqué le déplacement de nombreuses populations. Celles-ci ont souvent été chassées de leurs terres, à destination des zones plus sécurisées (les villes d'Oussouye et Ziguinchor), des régions ou pays avoisinants (Gambie et Guinée Bissau).

L'amenuisement de la biodiversité et des ressources naturelles de base provoquée par le conflit armé peut nuire au potentiel de paix et de subsistance durables des résidents de longue date de la région. Bien que le conflit soit déclenché pour des motifs tout à fait différents, il peut provoquer l'épuisement des ressources et la dégradation de l'environnement. Cette situation pourrait conduire la région dans un cercle vicieux de pauvreté, d'instabilité politique, d'intensification du conflit armé.

Même s'il est difficile dans une situation de conflit de déterminer avec précision l'impact que subissent les ressources naturelles, la relation entre l'amenuisement des ressources naturelles et les conflits armés est établie par plusieurs auteurs (Diémé, 2019 ; Basséne, 2016).

Bien que cette relation soit circonstancielle, puisque le conflit n'est pas souvent la cause principale de raréfaction des ressources, il est possible qu'une situation d'instabilité exacerbe la dégradation des ressources. Dans le cas de la Casamance, le conflit a contribué à accentuer les difficultés de gestion de l'espace forestier. Plusieurs fois, des feux de brousse ont été enregistrés le long des axes routiers de la Basse Casamance.

Outre la nécessité de bien saisir l'impact des conflits armés sur l'environnement, il est impératif de comprendre le contexte politique, social et économique, de manière plus vaste, dans lequel se déroulent les activités de conservation. Il faut savoir que cela affecte la capacité des organisations de conservation des ressources naturelles à travailler de manière efficace dans les zones polluées par les mines.

2.3.2. Les effets positifs du conflit sur la conservation de la forêt

Le conflit ne semble pas avoir que des effets négatifs sur la forêt. Les observations sur le terrain montrent qu'en certains endroits, la crise a favorisé un maintien des processus naturels d'évolution de la forêt. Il y a bien des zones forestières non accessibles aujourd'hui pour des raisons de sécurité.

La pose de mines qui était un fait courant pendant les moments où le conflit s'intensifiait. Le manteau forestier dans ce secteur reste moins exploité par les populations. Il faut souligner aussi que la présence de forces antagonistes décourage en général l'abattage illégal.

Bien des faits concourent à soutenir qu'il existe un aspect positif du conflit sur la conservation de la forêt. Mais on ne nie pas que les conflits à long terme n'encouragent pas la gestion durable des ressources naturelles, qui dépend de la participation des parties prenantes et des avantages que peuvent en tirer les populations locales aussi bien que les économies régionales, voire nationales.

Conclusion partielle

Le caractère physique très contrasté de la Casamance est déterminé par le jeu de rôle de plusieurs facteurs naturels. En effet les paramètres climatiques, l'hydrologie ainsi que l'histoire géologique et géomorphologique ont présidé à la mise en place d'un paysage particulier. Ainsi, l'abondance relative des précipitations, l'importance des eaux de surface ont rendu possible la formation d'unités paysagères assez diversifiées. La singularité du relief (plaine côtière) est le résultat des phénomènes de transgression et de régression marine qui ont été à l'origine de l'aplanissement de la région. Le relief le plus marquant est hérité du Quaternaire récent et renseigne sur la mise en place des écosystèmes.

On retient ainsi que la variété des écosystèmes (eau, forêt notamment) donne à la région toute une vivacité en termes de dynamique naturelle et humaine. Le peuplement humain de la région est en effet tributaire de l'existence de la forêt et des zones de bas-fonds. Le peuple diola qui domine dans la région a bâti sa culture autour des forêts et de la culture du riz.

Chapitre 2 : Discussion conceptuelle et Méthode

Ce chapitre a pour objectif de présenter le cadre conceptuel et la démarche méthodologique adoptée dans cette thèse. Dans un premier temps, nous étudierons les concepts de dégradation car la plupart des formations végétales évoquées sont considérés comme dégradés (Diédhiou et *al* 2021 ; Diouf, 2019 ; Fent et *al* 2019 ; Bassène, 2016 ; Carney et *al* 2014). Il serait alors primordial de faire une étude critique de ce concept et voir le bien-fondé de toutes les acceptions qui lui sont prêtées. Il sera ensuite question plus spécifiquement d'évoquer la notion vulnérabilité, de résilience, d'anthroposystème, de végétation et de dynamique nous permettant d'apporter une lecture nouvelle des relations entre les sociétés et leur environnement. Enfin, la démarche méthodologique qui structure et guide cette thèse sera présentée. Elle s'articule autour de la télédétection et les enquêtes de terrain.

1. L'analyse des concepts

Ce travail de clarification conceptuelle est nécessaire afin de lever toutes équivoques sur le contenu donné aux différents concepts.

1.1. Le concept de dégradation

En partant d'une définition simple d'un dictionnaire de langue française, la dégradation est l' « Action d'endommager quelque chose, fait d'être abîmé, altéré ; détérioration » (Larousse en ligne).

Si ce concept est devenu un terme difficile à définir aux yeux des chercheurs en environnement, c'est surtout lié au fait que celle-ci englobe un ensemble de processus de transformation biophysique (Lepers *et al* 2005; Ozer *et al* 2010 ; Dregne, 1993 ; Rozanov, 1982) difficiles à cerner partant de la sécheresse jusqu'à la dégradation des écosystèmes naturels qui posent de sérieux défis aux pays concernés (Batterbury, 2001) qui sont, pour le cas des pays de l'Afrique de l'Ouest, dans leur grande majorité des pays à revenus « faibles » ou « intermédiaire-inférieur » (Banque Mondiale, 2013). D'autres le considèrent exclusivement comme le résultat d'une transformation physique (Warren et Agnew, 1988 ; Ahmed et Kassas, 1987 ; Mainguet, 1994). Le processus de transformation correspond à une intensification progressive des changements biologiques et physiques des écosystèmes arides et semi-arides (Ariori et Ozer, 2005). Selon Hountondji, 2008 ; la dégradation constitue un phénomène géographique dont les traductions spatiales sont fonction du contexte politique et de la nature des rapports entre les groupes sociaux et les ressources exploitées. Selon Simula (2009), on

parle de dégradation lorsqu'il s'agit de changements observés dans la structure des forêts et leur dynamique, les fonctions forestières, les causes relatives à l'activité humaine, et une situation de référence. Dès lors, le concept ne se limite plus à la définition générique de réduction de la capacité de la forêt de fournir des biens et des services comme il est plus souvent défini, mais va au-delà. D'après le dictionnaire de la biogéographie végétale de Da Lage et Metailie (2000), la dégradation est l'évolution sensible d'un élément du milieu, dans le sens d'une détérioration soit par rapport à un état antérieur considéré comme meilleur, soit par rapport à un modèle ou à une norme de référence. La grande majorité des études sur la dégradation des paysages de terre ferme Richard (1990), Michel (1990), Ndiaye (1990) se contentent d'affirmer qu'il y a dégradation à cause des pratiques non durables et de citer la liste de facteurs explicatifs. C'est également le cas des travaux portant directement sur la dégradation de la mangrove par Guiral (1999), Diouf (1996) ; Sà (1994), Cormier-Salem (1999), Péliissier (1966) qui mettent l'accent sur les déboisements des forêts de palétuviers avec l'intensification des coupes de bois. Ainsi, Ariori et Ozer, 2005 ; considèrent l'homme comme le principal acteur de ce processus en évoquant que : « *la forte croissance d'une population pauvre et fortement dépendante de son environnement n'augure rien de bon pour ce qui reste des ligneux en Afrique de l'Ouest* ». La position de Dregne, 1983 est plus critique à l'égard de la responsabilité humaine dans le processus de dégradation quand il le définit comme : « *L'appauvrissement des écosystèmes terrestres sous l'impact de l'homme. C'est un processus de détérioration de ces écosystèmes qui peut être mesuré par la réduction de la productivité des plantes désirables, l'altération de la biomasse et de la diversité de la micro et macrofaune et flore, accélérée par la détérioration des sols ; il accroît les risques pour l'occupation humaine* ». Cette position a été reprise et précisée par la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (UNCCD), issue des conclusions de la Conférence de Rio de 1992 et mise en place en 1994, qui a finalement proposé une définition assez globale qui montre que les causes du phénomène sont globalement liées à l'action anthropique et à la variation du climat à l'échelle de la planète: « *la dégradation désigne la diminution, dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, de la productivité biologique ou économique et de la complexité des terres cultivées non irriguées, des parcours, des pâturages, des forêts ou des surfaces boisées du fait de l'utilisation des terres ou d'un ou de plusieurs phénomènes, notamment de phénomènes dus à l'activité de l'homme et à la variabilité climatique*» (UNCCD, 1996).

Ainsi, au regard de ces définitions, nous pouvons voir que les perceptions de la dégradation des forêts sont nombreuses et variées, de même que ses facteurs. La dégradation est l'action de mettre en mauvais état la structure de la forêt à travers des pratiques non durables qu'il s'agit de l'exploitation

forestière à des fins industrielles ou commerciales, de la construction des routes ou de la conversion des mangroves en terrain rizicoles.

Cet examen de la variété des définitions permet d'attirer l'attention sur l'importance de la question de l'état « de référence » (ou simplement un état « passé ») mais que celui est rarement défini ou décrit.

1.2. Le concept de vulnérabilité

La vulnérabilité est également un concept polysémique puisque ce terme désigne, dans le cadre des études environnementales, à la fois les dommages et la possibilité de subir ces dommages. Il s'agit là de deux conceptions qui se traduisent par deux approches différentes : la première, qui est plutôt celle des sciences appliquées, mesure l'endommagement potentiel des éléments exposés à un aléa, tandis que la seconde, celle des sciences sociales cherche à déterminer les conditions de l'endommagement (Léone et Vinet, 2005 ; Cohen, 1997 ; Thouret et D'Ercole, 1996) et, par extension, la capacité de réponse de l'objet menacé (Veyret et Magali-Reghezza, 2005).

Définir ce concept, revient à s'interroger sur les notions que sont le niveau d'exposition, la sensibilité et la résilience (Janin, 2006). D'après le GIEC (2007), la vulnérabilité se définit comme la « *mesure dans laquelle un système est sensible ou incapable de faire face aux effets défavorables des changements climatiques, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de l'évolution et de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation* ». Selon Brooks et al 2005, le GIEC tente d'évaluer le degré auquel un système est sensible aux « *blessures, dommages ou préjudices* ». Pour Adger (2006), la vulnérabilité est : « *l'état de susceptibilité aux dommages résultant de l'exposition aux stress associés aux changements environnementaux et sociaux et de l'absence de capacité d'adaptation* ». Cette position d'Adger est intéressante mais discutable dans la mesure où elle condamne certaines sociétés du fait de leur incapacité à faire face aux changements. Janin (2006) est plus prudent lorsqu'il définissait la vulnérabilité (des sociétés) comme devant « *être considérée comme la capacité différenciée d'un individu ou d'une famille à endurer des stress de toute nature, à les contourner éventuellement et à réagir en mobilisant des ressources matérielles, sociales ou symboliques, à court comme à plus long terme. Elle peut être transitoire ou posséder une dimension plus structurelle* » (Janin, 2006).

Les facteurs qui rendent un système vulnérable à un risque quelconque dépendront de la nature du système, son aptitude et du type de risque en question. Par exemple, les facteurs qui rendent les systèmes écologiques de la Casamance vulnérables à la sécheresse ne seront pas identiques à ceux

qui rendent les régions d'un pays riche industrialisé, vulnérables aux inondations, tempêtes de vent et autres phénomènes météorologiques extrêmes (Adger, 2006). En effet, malgré la succession des crises de sécheresse encore fraîches dans la mémoire collective, le degré de préparation aux aléas est faible. La plupart des stratégies qui sont localement définies semblent tendre vers des logiques d'adaptation et de gestion des urgences plutôt qu'une démarche qui s'inscrit dans la prévision.

La vulnérabilité des anthroposystèmes soudaniens, en particulier celui de la Casamance, est ainsi traduite par les interactions complexes entre les niveaux d'exposition, de sensibilité et de résilience propres à eux (Decamps, 2007). Elle dépend aussi et surtout aux relations que ces systèmes écologiques entretiennent avec leur environnement tant social que biophysique.

1.3. Le concept de résilience

Parlant des écosystèmes, la résilience est la capacité d'un habitat, d'une population ou d'une espèce à retrouver son fonctionnement et son développement normal après avoir subi une perturbation profonde ou importante (Holling, 1973 ; Gunderson, 2000). Une faible résilience peut conduire un système écologique, à changer profondément de structure et de fonctionnement après une perturbation. Cette faible résilience peut être une caractéristique intrinsèque du système écologique ou être favorisée par sa dégradation liée à des activités humaines. Dans le dictionnaire intitulé « Les mots de la Géographie » de Brunet et al 1992, la résilience est d'abord définie en mécanique comme étant la résistance d'un matériau à un choc pour mieux rappeler qu'elle s'emploie en géographie par analogie, pour évoquer une certaine capacité à absorber des chocs, des transformations, des révolutions. Elle traduit alors une résistance au changement.

En fait, les sociétés rurales ont fait preuve d'une réelle capacité d'adaptation depuis longtemps à ces phénomènes naturels extrêmes qui ne sont pas des nouveautés comme on l'a vu à travers l'histoire climatique récente de la zone. La longue période sèche de 1970-1980 a révélé au monde que les sociétés rurales ouest-africaines étaient encore et toujours directement soumises à un environnement fondamentalement changeant. Elles ont développé des « *stratégies d'adaptation en cherchant à limiter les risques, à réduire leur dépendance vis-à-vis des aléas naturels, dans un système de pensée où les caprices de la pluie prennent sens dans une relation de l'homme au sacré* » (Roussel & Luxereau, 1997).

1.4. Le concept d'anthroposystème

A la recherche d'un cadre conceptuel pour l'analyse des systèmes, on a cherché à adapter à nos travaux l'approche conceptuelle préconisée par Lévêque et al (2008) : l'anthroposystème. Le concept

proposé par ces auteurs est défini en tant que « *systèmes complexes, hybrides et interactifs entre deux ensembles organisés constitués par un (ou des) sociosystème(s) et un (ou des) écosystème(s), plus ou moins artificialisé(s)* ». D'après Lévêque *et al* 2003, ce concept remet l'homme au centre du « jeu ». Pourtant, le rôle de l'acteur humain a été longtemps étudié séparément du système naturel où son absence limitait la compréhension des interactions sociétés humaines et système naturel (Liu *et al* 2007 ; Folke, 2007 ; Lagadeuc et Chenorkian, 2009).

Ce concept élaboré dans le cadre du Programme Environnement Vies et Société (PEVS) est né du besoin de créer une approche systémique adaptée à la pluridisciplinarité. L'opérationnalité du concept permet par ailleurs, une meilleure appréciation des interactions sociétés humaines et milieux biophysiques à différente échelle que ne le permettraient d'autres concepts comme le géosystème ou l'écocomplexe (Andrieu, 2008 ; Bertrand, 1998 ; Blandin et Lamotte, 1984 ; Blandin, 1992 ; Lapierre, 1992) ; une démarche pertinente dans un contexte soudanien où le complexe de changements permanents est marqué par des mutations à la fois biophysiques, socio-économiques et politiques.

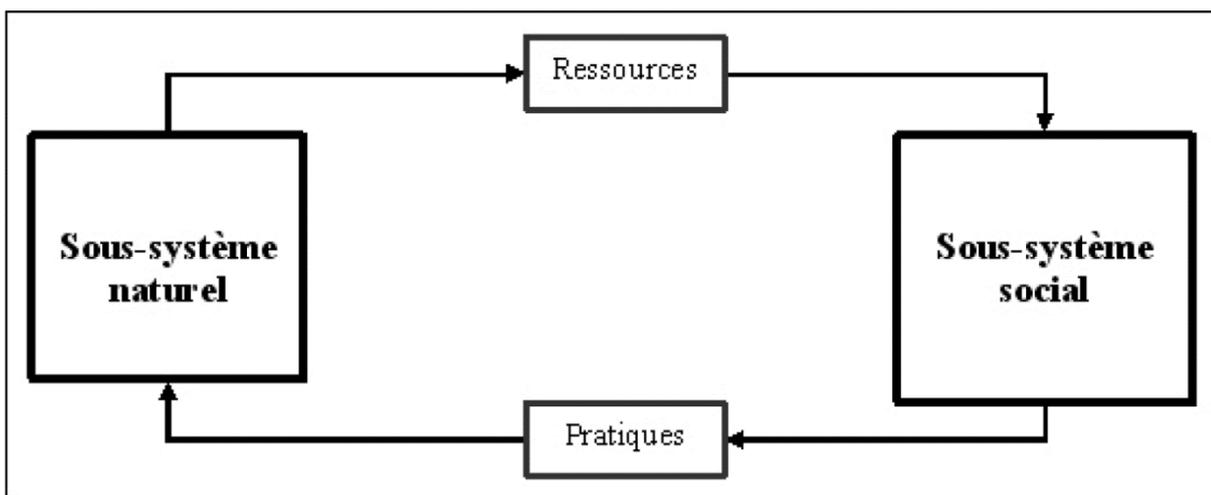


Figure 12 : Schéma d'organisation d'un anthroposystème

La notion d'anthroposystème suggère aussi que l'on est passé de processus spontanés d'organisation et de fonctionnement des écosystèmes (Blandin, 1992), dominés par les interactions physique-vivant, à des processus dominés ou construits par l'homme (Folke, 2007 ; Janssen et Ostrom, 2006).

L'anthroposystème, renferme des composantes naturelles soumises directement ou indirectement à l'action anthropique (Figure 12), les composantes socio-économiques intervenant sur l'environnement à travers des techniques et des pratiques (Lévêque *et al*, 2000 ; Andrieu, 2008). Ces différents ensembles sont en interaction et agissent aussi directement sur ces relations (Figure 12).

Par ailleurs, ce concept (l'anthroposystème) invite à reconsidérer l'homme comme un facteur prépondérant de la dynamique d'évolution des écosystèmes et de la biosphère à travers ses différentes

pratiques (agriculture, élevage, dynamiques socioéconomiques et développement technologique) aux effets structurants sur les paysages à une période où la forte empreinte de l'homme sur la planète fait l'objet de débats controversés et dont certains invitent à passer à l'ère géologique de l'« *Anthropocène* » (Crutzen et Stoermer, 1995).

1.5. Le concept de végétation

D'après Alexandre et *al*, 1998, pour définir la végétation d'une manière générale, il faut prendre en compte ses trois aspects. Il s'agit d'abord d'une information d'ordre physionomique. Celle-ci porte sur sa structure horizontale et, dans le cas de végétations complexes, sur sa structure verticale où l'information recueillie peut être qualitative (type de formation, types biologiques ou espèces dominantes) ou quantitative (taux de recouvrement, biomasse, spectre biologique). Ensuite, une information sur son contenu floristique, c'est-à-dire la liste des espèces botaniques présentes. Et par la suite, elle est caractérisée par une information de nature démographique et dynamique car chaque végétation est un assemblage de populations spécifiques qui peuvent être étudiées en elles-mêmes avec leurs caractères biométriques, chorologiques ou, dans leur évolution spatio-temporelle, en interaction les unes par rapport aux autres.

Selon DaLage et Métailié, 2015, la définition de la végétation repose sur des critères d'ordre physionomique (structures verticale et horizontale, phénologie, etc.), affinés par la prise en compte de données floristiques. D'après Trochain (1940) la végétation d'une contrée est le tapis végétal qui la recouvre. Elle est formée des espèces de la flore groupées en quantités et proportions diverses, les unes jouant un rôle physionomique considérable, les autres étant disséminées et comme perdues au milieu des précédentes.

D'après le dictionnaire de la biogéographie végétale de Da Lage et Metailie (2000), la végétation est l'ensemble des plantes qui poussent en un lieu donné selon leur nature. De la notion de végétation découlent les notions connexes de groupement végétal et d'association végétale. Un « groupement végétal » est une unité reconnue au sein d'une végétation et correspondant à des conditions écologiques particulières ; alors qu'une « association végétale » est un groupement végétal particulier défini par sa composition floristique, reflet des conditions mésologiques.

Il a subi beaucoup d'interprétations différentes, mais aujourd'hui presque tous les auteurs botanistes et biogéographes désignent la végétation comme une communauté d'espèces végétales, caractérisée par une certaine physionomie, et qui détermine un paysage caractéristique. Dans le cadre de cette étude, la végétation est l'ensemble des plantes qui poussent naturellement dans un lieu et varie d'un espace à un autre en fonction du climat, du relief et des types de sols.

1.6. Le concept de dynamique

Le terme « *dynamique* » est de nature polysémique car il est utilisé par plusieurs disciplines scientifiques. Le dictionnaire Petit Larousse illustré (2012) définit le terme dynamique comme l'évolution de phénomènes. En géographie, d'après Levy et Lussault, 2003, le mot dynamique est associé à plusieurs expressions. Il s'agit d'abord d'une analyse dynamique qui introduit dans le temps une analyse géographique. Ensuite un système dynamique, qui désigne un ensemble de réalités géographiques en évolution et liées les unes aux autres par de fortes interactions. Et par la suite d'une dynamique spatiale qui désigne en un sens large et flou, tout changement impliquant la dimension spatiale. Selon Balandier (1971), la dynamique est un mouvement, un changement, une continuité, une mutation. La notion ne doit pas être interprétée uniquement en termes d'évolution. Une dynamique, dans telle situation géographique, peut être négative ou positive. L'intérêt de la prise en compte des dynamiques dans l'analyse d'une situation géographique est de ne pas figer l'étude dans un tableau descriptif. Une situation actuelle est le résultat d'héritages et porte en elle la possibilité de changements futurs, dont certains peuvent être prévus à l'aide de scénarios prospectifs.

En physique, la dynamique est une discipline de la mécanique classique qui étudie les corps en mouvement sous l'influence des actions mécaniques qui leur sont appliquées. Elle combine la statique qui étudie l'équilibre des corps au repos, et la cinématique qui étudie le mouvement. Ce concept de dynamique est assez complexe dans le sens où il inclut la cinématique ou le changement et les forces qui le créent. Mettre en évidence une dynamique nécessite une description du changement et une compréhension des facteurs qui en sont à l'origine.

Pour Diouf (2011), la dynamique traduit le caractère non statique permanent d'un écosystème. Elle montre que l'état de l'écosystème est constamment modifié par les mécanismes responsables de changements de structure et de fonctionnement. Ces mécanismes sont les perturbations et les stress. La perturbation est liée à tout événement ou mécanisme qui désorganise la structure de l'écosystème, de la communauté ou de la population tandis que le stress est un facteur (ou ensemble de facteurs), qui limite la vitesse de production de biomasse, la capacité de reproduction, de régulation, de changement morpho-physiologique.

L'étude du dynamisme de la végétation est particulièrement importante pour comprendre les possibles évolutions. Dans le cadre de cette étude, la dynamique renvoie à l'étude des changements de la végétation avec le temps. Elle va de périodes très courtes (modifications saisonnières) à

beaucoup plus longues. La périodicité concerne les changements liés aux cycles phénologiques (le plus souvent annuels).

2. Méthode

Après avoir procédé à l'analyse et à la discussion conceptuelle, nous sommes arrivés à la phase de la définition de la méthode retenue dans le cadre de ce travail. L'ambition de celui-ci est double. D'une part, les choix méthodologiques doivent permettre de caractériser les principaux changements intervenus au cours des deux dernières années en Casamance, d'autre part, analyser si ces changements correspondent à une dégradation des écosystèmes et à un accroissement de la vulnérabilité des populations. La réalisation de ces objectifs méthodologiques impose le recours à des choix techniques que nous discuterons ensuite en détail dans les deuxièmes et troisièmes parties.

2.1. La télédétection : les données et méthodes d'analyse

Etudier l'occupation du sol nécessite le recours à des outils qui soient capables de restituer la complexité de la dynamique de ces derniers. En effet, la société rurale qu'elle soit pastorale ou agricole, développe des modes de production centrés autour de l'agriculture et de l'élevage et, reposant en partie sur les ressources naturelles disponibles (ressources agraires, végétales, hydriques...). Cette utilisation du sol dans un contexte temporel marqué par des changements socio-économiques et par une forte fluctuation de la pluviosité au cours de ces dernières décennies, participe à la dynamique des paysages et renforce leur hétérogénéité (Fall, 2014 ; Maréga, 2016). C'est en cela que notre choix s'est porté sur la télédétection qui apparaît aujourd'hui comme l'outil le plus pertinent pour caractériser à la fois l'évolution des milieux ainsi que leurs dynamiques. L'intérêt de l'utilisation de la télédétection dans l'étude des paysages en Afrique de l'Ouest a été démontré par Courel (1985) et, depuis lors, de nombreux travaux se sont basés sur des analyses diachroniques (Marega *et al* 2021 ; Marega *et al*, 2013 ; Fall, 2014, Rabarimanana *et al*, 2003 ; Andrieu, 2008 ; Ruster, 2009 ; Souley Yéro, 2013 ; *etc.*).

La télédétection « *une discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à l'aide de plates-formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritime* » (Bonn et Rochon, 1993). Elle permet une perception 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 (Bardinet, 1981).

Sans contact matériel direct avec le sol, la télédétection consiste en des mesures effectuées à distance pour déterminer et identifier, à travers leurs propriétés physiques, les objets ou les phénomènes qui occupent l'espace (Ulaby et al 2014 ; Massonnet et Souyris, 2008 ; Maître, 2001). Ainsi, le sol nu et la végétation ont chacun leur signature spectrale (Figure 13).

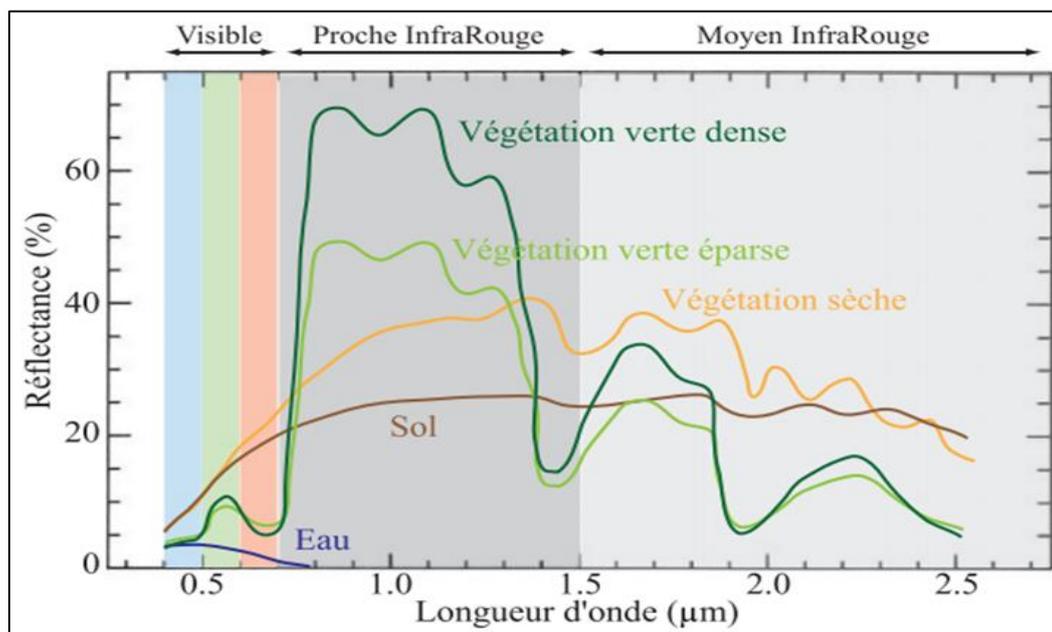


Figure 13 : Signatures spectrales de la végétation et du sol nu (d'après : <http://speclab.cr.usgs.gov/>)

Par exemple, dans le visible (entre 0,4 et 0,7 µm), la végétation présente une faible réflectance dans le domaine du bleu, une légère remontée dans le vert et une chute dans le rouge. Mais c'est surtout dans le domaine du proche infrarouge (entre 0,75 et 1,5 µm) que la végétation a une forte réflectance. Ainsi, la combinaison des bandes du visible et du proche infrarouge permettent-elles à l'utilisateur d'opérer une bonne discrimination entre les surfaces couvertes de végétation et les autres types de surface (Caloz et Collet, 2001 ; Steiniger, 2000).

À noter qu'en fonction de la nature des végétaux, de leur état de santé et de leur structure, le profil spectral peut varier de façon significative. Pour les autres types de surfaces présents dans les zones d'étude, les sols nus sont eux caractérisés par une forte réflectance dans les domaines du visible, moyenne pour le proche infrarouge et forte pour le moyen infrarouge à ondes courtes. Quant aux surfaces en eau, elles sont caractérisées, selon la profondeur et la turbidité, par une diminution rapide de la réflectance depuis le bleu jusqu'au rouge pour atteindre une réflectance très faible dans le proche infrarouge.

Il pourrait sembler en première analyse que l'utilisation des images multispectrales enregistrées dans les domaines du visible, du proche et du moyen infra-rouge permettrait d'aboutir aisément à une

cartographie de l'occupation du sol dans la zone étudiée. Cependant, la reconnaissance des états de surfaces présents dans les micro-régions à partir des différentes signatures spectrales déduites de l'analyse des images s'est avérée particulièrement ardue. L'une des raisons de cette difficulté est que les contrastes radiométriques entre les états de surface présents en zone soudanienne ne sont pas très marqués. En effet, le couvert végétal, souvent constitué de formations de savane boisée ou de savane ouverte, est discontinu. Cette discontinuité a comme conséquence qu'au sein de pixels de plus de dix mètres de côté, comme c'est le cas pour les images Landsat, même en présence de formations comprenant des ligneux, la réponse spectrale du sol nu influence la valeur radiométrique résultante et réduit de ce fait les contrastes radiométriques permettant habituellement de détecter de façon plus facile les surfaces végétalisées (Escadafal, 2007 ; Escadafal et Huete, 1991). Dans ce contexte, une analyse détaillée des signatures spectrales s'impose afin d'établir des cartes d'occupation du sol où le couvert végétal soit représenté de façon la plus précise possible. Une autre incertitude concerne la reconnaissance de différents types de végétation, sachant que tous les stades intermédiaires se rencontrent sur le terrain entre les formations où le couvert ligneux est dense et celles où il est clairsemé. Pour atteindre nos objectifs, une réflexion sur les critères de choix des données et les méthodes d'analyse est indispensable.

2.1.1. Les données utilisées

Pour cette analyse, le choix des données satellitaires est fondé sur quatre critères : la couverture, la résolution spatiale, les années et les saisons de prise de vue.

Tout d'abord les données utilisées dans le cadre de ce travail proviennent tous des capteurs *Enhanced Thematic Mapper* (ETM+) et *Operational Land Imager et Thermal InfraRed Sensor* (OLI_TIRS) du satellite Landsat de la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Leur acquisition a été facilitée par l'USGS (*United States Geology Survey*) qui les met gratuitement à la disposition des chercheurs *via* leurs portails et systèmes de base de données en ligne GLCF (*Global Landcover Facility*) et Glovis54 (*Global Visualization Viewer*). La gratuité des données de cette nature est devenue un atout considérable pour des chercheurs du Sud, notamment ceux de certains pays d'Afrique où le coût élevé de l'acquisition des données et d'outils d'analyse a toujours été un facteur limitant la qualité de la recherche scientifique (Fall, 2014). Aujourd'hui, ces chercheurs disposent de ces bases de données géomatiques gratuites ainsi que celles fournies par *Google Earth* et qui permettent d'accéder à la très haute résolution (Alexandre *et al*, 2010 ; Andrieu, 2008). Ainsi, pour la réalisation de cette cartographie, il est en effet important d'avoir accès à des images ayant une résolution spatiale et une couverture au sol permettant d'établir une cartographie des ensembles régionaux. La résolution spatiale est de 30 m pour les images issues des capteurs ETM+ et OLI_TIRS. Il nous a fallu 2 scènes Landsat pour couvrir toute la zone d'étude.

Dans une région où l’alternance des saisons (saison des pluies et saison sèche) est très fortement marquée, la période de prise de vue des images devient un paramètre important dans les critères de choix. Ensuite, nous avons systématiquement sélectionné des années de prises de vue en saison sèche qui comportent généralement un très faible taux de couverture nuageuse. Ainsi les images de la saison des pluies sont-elles difficilement utilisables pour plusieurs raisons : forte couverture nuageuse pendant l’hivernage et grande activité chlorophyllienne dans les espaces agricoles, ce qui peut créer des confusions avec certains types de boisements. Suivant cela, nous avons finalement choisi l’acquisition d’images prises entre les mois d’octobre ou de novembre donc en début de saison sèche où l’activité photosynthétique devient moins importante ainsi que la présence de nuage sur les images. En fonction de ses critères, nous avons choisi deux dates de prise de vues pour couvrir la zone d’étude (Tableau 2). Il s’agit de 2000 et 2021. Les images sont du capteur ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) et OLI-TIRS (Operational Land Image et Thermal Infrared Sensor).

Par ailleurs, la volonté de retracer l’occupation du sol depuis les années 2000 se justifie par le choix de voir comment les formations végétales ont évolué depuis le retour aux phases humides. La date la plus récente 2021, permet de détecter les changements intervenus après la reprise des précipitations. Les images sélectionnées en fonction de ces critères sont présentées dans le tableau 2:

Tableau 2 : Images satellites étudiées

Années	Scènes	Date de prise de vue	Path /Row	Satellites	Capteur	Résolution spatiale
2000	Basse-Casamance (Ziguinchor)	12/11/ 2000	p205 / r51	Landsat 7	ETM+	30 m
	Moyenne Casamance (Sédhiou)	01/11/2000	p204 / r51			
	Basse-Casamance (Ziguinchor)	08/12/2021	p205 / r51	Landsat 8	OLI_TIRS	30 m

2021	Moyenne Casamance (Sédhiou)	01/11/2021	p204 / r51			
------	-----------------------------------	------------	------------	--	--	--

Une fois acquise la totalité des images, suivant les critères évoqués précédemment, l'étape suivante implique une réflexion sur la nomenclature des types d'occupation du sol à cartographier et la méthode d'analyse adaptée à cette cartographie.

2.1.3. Méthode d'analyse des images satellitaires

Il s'agit d'une étape préalable à la méthodologie de traitement et d'analyse de nos images satellites. Cette section est ainsi consacrée à une réflexion sur la catégorisation de l'occupation du sol dans nos micro-régions ainsi que sur les moyens à mettre en place pour les cartographier.

2.1.3.1. Nomenclature des types d'occupation du sol

La mise en évidence de catégories d'occupation du sol (Tableau 3) s'effectue par l'interprétation des courbes radiométriques issues de la moyenne de luminance par canal de l'ensemble des pixels de chaque classe issue de la classification non supervisée, opération technique qui nécessite un long travail de reclassifications avant de parvenir à une classe d'occupation du sol homogène et relativement précise.

En fonction du terrain et de la qualité des données dont nous disposons, 6 classes d'occupation du sol ont été retenues. Il s'agit des surfaces en eau, de la mangrove, des tannes, des rizières de mangrove, des boisements de terre ferme (savanes, forêts et palmeraies) et des espaces peu ou pas boisés de terre ferme (sols nus, bâti, végétation basse). Il nous a semblé préférable d'identifier quelques grands types de paysage dont on pourra mesurer les changements, que de multiples types de paysages dont il serait très difficile de quantifier les évolutions à moins d'un effort très coûteux en termes de recueil de données de terrain (Andrieu, 2008). La confrontation avec le terrain a conforté notre nomenclature. Les photographies des figures suivantes, prises dans divers lieux où ont été effectués des relevés de végétation permettent d'établir un rapport entre occupation du sol et paysage.

Tableau 3 : Les principales classes d'occupation des sols retenues

Les différentes classes d'occupation du sol Retenues	
1	Eau
2	Mangrove
3	Tannes
4	Rizières de mangrove
5	Boisement de terre ferme
6	Espaces non boisées de terre ferme



Figure 14 : Quai de pêche à Kafountine (Basse-Casamance). On aperçoit des bateaux de pêcheurs au large.

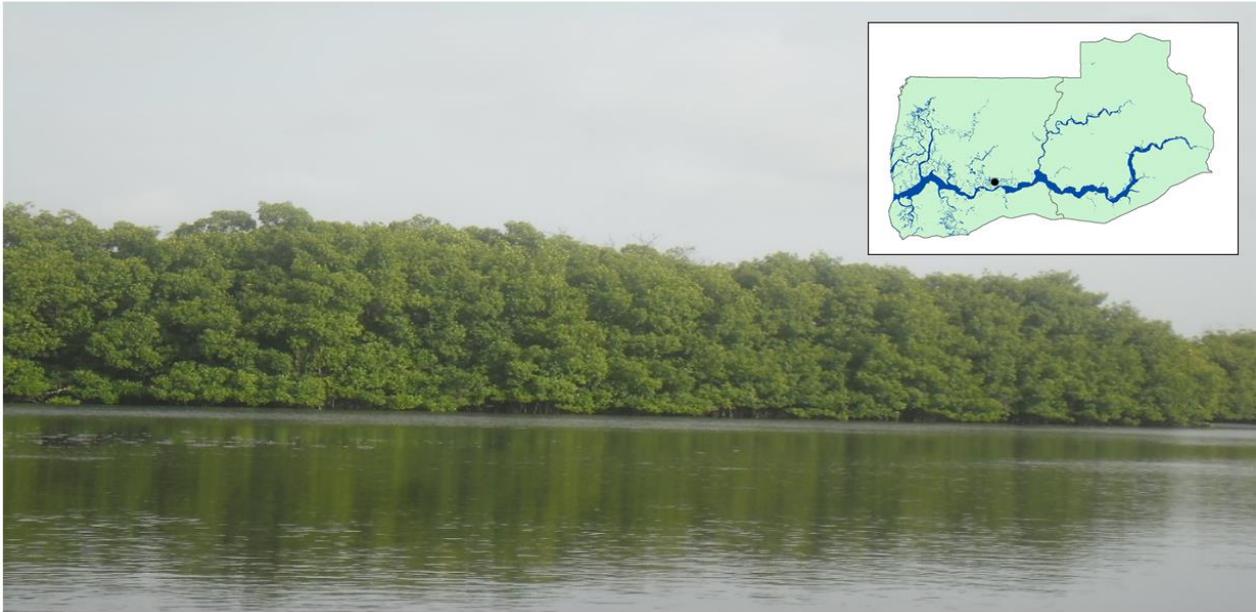


Figure 15 : *Rhizophora racemosa* en rive d'estuaire à Affiniam (Basse-Casamance). On observe une bande à mangliers, constituée d'un rideau de *Rhizophora racemosa* souvent hauts, suivie d'une bande large, de *Rhizophora mangle* très dense avec des arbustes s'élevant entre 3 à 8 m. Elle est très résistante aux intempéries (vents et pluies).



Figure 16 : Etendues de tannes à Diembering (Basse-Casamance). On aperçoit une large bande de tannes nus. C'est une étendue de vase rarement inondée car située assez haut sur l'estran. Plus bas sur la même toposéquence, le second élément de paysage rencontré, est une formation monospécifique à *Rhizophora mangle* s'élevant de 2 à 6 mètres.

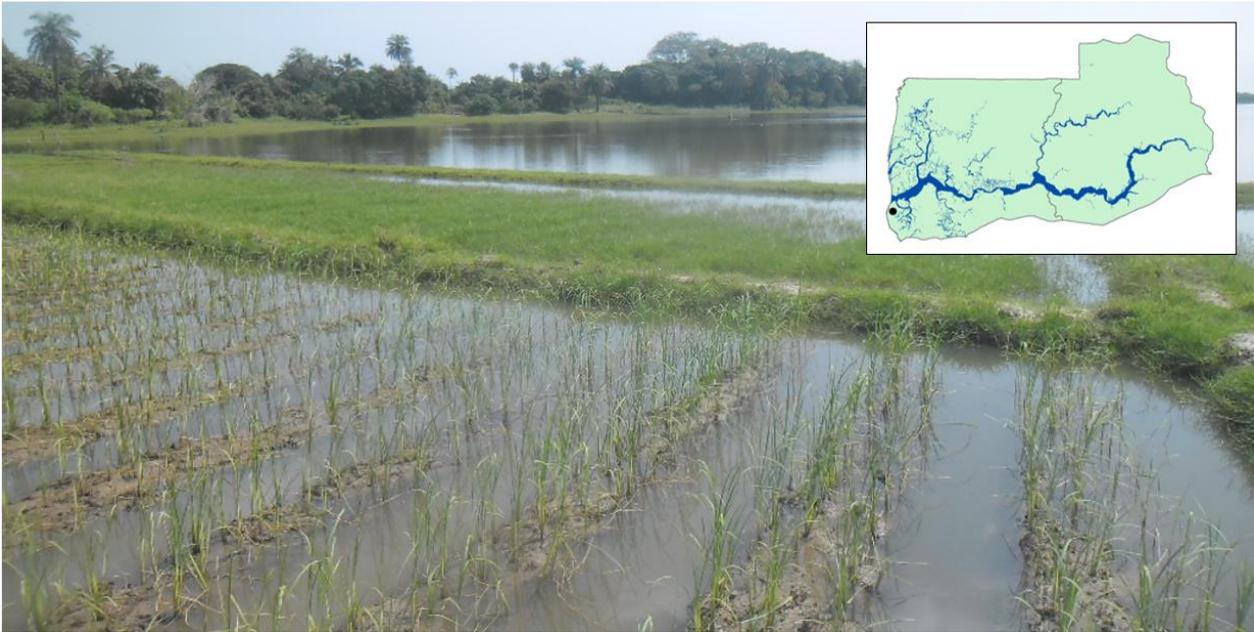


Figure 17 : Rizières de mangrove à Diembéring (Basse-Casamance). Au premier plan, apparaît les rizières de mangroves qui sont aménagés avec des diguettes. En arrière-plan on distingue des espaces boisés, avec la présence de Rôniers (*Borassus aethiopum*) et de Palmiers à huile (*Elæis guineensis*).



Figure 18 : Boisements de terre ferme (Savanes) à Tankon (Moyenne Casamance). On observe une végétation à tapis herbacé fermé et couvert ligneux pérenne, relativement dense.



Figure 19 : Espaces pas ou peu boisés de terre ferme à Diembering (Basse - Casamance). Le tapis herbacé est dominé par les espèces annuelles utilisées comme ressource pastorale par les agropasteurs ; ces espèces annuelles apparaissent comme végétation humides sur les images

Le choix final de la liste des types d'occupation du sol retenus a été fait en tenant compte de plusieurs paramètres. D'une part, la nomenclature retenue doit permettre de répondre à la problématique centrale de caractérisation de la dynamique d'évolution des ressources naturelles et de changements dans l'occupation du sol. D'autre part, les classes créées doivent être reproductibles sur toutes les séries d'images. Pour atteindre ce but, l'élaboration d'une méthode d'analyse adaptée à nos régions est indispensable. Nous avons privilégié ici l'articulation entre une approche basée sur la photo-interprétation des compositions colorées et la mise en œuvre de la classification multi-spectrale non dirigée.

2.1.4. Choix de la méthode

Cartographier l'occupation du sol par télédétection implique le choix d'une procédure de traitement. La méthode choisie doit répondre aux objectifs de départ et aux caractéristiques du milieu étudié. Classiquement, les deux grandes méthodes utilisées en télédétection sont les techniques de classifications supervisées et les techniques de classifications non supervisées.

2.1.4.1. Les classifications supervisées

La classification supervisée, également appelée classification assistée ou dirigée, est une méthode qui exige un nombre suffisant de zones témoins pour la définition des classes thématiques. Ces zones où l'on connaît la nature réelle des objets permettent de générer des signatures spectrales caractéristiques de chacune des classes et d'affecter à chaque classe des règles de sélection des pixels. Les zones d'entraînement ou zones test doivent être les plus homogènes possibles (Andrieu, 2008 ; Chowdhury, 2006 ; Siddiqui *et al* 2005 ; Fraser *et al* 2005) et leur sélection est fondée sur les connaissances

précises de l'analyste, sa familiarité avec la région étudiée et la typologie des surfaces présentes sur l'image.

Pour différentes raisons, nous n'avons pas opté pour cette méthode. Tout d'abord, il s'agit d'une méthode très exigeante en données de terrain fiables et adaptée à des milieux physiques très contrastés. Les données récoltées au cours des missions effectuées, ainsi que les images de haute résolution ont plutôt été utilisées comme éléments de vérification (« vérité-terrain ») pour les cartes produites par classification non supervisée.

2.1.4.2. Les classifications non supervisées

La méthode de classification non dirigée validée par l'analyse et l'interprétation des signatures spectrales a été privilégiée. Cette méthode a été jugée efficace dans l'étude des écosystèmes en Afrique de l'Ouest par télédétection (Maréga *et al* 2021 ; Solly *et al* 2020 ; Fall ; 2014 ; Andrieu ; 2008 ; Andrieu et Mering, 2008 ; Ackermann *et al* 2006). La classification non supervisée permet un regroupement automatique des pixels d'une image sur la base des paramètres statistiques. Elle permet un regroupement automatique des pixels d'une image sur la base des paramètres statistiques des classes radiométriques. Dans la classification choisie ici, l'utilisateur fixe seulement le nombre de classes, qui dans le cas présent après une visualisation de l'image de base est fixé par exemple à cinq. C'est-à-dire que le logiciel examine l'ensemble des signatures spectrales de tous les pixels de l'image, et détermine des groupements naturels (regroupe les pixels ayant une signature spectrale similaire). Ce travail est effectué via l'algorithme des K-Means (Diday, 1971). La grande souplesse et la reproductibilité de la méthode (Andrieu, 2008, Ackermann *et al* 2006) ont été les critères décisifs dans le choix de cette méthode.

2.1.5. Description et application de la méthode de traitement : exemple détaillé de la scène du 12/11/2000, Basse-Casamance

Dans cette section, nous allons exposer, à travers un exemple détaillé, l'ensemble des techniques ainsi que les étapes de prétraitement et de traitement de nos images satellite appliquées à une scène Landsat sur la Basse-Casamance. Après avoir décrit la méthode d'interprétation des compositions colorées utilisée, nous détaillerons le principe et les résultats des étapes de la chaîne de traitement des images que nous avons mis en place. Tout le processus de traitement a été effectué avec le logiciel de cartographie et de traitement d'images « Terrset ».

2.1.5.1. Prétraitements des images satellites

Après acquisition des images, une première étape consiste à réaliser la mosaïque des images pour un traitement plus aisé. Pour ce faire, nous avons produit deux grandes mosaïques : une mosaïque Casamance Ouest et une autre Casamance Est. Ce qui répondait à un autre objectif qui était d'homogénéiser les images entre elles.

La réalisation des cartes d'occupation qui serviront de base pour établir les cartes des changements doit s'appuyer sur des images qui ont les mêmes résolutions spatiales. Selon certains auteurs tels que Marega et al 2021 ; Fall, 2014 ; Andrieu, 2008 ; Dièye, 2007 ; Lagabrielle, 2003 ; Séguis et Puech, 1997 ; Joly, 1987 ; les différentes images Landsat étant prises par des capteurs différents et à des dates différentes, présentent des décalages qu'il faut impérativement corriger pour assurer leur superposition mutuelle. Pour réaliser ces corrections, il faut disposer des points de contrôle (GPS) pris sur le terrain ou identifiés sur une carte topographique.

2.1.5.2. Présentation et interprétation des compositions colorées

La composition colorée d'une image est le résultat de la superposition des trois niveaux de couleur rouge, vert et bleu (RVB). Par le biais de la synthèse additive des couleurs primaires, la composition colorée permet d'accéder simultanément aux informations contenues dans les images prises dans trois longueurs d'ondes différentes (Kamel, 2005). Grâce aux couleurs résultant de la synthèse, elle offre à l'utilisateur la possibilité d'une première interprétation visuelle des états de surface présents dans la scène. Il existe différents types de compositions colorées dont celle dite « infrarouge fausse couleur ». Considérée comme étant la meilleure composition dans l'étude de la végétation (Girard M-C et Girard C.M, 2010), nous avons choisi de l'utiliser dans cette étude et de l'appliquer à l'ensemble des images de notre série.

Elle regroupe les bandes 4-3-2 des images ETM+ 2000, et les bandes 5-4-3 de l'image Landsat OLI_TIRS 2021. Avec les images Landsat 2000, la bande 4 reflète dans le proche infrarouge, la bande 3 dans le rouge et la bande 2 dans le vert (Figure 20). Le satellite Landsat 8 nous communique des informations jusqu'à onze (11) bandes spectrales. Avec ce satellite, ce sont les bandes 5, 4 et 3 du capteur OLI_TIRS qui reflètent successivement dans le proche infrarouge, dans le rouge et dans le vert (Figure 21).

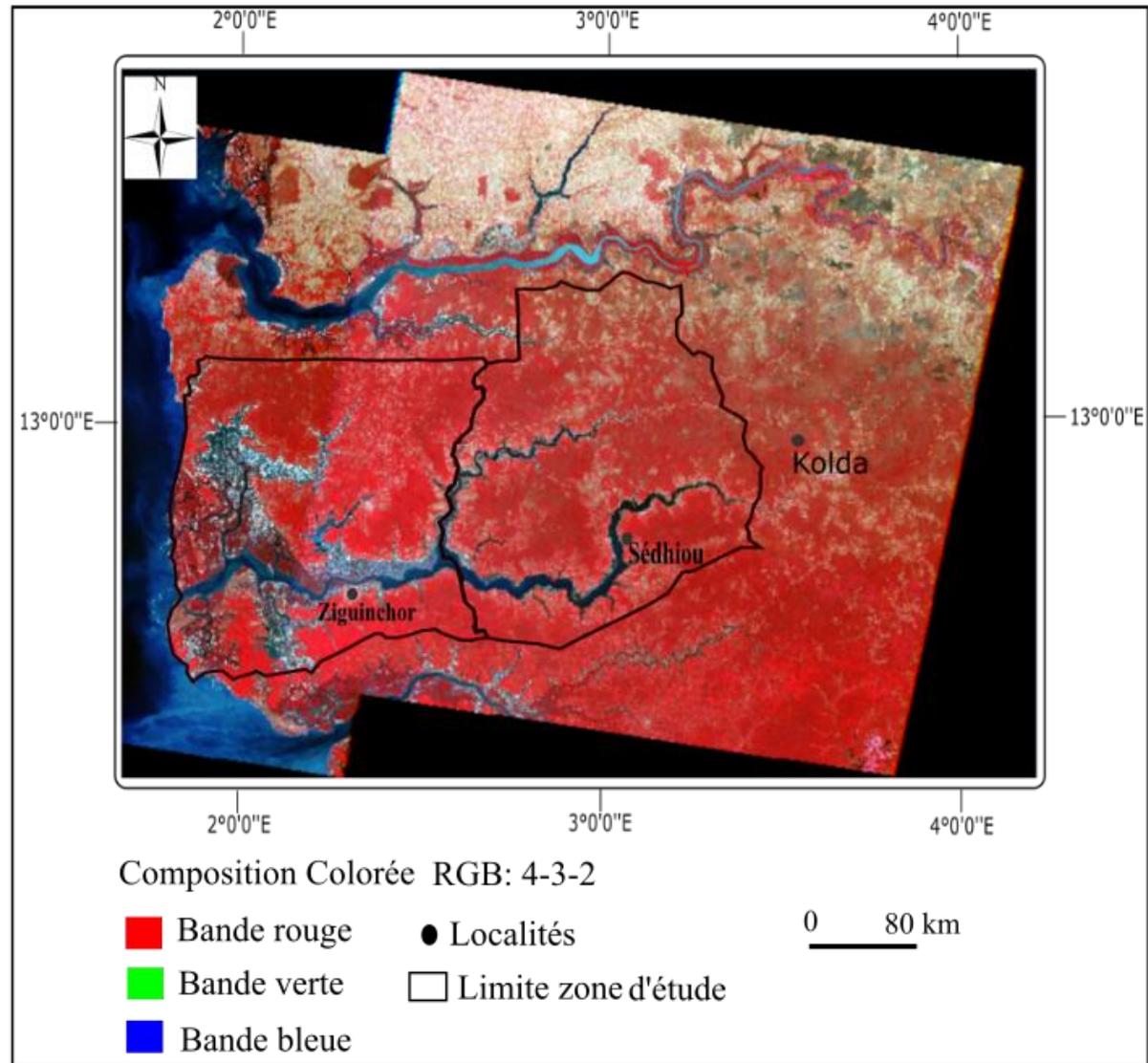


Figure 20 : Création d'une composition colorée RGB-4-3-2 de l'image Landsat ETM+2000

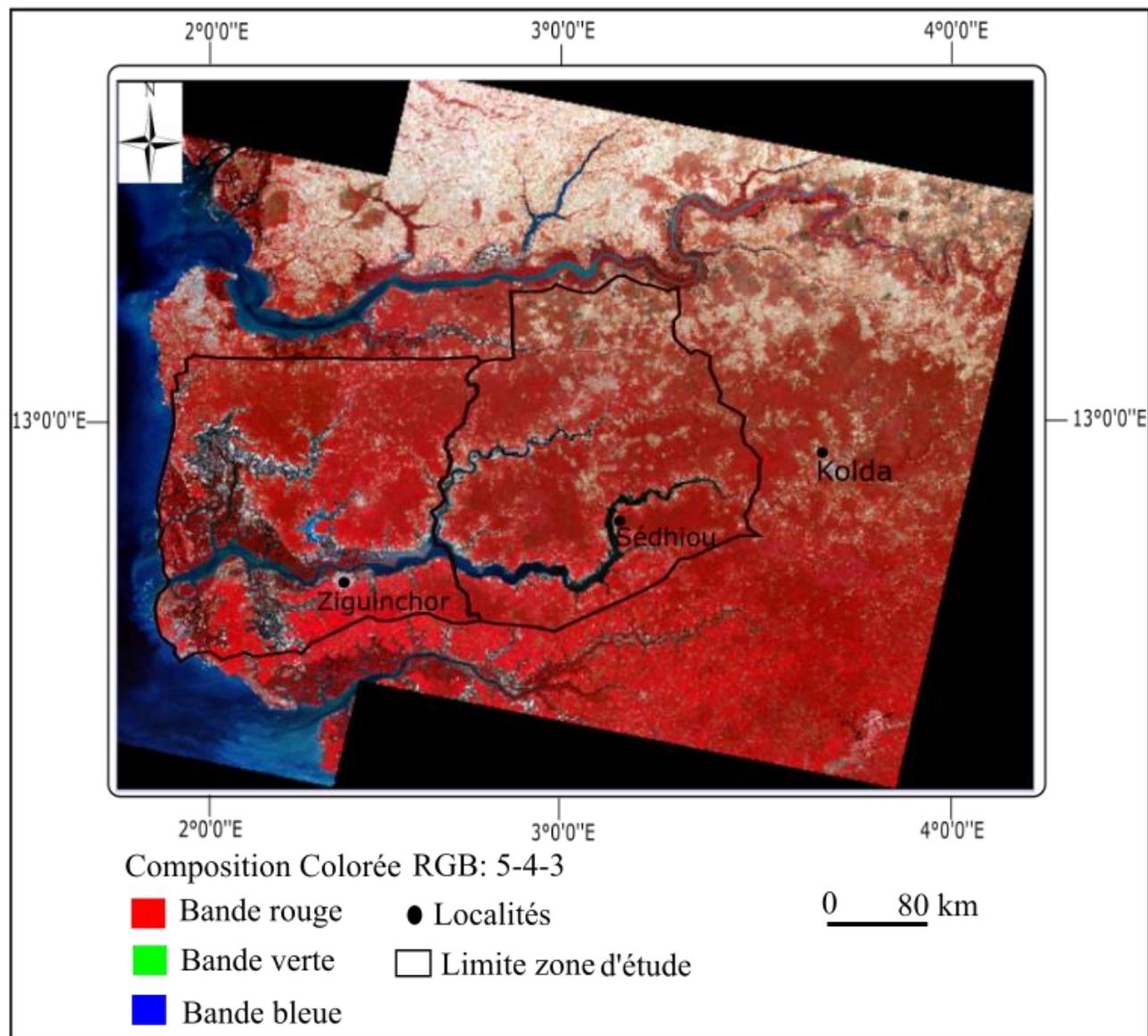


Figure 21 : Création d'une composition colorée RGB 5-4-3 de l'image Landsat OLI-TIRS 2021

Une interprétation visuelle de ces différentes compositions colorées, basée une certaine connaissance de la zone, permet la reconnaissance des thèmes suivants :

- Les surfaces en eau, très présentes dans notre zone d'étude, sont caractérisées par une forte absorption de l'énergie lumineuse, se reconnaissent dans les teintes bleues, gris sombre voire noire par endroits.
- Les mangroves deuxième unité d'occupation du sol apparaissent en rouge très foncé sur la composition colorée et longe les différents *bolongs* de la Casamance.
- Les tannes apparaissent dans les teintes grisées, blanchâtres et voire bleu se trouvant généralement en arrière mangrove
- Les rizières de mangrove ressortent sous forme de marron et gris clair.
- Les boisements denses de terre ferme s'affichent en rouge peu foncé et s'interprètent comme correspondant à la présence d'un couvert végétal dense à forte activité chlorophyllienne.
- Les espaces non boisés de terre ferme sont affichées dans les teintes rouges clairs tendant vers le gris voire du marron clair peuvent être interprétées comme témoignant de la présence de formations végétales ouvertes.

Ainsi, à travers la photo-interprétation des compositions colorées, nous observons les principaux thèmes de l'occupation du sol dans les différentes régions de la Casamance. Cette étape préalable à l'analyse numérique a cependant une limite (Maréga, 2016). Cette dernière apparaît notamment sur les contours des images même si elles sont atténuées. Elles proviennent le plus souvent des anomalies du capteur ou des décalages de dates importants entre deux images. Au cours du traitement proprement dit des images, une série de classification permet d'enlever une partie de ces « impuretés » qui ont un impact sur la qualité des résultats. Faut de pouvoir les enlever complètement, nous avons établi les cartes d'occupation du sol en tenant compte des marges d'erreur qu'elles engendrent dans les interprétations que nous pourrions donner sur les cartes d'occupation du sol finales.

2.1.5.3. Classification non supervisée basée sur l'algorithme des Nuées Dynamiques

Notre objectif a consisté à produire lors de la première étape un grand nombre de classes radiométriques. Ces classes obtenues et analysées seront ensuite réaffectées par regroupement pour mettre en évidence une première carte des principaux thèmes de l'occupation du sol. Le regroupement des classes obtenues à la première étape se fera après avoir analysé les moyennes radiométriques classe par classe et canal par canal. Seule l'analyse des signatures spectrales des classes radiométriques permet de produire une interprétation thématique rigoureuse des résultats de la

classification. C'est dans cette perspective que nous avons réalisé une première classification à seize classes (Figure 22).

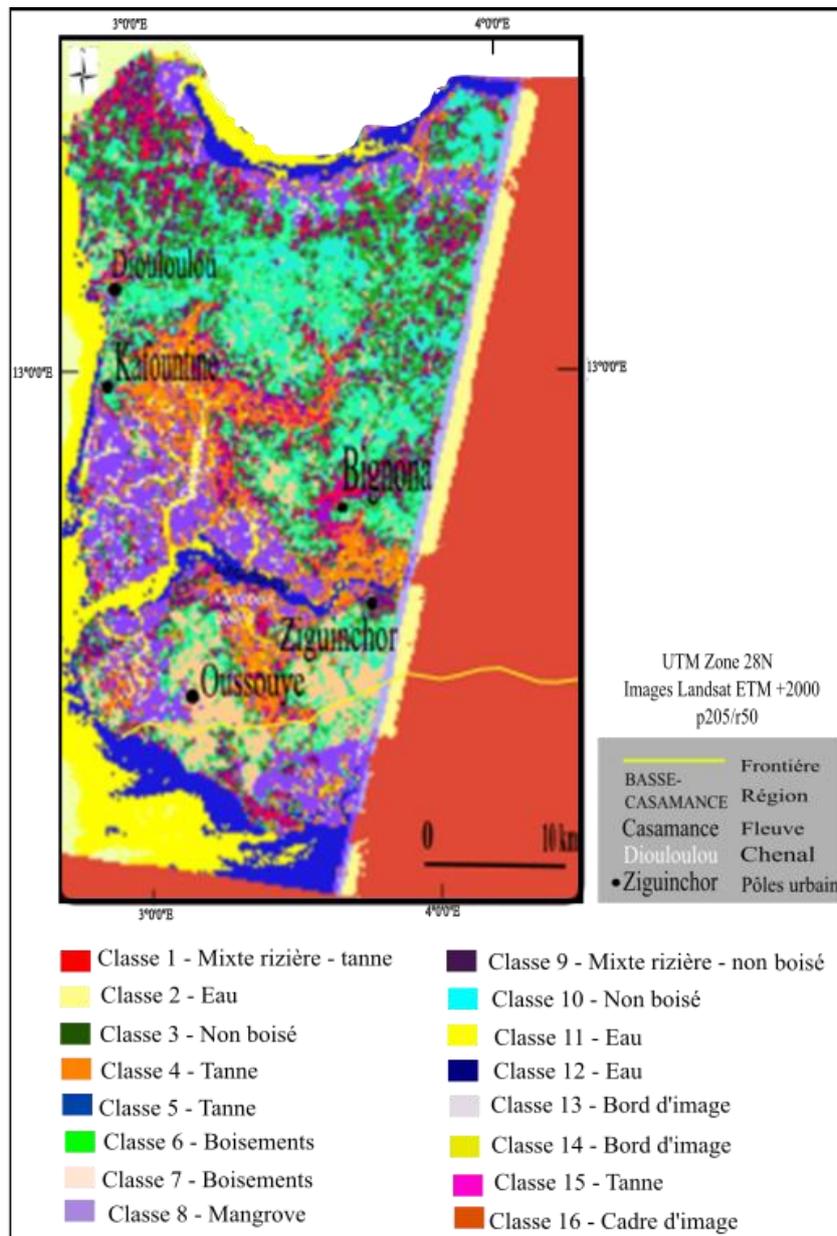


Figure 22 : Classification non dirigée en 16 classes de la Basse-Casamance, 2000.

Sur la base des statistiques radiométriques, notamment par l'analyse des moyennes radiométriques des classes (Figure 23), nous avons mis en évidence les éléments suivants :

- Les classes 1, 5 et 9 représentées par des courbes de formes similaires avec des valeurs de luminances qui sont supérieures sur ETM5 à celles d'ETM3 et ETM2, et par une faible luminance sur ETM4 semble correspondre à des tannes ou à des rizières particulièrement inondées.
- Les classes 4 et 15 présentent toutes un double pic de luminance sur ETM3 et ETM5, ce qui caractérise le comportement radiométrique des tannes.

- Les classes 6 et 7, pour lesquelles on observe un pic de luminance dans le proche infrarouge (ETM4), sont caractérisées comme des boisements de terre ferme seront regroupés entre elles.
- La classe 8 caractérisée par un faible pic de luminance sur ETM4, et par une faible luminance sur ETM5 et ETM7 semble correspondre à la mangrove.
- Les classes 10 et 3, montrent un pic de luminance supérieur sur ETM5 semble correspondre aux espaces pas ou peu boisés de terre ferme
- Les classes 2, 11 et 12 correspondent à la réponse de l'eau avec un profil décroissant du visible (ETM1, ETM2, ETM3) à l'infrarouge (ETM4).
- Les classes 13, 14 et 16 correspondent aux bords de l'image.

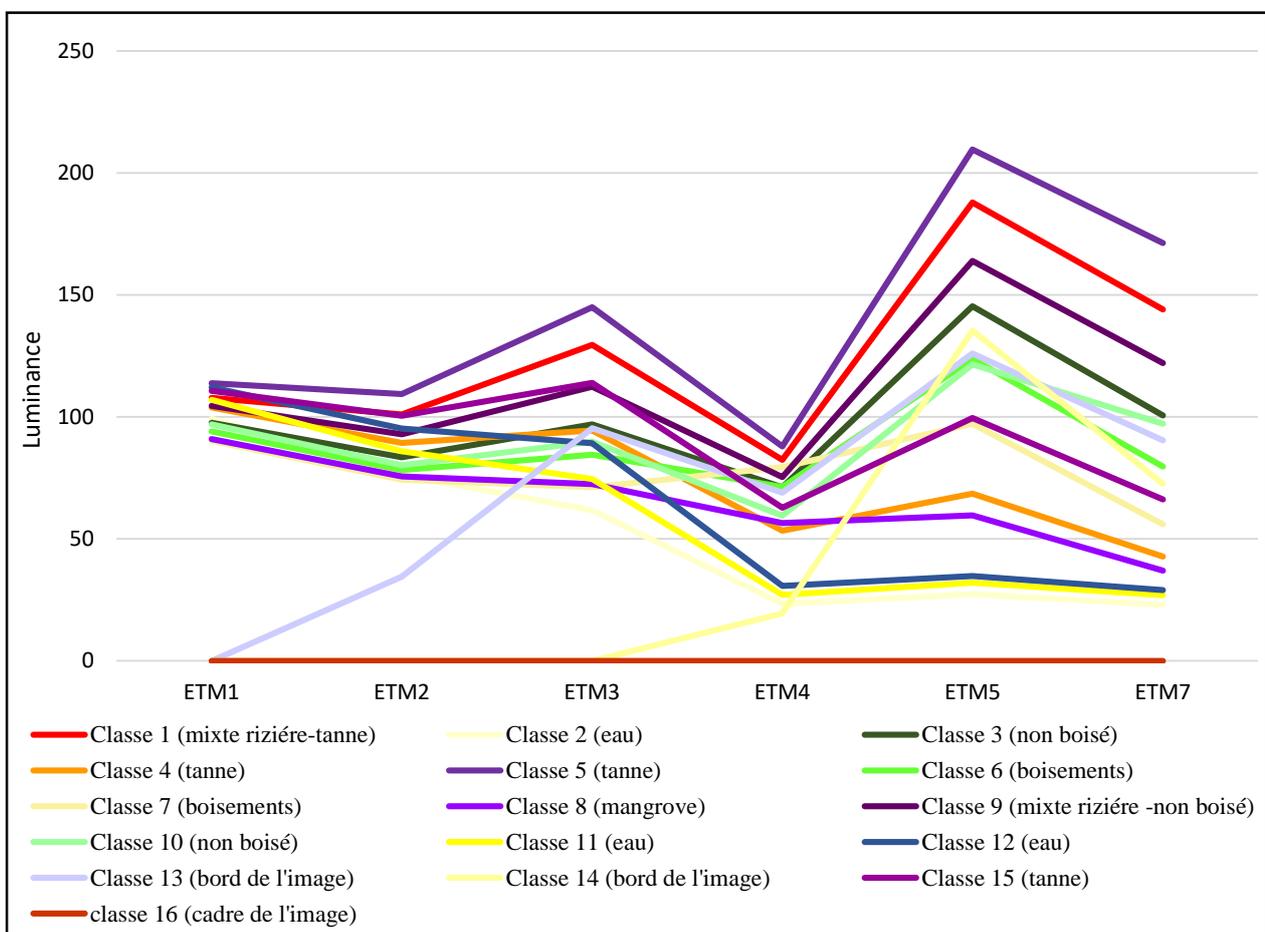


Figure 23 : Courbes des moyennes radiométriques pour les 16 classes (Basse-Casamance, 2000)

Après avoir réalisé ces premières analyses, nous avons procédé à un regroupement des seize classes en six thèmes d'occupation du sol (Figure 24). Ces six thèmes correspondent aux principaux états de surfaces tels qu'ils avaient été identifiés par photo-interprétation des compositions colorées, à savoir : l'eau, la mangrove, les tannes, les rizières de mangrove, les boisements de terre ferme et les espaces non boisés.

A l'issue de ce regroupement, nous avons extrait les statistiques radiométriques des six nouvelles classes (Figure 25).

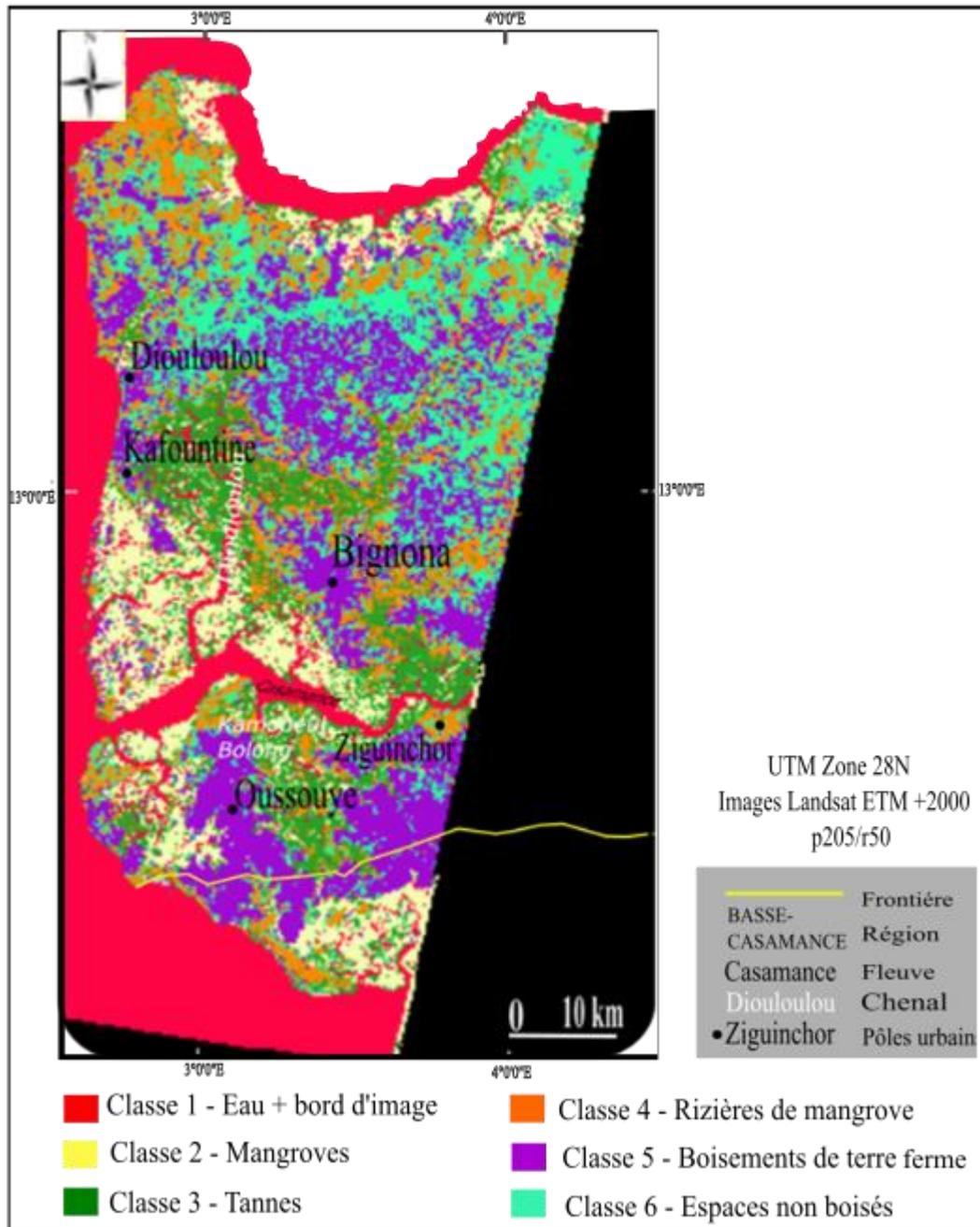


Figure 24 : Regroupement des 16 classes en 6 types d'occupation du sol (Basse-Casamance, 2000)

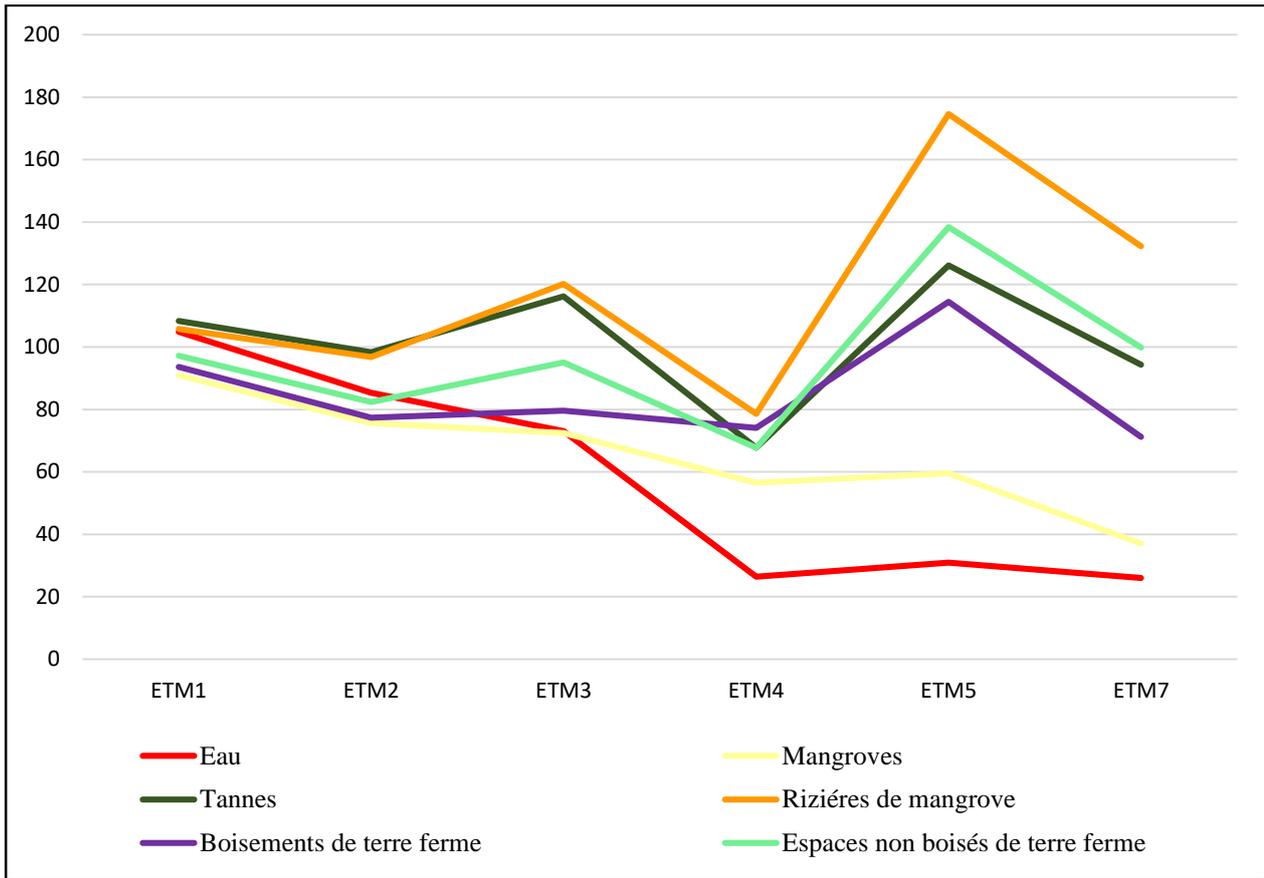


Figure 25 : Courbes radiométriques des six classes obtenues par regroupement

La courbe de l'eau est régulièrement décroissante entre ETM4 et ETM3. La courbe de la mangrove est légèrement décroissante avec un pic de luminance sur ETM4. La courbe des tannes et des rizières de mangrove sont décroissante avec des valeurs de luminance élevées sur ETM1, ETM3, ETM5. Le profil des boisements de terre ferme pour laquelle on observe un pic de luminance dans le proche infrarouge (ETM4), s'interprète comme des boisements de terre ferme. La courbe des espaces pas ou peu boisés de terre ferme présente un pic sur ETM5.

L'étape suivante consiste à préparer une classification emboîtée par la création de six masques (c'est-à-dire le regroupement de pixels d'une même entité) correspondant chacun une image binaire des six classes obtenues précédemment (Figures 26, 27, 28, 29, 30 et 31). Cette phase vise à vérifier et valider les classes obtenues par regroupement.

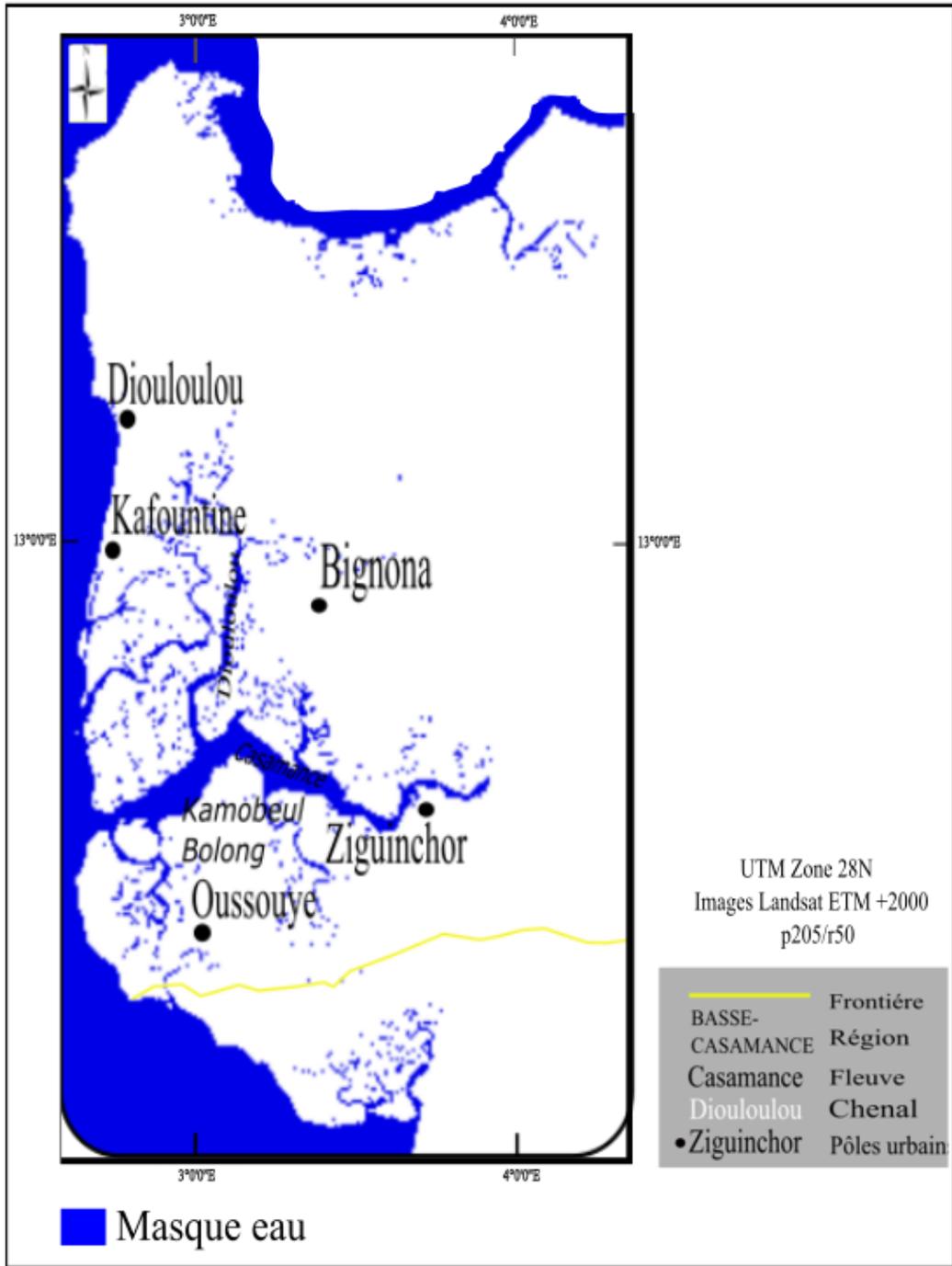


Figure 26 : Masque eau (Basse-Casamance, 2000)

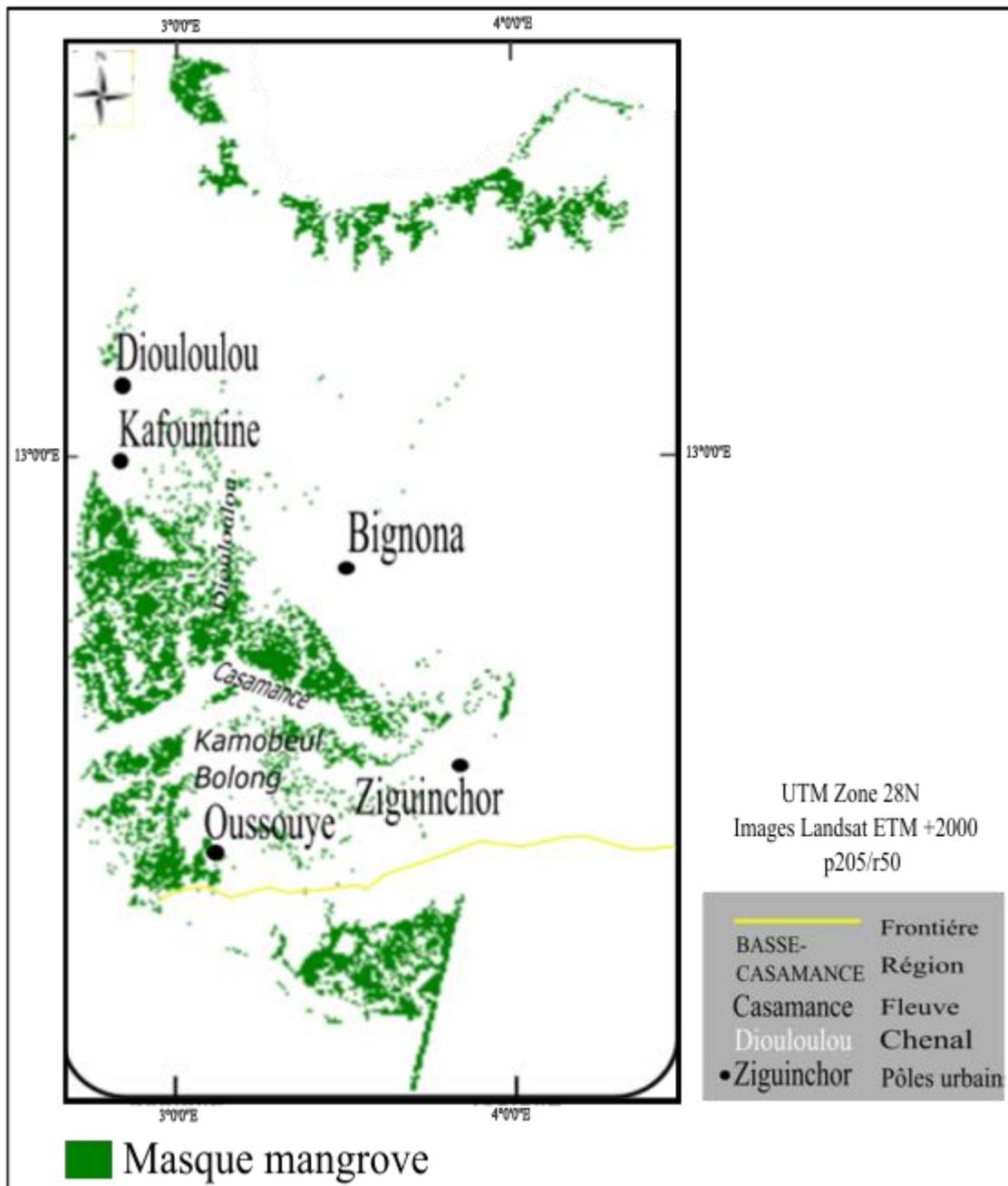


Figure 27 : Masque mangrove (Basse-Casamance, 2000)

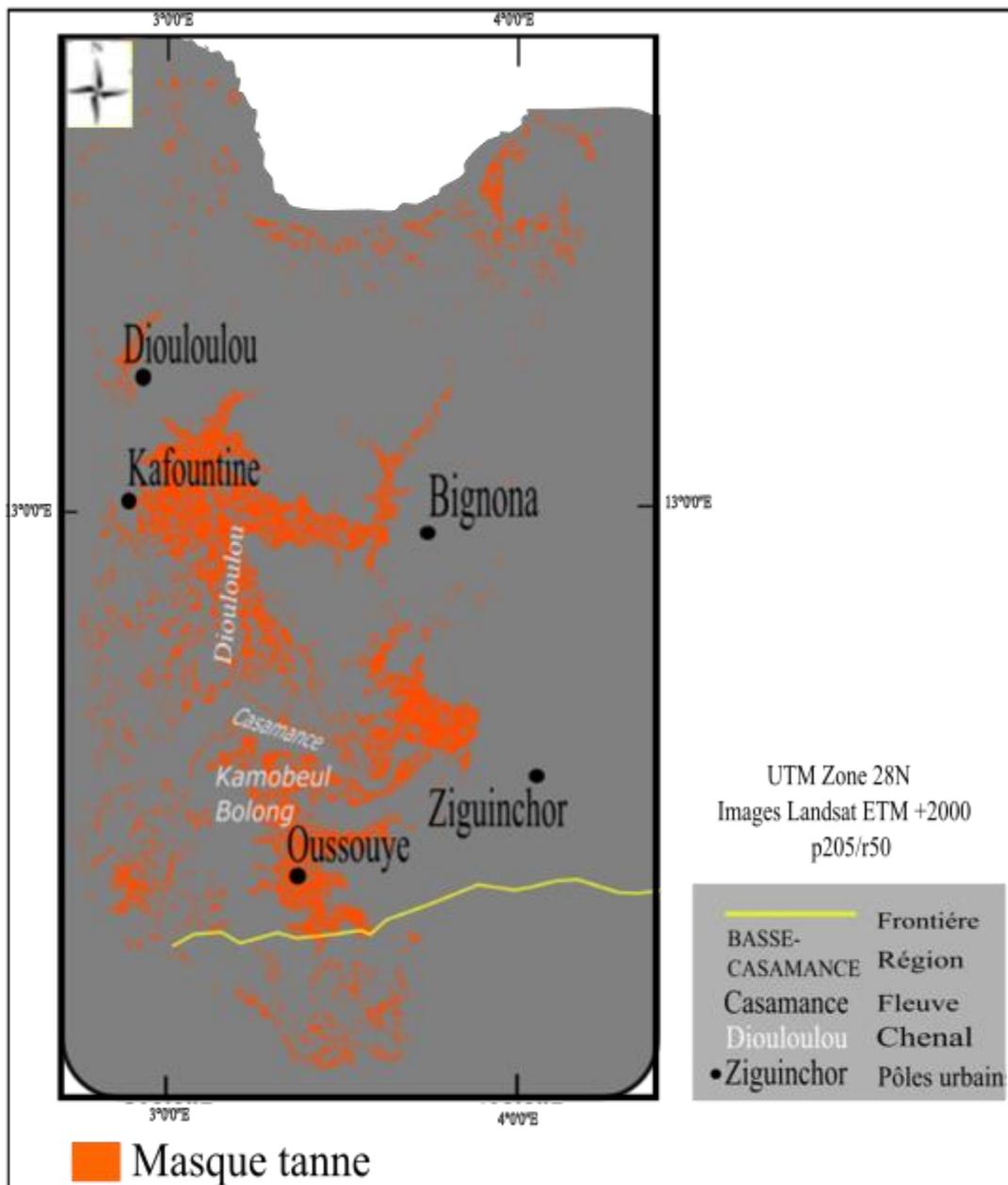


Figure 28 : Masque tanne (Basse-Casamance, 2000)

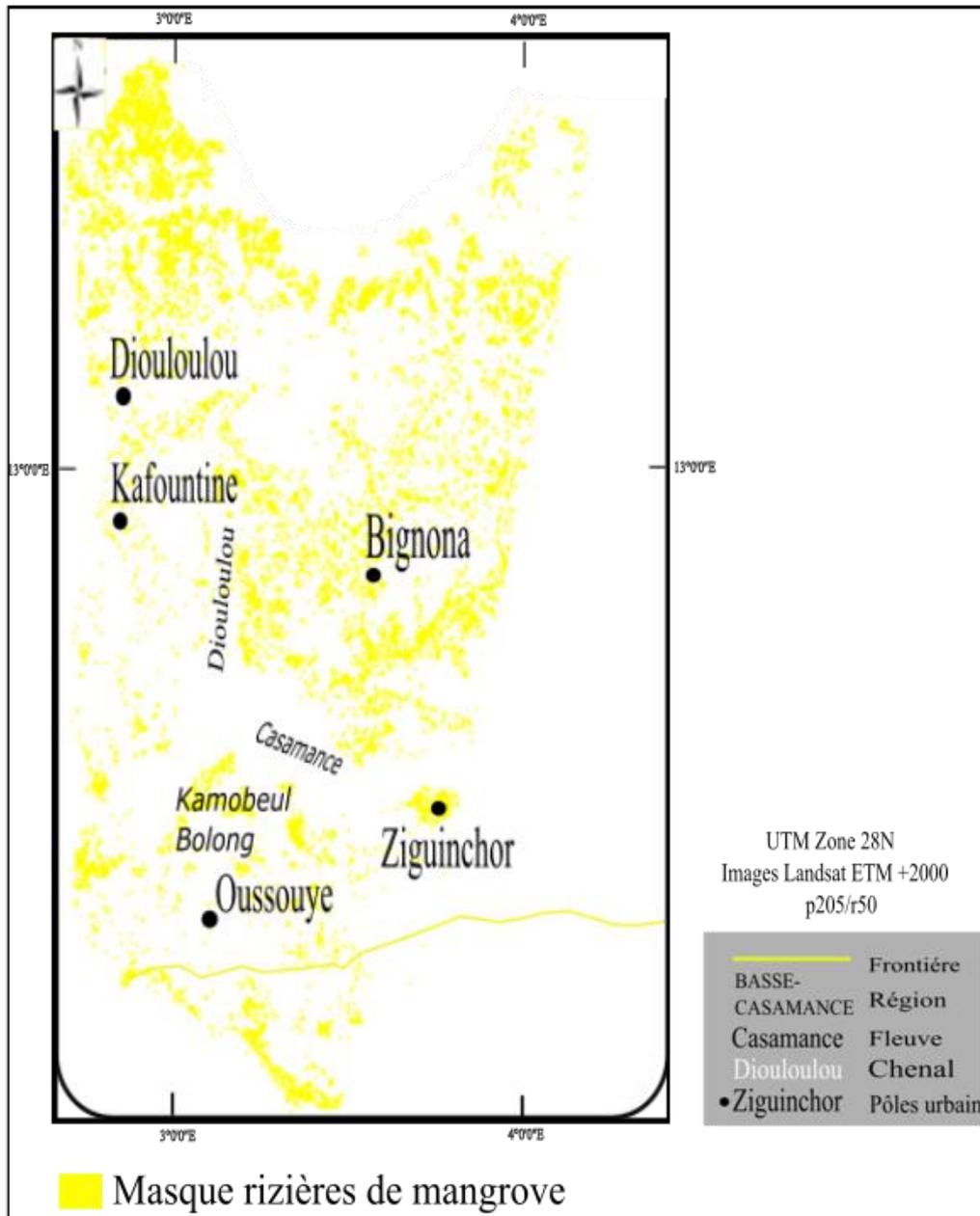


Figure 29 : Masque rizière de mangrove (Basse-Casamance, 2000)

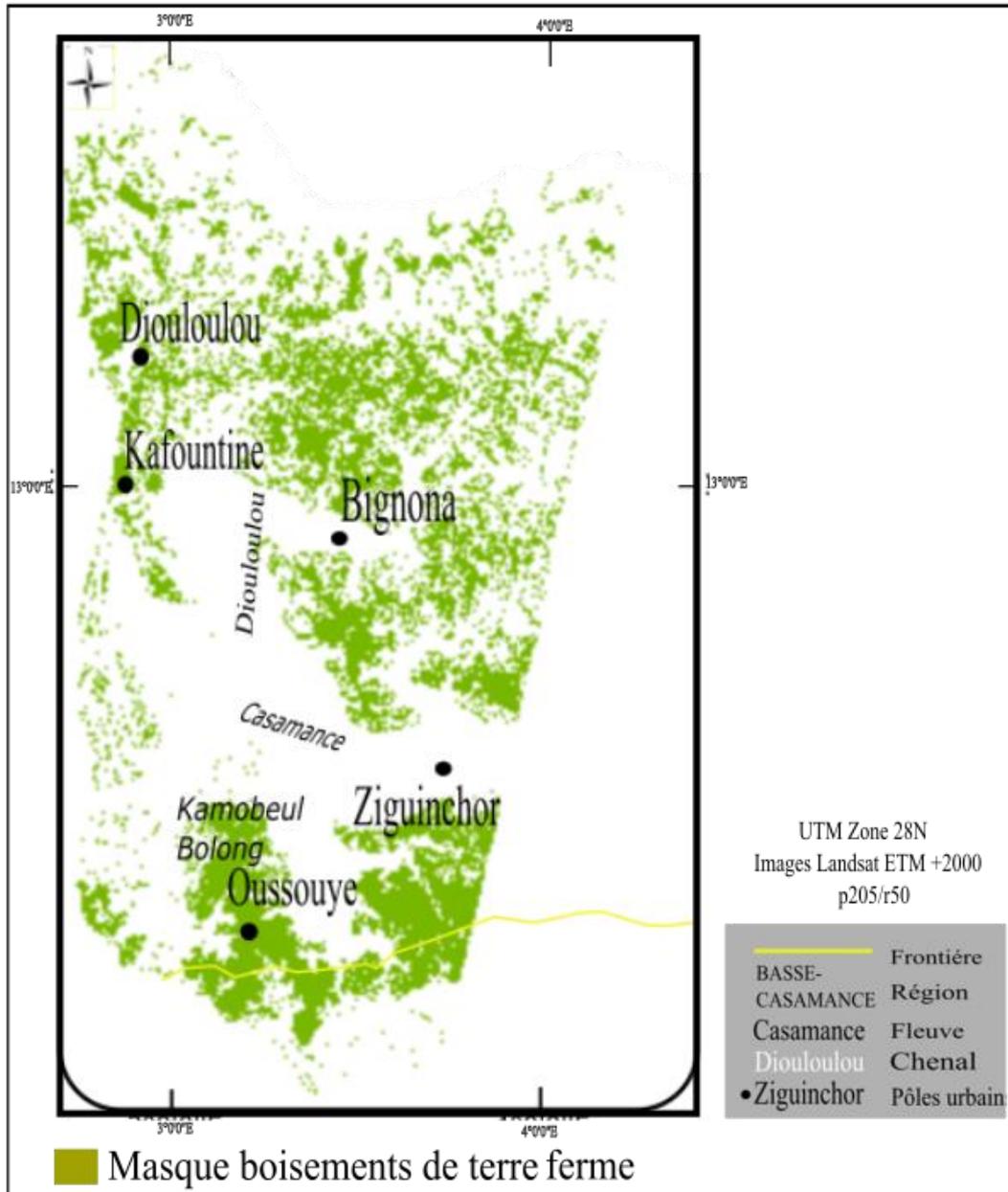


Figure 30 : Masque boisements de terre ferme (Basse-Casamance, 2000)

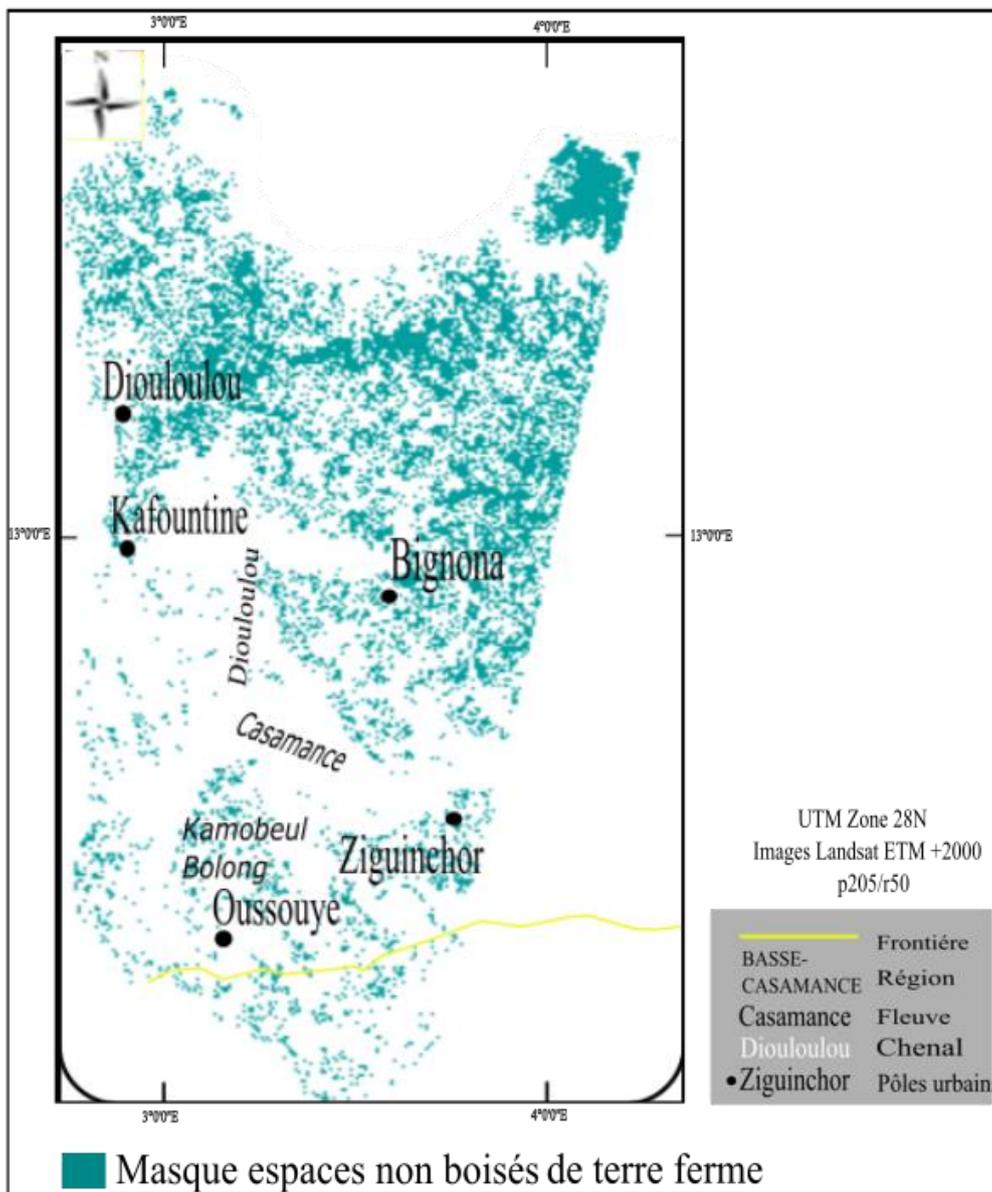


Figure 31 : Masque espace non boisés de terre ferme (Basse-Casamance, 2000)

Dans chacun de ces masques, nous avons procédé à une analyse des composantes principales (ACP). En effet, l'ACP amplifie les contrastes radiométriques au sein d'un ensemble de pixels (Maréga ; 2016 ; Andrieu et Mering, 2016 ; Andrieu, 2008 ; N'Guessan *et al* 2003). L'ACP est une étape importante de cette chaîne de traitements d'images. Elle permet en effet de faire la synthèse des six canaux LANDSAT en six composantes principales hiérarchisées suivant l'importance des contrastes radiométriques. Les composantes principales forment alors des néo-canaux où les redondances ont été éliminées (exemple des canaux du visible en général très corrélés entre eux), et où chaque contraste radiométrique est étiré au maximum. C'est une technique multi-variable qui permet de réduire les nombres de composantes spectrales dans l'objectif de ne retenir qu'un nombre restreint de composantes rendant mieux compte de la variance des images originelles (Mas, 2000). On peut la

réaliser à partir de toutes les bandes (Muchoney et Haack, 1994) mais l'ACP devient sélectif lorsqu'on l'applique à partir de deux ou trois composantes (Chavez et Kwarteng, 1989 ; Chavez, 1989). Dans ce cas, l'information d'intérêt se concentre sur les deux ou trois premières composantes et l'interprétation des résultats est plus simple que celui d'un ACP réalisé sur toutes les bandes (Chavez et Mackinnon, 1994). A partir des trois premières composantes issues d'une ACP réalisée au sein des masques créés à l'étape précédente, nous avons procédé à de nouvelles classifications. Cette classification offre un plus grand niveau de précision et permet ainsi de vérifier l'homogénéité du comportement radiométrique au sein de la classe. Les classes obtenues par la classification des néo-canaux sont ensuite analysées par le biais de leur courbe radiométrique moyenne. Le nombre de classes demandées pour ces classifications s'établit à 6 classes pour chaque masque. A l'issue de l'analyse des profils radiométriques, on prendra les décisions suivantes (Andrieu, 2008) :

- Si les courbes présentent des profils significativement similaires, la classe est considérée comme homogène et ne sera pas subdivisée.
- S'il y'a des différences significatives entre les courbes obtenues, on procédera à la réaffectation de chacune des classes au type d'occupation du sol correspondant.

Vérification, correction et validation des six masques

L'exploitation des six masques par une ACP suivie d'une classification réalisée à partir des premières composantes permet ainsi de produire des sous classes qui seront soit réaffectées à d'autres classes, soit fusionnées pour valider l'homogénéité du masque étudié.

- ❖ Vérification, correction et validation du masque eau

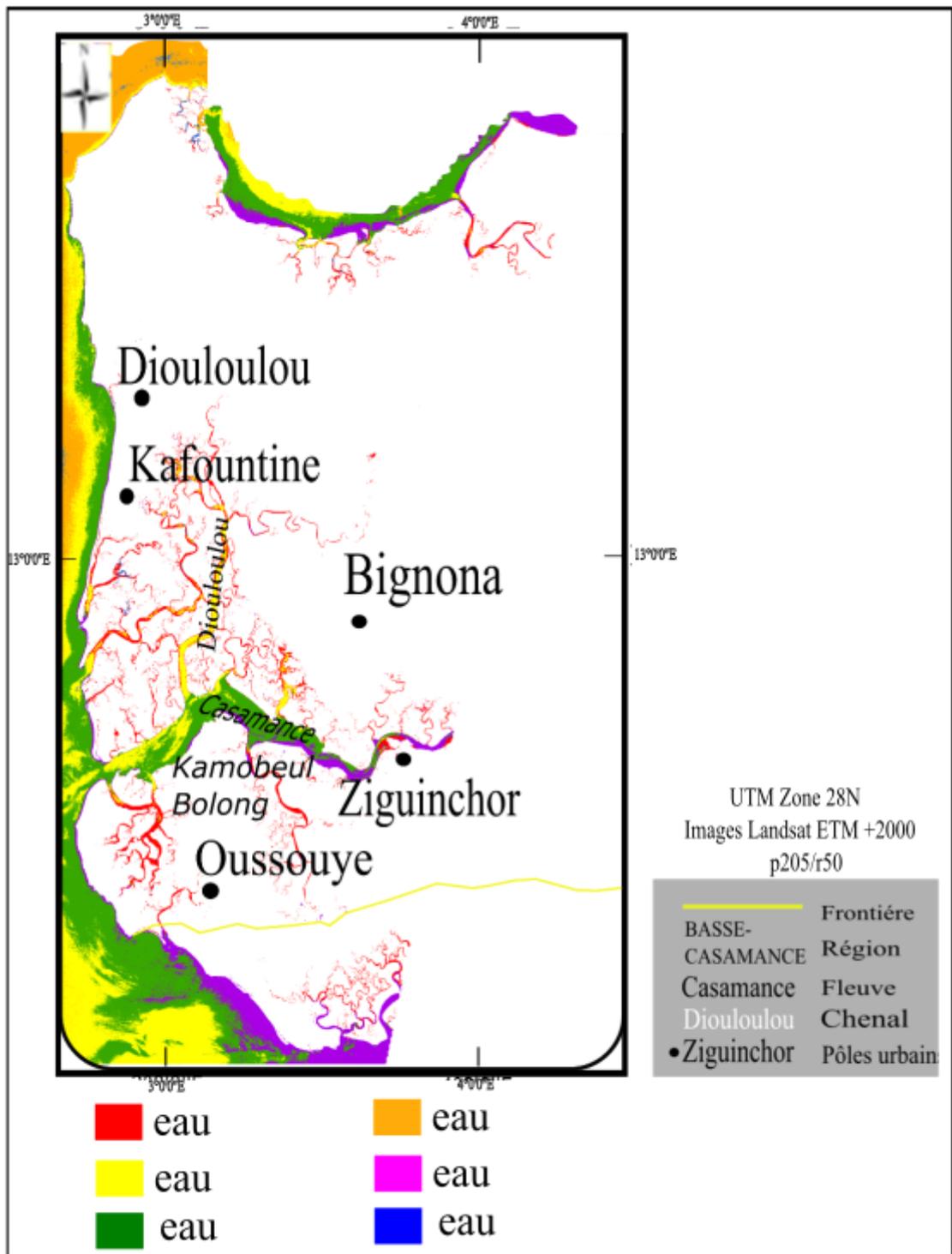


Figure 32 : Carte de la classification sur ACP sur le masque eau

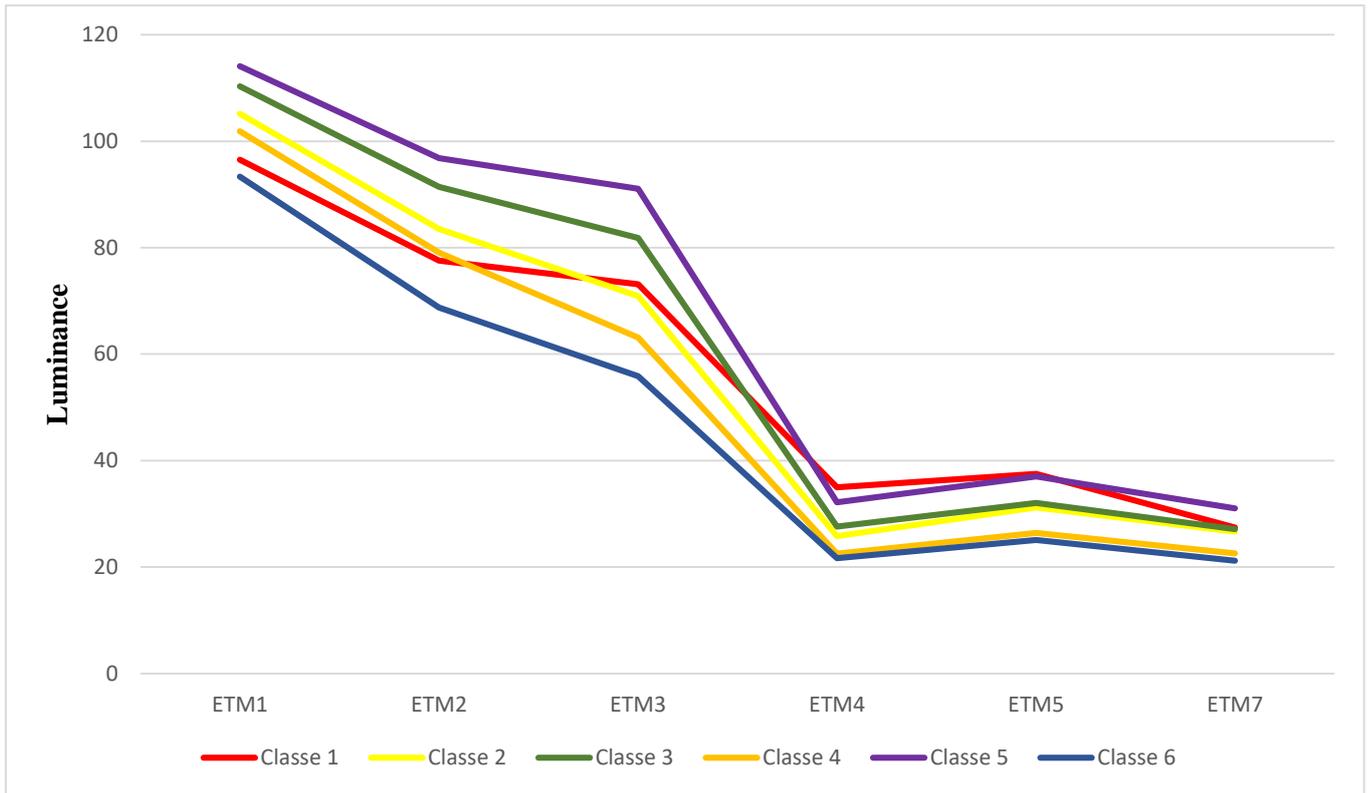


Figure 33 : Courbes radiométriques du masque eau.

Les classes 1, 2, 3, 4, 5 et 6 correspondent à de l'eau car leur profil montre des valeurs de luminance qui diminuent continûment du visible à l'infrarouge.

- ❖ Vérification, correction et validation masque mangrove

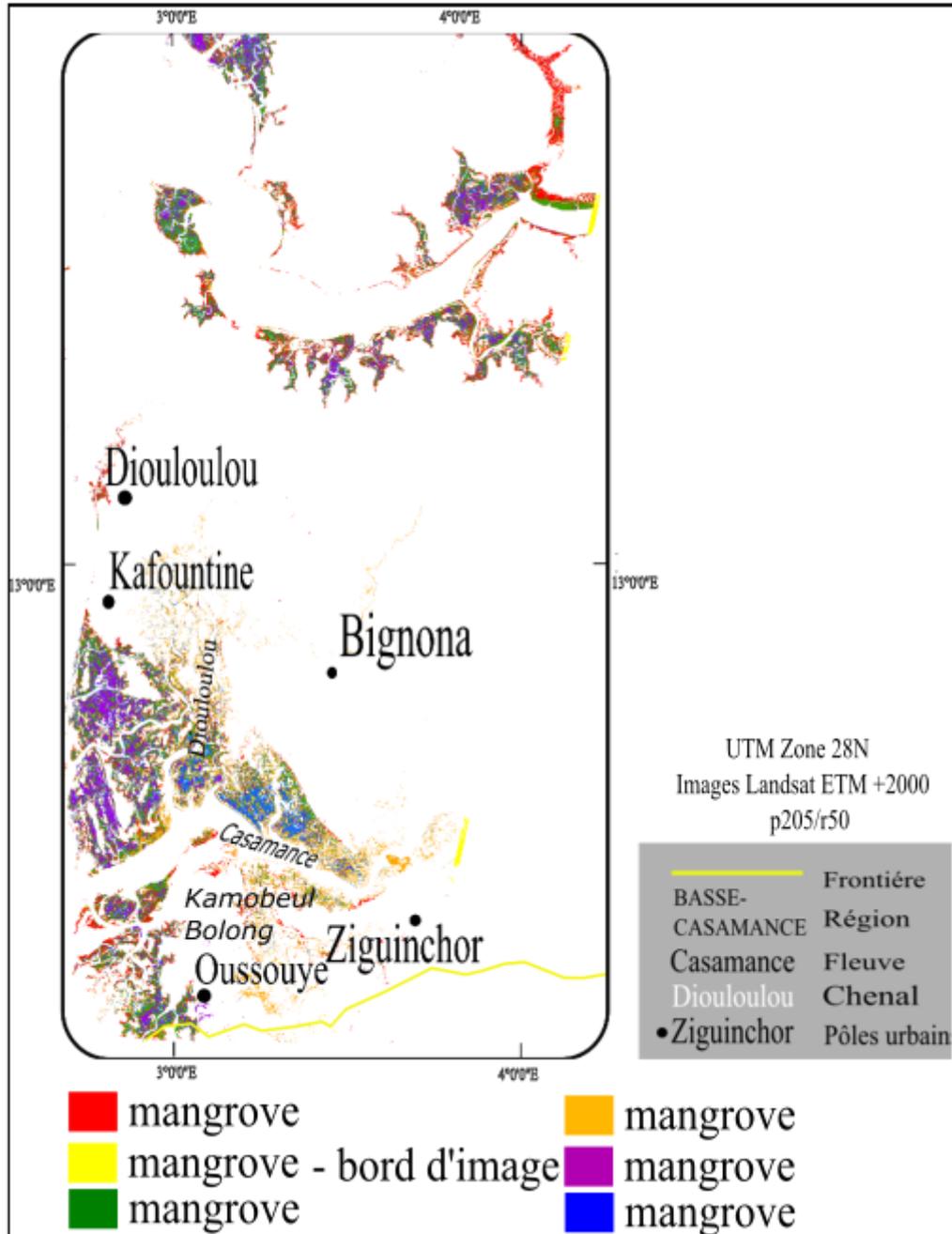


Figure 34 : Carte de la classification sur ACP sur le masque mangrove

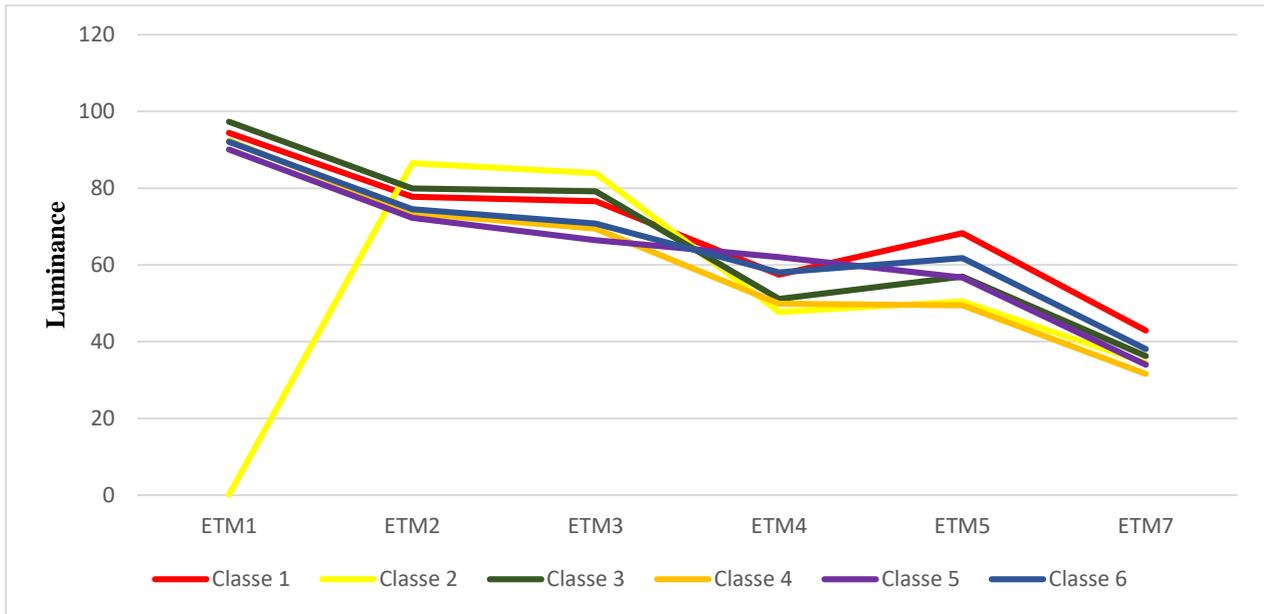


Figure 35 : Courbes radiométriques du masque mangrove.

Nous observons que les classes 1, 3, 4, 5 et 6 présentent les mêmes caractéristiques radiométriques avec une valeur de luminance moyenne sur ETM2 et ETM3 et une faible luminance moyenne sur ETM4, ETM5 et ETM7. Notons la particularité de la classe 2, qui par son allure se distingue un peu des autres profils à cause de l'effet du bord de l'image mais il peut être identifiée comme une mangrove avec une valeur de luminance supérieur sur ETM2 et ETM3.

- ❖ Vérification, correction et validation du masque tanne

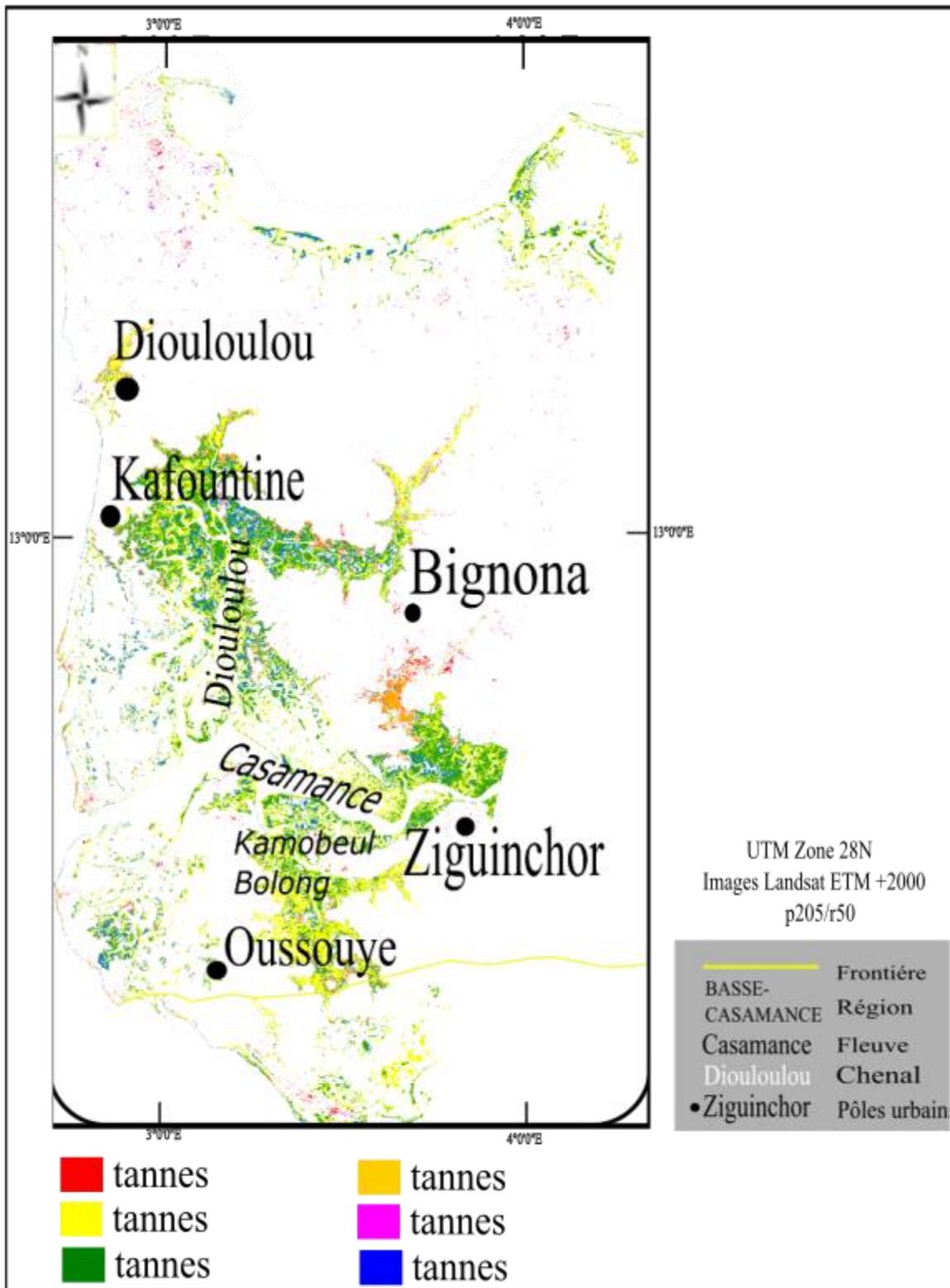


Figure 36 : Carte de la classification sur ACP sur le masque tanne.

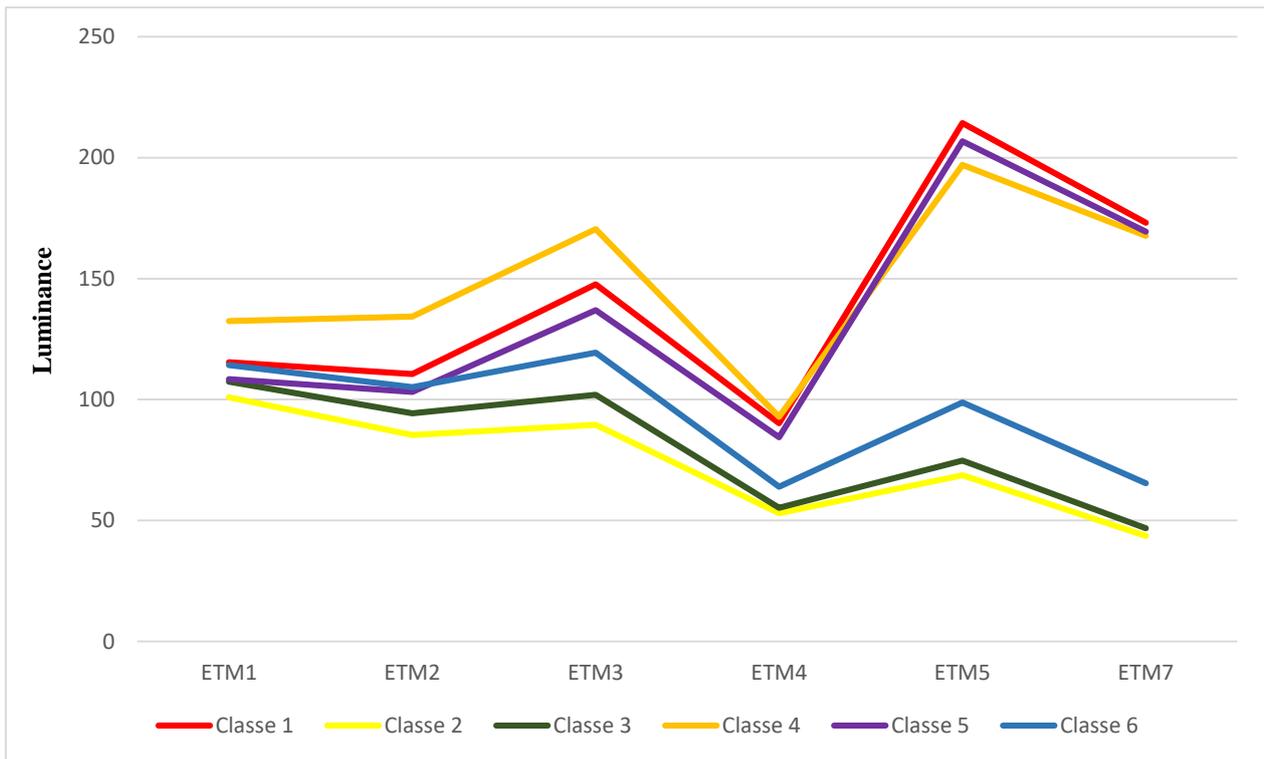


Figure 37 : Courbes radiométriques du masque tannes.

L'interprétation des moyennes radiométriques confirme que les classes 1, 2, 3, 4, 5 et 6 peuvent être associées à la présence des tannes. En effet les profils radiométriques de ces classes sont caractérisés par des valeurs très élevées de luminance dans l'ensemble des canaux avec des pics marqués en ETM3 et ETM5.

- ❖ Vérification, correction et validation du masque rizières de mangrove

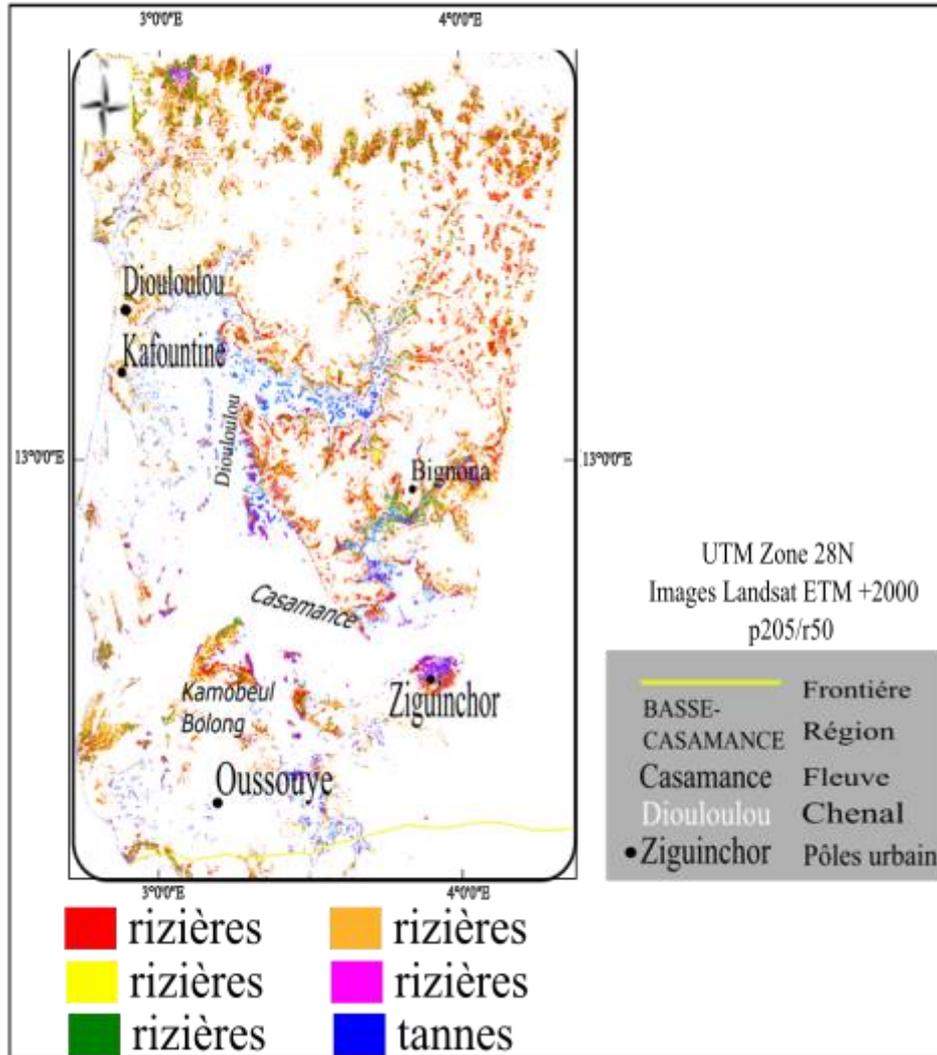


Figure 38 : Carte de la classification sur ACP sur le masque rizière de mangrove

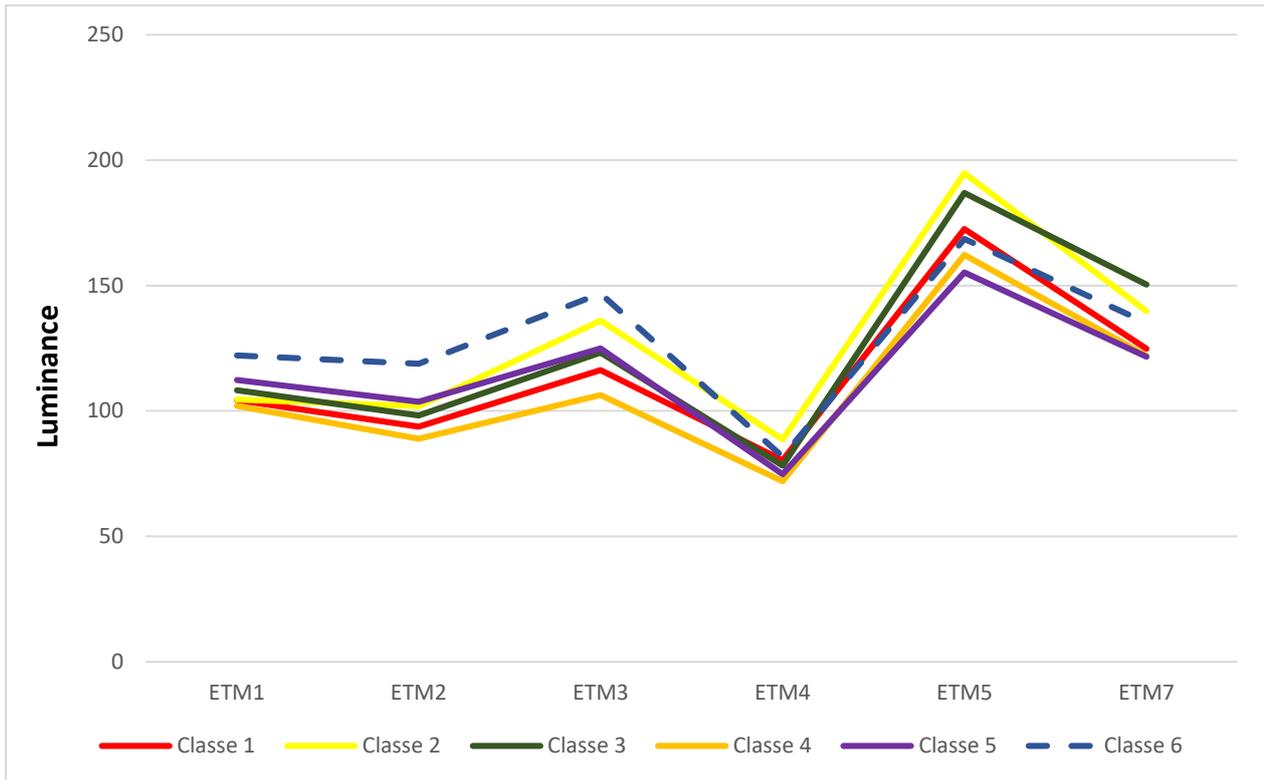


Figure 39 : Courbes radiométriques du masque rizières de mangrove.

La classe 6 présente des valeurs de luminance assez faibles sur ETM3 et ETM5 et des valeurs de luminance dans ETM4 sensiblement plus faibles que celles des autres classes. Ces caractéristiques sont plutôt celles des surfaces de tannes que celui des rizières de mangrove. Les pixels correspondants seront donc affectés à la classe des Tannes. La courbe radiométrique des classes 1, 2, 3, 4 et 5 présente un pic de luminance sur ETM3 et ETM5 correspondent aux rizières de mangroves.

- ❖ Vérification, correction et validation du masque boisements de terre ferme

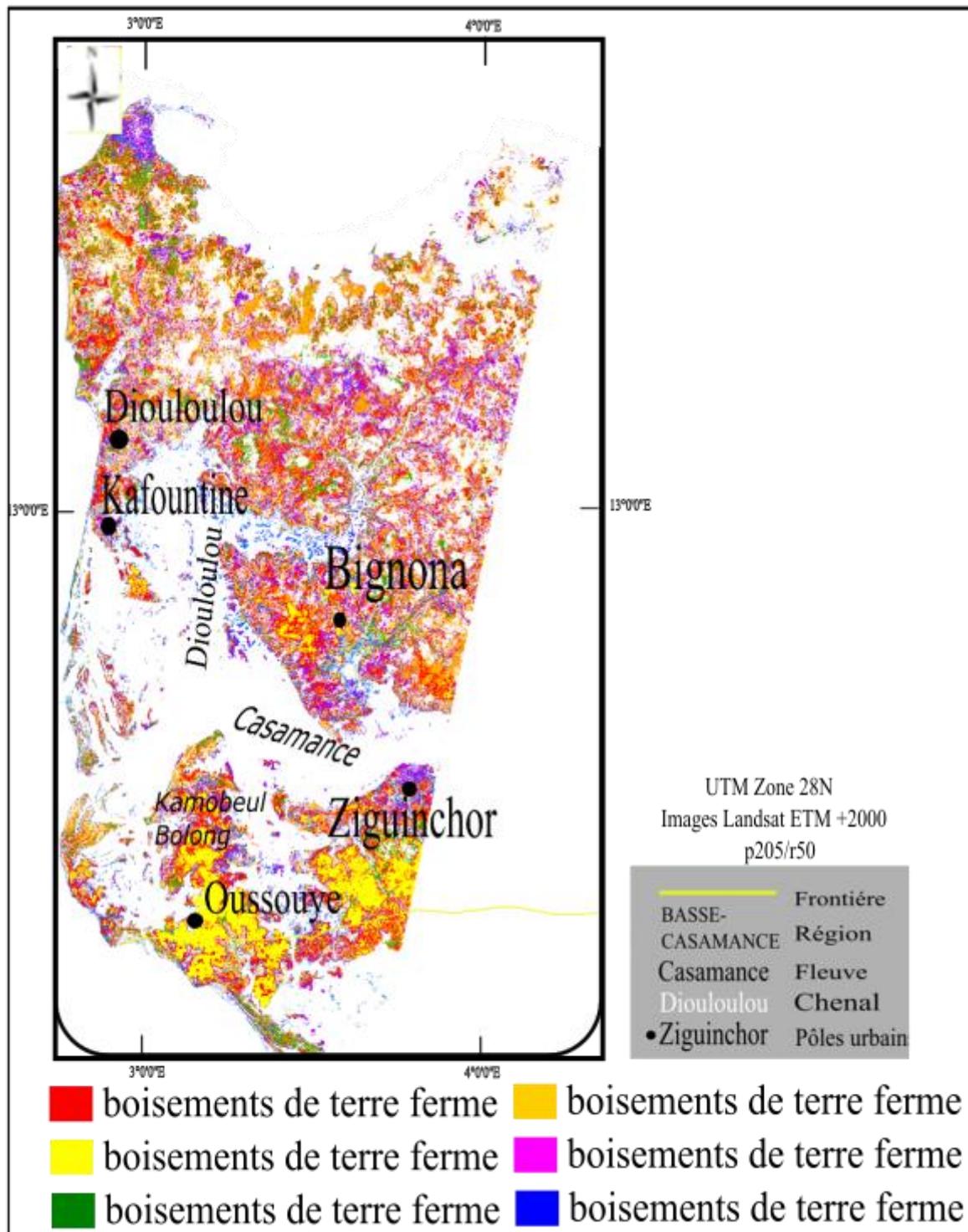


Figure 40 : Carte de la classification sur ACP sur le masque boisements de terre ferme

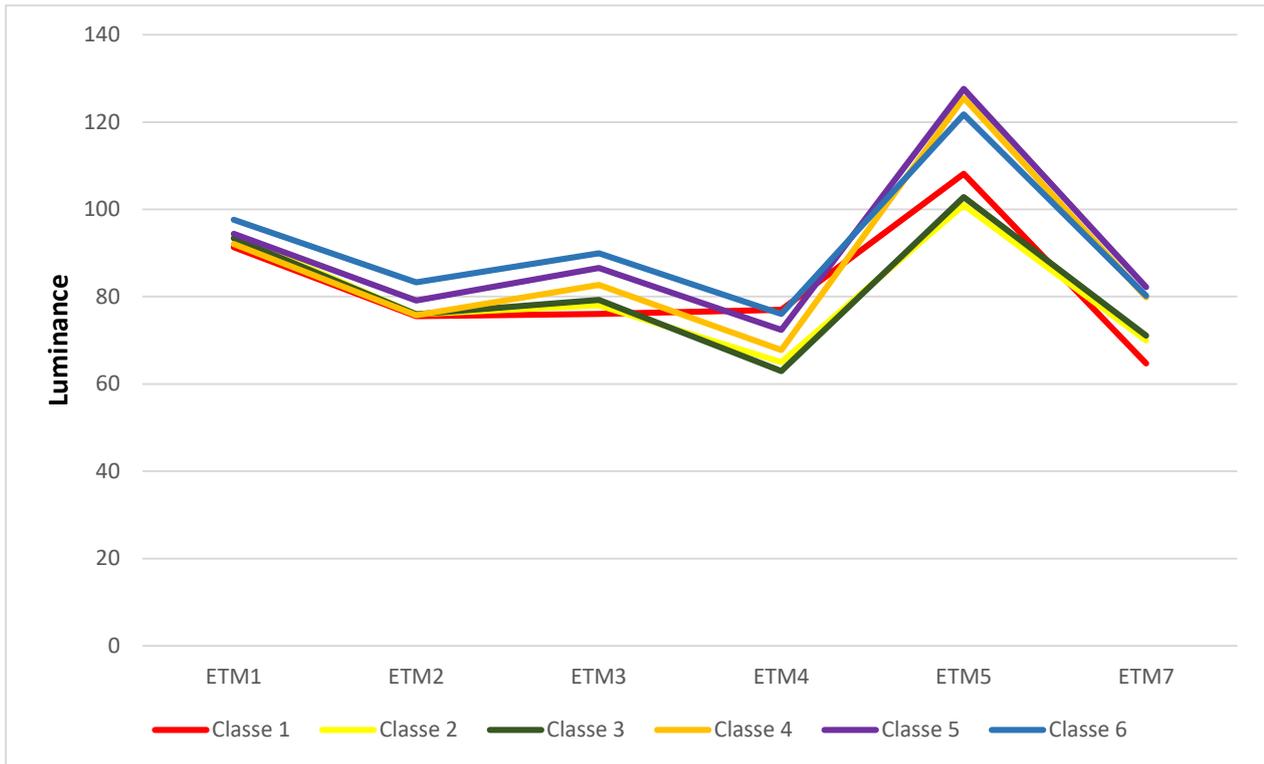


Figure 41 : Courbes radiométriques du masque boisement de terre ferme.

On observe que toutes ses classes présentent un léger pic sur ETM4 et des valeurs de luminance dans ETM5 sensiblement supérieures que pour les autres classes. Il s'agit certainement des espaces de boisements de terre ferme.

- ❖ Vérification, correction et validation du masque espaces non boisés de terre ferme

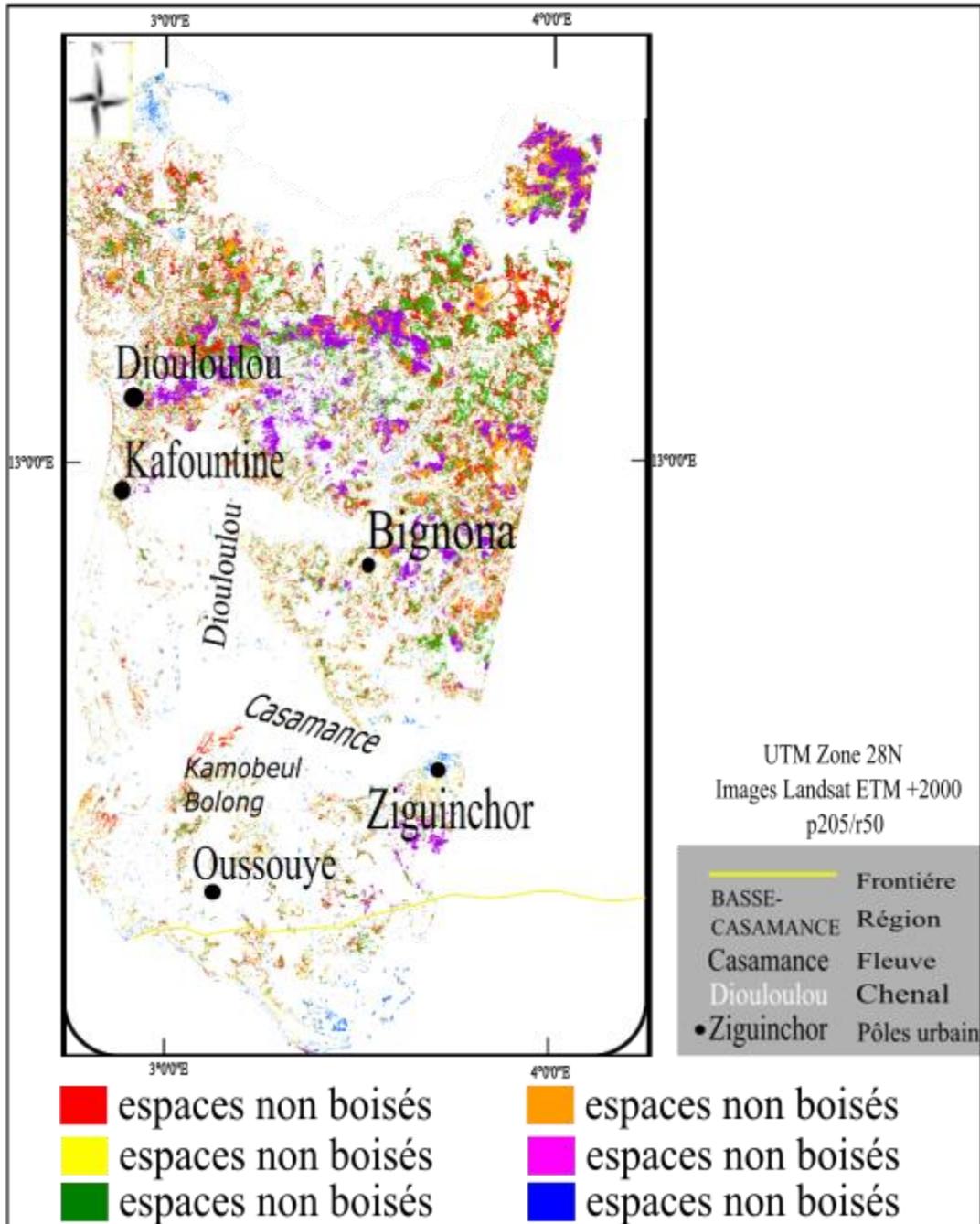


Figure 42 : Carte de la classification sur ACP sur le masque espace non boisé de terre ferme

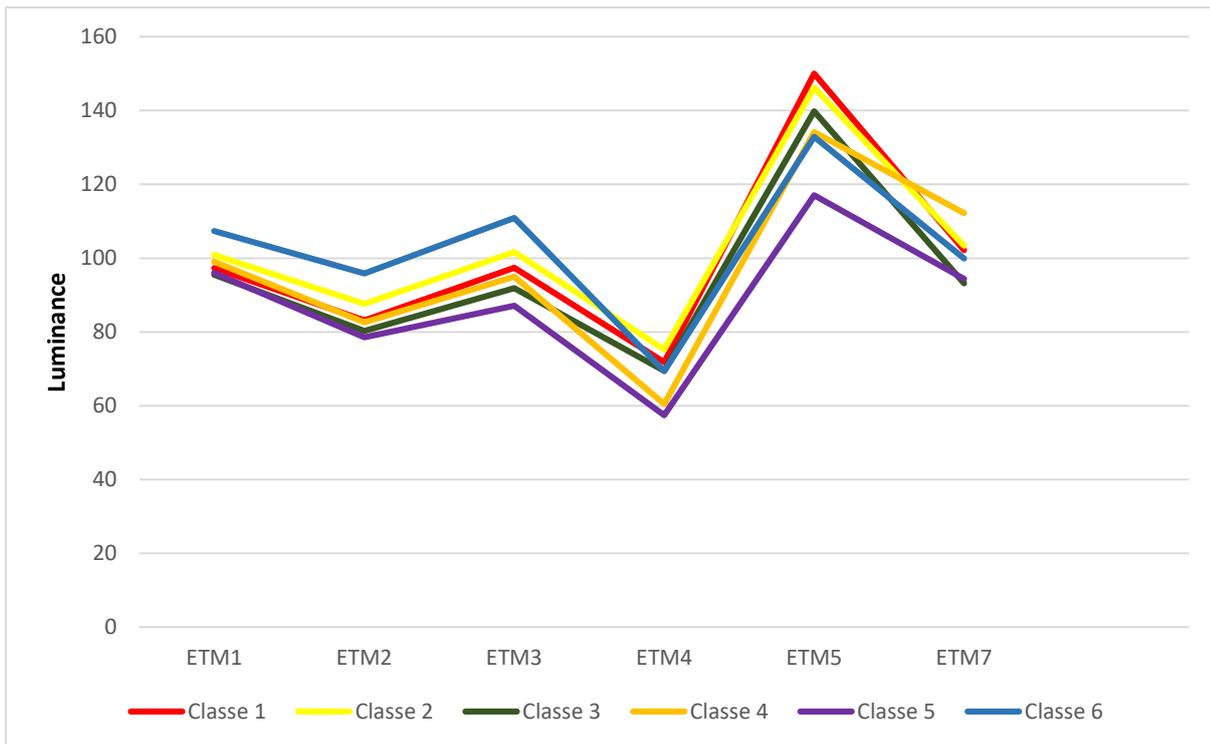


Figure 43 : Courbes radiométriques du masque espace non boisé de terre ferme.

Tous ces profils présentent la même allure avec des valeurs de luminance très faibles sur ETM4 et un pic supérieur sur ETM5. Il s'agit donc des espaces non boisés de terre ferme.

L'addition de tous les masques aboutit à la carte finale d'occupation du sol (Figure 44). En partant de cette carte, on analyse les statistiques radiométriques des classes correspondantes (Figure 45). Les profils radiométriques nous montrent que la classe 1 correspond à la courbe de l'eau avec une pente qui est largement décroissante et très faible entre ETM3 et ETM4. La Classe 2 est décroissante avec un léger pic sur ETM4, ce qui correspond à la mangrove. La classe des tannes et des rizières de mangroves sont décroissantes avec des valeurs fortes pour ETM3 et ETM5. La classe 5 pour laquelle on observe un pic de luminance sur ETM4, s'interprètent les boisements de terre ferme. La classe 6 correspond aux espaces non boisés de terre ferme dont le profil radiométrique enregistre un pic en ETM5.

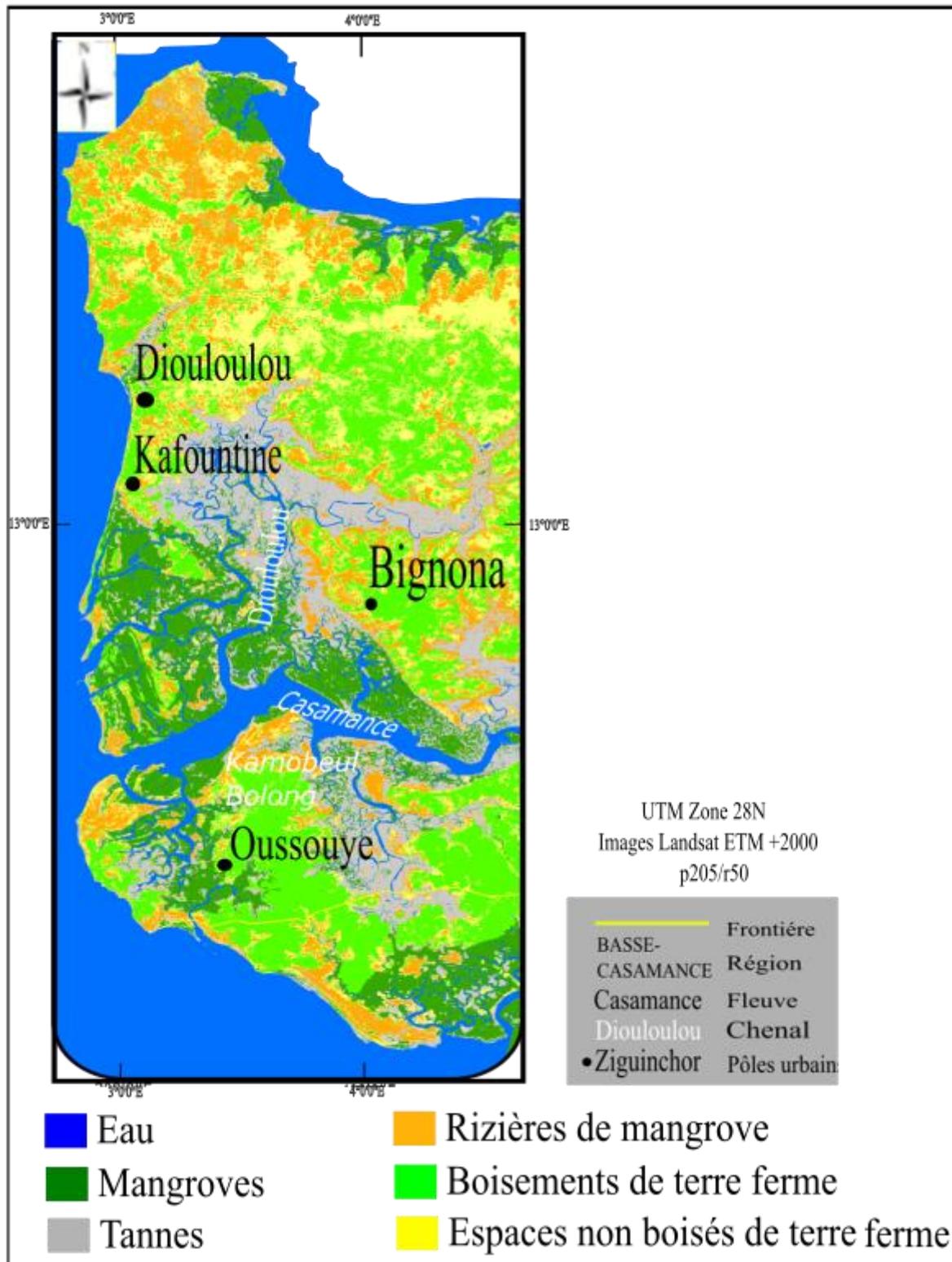


Figure 44 : Carte de l'occupation du sol au début des années 2000 de la Basse Casamance



Figure 45 : Courbes des moyennes radiométriques de la carte d’occupation du sol de la Basse-Casamance (2000).

2.1.6. Confrontation de la carte d’occupation du sol avec la réalité du terrain

Une confrontation de la carte d’occupation du sol au début des années 2000 avec la réalité du terrain a été effectuée pour chaque type d’unités écologiques sur l’ensemble de la zone. Dans un premier temps il s’agit de vérifier l’occupation du sol au temps présent selon la nomenclature précédente. Par la suite, pour évaluer la classification obtenue à partir de l’image 2000, nous avons construit une matrice de confusion. Pour la construire, on procède à la sélection des zones de contrôle digitalisés sur l’image Google Earth de 2000 (Figure 46) pour calculer les confusions pouvant exister entre les différentes classes de l’image Landsat de 2000 et de permettre ainsi d’évaluer la classification.

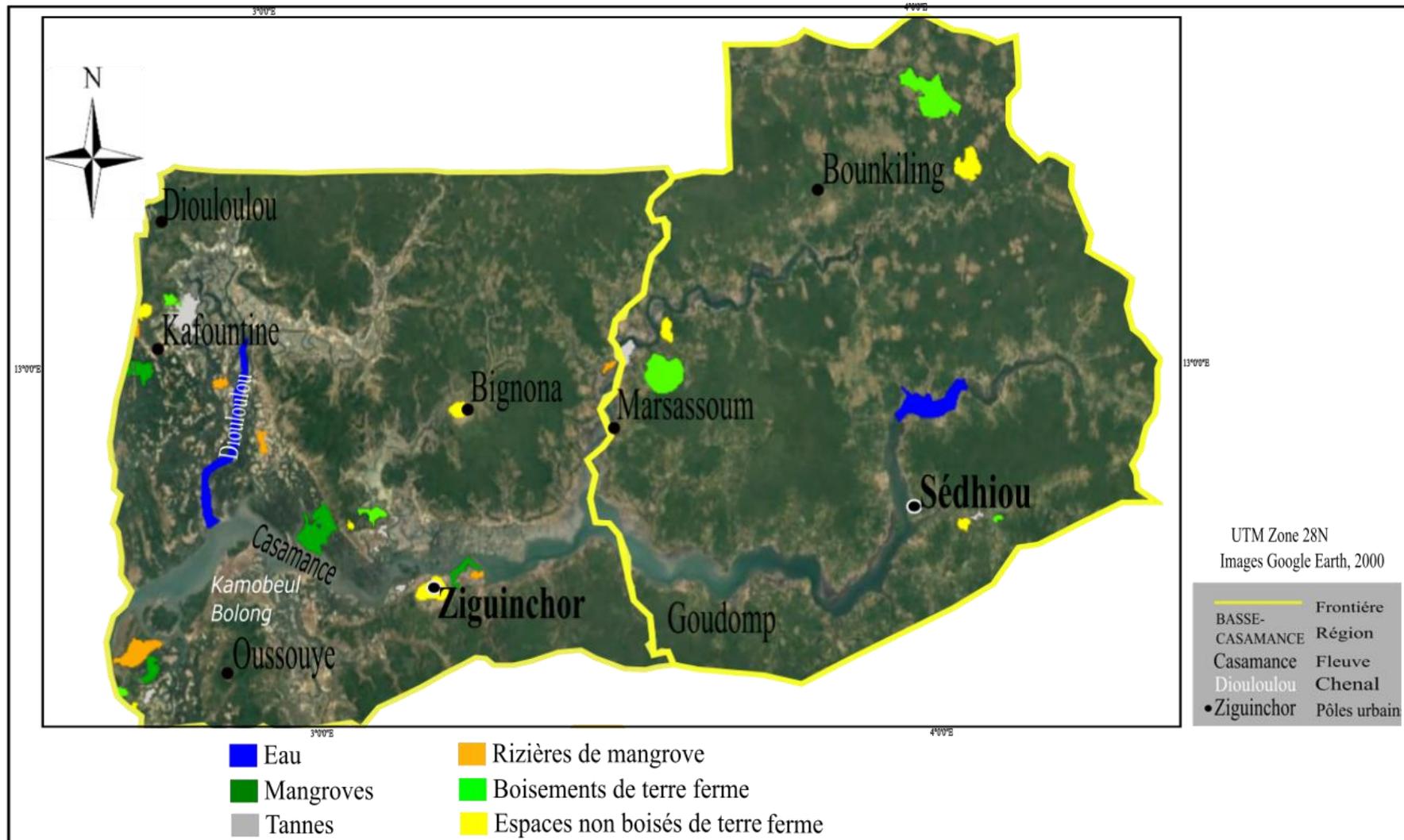


Figure 46 : Sites de vérité de terrain 2000 (en fonction des villages enquêtés)

La matrice de confusion montre que nous avons un indice Kappa de 0,95% ; ce qui montre l'exactitude et la fiabilité de la classification effectuée sur ses différentes classes thématiques. Elle est représentée par un tableau à double entrée dans lequel la "réalité de terrain", constituée de l'ensemble des données permettant de valider la classification, est reportée le long de l'axe horizontal tandis que les thèmes de la classification le sont sur l'axe vertical.

Tableau 4 : Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat 2000.

Classes affectées	Classe de reference						
	Eau	Mangrove	Tannes	Rizières de mangrove	Boisements denses	Espaces non boisés de terre ferme	Total
Eau	916	0	2	0	0	0	918
Mangrove	0	81	0	0	2	0	81
Tannes	1	0	106	0	0	0	107
Rizières de mangrove	0	0	0	48	0	1	49
Boisements de terre ferme	0	2	0	0	64	0	66
Espaces non boisés de terre ferme	0	0	0	4	0	15	19
Total	917	83	108	52	64	16	1240
Précision globale	95,19%						
Coefficient Kappa	0,95						

Dans cette section, nous avons présenté une méthode d'analyse des images satellite dans l'objectif d'une cartographie de l'occupation du sol. Cette méthode se base sur la combinaison entre

l'interprétation des compositions colorées et l'analyse multi-spectrale fondée sur l'interprétation des courbes spectrales à partir de la méthode de classification avec l'algorithme des nuées dynamiques.

La méthode a été appliquée à chacune des quatre scènes dont nous disposons dans les régions étudiées, aux deux dates. Globalement, malgré quelques imperfections liées aux dates de prise de vue des images, les résultats nous ont paru satisfaisants au regard de travaux antérieurs à cette étude. La reproductibilité est une exigence scientifique en particulier lorsqu'il s'agit d'une méthode qui vise à comparer les tendances caractéristiques de plusieurs régions. Par son fort potentiel de reproductibilité, cette méthode a le mérite de mettre en évidence des contrastes inter-régionaux dans l'évolution de l'occupation du sol entre les années 2000 et les années 2021.

La complémentarité entre l'interprétation des compositions colorées et l'analyse numérique basée sur l'interprétation des courbes spectrales est un atout important qui s'est avéré très utile dans la définition et la précision des catégories d'occupation du sol.

Les résultats obtenus par la méthode décrite feront l'objet d'analyses dans le chapitre (3). Elles permettront par la suite d'établir des cartes diachroniques ainsi qu'une quantification des états de surface.

2.1.7. Méthode d'élaboration des cartes diachroniques

L'analyse croisée de deux cartes thématiques permet de dresser des cartes diachroniques afin de mettre en évidence les différents changements d'occupation du sol entre les dates considérées (Fall, 2014 ; Marega, 2009 ; Ruster, 2009 ; Andrieu, 2008 ; Pahari et Murai, 1999). Cette méthode par croisement de deux ou plusieurs images a prouvé son efficacité d'après plusieurs auteurs (Marega et al 2021 ; Nutini et al 2010 ; Kiage et al 2007).

La méthode choisie pour produire ces cartes de changement consiste à croiser deux cartes d'occupation du sol à deux temps (T et T') sur le même espace. Dans un premier temps, ce croisement nécessite un recodage des cartes d'occupation du sol mises en place suivant une nomenclature et un ordonnancement identique des catégories d'occupation du sol. Un tel croisement n'est possible qu'avec des images de mêmes dimensions et géo-référencées avec les mêmes systèmes de projection. Nous avons donc établi des cartes avec les mêmes systèmes de projections (UTM zone 28 Nord pour la Casamance), et avec les mêmes nombres de lignes et de colonnes.

L'étape suivante consistera au recodage des classes qui va permettre de croiser les deux cartes d'occupation du sol par addition des images (Maréga et al 2021 ; Andrieu, 2008 ; Nagendra et al 2006 ; Masoud et Koike, 2005 ; Moreau, 2004 ; Pahari et Murai, 1999), avant un nouveau classement

suivant la nomenclature retenue. Nous avons ainsi identifié 13 classes (Tableau 5 ci-dessous) ne tenant compte que des changements représentés.

Tableau 5 : Liste des classes identifiées et retenue

N°	Listes des classes identifiées et retenues
1	Stabilités boisements de terre ferme
2	Progression boisements de terre ferme
3	Régression boisements de terre ferme
4	Stabilité espaces non boisés
5	Régression espaces non boisés
6	Stabilité mangrove
7	Progression mangrove
8	Régression mangrove
9	Stabilité rizières de mangrove
10	Régression rizières de mangrove
11	Stabilité tannes
12	Régression tannes
13	Surfaces en eau

Le résultat de l'addition fait apparaître trois types de changements. Il s'agit de la régression (disparition ou changement négatif), de la progression (apparition ou changement positif) et de la stabilité (sans changement). Les régressions correspondent à la transformation d'une classe en une autre en termes de diminution de sa surface initiale. Les progressions correspondent à l'augmentation de superficie d'une classe donnée. Elles se font au détriment des régressions et vice-versa. La stabilité traduit l'absence de changement.

Dans le contexte soudanien, il n'est pas pertinent d'établir une nomenclature trop détaillée avec un nombre pléthorique de classes dont la détection risque de manquer de robustesse. L'objectif, à cette échelle, est de cerner les grandes évolutions du paysage au cours des deux dernières années.

2.2. Rythme climatique et variation annuelle du NDVI

Dans un deuxième temps, la méthode doit permettre d'établir un lien entre les changements mesurés et cartographiés et la part des facteurs physiques et humains susceptibles de les expliquer, ceci est

approché en complétant le travail de télédétection en ayant recours à l'étude de l'évolution spatio-temporelle du NDVI.

Il existe plusieurs indices synthétiques d'activité de la végétation. Nous n'utiliserons ici que le plus connu d'entre eux, le NDVI. Celui-ci permet de modéliser les rythmes de l'activité photosynthétique de la végétation en rapport avec la distribution spatio-temporelle de la pluviosité. Le domaine soudanien, caractérisé par un gradient croissant du nord au sud de la pluviométrie et où la couverture végétale (ligneuse et herbacée) a un rythme de croissance dépendant des apports de la pluviosité, s'offre bien à ce type de modélisation de l'activité photosynthétique de la végétation. Sans ignorer toutefois les limites du NDVI, nous avons trouvé intéressant d'actualiser son étude en Casamance en prenant en compte la période de moindre déficit des pluies depuis 1980. A partir des synthèses bi-hebdomadaires du NDVI fournies par le satellite NOAA/AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) entre 1982 et 2015 et le « MODQ13 MODIS NDVI 16-day composite grid data » (MOD13Q1) de 2000 à 2019, nous calculons les cycles annuels de la végétation que nous mettons en relation avec la variabilité pluviométrique.

2.2.1. Données et méthode

Les séries temporelles de NOAA et MODIS sont régulières avec une résolution temporelle élevée, permettant des synthèses optimisées. Les données LANDSAT, même si à une résolution spatiale plus élevée, présentent une résolution temporelle beaucoup plus faible et, par conséquent, plus de bruit en tant que série temporelle (Singh, 2012). Les images à faible résolution spatiale utilisées pour cette étude sont des images NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Ces images sont fournies par les capteurs Terra NOAA AVHRR (*Advanced Very High-Resolution Radiometer*) et MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). Ces séries temporelles ont l'avantage de permettre d'analyser la dynamique saisonnière et interannuelle du couvert végétal ou l'évolution des conditions climatiques ou hydriques de développement de la végétation à un rythme temporel fin (Tucker et al 2005, Holben, 1986). Les valeurs de NDVI vont de (-1 à +1), avec des valeurs négatives correspondant à des surfaces autres que le couvert végétal (par exemple l'eau, les nuages), pour lesquelles la réflectance rouge est supérieure à la réflectance NIR. Pour les sols nus, les valeurs de réflectance sont à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, de sorte que le NDVI a des valeurs proches de 0. Les formations végétales ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,5, les valeurs les plus élevées correspondant au couvert le plus dense et le plus actif. Dans ces deux ensembles de données, les valeurs NDVI sont étendues de 0 à 8000 (NOAA) ou de 0 à 10000 (MODIS).

2.2.1.1. Données NDVI du satellite NOAA et MODIS

Les images NOAA utilisées ont une résolution spatiale de 8 km et une résolution temporelle de 15 jours. Ils sont issues du programme GIMMS (Global Inventory Modeling and Mapping Studies). Dans ce cas, la série s'étend de 1982 à 2015, soit 817 images sur 34 ans. Les données NDVI étaient disponibles jusqu'en 2020 mais pas pour les précipitations, par conséquent, cette série chronologique se termine en 2015. Le NOAA-7 (1981-1985), NOAA-9 (1985-1988), NOAA-11 (1988-1994), 9 (1994-1995), NOAA-14 (1995-2000), NOAA-16 (2000-2003), NOAA-17 (2004 à 2015) ont été utilisées pour constituer cette série d'images. Les satellites NOAA-6 à NOAA-14 ont cinq canaux : un dans le visible, un dans le NIR et trois dans le thermique. Le NDVI est donc calculé avec ces deux premiers canaux : le canal visible couvre la bande spectrale de 0,58 μm à 0,68 μm et le canal PIR couvre la bande spectrale de 0,72 μm à 1,10 μm . Cet ensemble de données a été corrigé pour l'étalonnage, la géométrie, les aérosols volcaniques et d'autres effets non liés aux changements de végétation. Les images ont une résolution de 8 km, ce qui se traduit par un puissant lissage de toutes les structures locales et écosystémiques pour ne transmettre que des informations phénologiques sur la couverture végétale globale. Ensuite, pour chaque série temporelle (par exemple 15 jours), la valeur maximale de chaque pixel est choisie (Roy, 1997). Il convient toutefois de noter que les interprétations des tendances de cet ensemble de données GIMMS NDVI dans les zones soudano-guinéennes doivent être prudentes (San Emeterio et al 2018) en raison d'une éventuelle saturation. Néanmoins, les statistiques présentées ici reposent peu sur des maxima puisque nous étudions statistiquement toute la série temporelle, donc toutes les valeurs de saison sèche. De plus, nous articulons ces données avec les données MODIS afin d'assurer la robustesse de nos affirmations. Néanmoins, le rapport entre la taille des pixels (8km) et la taille de la zone d'étude rend inutile l'interface cartographique de ces données. NOAA est ici étudié d'un point de vue statistique uniquement avec 817 images de 909 pixels. L'ensemble de données (NDVI-NOAA) s'étend de janvier 1982 à décembre 2015 et couvre en effet une longue période de changements significatifs pour l'Afrique de l'Ouest. Une période de sécheresse de 1982 à 1997 a été suivie d'un retour à des conditions « normales » plus humides depuis 1997 (Descroix et al 2015). La série chronologique commence donc au cœur de la période de sécheresse, englobant l'année 1984, qui est souvent considérée comme la plus sèche pour la grande majorité des stations. Elle ne permet pas d'étudier les évolutions liées au début de cette période de sécheresse, mais elle est particulièrement adaptée aux observations phénologiques à la fin des décennies de sécheresse et au début de la reprise pluviométrique. En général, les données GIMMS sont considérées comme bien corrélées avec d'autres jeux de données issus de capteurs AVHRR (Advanced Very High-Resolution Radiometer), mais aussi avec des

capteurs récents tels que MODIS, SPOT-VEGETATION, MERIS (Fensholt et Proud, 2012 ; Swinnen et Veroustraete, 2008 ; Fensholt et al 2006 ; Gallo et al 2005).

Le produit MODIS est un spectroradiomètre embarqué sur les satellites TERRA (EOS-AM) et AQUA (EOS-PM) lancés respectivement le 1er décembre 1999 et le 4 mai 2002 (Justice et al 2002). Il a été lancé par la NASA pour répondre aux exigences du programme Earth Observation System (EOS) : améliorer la compréhension de la dynamique de la Terre et des phénomènes naturels se produisant sur la terre, les océans et l'atmosphère (Touati, 2014). Ils sont également impliqués dans la validation de plusieurs modèles hydrologiques et climatiques, dans le suivi des changements globaux ainsi que dans la protection de l'environnement. Pour cette étude, seules les données du satellite TERRA ont été utilisées, la bande MODIS 6 sur AQUA (infrarouge moyen) ayant été fortement endommagée lors de son lancement (Salmonson et Appel, 2003). Ils offrent une couverture suffisamment large et une résolution suffisamment élevée pour étudier l'ensemble de la Casamance. De plus, elles sont gratuites, facilement téléchargeables, et sont prises en continu depuis 2000, et leur répétabilité temporelle est adaptée à une étude au pas de temps sous-saisonnier dont nous disposons. La résolution des produits MODIS est de 250 m. Pour notre étude, le produit « Indices de Végétation 16 jours L3 Global 250 m » a été choisi. Il est calculé à partir des produits de réflectance terrestre de base (MODIS Terra Surface Reflectances) qui ont été corrigés des effets atmosphériques et géométriques. Il s'agit de la série temporelle NDVI à plus haute résolution spatiale disponible aujourd'hui. La série chronologique s'étend de janvier 2000 à décembre 2019 et couvre ainsi la quasi-totalité de la Casamance. La profondeur rétrospective est donc bien inférieure à la NOAA, mais la résolution permet une cartographie pertinente. Cette étude a donc besoin à la fois des données historiques de la NOAA au détriment de la résolution spatiale et de la résolution spatiale de MODIS au détriment de la profondeur historique.

2.2.1.2. Données pluviométriques de la station de Ziguinchor

Pour compléter les données NDVI, nous avons obtenu des données journalières de l'ANACIM (Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie) pour la station de Ziguinchor, de 1982 à 2017, que nous allons corrélérer avec les données NDVI-NOAA et MODIS.

2.2.1.3. Méthode

La méthode consiste en une chaîne originale de traitements assez simples et fréquemment utilisés dans ce domaine (Figure 47). Tous les traitements et cartographies d'images sont effectués avec le logiciel Terrset.

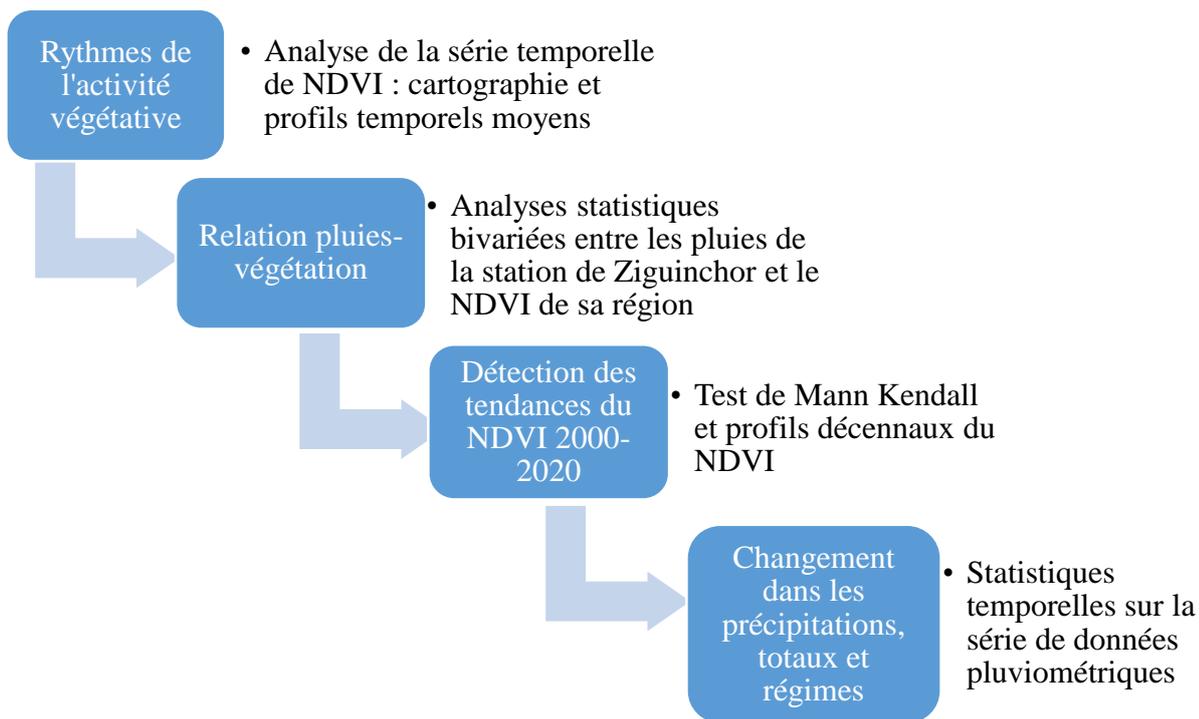


Figure 47 : Organigramme de la chaîne de traitement d'images NDVI-NOAA et MODIS pour l'étude des rythmes phénologiques.

2.2.1.3.1. Analyse spatiale : Classification par les rythmes phénologiques de l'activité végétale

Pour débiter l'analyse spatio-temporelle des relations pluie-NDVI, nous avons procédé à la cartographie des différents rythmes d'activité végétale pour étudier sa capacité spatiale. Au sein de la phénologie, seule la variation saisonnière de l'activité végétative est décrite ici comme une interprétation de la variation saisonnière du NDVI (Andrieu, 2017). À cette fin, une analyse en composantes principales a été effectuée sur l'ensemble de la série temporelle d'images NDVI en tant que variable unique en utilisant l'analyse en mode T direct sur la matrice de corrélation normalisée. Ensuite, une interprétation des composantes principales a été réalisée à l'aide de :

- la contribution des composantes principales et des valeurs propres (Figures 48 et 49),
- Examen des cartes (Figures 48 et 49),
- Examen des profils temporels des pixels aux coordonnées extrêmes de chaque composante principale.

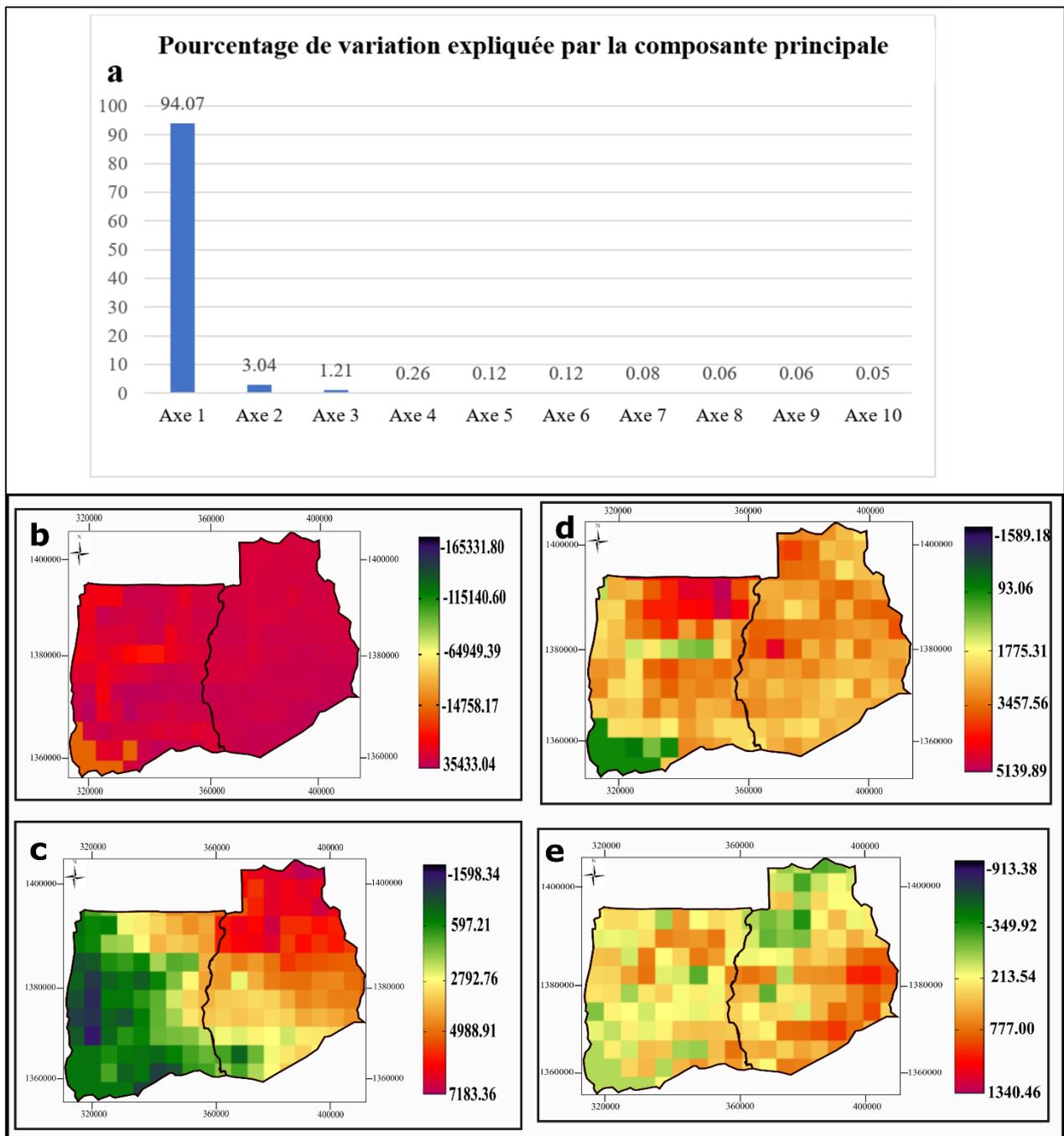


Figure 48 : Résultats de l'ACP sur les séries chronologiques de la NOAA. A : pourcentage de variance expliquée par chaque composante principale. B : coordonnées sur chaque pixel du 1er PC. C : coordonnées sur chaque pixel sur le 2ème PC. D : coordonnées sur chaque pixel sur le 3ème PC. E : coordonnées sur chaque pixel du 4ème PC.

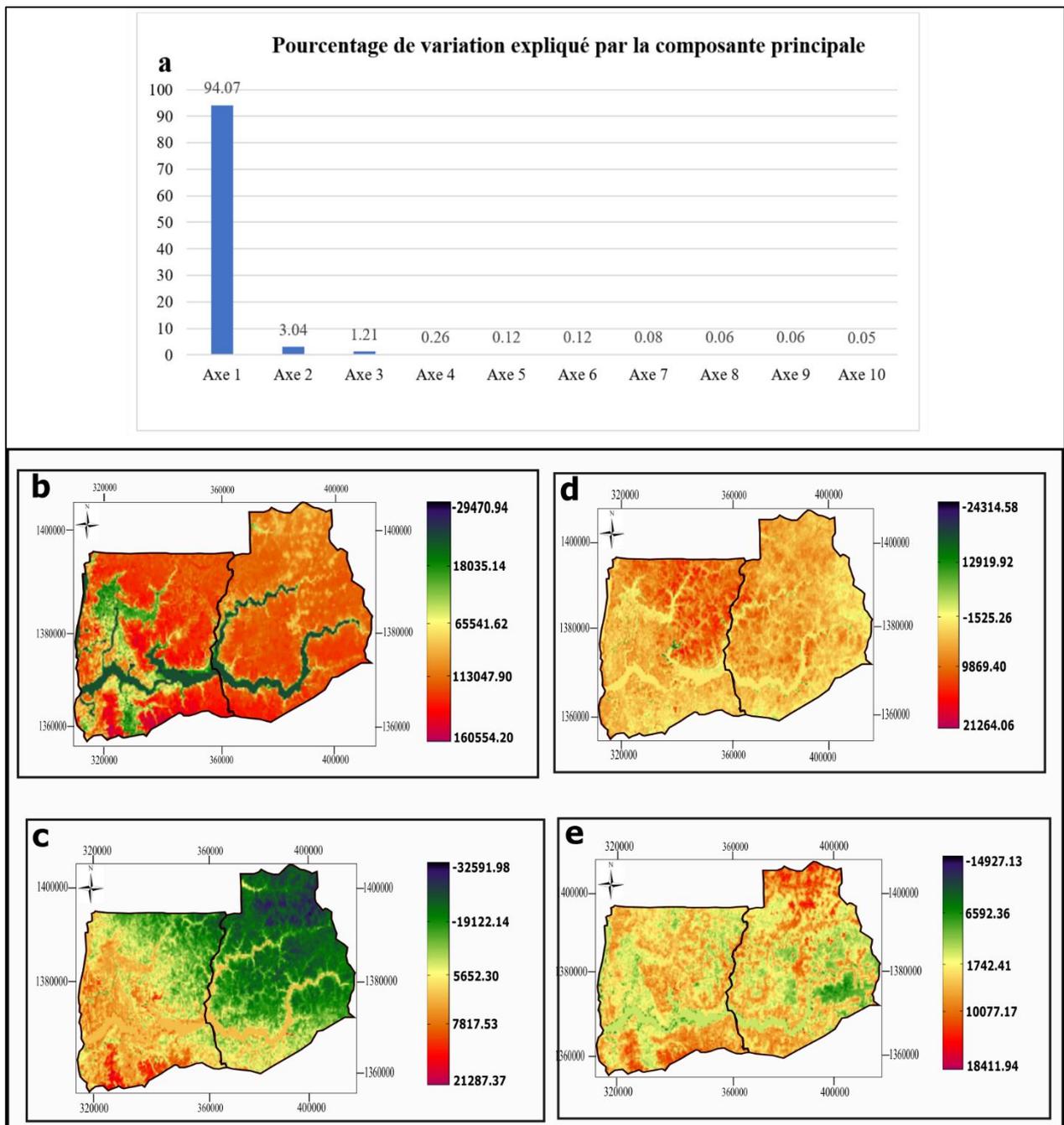


Figure 49 : Résultats de l'ACP sur les séries chronologiques. MODIS. A : pourcentage de variance expliquée par chaque composante principale. B : coordonnées sur chaque pixel du 1er PC. C : coordonnées sur chaque pixel sur le 2ème PC. D : coordonnées sur chaque pixel sur le 3ème PC. E : coordonnées sur chaque pixel du 4ème PC.

Cette interprétation permet de distinguer les composantes principales qui décrivent des structures spatiales et temporelles interprétables de celles à très faibles contributions et valeurs propres qui n'identifient que le bruit dans la série temporelle. Les huit (8) premières composantes principales ont été retenues ici. Ces huit (8) composantes principales ont été insérées en entrée d'un module de classification non supervisée utilisant l'algorithme K-Means (Diday, 1973). L'algorithme K-Means a

été testé avec différentes classes et sept (7) classes avec des centres de gravité bien définis ont ainsi été produites justifiant le choix de 7 classes. Deux d'entre eux concernent des plans d'eau ou des mangroves (dont les valeurs de NDVI sont souvent bruitées du fait de la présence d'eau) et ne sont pas inclus dans cette étude sur les écosystèmes terrestres. Ainsi, cinq (5) types de végétation sèche, différenciés par les rythmes de leur activité végétale ont été distingués. Ces cinq types sont cartographiés (Figure 58) et un graphique est produit représentant la valeur moyenne du NDVI sur 18 ans pour chaque période de 16 jours pour chaque classe (Figure 59).

2.2.1.3.2. Analyse temporelle : Corrélation de Kendall et comparaison décennales des courbes de NDVI

Le traitement statistique des séries chronologiques des données NDVI-NOAA et MODIS a été réalisé en deux parties. La première consistait à déterminer s'il existait une tendance dans chaque série temporelle constituée par chaque pixel d'une image. La deuxième partie consistait à décrire les changements en termes de patrons annuels moyens d'activité végétale entre les deux périodes. Le test de tendance de Mann-Kendall a été utilisé pour la première partie. Le choix d'un test de tendance dépend de plusieurs critères, dont la taille de l'échantillon, la distribution de la variable d'analyse et la nature des tendances attendues (Chaouche *et al* 2010). Le test de Mann-Kendall (avec saisonnalité) a été choisi pour sa robustesse avérée (Kundzewicz & Robson, 2004 ; Yue & Pilon., 2004 ; Chaouche *et al* 2010 ; Lopez et Leynet, 2011) et parce qu'il est non paramétrique (il ne fait aucune hypothèse sur la distribution sous-jacente des données). Les tests de Mann-Kendall sont basés sur le calcul du *tau* de Kendall mesurant l'association entre la valeur mesurée (NDVI) et le rang de l'observation dans la série temporelle. Le calcul est associé à des tests de signification où la probabilité (p) représente la mesure de la nécessité de rejeter une hypothèse nulle. Les cartes d'importance ne seront pas présentées, mais seules les tendances significatives sont apparentes sur la carte et les graphiques. De plus, il est important de noter que toutes les corrélations fortes (négatives ou positives dans les cartes publiées) sont significatives au test $P < 0,1$. Les mêmes traitements ont été effectués sur les deux séries temporelles (MODIS et NOAA) Ensuite, la série NOAA NDVI a été scindée en deux périodes de part et d'autre de la date limite de 1997 séparant la période sèche de la période normale actuelle. Les courbes moyennes (pour ces deux périodes) des classes ont ensuite été tracées dans un graphique montrant quel changement saisonnier a été détecté par la corrélation de Kendall.

2.2.1.3.3. Statistiques climatiques et corrélation

Nous avons essayé de comprendre le rythme annuel de la végétation de la Casamance en distinguant différents rythmes correspondant à différentes formes de végétation et de voir s'il existe une concordance entre ces rythmes annuels et le régime pluviométrique. À cette fin, les données pluviométriques quotidiennes ont été additionnées aux pas de temps des différentes séries d'images

NDVI pour obtenir des données temporellement synchrones. Ensuite, les corrélations entre les précipitations et le NDVI ont été calculées :

- Sur une sélection de pixels secs dans un rayon de 10 km autour de la station météo de Ziguinchor - En calculant les corrélations de Bravais Pearson, de manière synchrone, puis décalée en testant les différents décalages et les différents cumuls à la recherche de la corrélation la plus élevée.

2.3.Méthode d'enquête de terrain et d'analyse des données

Cette dernière étape est consacrée à la réalisation des enquêtes de terrain par entretiens semi-dirigés dans les villages de la Casamance, auprès de différentes composantes sociales : acteurs locaux, services étatiques, éleveurs transhumants, paysans. Sur le terrain, nous avons mis en pratique cette méthode avec le souci de couvrir largement les régions étudiées à travers le choix d'un échantillon de villages. Elles doivent renseigner sur la question centrale de la perception et des représentations sur les différents changements intervenus au cours de ces dernières et les impacts de leurs activités sur ce milieu. Des changements qui sont mis en rapport avec l'évolution de la pluviométrie et des pratiques paysannes.

2.3.1. Le choix des villages

Le choix des villages enquêtés se base sur les résultats des cartes de changements à l'échelle régionale avec leurs principales cinématiques. De plus ces villages ont été choisis en tenant compte de leur position géographique, de leurs caractéristiques environnementales et socio-économiques ainsi que de leur accessibilité car certains villages sont non desservis par les voies de communication.

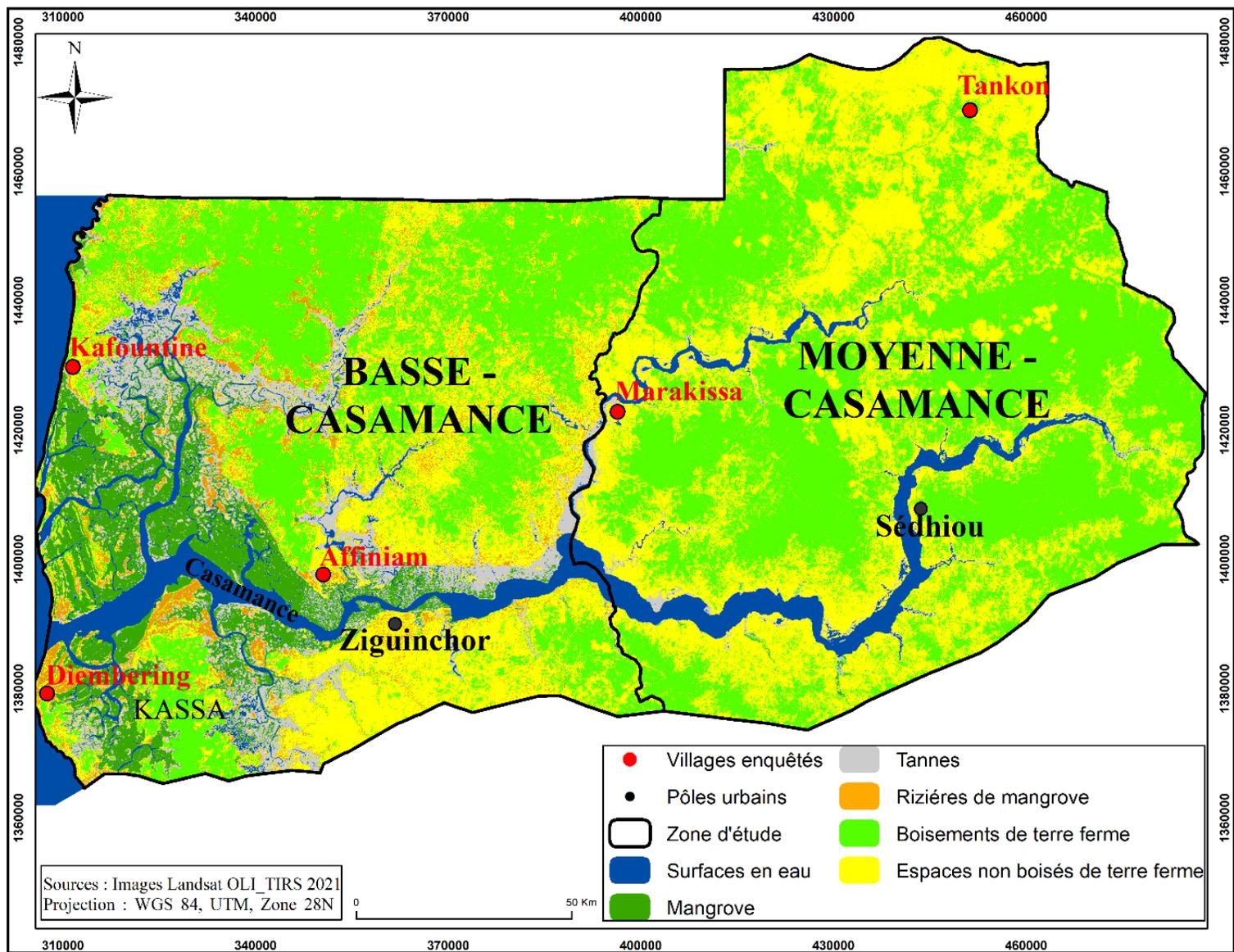


Figure 50 : Carte de localisation des villages enquêtés

Avant le déroulement de ces entretiens, des visites guidées ont été effectuées avec les personnes habitant dans le village pour une observation des pratiques qui s'exercent sur ce milieu pour pouvoir les décrire et la visite des sites ayant connu des changements. Ce qui nous permettra de préparer les entretiens avec les personnes-ressources.

2.3.2. Enquêtes par entretien

Ces enquêtes s'effectuent en deux temps : d'abord il s'agit de collecter par entretiens semi-dirigés le maximum d'informations sur le fonctionnement du village, les pratiques agro-sylvo-pastorales, l'évolution de la ressource et les stratégies. Ces entretiens sont ensuite analysés, notamment pour la comparaison des villages entre eux, par des analyses lexicométriques.

2.3.2.1. Les enquêtes par entretiens semi-directifs

Pour une meilleure compréhension des pratiques sur le milieu et la perception de l'environnement, les enquêtes par entretiens semi-dirigés sont menées. Ces entretiens permettent d'enregistrer de longues descriptions des pratiques par les villageois lesquelles peuvent permettre d'analyser les perceptions et les discours. Cependant, les enquêtes par questionnaire ne sont pas effectuées dans le cadre de cette étude parce qu'elles n'offrent que très peu d'information sur la description des pratiques et surtout peu d'éléments de réflexion sur les discours tenus par les enquêtés et leurs perceptions. Toutefois, dans certains cas, les questions sont laissées ouvertes en raison de la nature d'information recherchée.

Dans ce type d'entretien semi-directif, l'échange n'est ni entièrement ouvert, ni cadré par un trop grand nombre de questions précises et orientées. Selon Combessie, (2007), cette méthode d'enquête permet aux personnes interviewées d'exprimer « leurs perceptions d'un évènement ou d'une situation, leurs interprétations ou leurs expériences ». Ce genre de méthode se révèle utile lorsque l'objectif est de détecter des préoccupations inconnues de l'enquêteur au départ de l'analyse, d'éclairer le sens que les personnes enquêtées donnent à leurs pratiques, de mettre à jour leurs représentations. Ce choix se justifie ici car il va donner accès aux motivations des populations rurales dans le choix de telle ou telle pratique et permettre ainsi d'appréhender le sens qu'ils donnent à leurs pratiques. De plus, il s'agit d'une méthode qui, par sa souplesse, permet de saisir des informations qui sont a priori plus subjectives qu'objectives. Les entretiens, pour ouverts qu'ils soient, s'appuient sur un guide thématique qui aide le chercheur à aborder l'ensemble des questions qui l'intéressent.

Nous avons pu collecter les informations auprès de groupes d'acteurs locaux qui utilisent les ressources d'un même territoire à l'aide d'enquêtes participatives. Ainsi, 100 entretiens ont été réalisées dans le cadre de cette étude dont 20 dans chaque village. L'ensemble de ces entretiens ont été effectués entre octobre-novembre-décembre 2021 et 2022. Parmi, la centaine de personnes qui ont bien voulu répondre à mes questions, on trouve une grande variété d'acteurs représentant les différentes activités ou statuts des habitants d'un village : guérisseur, agent forestier, agriculteur, berger, brigadier forestier, bûcheron, charbonnier, chef de village, chef de famille, conseiller rural, directeur école secondaire, doyen, femme, forgeron, groupe de pêcheur, institutrice du village, premier adjoint au Maire et responsable radio.

Toutefois dans certains cas, les questions doivent être laissées ouvertes, pour des raisons techniques ou en raison d'information à chercher ensuite. La principale limite de cette méthode d'entretien, ressentie sur le terrain, est qu'elle prenait en compte une multitude de préoccupations en même temps. Ceci a induit quelquefois de très longues séances d'entretien pouvant avoir un impact sur le temps de travail de nos interlocuteurs qui nous recevaient souvent aux moments coïncidant aux heures de travail habituel.

Plus que sur un questionnaire, le procédé s'appuie sur un guide d'entretien thématique qui est détaillé ci-dessous (Tableau 6)

Tableau 6 : Guide d'entretien thématique

Guide d'entretien :

A- Activités économiques du village

- Localisation
- Répertoire ses activités
- Importance de ses activités (population et environnement)
- Planning de ses activités pendant les saisons
- Activités effectuées dans la mangrove
- Activités effectuées dans la terre ferme
- Apport des activités agro-sylvo-pastorales

B- Modifications observées dans l'écosystème forestier

- Observation des changements paysagers
- Description de ses changements
- Causes de ses changements
- Impacts (sur les espèces forestiers, l'homme...)

C- Bois

- Préférence dans l'utilisation et l'exploitation du type de bois (mangrove et terre ferme)
- Effets de l'exploitation du bois sur la forêt de mangrove et de terre ferme
- Estimation de la quantité de bois exploité (journalière, mensuelle, annuelle)
- Respect des règles de gestion

D- Feux de brousse

- Fréquence des feux de brousse (par mois et pendant l'année)
- Causes
- Sites touchés par ses feux
- Effets du feu sur le couvert végétal
- Effets du feu sur l'agriculture et l'élevage
- Gestion de ses feux

E- Les activités agro-sylvo-pastorales

- Problèmes rencontrés par les éleveurs pendant la saison sèche avec le bétail ?
- Problèmes entre les éleveurs et les agriculteurs ?
- Disposition du nombre de champs agricoles (hectares) ?
- A qui appartiennent ses terres agricoles ?
- Défrichez-vous des arbres pour augmenter les terres agricoles ou vergers ?
- Existe t'elles des cultures qui ont disparu ?
- Explication de leurs disparitions ?

F- Gestion des ressources forestières

- Droit d'accès à la ressource
- Implication dans l'élaboration des règles de gestion
- Respect des règles de gestion
- Effets de cette gestion sur la ressource

Une fois au village et face à la personne ressource à interviewer, la méthode d'enquête requiert que l'on aborde dans un premier temps des questions simples ouvertes et purement descriptives, en laissant libre choix à l'enquêté de développer sa réponse suivant sa propre perception. Ainsi au fur et à mesure de la progression des échanges, d'autres questions surgissent suivant la logique définie sur la grille des thèmes. Dans la mesure du possible, nous avons sollicité et parfois obtenu qu'un ou plusieurs villageois enquêtés fassent la visite guidée autour du village et de ses différents lieux : zones des champs défrichées, zones de reboisements, zones de pâturages pour les troupeaux du village, les espaces protégés etc. Dans certaines localités, généralement les plus importantes, telles que Affiniam, Marakissa et Tankon le chef du village peut cumuler plusieurs fonctions : il est à la fois le chef du village, le président du comité de gestion (PCG) et le président de la protection et la préservation de l'environnement entre autres. Ce qui fait que localement ils sont incontournables sur certaines questions relatives à l'évolution des activités agropastorales et aux ressources naturelles et à leurs modes de gestion.

En plus des entretiens, 10 focus-group ont aussi été organisés pour essayer de toucher un plus grand nombre de personnes dans un temps plus court, mais avec tous les inconvénients qu'une discussion de groupe peut engendrer. Lors des focus groupes, le nombre de personnes y assistant variait de 10 à 15, parmi lesquels seuls cinq à dix personnes participaient activement aux débats, le but du focus group étant de confronter les points de vue. Sur nos terrains d'étude, les agropasteurs ont tendance à se rassembler spontanément et à former ce que nous avons appelé des groupes d'échange, où chacun donne son avis par rapport aux questions posées par l'enquêteur. L'interaction et la dynamique de groupe permet ainsi d'avoir des informations riches, variées et souvent complémentaires.

J'ai eu des échanges avec des paysans qui vendaient des fagots de bois ou qui étaient en train de faire les premiers travaux de défrichage, des femmes qui allaient chercher l'eau, des éleveurs qui se promenaient avec leur bétail à la recherche de fourrages, des enfants ramassant du bois, mais aussi avec des artisans (forgerons, bûcherons), ou encore des agents forestiers. Chaque acteur a une relation particulière avec la forêt, mais il existe aussi des relations entre acteurs qui sont à prendre en compte, surtout dans un contexte d'étude où certaines pratiques sont interdites comme la coupe du bois et la fabrication du charbon de bois. Aussi, le respect de l'anonymat des acteurs a été primordial pour qu'une véritable relation de confiance puisse s'établir y compris avec ceux dont les pratiques étaient illégales.

Ayant déjà réalisé un stage en zone soudanienne dans le cadre de ma maîtrise de géographie, je ne partais pas en terrain inconnu. Cette première expérience m'avait permis de réaliser à quel point un questionnaire fermé était réducteur, que ce soit pour l'enquêteur ou pour l'enquêté. En effet, si ce

genre de questionnaire est bien adapté aux très grandes enquêtes, les personnes interrogées sont contraintes à faire des réponses courtes, ce qui empêche le plus souvent aux interlocuteurs (l'enquêteur et l'enquêté) de pouvoir aborder des thèmes non prévus par le questionnaire (Blanchet et Gotman, 2010 ; Ghiglione et Matalon, 1978).

Ici, l'important était de faire « parler » et d'observer les acteurs dans leurs relations avec la forêt. C'est pourquoi nous avons choisi la technique de l'entretien dirigé.

2.3.3. Méthode d'analyse des entretiens

Plusieurs méthodes existent pour analyser les données issues des entretiens. Le choix a consisté à se laisser guider par les techniques de la lexicométrie. Cette méthode a été choisie pour appréhender de façon exhaustive les informations recueillies auprès des acteurs. Les réponses sont ainsi analysées dans le but de comprendre la manière dont les acteurs, perçoivent l'évolution de leurs ressources, de leurs activités et par quelles pratiques ils s'adaptent aux différents changements. Ainsi, le corpus des discours est soumis aux traitements statistiques à travers le logiciel Lexico 3 développés par Salem, 1987 et Lebart et Salem, 1994). Nous commencerons par analyser l'ensemble des textes réunis dans tous les entretiens afin d'en mettre en évidence les caractéristiques principales. Dans un second temps, nous analyserons une série d'entretiens plus restreinte des deux grands groupes d'acteurs, (gérants et usagers de la ressource) afin d'en cerner plus précisément les principales différences et ressemblances.

2.3.3.1. Etapes de traitement

L'analyse textométrique de notre corpus d'entretiens est définie comme une série d'analyses statistiques que nous proposons de présenter dans cette section en six points :

2.3.3.1.1. Partition et segmentation des textes

C'est la division du texte en formes graphiques : les mots, et expressions (segments répétés). Elle est réalisée automatiquement par le logiciel d'analyse textuelle. L'analyse lexicométrique étudie la répartition dans les textes d'unités complexes (lemmes, segments répétés, cooccurrences, types généralisés). La partition consiste à diviser le texte en unités comparables au moyen de balises qui jalonnent le texte (Maréga, 2016). Ces unités constituent des clés de lecture (Tableau 7), des variables permettant d'analyser l'ensemble du corpus et d'effectuer des analyses comparatives de différentes parties du corpus. Il s'agit donc de placer des balises devant chaque partie de texte différente de la partie précédente ou suivante. Les divisions peuvent être emboîtées ou indépendantes (Longrée et *al* 2006). Dans le cas présent, on peut diviser un texte selon les activités pratiquées sur le

milieu, l'ethnie, la localité, au sein desquelles on va distinguer les discours des villages. On peut également, indépendamment des villages placer des balises décrivant les caractéristiques des acteurs (catégorie socio-professionnelle, sexe, âge, ...) pour comparer entre eux les discours des acteurs quel que soit le village. Ce balisage du texte a été réalisé lors de la retranscription (Tableau 7).

Tableau 7 : Exemple de mise en forme du texte d'un entretien préalable à une analyse textométrique : extrait du corpus Tankon

<Entretien=1>,<mois=08>,<Acteur=Paysan>,<Localité=Tankon>,<Age=Vieux>,<Ethnie=Peul>

§Je suis Alcaly Diallo, chef de village de Tankon. Tankon est un village qui fait partie de la région de Sédhiou. Il fut créé en 1800 par leurs parents peuls qui étaient originaires du Fouta Toro. Ce village se compose de douze quartiers à savoir : langoubara, langounda, langoundé, koubédia, bouboune, langoudjodou, langouthié, langoupalé, langoubadiala, linkounda, simitou et sinhiboumbouni. Les Peuls constituent l'écrasante majorité de la population. Il se trouve à 73 km de Sédhiou et se situe dans le département de Bounkiling particulièrement dans la commune de Diamacouta. Ce village se compose de 2316 habitants.

§Les principales activités du village sont l'agriculture (mil, maïs et arachide), l'élevage, la coupe du bois de terre ferme et l'activité de l'anacarde. Ses activités se font de manière individuelle. D'après les propos du chef de village, il a été déclaré que la pratique de ses différentes activités est si importante parce qu'elle participe depuis très longtemps à leurs moyens de subsistance. En plus de cela, c'est devenu une source de revenus pour cette population.

§Ces activités se font selon un calendrier qui tient compte à la fois de la saison, de la disponibilité du produit et de la main-d'œuvre. Parmi toutes ses activités, c'est l'arachide et la noix de cajou qui sont commercialisées, le reste (mil et maïs) est destiné à la consommation.

§Chaque cultivateur dispose au moins cinq hectares de champs d'arachide dans le village. Le kilogramme d'arachide coûte 500 FCFA et le sac d'arachides à 6100 FCFA. Pendant l'année, pour ceux ou celle qui disposent d'un hectare de champ d'arachide, ils peuvent vendre 20 sacs, ce qui leur rapporte 122 000 FCFA. Tandis pour ceux qui disposent plus de 5 hectares, leur chiffre d'affaires tourne autour de 610 000 FCFA pendant l'année.

§Ils ont constaté aussi que la production agricole a diminué ces deux dernières années (2019-2021) à cause du manque de main-d'œuvre, mais aussi ils n'ont pas d'appui technique et financier pour l'achat de motoculteurs ou de tracteurs, dont ils pensent qu'ils les rendraient autosuffisants.

§Quant à la filière anacarde, cela fait six ans (2015-2021) que les revenus de ses populations connaissent une amélioration significative avec une bonne production, d'un prix de vente du kilogramme de noix qui est à 500 FCFA. En effet, les populations gagnent en moyenne 600 000 FCFA voire 1 500 000 FCFA pendant l'année sur des superficies variant entre 1 et 2 ha. §Ce qu'ils gagnent, c'est ce qui leur permettra d'acheter des intrants pour la production de l'arachide pendant l'hivernage.

§En dehors de l'exploitation de l'anacarde, les populations disposent d'autres sources de revenus. Ces revenus proviennent des plantations de manguiers, des agrumes (citrons, oranges, Pamplemousses) et des bananeraies. Ces différentes plantations permettent d'avoir des revenus moyens, respectivement de 150 000 FCFA pour les plantations de manguiers, 100 000 FCFA pour les agrumes, et 300 000 FCFA pour la bananeraie.

§Tankon est doté aussi d'importantes ressources forestières et agricoles qui la placent parmi les villages potentiellement les plus productifs du département de Bounkiling, néanmoins, le processus d'évolution des

Une fois ce balisage réalisé manuellement, la segmentation du texte est réalisée automatiquement via le logiciel (ici LEXICO 3). Cependant, une segmentation en formes graphiques constitue une première étape nécessaire qui permet tout à la fois : d’obtenir une première estimation des principales caractéristiques lexicométriques du corpus (nombre d’occurrences, de formes, d’hapax, fréquence maximale) ; de réaliser les premières typologies sur les parties du corpus ; de localiser les erreurs qui subsistent après les premières corrections (Tableau 8).

Tableau 8 : Segmentation du texte

TRAITEMENT DES ENTRETIENS CASAMANCE	
9731	9731 2006 8345 1997 575 1217 5000000 10 0 0 0 0
*** Résultat de la segmentation du fichier : TRAITEMENT DES ENTRETIENS CASAMANCE.TXT ***	
Délimiteurs.,; !?/_-\“‘ () [] {} \$\$	
Nombre des occurrences :	8345
Nombre des formes :	1997
Fréquence maximale :	575
Nombre des hapax :	1217

Le tableau 8 fait apparaître les principales caractéristiques par partie suivant la partition choisie. La colonne occurrences indique le nombre des occurrences des formes répertoriées. La colonne formes indique le nombre de formes graphiques présentes dans chaque partie. La colonne des hapax indique, pour chaque partie, le nombre des formes qui n’apparaissent qu’une fois dans la partie. La colonne fréquence maximale indique le nombre des occurrences de la forme la plus fréquente, que l’on retrouve dans la dernière colonne.

2.3.3.1.2. Analyse des Fréquences

Il est possible de calculer les fréquences absolues de chaque mot ou de groupe de mots qui possèdent un lien sémantique et aussi de chaque segment répété (suite de mots dont la fréquence est supérieure à 2 dans le corpus). Les formes ainsi regroupées peuvent ensuite être manipulées comme des unités statistiques (Tableau 9). Par l’examen des fréquences absolues d’utilisation dans l’ensemble du texte,

on peut choisir les mots ou segments répétés qui, d'une part, sont thématiquement intéressants, et d'autre part, présentent une fréquence suffisante pour en étudier la distribution (Lebart et Salem, 1994). Cet outil offre l'avantage de pouvoir étudier de plus près les termes les plus fréquemment employés par les interlocuteurs lesquels peuvent éventuellement renvoyer à des réalités, à des idées, ou à des représentations intéressantes à étudier.

Tableau 9 : Fréquence d'utilisation des mots les plus utilisés dans l'ordre décroissant.

Formes	Fréquences
De	840
La	795
Les	775
On	662
Et	556
Le	443
Des	330
À	256
Villages	243
Populations	230
.....
Bois	175
Arbres	150
Mangrove	111
Feux	89
Coupe	81
Progression	79
Riziculture	76
Anacardes	70
Sécheresse	69
Pluies	65
Vergers	60
Reboisements	55
Animaux	48

L'examen des fréquences des occurrences dans ce corpus montre que les mots les plus souvent répétés sont les mots génériques, comme *de* utilisé 840 fois, puis apparaissent progressivement les mots ayant un intérêt thématique. Le premier mot, sur la thématique des formations végétales est le mot *bois* utilisé 175 fois puis *arbres*, 150 fois. Ainsi, ces mots peuvent être examinés dans leurs fréquences relatives par parties.

2.3.3.1.3. Analyse des spécificités

Cette méthode mesure les variations de la fréquence d'une occurrence (forme, mot ou groupe de mots) dans un texte segmenté, en fonction d'un seuil choisi par l'analyste (Lamalle et Salem, 2002). Il indique si la fréquence observée dans telle ou telle partie, peut être considérée comme « normale »

ou « spécifique » de cette partie du texte. D'après Labbé et Labbé, 2001 : « On calcule une probabilité pour qu'une forme de fréquence F apparaisse K fois dans la partie i . Cette probabilité atteint son maximum à l'espérance mathématique, c'est-à-dire la « fréquence attendue dans la partie i . Si la fréquence observée n'est pas égale à cette fréquence attendue » :

- si elle significativement plus grande, on parle alors de spécificité positive : le mot est, d'après le calcul hypergéométrique, significativement « sous-employé » dans la partie considérée.

- si elle significativement plus petite, on parle alors de spécificité négative : le mot est, d'après le calcul hypergéométrique, significativement « sur-employé » dans la partie considérée.

La figure 51 est un exemple d'analyse des spécificités des termes qui évoquent les mots liés aux activités agro-sylvo-pastorales dans la région de la Casamance. Ces mots varient considérablement selon le discours villageois. Ainsi, on observe dans cette figure que la riziculture est spécifiquement positive en Basse Casamance tandis que la culture de terre ferme sont positivement spécifiques à Sédhiou et négativement spécifique des autres villages.

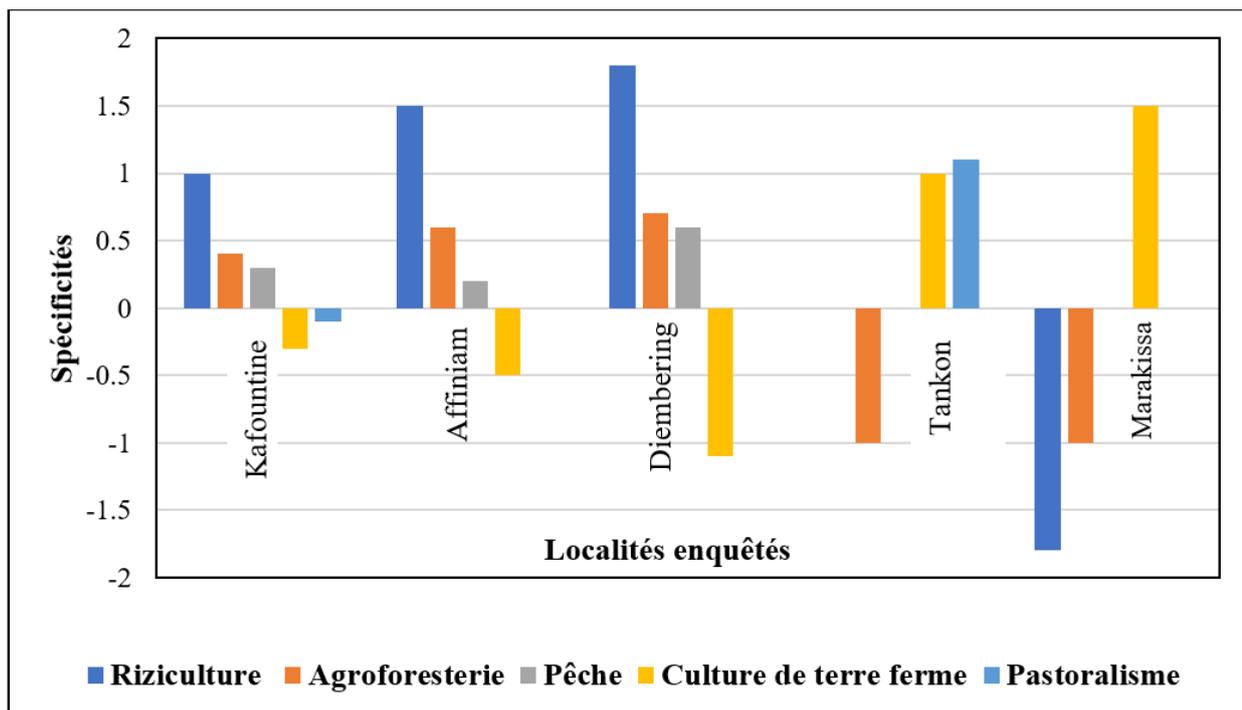


Figure 51 : Spécificités d'emploi de quelques mots liés aux activités

2.3.3.1.4. Analyse contextuelle/ concordances de certains mots-clés

L'analyse des concordances permet non seulement d'accéder au contexte, mais aussi de classer les occurrences en fonction de ce contexte. En effet, on peut classer le contexte avant ou après le mot choisi par ordre alphabétique, ce qui permet de repérer des segments répétés. Pour chaque mot ou

forme, on peut étudier l'ensemble des occurrences à partir de l'index du corpus. Ainsi, un mot peut avoir plusieurs sens en fonction de son contexte d'utilisation. Aussi, il est nécessaire de faire une vérification du sens dans chaque utilisation. Le tableau 10 montre un exemple de concordance qui permet d'analyser le contexte dans lequel le mot « *feux* » est utilisé par les agropasteurs de la région de Casamance. Ces résultats permettent de mieux cerner la façon dont les personnes rencontrées dans cette région considèrent les effets dévastateurs de ses feux de brousse et leurs conséquences sur les ressources agro-forestières et les activités d'élevage.

Tableau 10 : Exemple de concordances sur la forme « feux » d'après les entretiens réalisés à Tankon (Sédhiou)

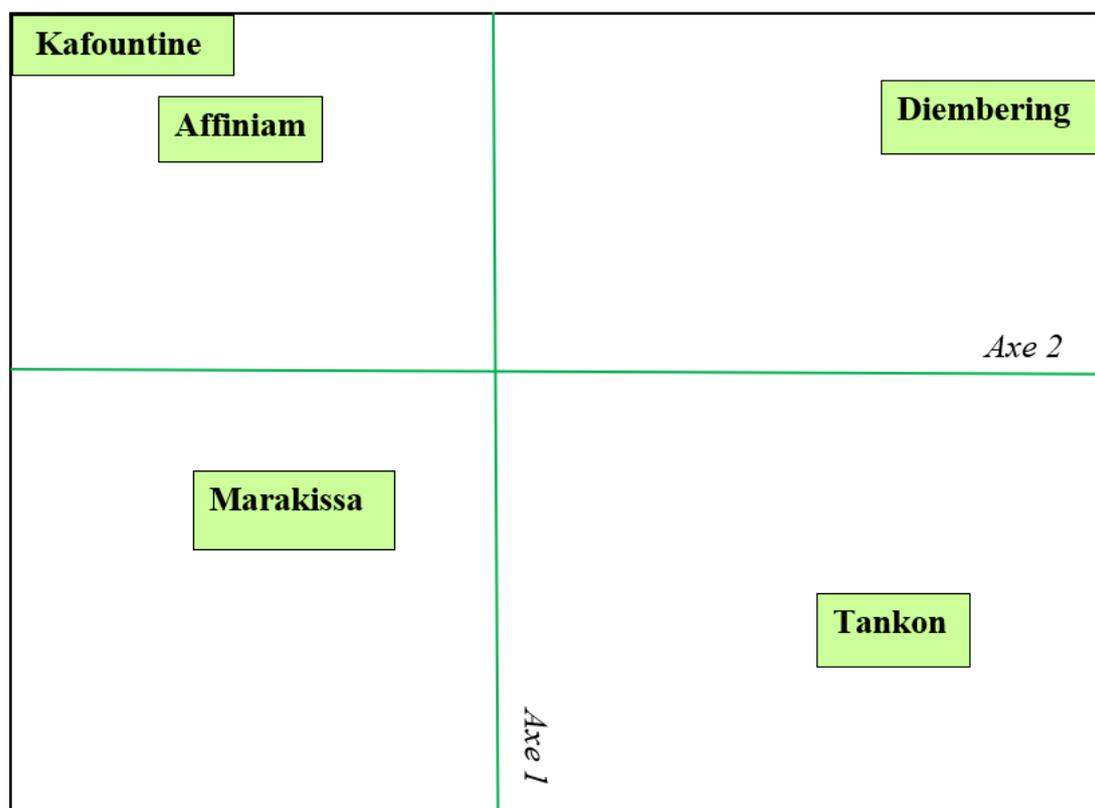
Partie : Casamance, Nombre de contexte : 27

environnementaux importants à cause des **feux de brousse** qui sont devenus les premiers
ce , suivis par la coupe du bois . Les **feux de brousse** sont d'origine anthropique,
t hameth) qui allument délibérément des **feux de brousse** afin d'échapper aux poursuites
e , sont essentiellement à l'origine des **feux de brousse** déplorés dans le village .
de son champ d'anacardier à cause de ses **feux de brousse**. Ainsi, lorsque la personne met le feu
onciation de certains auteurs des cas de **feux de brousse**, de la part des populations
ion naturelle qui était détruite par les **feux de brousse** , depuis 2009 par une autre végétation
A à partir d'un hectare . Et enfin les **feux de brousse** qui d'après les villageois sont
de son champ d'anacardier à cause de ses **feux de brousse** , mais aussi pour les éleveurs du village
i vingt - sept moutons ont péri dans ses **feux de brousse** réduits en cendres en quelques heures
éteindre le feu. Les origines de ses **feux de brousse** sont diverses et variées : il s'agit des
tiel forestier est en baisse à cause des **feux de brousse** , de la coupe du bois de chauffe
populations enquêtées déclarent que les **feux de brousse** constituent un réel danger causant
près les Eaux et forêts de Tannaff , les **feux de brousse** ont détruit 72 hectares de vergers
pe abusive de bois et l'interdiction des **feux de brousse** dans cette zone trois cents pieds
ournent autour de la coupe du bois , des **feux de brousse** et des défrichements agricoles
samancais a impacté sur la forêt avec les **feux de brousse** avec leurs fusils . Le bois est
pas c'est le ronier . Cette année ci les **feux de brousse** ont diminué, les dégâts ce sont les arbres
les arbres qui meurt . Les causes de ses **feux de brousses** sont provoquées par les chasseurs
de miel , l'homme . L'année dernière les **feux de brousses** les ont impactés. Les solutions se sont
plus grande c'est le facteur homme les **feux de brousse** . Il faut mettre en place des
sse) . Il faut mettre en place des pare **feux** verts pour réduire les impacts. Y'a des
nges , citrons , pampelousse) . Les **feux de brousse** c'est peu dans la zone, les
s de plantation qui sont touchés par les **feux** et tuent la régénération naturelle . Les
- ci par rapport à l'année passée et les **feux de brousse**. Ils mentionnent aussi le problème
s e - douanes pour la restauration. Les **feux de brousse** sont rares. Ils n'ont pas de
ove est affectée par la salinité . Les **feux de brousse** les impactent. On note la régénération

2.3.3.1.5. Analyse factorielle des correspondances

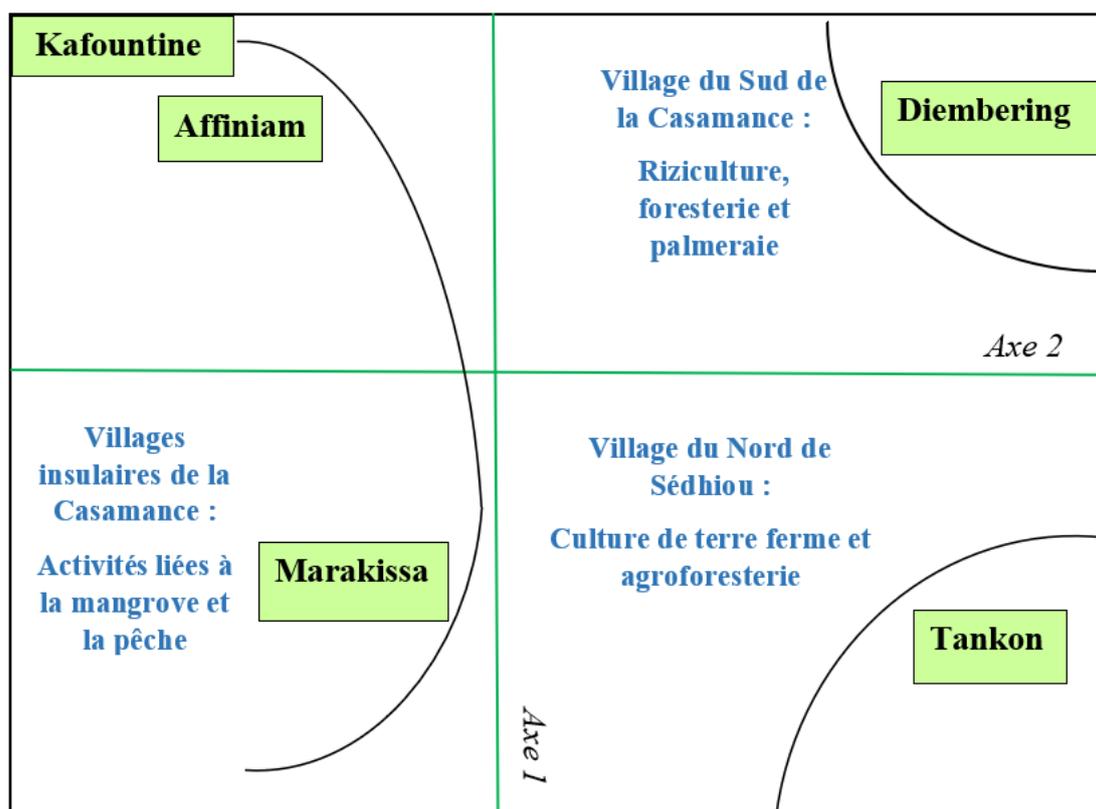
Cette méthode permet d'obtenir des représentations synthétiques portant à la fois sur les distances calculées entre les textes et celles que l'on peut calculer entre les unités textuelles qui les composent (Salem, 2006). L'Analyse Factorielle de Correspondance s'effectue sur un tableau de fréquences d'utilisation des mots où les parties de textes sont les lignes (individus) du tableau analysé et les mots ou les segments répétés, au-delà d'un seuil de fréquence choisi par l'analyste, sont les colonnes (variables). Elle permet de repérer les discours les plus semblables (Kafountine, Affiniam et Marakissa) par rapport aux discours les plus dissemblables dans les différentes parties du corpus (Diembering et Tankon).

Tableau 11 : Analyse factorielle des correspondances sur la partition en « Localités » à partir d'entretiens réalisés en Casamance



Ensuite, on peut observer qu'il existe une assez bonne différenciation des villages en fonction des activités qui leurs sont propres (Tableau 12). La lecture des coordonnées factorielles sur l'axe 1 (axe horizontal) permet de distinguer les villages dont les activités sont identiques (Kafountine, Affiniam et Marakissa) par rapport à ceux dont les activités ne sont pas les mêmes (Axe 2) comme ce fut le cas de Tankon et Diembering.

Tableau 12 : Discrétisation des villages par A.F.C. sur les fréquences d'emploi des mots.



Conclusion partielle

L'étude critique de ces concepts n'est pas facile du fait de leur relativité et de l'évolution des champs paradigmatiques des sciences sociales en général et de la géographie en particulier.

Ce travail de recherche met en jeu de façon combinée dans le cadre d'une approche systémique les concepts de dégradation, de vulnérabilité, de résilience et d'anthroposystème. Ces concepts permettent, dans une perspective pluridisciplinaire, de fédérer des champs de recherche différents et éclatés sur un objet de recherche commun qui était l'environnement.

Conclusion de la première partie

Cette première partie avait entre autres ambitions de situer ce travail par rapport aux recherches passées et actuelles sur le thème. Elle a mis en lumière l'ensemble des éléments qui permettent de connaître la région dans ses caractéristiques biophysiques et humaine.

Nous retenons dans cette partie aussi que l'actuel tracé du bras principal du fleuve Casamance et de ses sous-bassins a été fortement conditionné par une importante phase tectonique cassante produite au cours du Miocène.

Le climat détermine donc le fonctionnement du fleuve Casamance le long duquel se développent la végétation de terre ferme et la mangrove. L'une se caractérise par la présence de nombreuses espèces est jusqu'ici décrite par les grands ensembles bioclimatiques : soudano-guinéen et sahélien. Tandis que l'autre, pauvre en espèces est liée généralement à sa topographie. Ce qui justifie de les traiter séparément pour savoir comment ces formations végétales évoluent à l'échelle régionale et d'étudier les relations entre eux.

La Casamance est caractérisée aussi par une population très jeune et qui a une croissance rapide de l'ordre de 2,5%. Cette croissance de la population s'est accompagnée d'un développement économique des potentialités agro-écologiques et forestières non négligeable. En revanche, malgré ces potentialités, la région est confrontée depuis des années à des questions d'insécurité qui parfois peine à booster son développement.

En combinant des techniques empruntant à la télédétection et aux techniques d'enquête, ces choix conceptuels et méthodologiques débouchent sur une approche systémique qui fait appel au concept d'anthroposystème, une démarche scientifique intéressante dans la mesure où elle permet de comprendre les mécanismes qui gouvernent l'évolution des écosystèmes à travers la combinaison de deux sous-systèmes (un système social et un système naturel) qui interagissent. C'est à ce niveau que nous pouvons comprendre la question des pratiques sociétales et les transformations du milieu qu'elles induisent dans un contexte biophysique encore délicat.

DEUXIÈME PARTIE :
CARTOGRAPHIE ET LA QUANTIFICATION DE LA
COUVERTURE DU SOL PAR LA VÉGÉTATION AU
COURS DES DEUX DERNIÈRES DÉCENNIES.

La cartographie de l'évolution des formations végétales apparaît comme l'une des étapes nécessaires pour répondre aux objectifs de cette thèse qui est de cartographier et d'analyser la dynamique des formations végétales, leurs causes et leurs conséquences. De plus, une assez grande partie des analyses sur les causes des changements s'appuie sur cette cartographie. De nombreux travaux approuvent l'utilisation de la télédétection dans l'étude des paysages en Afrique de l'Ouest a très tôt été démontré par Andrieu et Mering, 2008 ; Sarr, 2009 ; Andrieu, 2007. Plus récemment, de nombreuses études basées sur l'analyse diachronique de l'occupation des sols en Casamance (Diédhiou et al 2021 ; Solly et al 2020, Soumaré et al 2020, Andrieu, 2018), confirment cet apport de la télédétection. L'objectif de cette cartographie est de répondre aux questions suivantes : quel est l'état d'évolution des formations végétales en Casamance ? Observe-t-on des phénomènes de progression ou de régression des formations végétales ? Quelle est sa répartition spatiale à l'échelle régionale ? Peut-on constater des évolutions différentes durant les années 2000 (reprise de la pluviométrie) et les années 2021 (après la reprise des précipitations) ?

Deux séries d'analyses de données de télédétection ont été utilisées ici. La première est une analyse d'images Landsat (ETM+ et OLI_TIRS) permettant la distinction des différentes couvertures du sol, ce à plusieurs dates.

Dans ce chapitre nous allons analyser les résultats des cartes d'occupation du sol aux différentes dates retenues (**Chapitre 3**). Le **chapitre 4** sera consacré aux résultats de la cartographie diachronique aux échelles régionales, permettant ainsi de mettre en exergue les grandes tendances qui caractérisent la dynamique de l'occupation du sol en particulier celle de la végétation.

Chapitre 3 : Analyse cartographique de l'occupation des sols entre 2000 et 2021

La cartographie de l'occupation du sol a pour objectif de connaître la structure spatiale des paysages mais aussi de déterminer les différentes tendances qui caractérisent l'évolution de la couverture du sol par la végétation dans les régions étudiées. L'approche méthodologique adoptée au cours de cette étude, a permis de montrer que les traitements numériques d'images Landsat ETM+ (2000) et OLI_TIRS (2021) associés aux observations et mesures de terrain constituent un moyen efficace pour discriminer les différents types de végétation à l'échelle régionale. Les données du satellite Landsat ont permis d'évaluer la dynamique spatiale des formations végétales à travers le temps et de détecter quantitativement des changements assez significatifs sur une période de 21 ans découpée en deux tranches, afin de mieux comprendre l'origine de la dynamique pour chaque période.

Dans ce chapitre, nous allons exposer et analyser les principaux résultats en termes d'occupation du sol à l'échelle de toute la région et les changements intervenus dans les formations forestières. Ces résultats éclairent sur l'état de la couverture du sol par la végétation à la période actuelle. Cette situation présente sera utilisée comme carte de référence qui permettra de nous inscrire dans le débat sur l'évolution ou la dégradation des paysages soudaniens.

1. Résultats de la cartographie de l'occupation du sol à l'échelle régionale

Les différents traitements réalisés sur ces images satellitaires Landsat ont permis de cartographier l'état des formations végétales de la Casamance aux différentes dates retenues. L'ensemble de ces résultats présentés ici feront l'objet d'une description et d'une analyse.

1.1. Etat des paysages à l'échelle régionale en 2000 et 2021

La carte d'occupation du sol de la Casamance montre en premier lieu une distribution de deux types de milieux à savoir les vasières et la végétation de terre ferme.

La carte de 2000 permet d'observer une répartition du couvert végétal suivant un gradient nord-sud (Figure 52). Ainsi, elle montre une présence importante des espaces peu ou pas boisés de terre ferme qui occupe 48% de la superficie totale de la zone étudiée. Ils comprennent les superficies telles que le bâti, les espaces agricoles et la végétation basse.

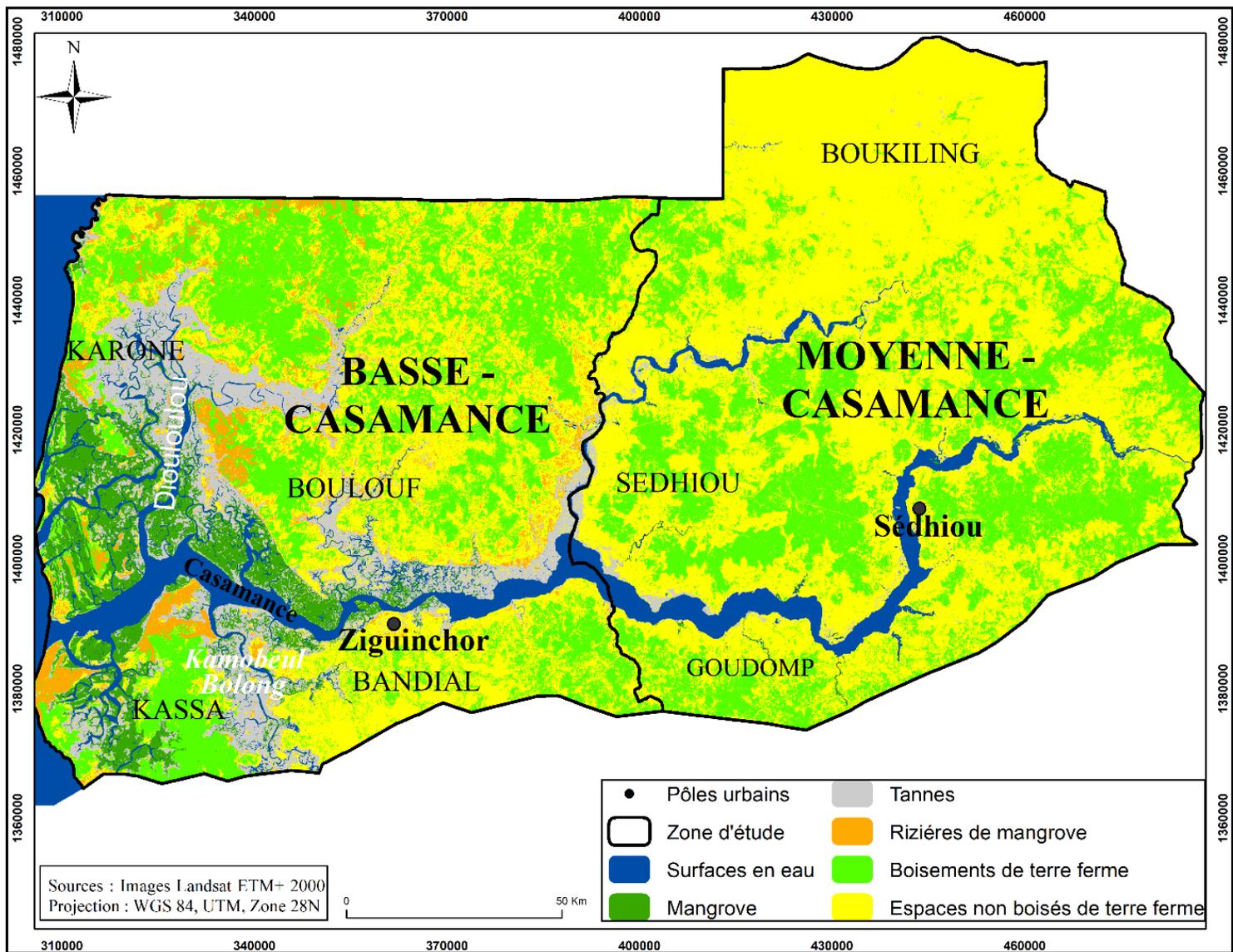


Figure 52 : Carte de l'occupation du sol de la Casamance au début des années 2000

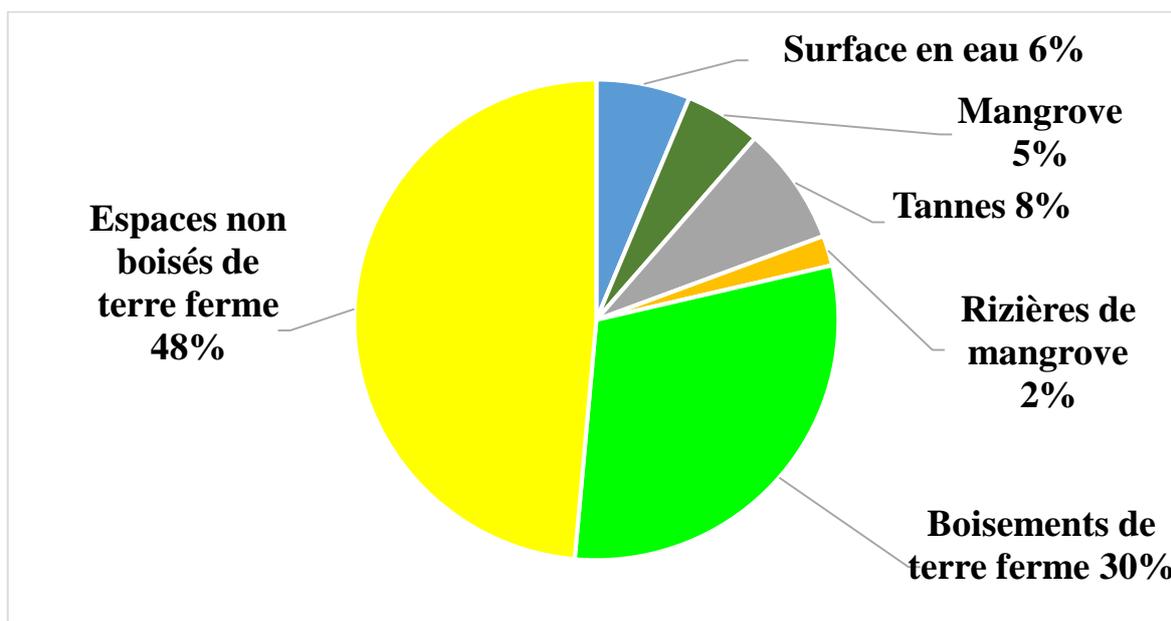


Figure 53 : Quantification des surfaces en 2000

Les boisements représentent 30% de cette surface cartographiée ils occupaient la partie nord-ouest de la Basse-Casamance et assez ponctuellement le centre de la région de Sédhiou. Le Nord-Ouest, c'est-à-dire le long de la frontière avec la Gambie, est dominé par la présence des boisements denses de mangrove et certains boisements de terre ferme (savanes et forêts), ou encore entre les rizières de terre ferme et certains tannes. Tandis que la présence de ses boisements denses au centre de la région de Sédhiou correspond aux forêts classées de Bari, Boudié, Yassine, Djindé, Balmadou et Sadiala qui participent à la conservation et au maintien de la ressource végétale.

Quant au taux d'occupation du sol occupés par les mangroves, il ne représente que 5% de la superficie cartographiée. Elles sont présentes dans le nord-ouest de la Basse-Casamance. Par contre, au nord-est de la région de Sédhiou, elles restent peu boisées à cause d'un important taux de salinité. Les surfaces de tannes sont présentes partout en Casamance et occupent une superficie de 8%.

Les rizières de mangrove sont faiblement représentées avec 2% de la superficie totale. Si elles sont quasi absente en Moyenne Casamance (Sédhiou) cela s'explique par le fait que les populations misent beaucoup plus sur les cultures arachidières, céréalières ou de la noix de cajou.

Globalement, la carte d'occupation du sol de 2000 montre donc un paysage marqué par la forte présence des espaces peu ou pas boisés. En effet, les superficies de vasières non boisées (tannes et rizières de mangrove), qui représentent 11%, sont largement supérieures que celle des vasières boisés

(mangroves) qui sont de 5%. Pour les paysages de terre ferme, le constat est également que les espaces non boisés occupent les plus grandes superficies avec 48% contre 30% pour les boisements denses.

En revanche, l'analyse comparée de la carte d'occupation du sol de 2021 avec celle de 2000 révèle que la Casamance est plus couverte par les boisements qui, en 2000, n'occupaient que de 30% de la superficie. Cela s'explique, d'une part, par l'exode rural, l'abandon des champs dans les zones de conflits, la multiplication des jachères et d'autre part par le développement des plantations d'anacardes qui de plus en plus prennent place dans la région.

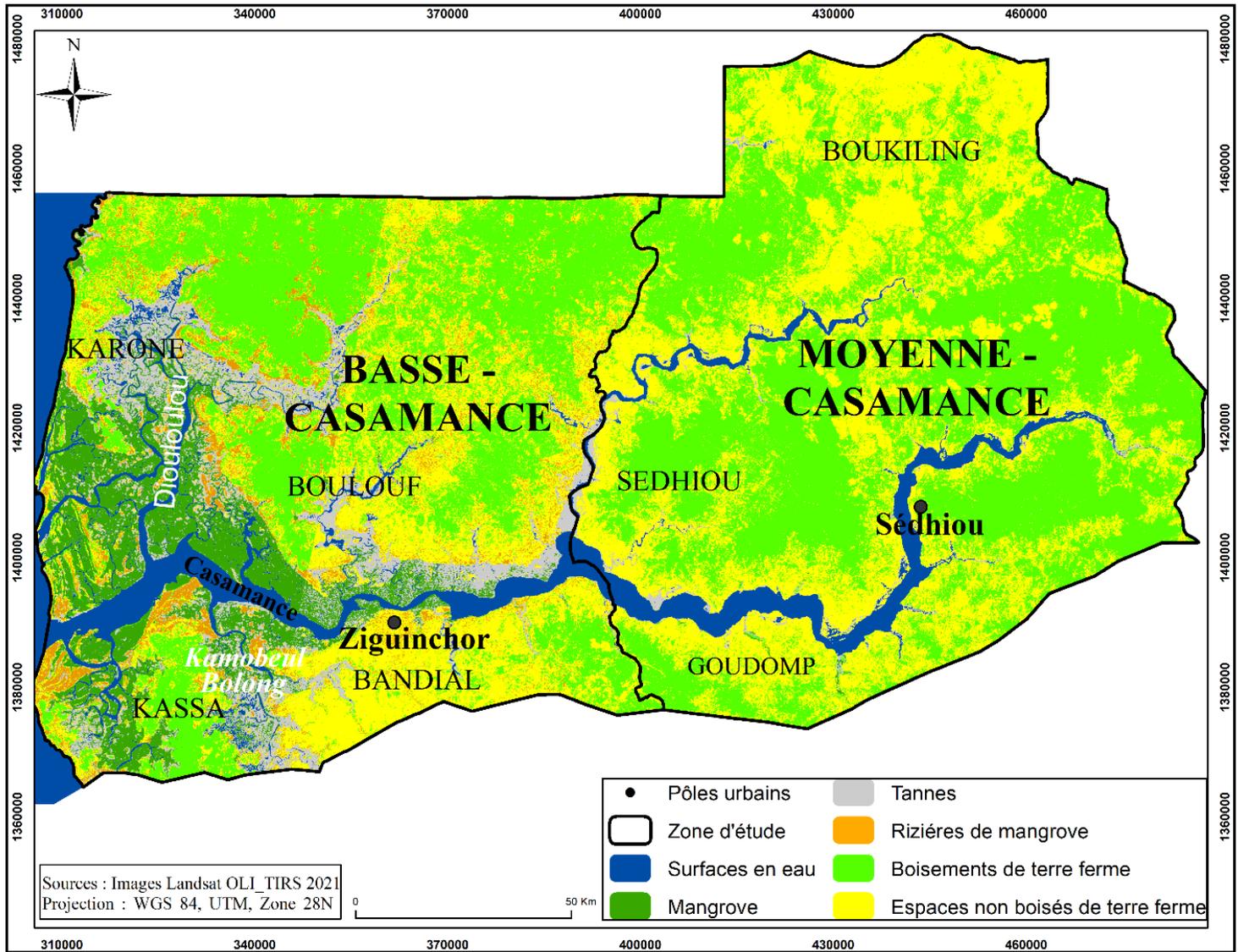


Figure 54 : Carte de l'occupation du sol de la Casamance en 2021

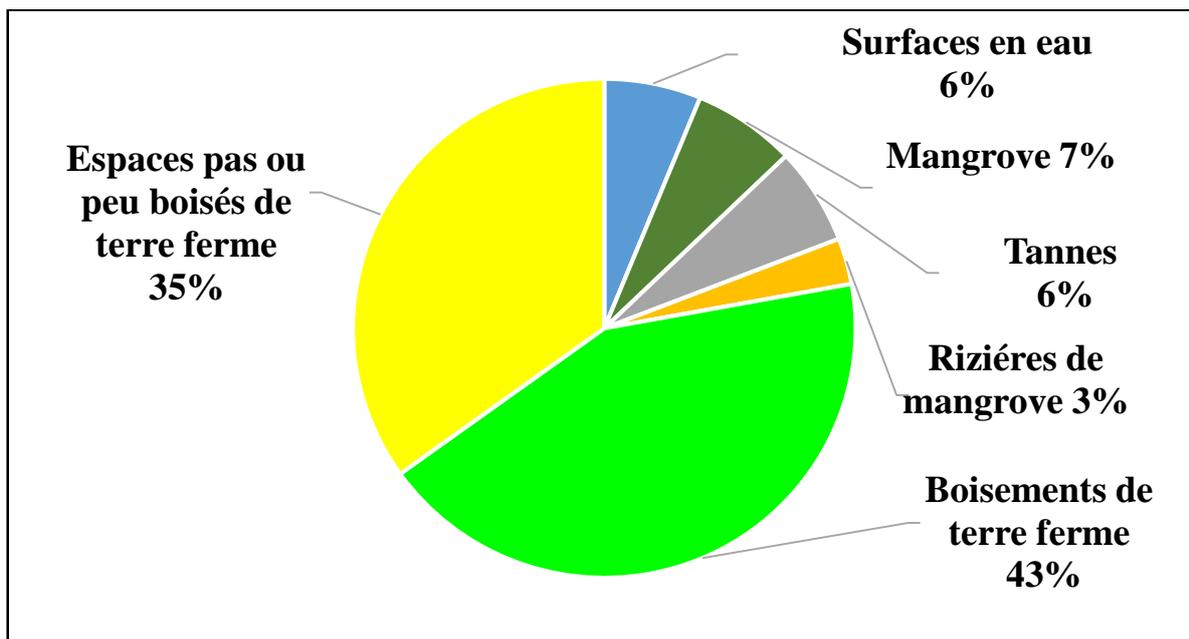


Figure 55 : Quantification des surfaces en 2021

En parallèle, logiquement, les superficies des espaces non boisés ont connu une baisse, de 27% entre 2000 et 2021. D'après les populations enquêtées, cette diminution ne serait pas spontanée mais liée à l'action de l'homme. Les paysans ont procédé à l'aménagement de zones agricoles à des fins de plantations d'agrumes et des vergers d'anacardiens.

Quant aux mangroves, elles ont connu une progression de 31,6% entre 2000 et 2021. Cette progression s'explique principalement par le retour à de meilleures conditions hydrologiques en Casamance et dans une moindre mesure par le respect des règles de gestion et la multiplication des projets de reboisement. L'augmentation de la superficie de mangrove s'est traduite aussi par une réduction des surfaces de tanne de 20,4% entre 2000 et 2021.

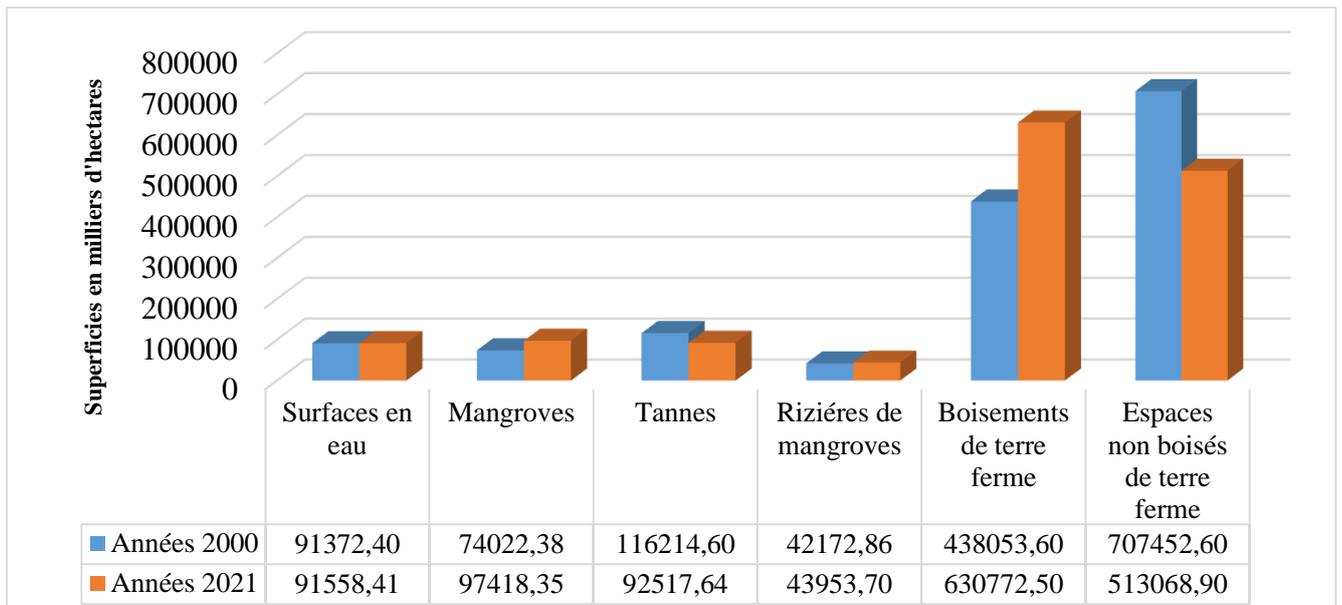


Figure 56 : Synthèse de l'évolution des classes d'occupation du sol (en hectare)

Conclusion partielle

Ce premier ensemble de résultats sur l'occupation du sol, loin de pencher vers une dégradation générale, montre une progression de la couverture végétale en Casamance au cours des deux dernières décennies. Ainsi, l'évolution de l'occupation du sol de la Casamance montre que la terre ferme présente une très importante progression de boisement dense (mangrove et terre ferme). Entre 2000 - 2021, les boisements de terre ferme de la Casamance ont augmenté de 630 772 ha soit 44 % ; tandis que les espaces non boisés ont diminué de 513 068 ha soit 27%.

Les mangroves quant à elles ont connu des taux de boisements en progression à l'échelle régionale de 97 418 ha en 2021. En parallèle, les surfaces occupées par les tannes ont diminué de 20% soit 92 517 ha entre 2000 et 2021. Les surfaces occupées par les ressources en eau ont connu également une augmentation de 0,2% entre 2000 et 2021. La classe des rizières a montré peu de robustesse dans sa cartographie avec cette méthode et que nous reportons l'analyse de la riziculture à la partie locale (chapitre 7).

Si l'étude des cartes d'occupation du sol permet un premier niveau d'appréhension des changements, la question des tendances mérite une analyse plus poussée et l'analyse temporelle doit être renforcée par la tabulation croisée des cartes pour en révéler la diachronie.

Chapitre 4 : Quantification des changements dans les formations végétales de la Casamance entre 2000 et 2021

La cartographie des changements dans la couverture végétale, est nécessaire à une meilleure connaissance des dynamiques en cours et donc à une meilleure gestion de ces ressources. Dans notre démarche, nous privilégions l'approche multi-scalaire dont l'intérêt a été mis en évidence par Andrieu et Mering (2008) dans le cadre de l'analyse spatio-temporelle du couvert végétal en Afrique de l'Ouest. Sur la base des cartes d'occupation du sol établies à deux dates différentes, dans chacune des régions de la Casamance, les analyses diachroniques seront faites à l'échelle régionale. Par emboîtement d'échelles et par comparaison, les principaux changements seront analysés en terme progression, de régression ou de stabilité de la couverture du sol par la végétation.

La cartographie et l'analyse des changements d'occupation des sols aux différentes périodes indiquent trois grandes modifications (figure 57). Il s'agit principalement de :

1. la progression des boisements de terre ferme en faveur des espaces non boisés, qui peut être qualifiée de régénération ;
2. la régression des boisements terre ferme en faveur des surfaces anthropiques (bâti) et des cultures permanentes (l'anacarde) ; ce que l'on peut également qualifier de dégradation
3. la progression de la mangrove sur les tannes ; que l'on peut qualifier de régénération du couvert végétal.

1. Analyse des changements d'occupation du sol

Les cartes des changements doivent montrer les principales dynamiques intervenues dans l'occupation des sols entre les différentes dates retenues. Elles doivent également mettre en avant les contrastes dans les tendances observées aux différentes échelles régionales.

1.1. Localisation et quantification des différents changements intervenus entre 2000 et 2021

Au cours des deux décennies, des changements majeurs se sont opérés dans les différentes classes d'occupation des sols

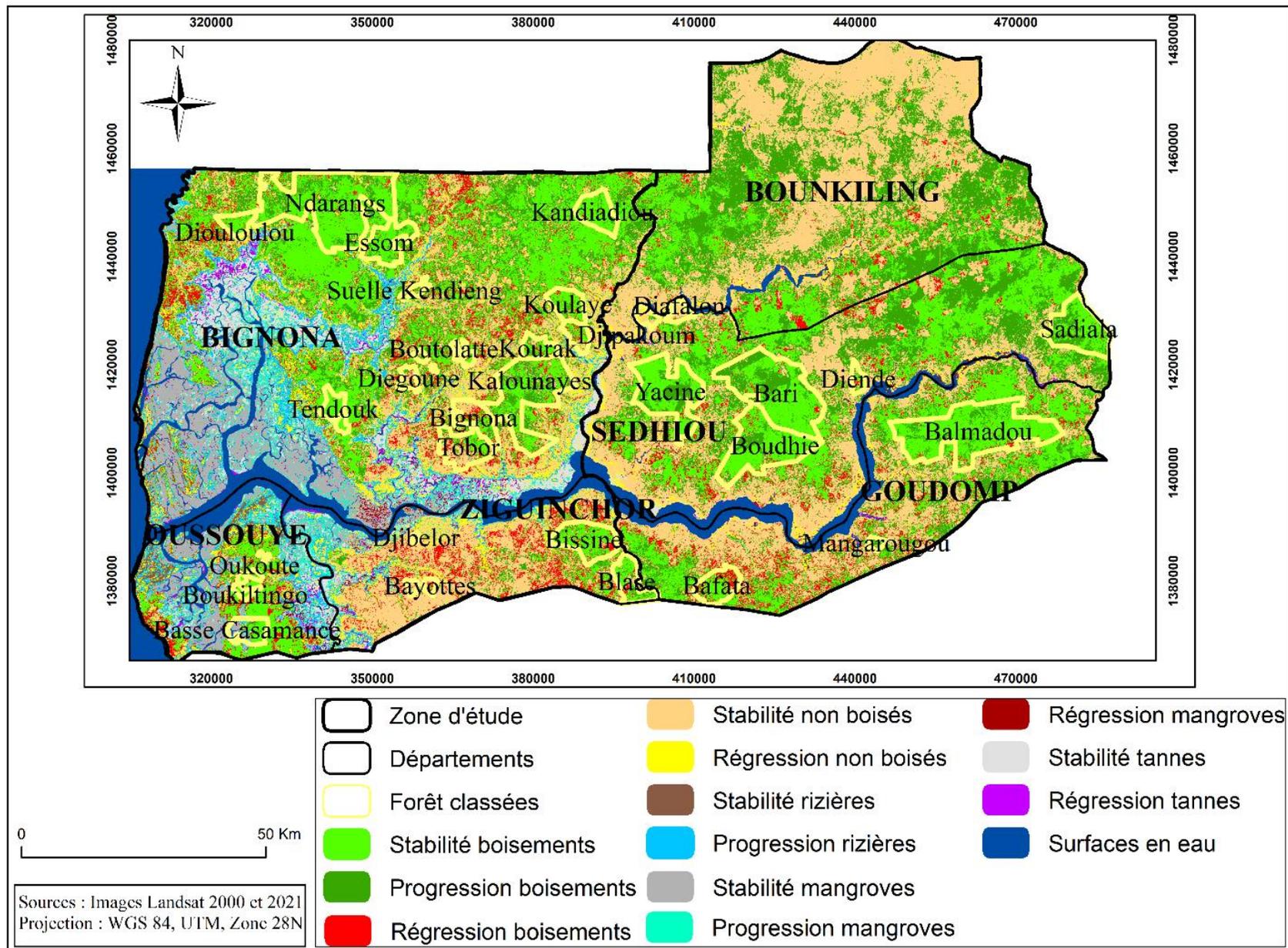


Figure 57 : Changements de l'occupation des sols entre 2000 et 2021 en Casamance

En termes de superficies nous avons noté qu'entre 2000 et 2021, les boisements de terre ferme ont progressé de 288 902 hectares soit 40%. Cette progression s'observe sur la rive Sud de la Casamance, notamment vers l'amont ; c'est également le cas dans la partie nord-est de la région de Sédhiou (dans les forêts classées de Yassine, Bari, Boudhié et Sadiala) où l'on observe une progression sensible d'un grand massif forestier. Un des facteurs explicatifs est lié aux variations climatiques. En effet, la pluviométrie s'est beaucoup améliorée depuis le milieu des années 1990 au Sénégal particulièrement en Casamance (Soumaré et al 2022 ; Diémé, 2019 ; Descroix et al 2015). Au niveau des stations de Ziguinchor, la lame d'eau précipitée annuelle est passée de 1100 mm/an avant 1996 à 1400 mm/an après cette date (Diémé, 2019). L'augmentation de la lame précipitée est de nature à favoriser le développement du couvert végétal. Outre cela, l'insécurité ambiante a limité d'une part l'impact de l'exploitation du milieu par les populations aux bords externes des massifs forestiers. En effet, la partie sud de la Casamance est restée inaccessible aux populations des localités environnantes à cause de la présence des rebelles et des mines antipersonnel qui continuent de faire beaucoup de dégâts chez les populations locales. Ces éléments viennent renforcer l'explication fournie sur le développement du couvert végétal en Casamance.

Par ailleurs les boisements denses ont connu une régression de 97 617 hectares soit 13%. On mentionne que les espaces où les boisements de terre ferme ont régressé sont assez régulièrement répartis sur la carte. Les secteurs fortement concernés par cette régression se trouvent dans la la partie sud (dans les forêts classées de Boffa Bayotte, Djibélor, Bissine, Blase et Bafata) et la partie nord de la Casamance (Diouloulou). Selon les populations enquêtées, cette régression qui s'observe autour des forêts classées peut s'expliquer par la présence des rebelles sur le terrain qui s'adonnent au trafic de bois menant à d'importants déboisements. De plus, c'est une région à forte pression anthropique qui se trouve à proximité de la capitale de la Guinée-Bissau où l'agroforêt est défrichée au profit de l'urbanisation et des cultures permanentes. Dans ces deux régions, de nombreux vergers d'anacardiens se sont installés.

Les boisements stables représentent 340 960 hectares soit 47%. Cette stabilité s'observe le long de la frontière avec la Gambie (dans les forêts classées de Ndarang et Kandialou), dans les Kalounayes, ainsi que dans les forêts classées de Tendouck et celles du parc national de la Basse-Casamance au sud du département d'Oussouye.

Les espaces non boisés ont connu une stabilité de 389 283 hectares soit 55% de la superficie totale de la terre ferme et sont assez régulièrement répartis sur la carte. Les secteurs fortement concernés

par cette stabilité représentent 389 283 hectares soit 55% des surfaces quantifiées et se localisent dans la partie nord-est de la Casamance. On constate que ces espaces dépourvus de végétation se situent au niveau des grandes villes telles que Ziguinchor, Bignona, Oussouye, Sédhiou, Goudomp et Boukiling.

Durant la période 2000 et 2021, 65 963 hectares de mangrove sont restées stable. Elles occupent 62% de la superficie totale des vasières. Les secteurs où cet élément de paysage domine de façon continue sont le nord-ouest de la Casamance et tout particulièrement la rive sud de Carabane qui constituent les plus grandes surfaces de mangrove. Ces secteurs incluent des forêts qui sont durablement exploitées.

Les mangroves ont connu une progression de 31 459 hectares soit 30% des vasières. Les lieux où la progression des mangroves dominant sont avant tout la rive nord de la Casamance entre Ziguinchor, Diouloulou et Oussouye. La progression est ici liée à la régénération et au reboisement des mangroves.

La régression de la mangrove qui occupe 8696 hectares soit 8% des vasières est essentiellement localisée dans les estuaires salés qui ne connaissent que de faibles apports en eau douces. Il s'agit du nord-est de la région de Sédhiou et autour du bolong d'Affiniam et ses affluents. C'est également le cas à l'amont du bolong d'Oussouye où l'on note une régression en faveur tannes.

Comme on peut le constater d'après le tableau 6, si l'on s'en tient aux chiffres globaux, les superficies ont très significativement évolué. Le bilan des changements entre 2000 et 2021 indique les boisements de terre ferme ont connu une stabilité de 340 960 hectares, contre une progression par endroits de 288 902 hectares et une régression de 97 617 hectares. Les évolutions des espaces non boisés de terre ferme ayant connu bien évidemment une évolution inverse.

Les mangroves ont connu une progression de 31 459 hectares. Toutefois, elles ont régressé de 8636 hectares. Les surfaces stables sont de 65 963 ha.

Tableau 13 : Bilan en hectare des changements d'occupation des sols en Casamance entre 2000 et 2021

PAYSAGE	ANNEES	2000-2021	
	CLASSES	Surface en hectare (ha)	Proportion en pourcentage (%)
TERRE FERME	Stabilité boisements de terre ferme	340960	47
	Progression boisements de terre ferme	288902	40
	Régression boisements de terre ferme	97617	13
	Stabilité espaces non boisés de terre ferme	389283	55
	Régression espaces non boisés de terre ferme	315892	45
VASIERES	Stabilité mangroves	65963	62
	Progression mangroves	31459	30
	Régression mangroves	8636	8
	Stabilité rizières de mangrove	14984	34
	Progression rizières de mangrove	29214	66
	Stabilité tannes	66201	56
	Régression tannes	51086	44
	Surfaces en eau	91874	4,79

Conclusion partielle

L'étude de la carte de changements réalisée à partir des cartes d'occupation du sol a permis de mettre en évidence les différentes tendances observées à l'échelle régionale. Les dynamiques observées indiquent quant à elles une tendance à la progression des surfaces végétalisées de terre ferme et de mangrove durant cette dernière décennie et ce, quelle que soit l'échelle d'observation. Ce qui semble aller à l'encontre du discours dominant décrivant une dégradation véhiculée par beaucoup de travaux précédents (Diedhiou et al 2021 ; Solly et al 2020 ; Diédhiou, 2019 ; Bassène, 2016 ; Dièye et al 2013 ; Bassel, 1997) mais déjà discutée par d'autres (Andrieu, 2008, Soumaré et al 2022). C'est pourquoi, il faut chercher des facteurs explicatifs de cette situation et de ce point de vue, un faisceau d'arguments peut être avancé. Ces évolutions laissent dans un premier temps supposer que le climat joue un rôle important dans les dynamiques de ces paysages végétaux. Après une confrontation avec l'étude des phénomènes sur le terrain, on peut compléter ce jugement.

En revanche, cette progression n'est pas partout la même, car on note des boisements de terre ferme (mangrove et terre ferme) qui ont régressé dans certains secteurs. Ces changements sont liés à l'action de l'homme. Il s'agit pour la grande majorité des cas des défrichements agricoles ou déboisements. Mais toute régression de ce couvert végétal ne peut être assimilée à une dégradation, à moins de

renoncer à toute tentative de mise en valeur agricole par des défrichements et à toute utilisation de la ressource fourragère par les sociétés pastorales. Pour qu'il y ait dégradation, il faut que cette régression s'accompagne d'une diminution de la productivité biologique des milieux écologiques (Fall, 2014).

Conclusion de la deuxième partie

La finalité de cette partie a été de quantifier, à partir de la cartographie, l'évolution spatio-temporelle des formations végétales et des changements intervenus entre 2000 et 2021. Pour cela, nous avons commencé par présenter l'approche méthodologique utilisée. Celle-ci combine la collecte et le traitement des images satellitaires et les travaux de terrain.

Les choix opérés ont permis de s'intéresser aux différentes tendances de la couverture végétale. L'utilisation de la télédétection comme outil d'analyse s'est révélée efficace. Elle a été déterminante dans l'analyse à l'échelle de toute la zone d'étude. Les images mobilisées et les traitements effectués ont permis de connaître les différentes tendances et évolutions de l'occupation des sols d'une manière générale, et des formations végétales en particulier.

Les résultats obtenus confirment qu'une tendance globale à l'amélioration des paysages de la Casamance à l'échelle régionale, ce qui laisse à penser que la dégradation des paysages est loin d'être dominante. Il apparaît en effet que lors de la dernière décennie (2000-2021) les superficies (cumulées) de progression et de stabilité des formations végétales ont été supérieures (Tableau 6) aux classes de reculs.

Toutefois, pour certaines régions qui ont connu des changements importants, il s'agit de dresser des constats précis sur les causes et conséquences de ces changements, de sorte à savoir notamment si ces changements impactent négativement sur les ressources. Pour cela, le recours à une échelle plus fine qui est celle villageoise devient important pour l'explication de ces processus de changements. Par ailleurs, les sociétés rurales du fait de leurs pratiques, sont au cœur de certains processus de changements. En effet, la dimension anthropique est forte dans certaines dynamiques observées.

Dans la troisième partie, nous allons analyser l'évolution de la ressource végétale, à travers les tendances que manifeste le principal indice de végétation, le NDVI. Cette démarche sera complétée par la mise en évidence, dans les enquêtes, des principales perceptions que les populations rurales ont de ces évolutions et de ce que cela implique pour elles des tentatives pour s'adapter à ces changements socio-environnementaux dans un contexte de grande vulnérabilité.

TROISIEME PARTIE :
LA CASAMANCE, UN AGROÉCOSYSTÈME EN
VOIE DÉGRADATION ?

Dans la deuxième partie, après avoir observé et analysé sur le plan spatio-temporel les différents changements qui caractérisent l'occupation du sol en Casamance. Nous avons également vu que parallèlement à ces phases de progression du couvert végétal, il y'a une amélioration constante des pluies qui pourrait expliquer en parties les changements observés. Mais celle-ci ne suffit à elle seule d'expliquer ces mutations, car la végétation principale ressource sur laquelle s'appuie les populations de plus en plus nombreuses pour divers usages a régressé par endroits. Dans cette troisième partie, nous allons nous intéresser sur les causes de ces processus de changements sur la végétation à travers la perception qu'en ont les populations rurales. Cette partie sera subdivisée en trois chapitres. Ainsi, le **chapitre 5** sera abordé à partir des mesures d'indices de végétation. Ces indices, issus de l'analyse d'images satellites, peuvent être générés de façon continue et permettent ainsi de suivre les rythmes phénologiques des différents types de couvert depuis le début des années 1980. L'analyse d'importantes séries temporelles d'indices de végétation permettra ainsi de cartographier l'organisation spatiale du couvert végétal, mais surtout de spatialiser les différentes tendances qu'elles soient à la reprise ou à la dégradation.

Nous exposerons dans le **chapitre 6** les résultats d'enquêtes de terrain issus de la perception qu'en ont les populations sur la gestion de la ressource. Nous finirons par la présentation et l'analyse des résultats sur l'évolution des formations végétales à l'échelle locale dans le **chapitre 7**.

Chapitre 5 : Etude des relations pluie et couvert végétal à l'échelle des grandes zones bioclimatiques de la Casamance à partir des images basse résolution spatiale NDVI-NOAA et NDVI-MODIS

Pour répondre à la question ou non de la dégradation des agroécosystèmes de la Casamance, une première réponse apparaît en étudiant la tendance d'évolution des indices de végétation calculés à partir des images de télédétection sur la période qui va du cœur de la période de sécheresse jusqu'à la période plus humide actuelle. Défini par Tucker (1979), le NDVI est un indice de végétation utilisé couramment dans les études sur le suivi de la végétation. Il est admis par l'ensemble de la communauté scientifique comme étant fiable. De très nombreux indices de végétation ont été construits et utilisés depuis maintenant une quarantaine d'années (Indice de brillance, indice de stress hydrique, indice perpendiculaire de végétation, indice de végétation ajusté pour le sol, indice de végétation résistant à l'atmosphère, indice mondial de surveillance de l'environnement, indice de végétation amélioré et la température Végétation Indice de sécheresse) mais le plus utilisé de tous c'est le NDVI parce qu'il permet de déceler les changements dans la végétation et d'établir aussi des liens entre climat et végétation.

Le NDVI est calculé à partir des données biquotidiennes enregistrées par les capteurs multi-spectraux AVHRR (Advanced Very High-Resolution Radiometer) embarqués sur les satellites de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA 7, 9, 11, 14 et 16). Il est défini selon le rapport :

$$\text{NDVI} = (\text{PIR}-\text{VIS}) / (\text{PIR}+\text{VIS})$$

où, PIR et VIS représentent respectivement les réflectances dans les bandes proche infrarouge (0.72 à 1.1 μm) et visible (0.58 à 0.68 μm) du spectre électromagnétique.

La réflectance de la végétation est de l'ordre de 20% dans le rouge (due à la forte absorption de la chlorophylle) et de 60% dans le PIR (diffusion de la cellulose) (Richard et *al* 2006). Le contraste de la réponse de la végétation dans ces 2 bandes spectrales permet de quantifier l'énergie absorbée par les pigments chlorophylliens. Par conséquent, le NDVI représente une mesure de la capacité photosynthétique de la canopée (Tucker et Sellers, 1986). Il est d'ailleurs bien corrélé à l'indice foliaire et à la production primaire nette (Prince et *al* 1998). En conséquence, l'étude de sa variabilité spatiale et temporelle offre la possibilité de suivre le développement des surfaces végétales, aussi bien du point de vue de leur production que de leur phénologie.

En Afrique, la plupart des études sur les relations pluies/NDVI concerne l'échelle continentale ou régionale (Afrique de l'Ouest, Afrique orientale et Afrique de l'Est) (Camberlin et *al* 2007 ;

Nicholson et *al* 2005 ; Richard et Pocard, 1998) et n'ont pas permis de répondre à toutes les questions sur les relations entre ces deux paramètres à une échelle régionale. Cependant, depuis la fin des années 1990, on assiste à une inversion de certaines tendances environnementales de la pluviométrie et de la végétation. En effet, il y a eu une reprise des précipitations (Descroix et *al* 2015 ; Bodian, 2014 ; Ali et Lebel, 2009 ; Nicholson, 2005), ce qui, selon la littérature scientifique, a entraîné un « verdissement » du Sahel (Dardel et *al* 2014 ; Fensholt et Rasmussen, 2011 ; Lebel et Ali, 2009 ; Hermann et *al* 2005 ; Anyamba et Tucker, 2005 ; Olsson et *al* 2005 ; Prince et *al* 1998 ; Kerr 1998). Le modèle prédictif de Charney (1975) envisageait la diminution significative des précipitations en Afrique de l'Ouest comme étant liée à l'augmentation significative de l'albédo moyen, qui à son tour dépendait de la couverture végétale du sol. Les dernières observations n'étant pas cohérentes avec ce modèle à l'échelle du Sahel, de nouvelles pistes ont depuis été explorées concernant les liens entre climat et végétation (Marega, 2016 ; Fall, 2014). Comme ce fut le cas dans l'article d'Andrieu 2018, qui mentionne que les dynamiques de reverdissement de l'Afrique de l'Ouest ont été observées à plusieurs reprises sous les latitudes sahéliennes et ont été expliquées par le retour à des conditions pluviométriques. Cependant, si diverses études ont mis en évidence le lien entre évolution du couvert végétal et fluctuations des précipitations dans le temps et dans l'espace (Camberlin et *al* 2007), les conséquences de cette variabilité des précipitations sur les plans qualitatif (espèces) et quantitatif (densité, biomasse) les changements dans la végétation sont encore relativement inconnus. Plusieurs études régionales ou comparatives ont démontré une réponse significative du NDVI aux variations interannuelles des précipitations dans des régions africaines telles que le Sahel (Herrmann et *al* 2005 ; Malo et Nicholson, 1990 ; Tucker et *al* 1985), l'Afrique de l'Est (Davenport et Nicholson, 1993 ; Justice et *al* 1986), la région du Kalahari (Farrar et *al* 1994 ; Nicholson et Farrar, 1994) ou l'Afrique australe dans son ensemble (Gondwe et Jury, 1997 ; Richard et Pocard, 1998).

Les zones soudanienne et guinéenne sont peu étudiées et ce chapitre se justifie car il complète la bibliographie centrée sur les bioclimats à saison pluvieuse et verte courte et marquée, par une étude à la frontière entre ces bioclimats et les persistants. Cela nécessite un réexamen général des relations pluie-activité végétale, moins bien connues que pour le Sahel. A cette fin, les tendances de l'activité végétative sont cartographiées et des explications sont recherchées dans la relation avec les précipitations. Les questions auxquelles cette section vise à répondre sont les suivantes : Quels sont les rythmes de l'activité végétale en Casamance ? L'activité végétale dans l'ensemble de la Casamance a-t-elle fluctué au cours des 30 dernières années ? Quelle est la relation entre l'activité végétative et la pluie ? La reprise des précipitations depuis les années 1990 (après la sécheresse de 1969) se reflète-t-elle dans les tendances du NDVI depuis 1982 ?

1. Résultats

1.1. Cartographie des rythmes phénologiques

La carte des rythmes phénologiques (figure 58) montre la répartition spatiale des groupes de pixels où les valeurs de NDVI d'une même date sont proches. Pour chaque classe, le calcul des valeurs moyennes permet de retranscrire graphiquement le rythme phénologique (figure 59). Ce traitement s'effectue pixel par pixel et a néanmoins produit de vastes zones relativement homogènes parallèles du sud-ouest au nord-est. Ceci confirme que la végétation des terres arides ainsi étudiée varie spatialement le long du gradient climatique. Entre zones voisines, une zone de transition apparaît avec de petits patches d'une zone dans la matrice de la zone voisine. Cette carte et le graphique associé montrent une assez bonne différenciation des formations végétales puisque les 5 zones latitudinales présentent 5 profils temporels différents échelonnés dans le même ordre que la carte. Les régions semblent contraster les unes avec les autres en termes de taux annuel moyen d'activité végétale. Plus on est au nord-est, plus la végétation présente une courbe saisonnière en cloche, liée à la saison des pluies. Plus on va vers le sud-ouest, plus la végétation est persistante avec des valeurs élevées de NDVI toute l'année. Du sud-ouest au nord-est, ces bioclimats peuvent être étiquetés comme suit : 4 : guinéen à feuilles persistantes, 3 : guinéen mixte ; 2 : soudano-guinéen ; 1 : Soudano-sahélien ; 5 ; Sahélien. Il est cependant important de noter que les 5 classes sur la carte et le graphique montrent un changement graduel et que le nombre 5 n'a pas de valeur particulière. Puisqu'il s'agit d'un gradient régulier, le nombre de subdivisions n'est qu'une commodité graphique.

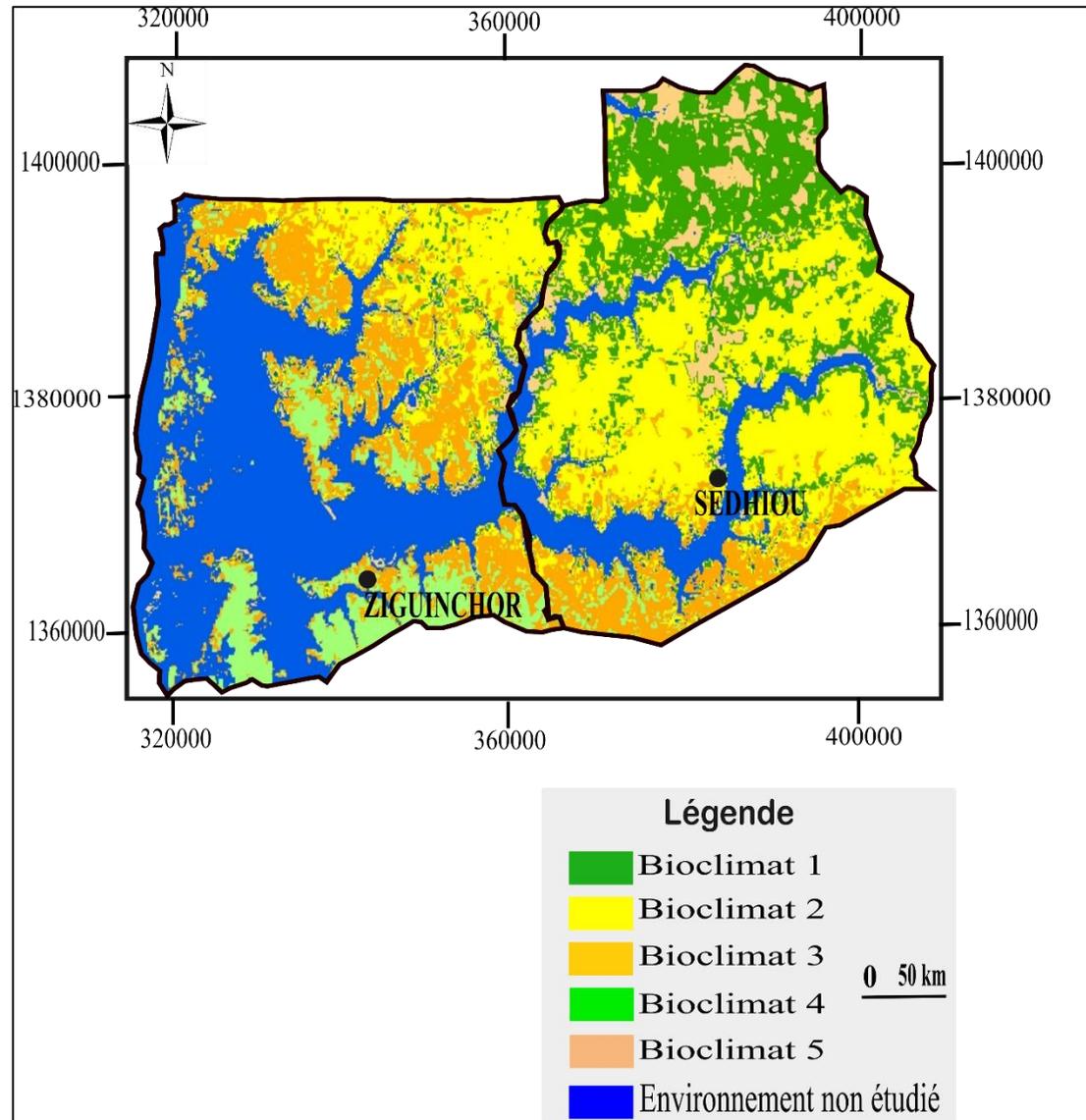


Figure 58 : Carte des rythmes phénologiques avant interprétation

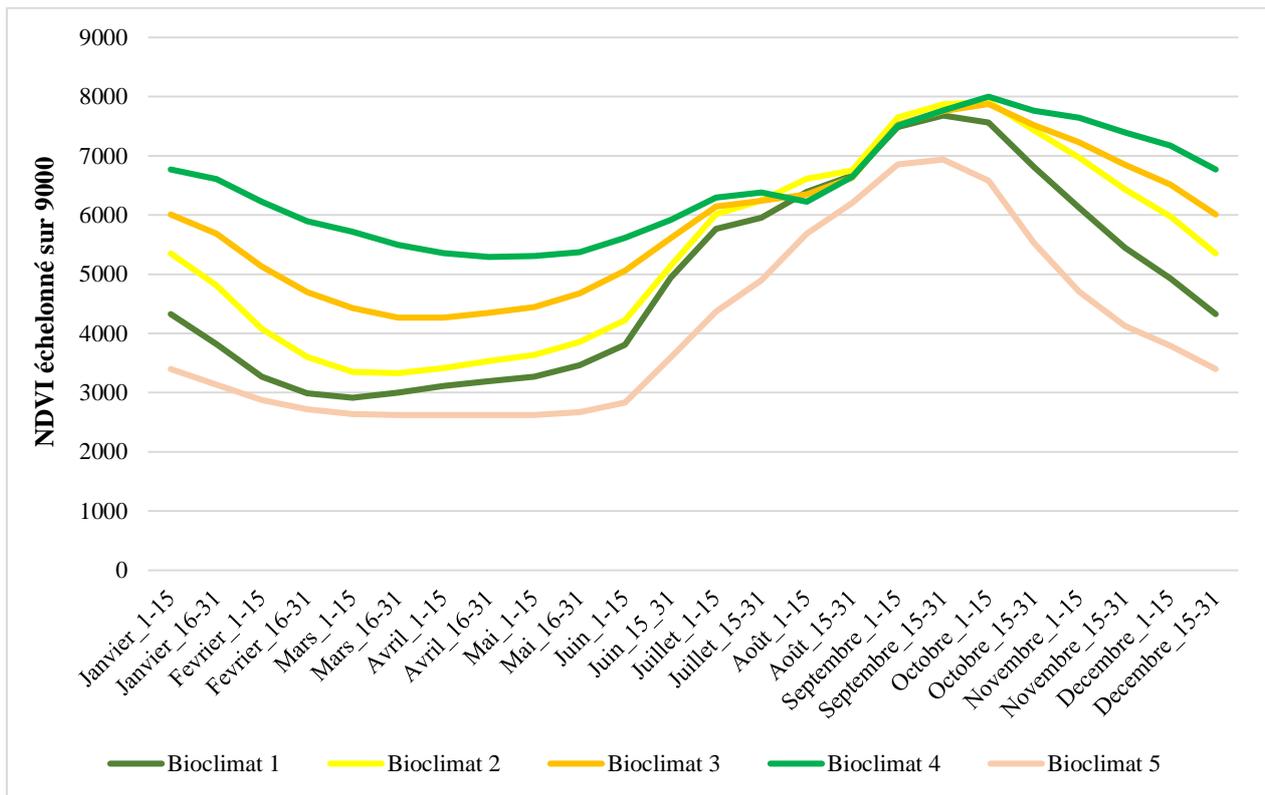


Figure 59 : Profil temporel des rythmes phénologiques

1.2.Relation pluviométrique NDVI

Les résultats des cartes des rythmes phénologiques montrent qu'il existe un lien entre le gradient climatique nord-sud et les rythmes d'activité des plantes, ces derniers étant centrés sur la fin de la saison des pluies, particulièrement dans le sud-ouest et le nord-est. Néanmoins, la relation entre l'activité des plantes et les précipitations doit être examinée de plus près. La relation entre les précipitations et l'activité chlorophyllienne montre qu'en moyenne, sur les 18 dernières années, la saison des pluies a commencé en mai avec un maximum en juillet, une diminution en août, des précipitations assez moyennes en septembre et une quasi-absence de précipitations entre octobre et novembre (Figure 60). Dans la végétation des terres arides autour de Ziguinchor, la saison d'activité chlorophyllienne commence en juin. La courbe d'activité des plantes suit la courbe des précipitations en début de saison, avec un décalage d'un mois. Cependant, l'activité, toujours croissante avec un pic en août, un NDVI toujours très fort en septembre et octobre, ralentit peu à peu à partir de novembre et fin décembre ; ce qui donne l'image d'une végétation qui termine son développement foliaire et atteint progressivement l'optimum de sa saison d'activité. Il apparaît donc que les réactions de la végétation aux précipitations sont assez fortes, mais qu'elles accusent un décalage dans le temps avec les pluies. En effet, il existe un lien entre les deux, mais il n'est pas synchrone. La réaction de la

végétation commence quelques semaines après l'arrivée des premières pluies et le pic d'activité végétative se situe plusieurs semaines après la fin de la saison des pluies. La réaction de la végétation aux précipitations fait donc preuve d'inertie.

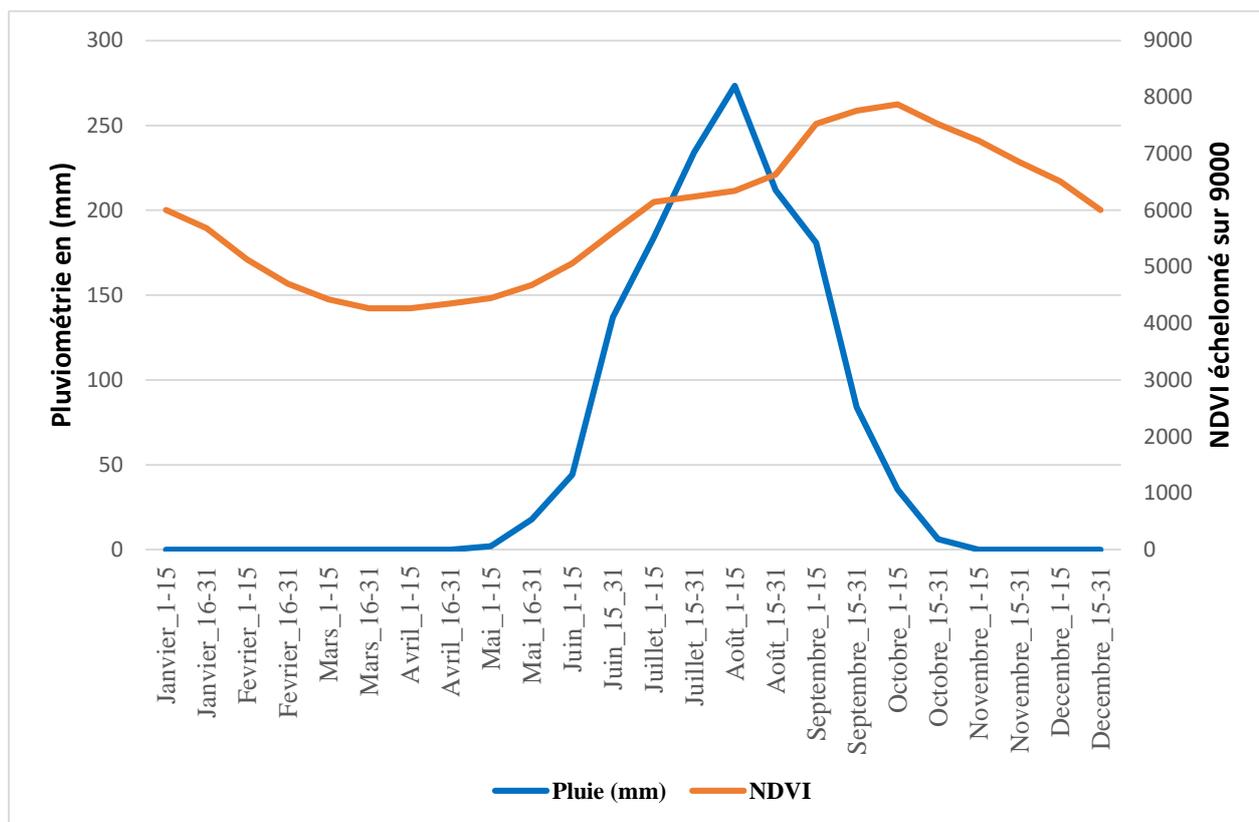


Figure 60 : Activité chlorophyllienne et saison des pluies à Ziguinchor (moyennes 2000-2017)

Pour prouver que le lien n'est pas évident, le nuage de points (figure 61) montre qu'il n'y a pas de relation entre la pluie et le NDVI ($r^2=0,17$). Contrairement aux zones sèches comme le Sahel, nous n'avons pas de relation claire et synchrone entre les précipitations et le NDVI en Casamance.

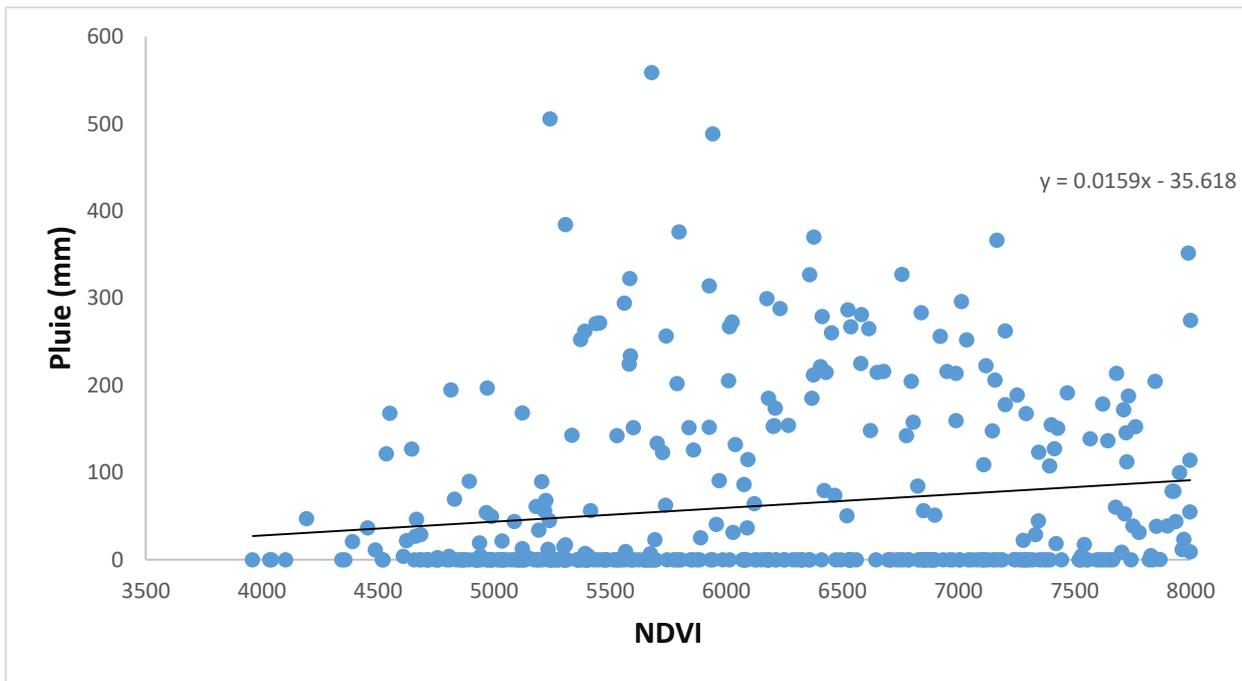


Figure 61 : Tracé des précipitations à la station de Ziguinchor par les hommes NDVI dans la région de Ziguinchor sur la période (2000 à 2017)

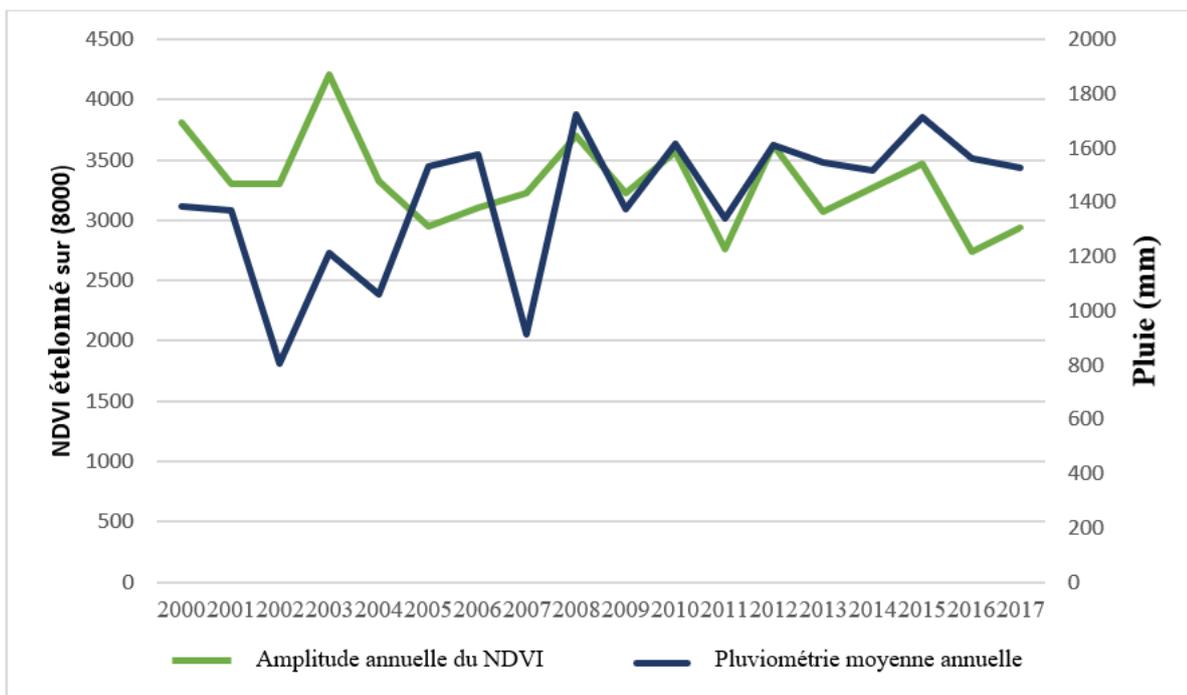


Figure 62 : Variation interannuelle de l'amplitude du NVDI et du total des précipitations

Tableau 14: Résumé de la corrélation cumulée décalée entre les précipitations à Ziguinchor et le NDVI

Corrélation Simple	0.17
Corrélation décalée de 16 jours	0.29
Corrélation décalée de 32 jours	0.39
Corrélation décalée de 48 jours	0.51
Corrélation décalée de 64 jours	0.61
Corrélation décalée de 80 jours	0.70
Corrélation décalée de 96 jours	0.77
Corrélation décalée de 112 jours	0.82
Corrélation décalée de 128 jours	0.85
Corrélation décalée de 144 jours	0.86
Corrélation décalée de 160 jours	0.85
Corrélation cumulée de 32 jours	0.47
Corrélation cumulée de 48 jours	0.58
Corrélation cumulée de 64 jours	0.77
Corrélation cumulée de 80 jours	0.75

L'ensemble des corrélations (simples, décalées et cumulatives) est présenté dans le tableau 7 selon la méthodologie de Richard et Pocard, (1998). Ceci confirme qu'il n'y a pas de relation directe entre NDVI et précipitations (pas de corrélation entre les valeurs de NDVI et les précipitations à une même période). Cependant, il existe de fortes relations qui apparaissent à la fois dans les corrélations cumulatives (corrélation entre le NDVI à une période et une période précédente plus longue) et décalées (corrélation entre le NDVI à une période et les précipitations à une période précédente). Les corrélations décalées sont plus élevées que les simples. Les corrélations augmentent du décalage de 16 jours au décalage de 144 jours, puis diminuent. Les corrélations avec les précipitations totales sont plus élevées que les simples. Les corrélations augmentent du décalage de 32 jours au décalage de 64 jours, puis diminuent. La corrélation maximale mesurée était entre toutes les valeurs mensuelles de NDVI et les précipitations survenues 144 jours auparavant ($r^2 = 0,86$). Le nuage de points est présenté sur la Figure 61. Ce nuage de points révèle une variabilité entre 3950 et 5700 valeurs de NDVI (recalibrées sur 8000) pour toutes les dates où aucune pluie n'a été enregistrée 144 jours auparavant. Ensuite le nuage de points prend la forme allongée diagonale, et on observe parmi les observations NDVI saturées, des pluies comprises entre 800 mm et 1700 mm.

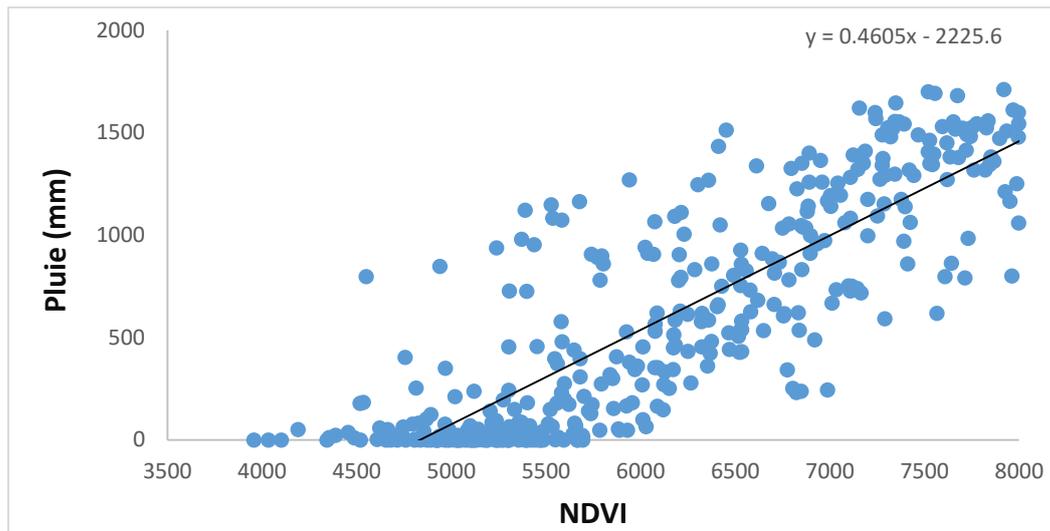


Figure 63 : Tracé des précipitations décalées de 144 jours par NDVI moyen pour la région de Ziguinchor sur la période (2000 à 2017)

1.3.Tendances NDVI de 2000 à 2020 (MODIS) et de 1982 à 2015 (NOAA)

L'activité des plantes est en effet liée au climat, avec un effet de décalage assez fort. Il semble donc pertinent de s'intéresser aux fluctuations de l'activité chlorophyllienne en relation avec les fluctuations climatiques. Certains auteurs comme Ndiaye 1990 et Michel 1990 mentionnent que la sécheresse et ses conséquences sur la végétation sont considérées comme une forme importante de dégradation du paysage. Il est donc nécessaire de tester les conséquences des fluctuations climatiques sur la végétation. Pour ce faire, nous avons cartographié (figure 64) et quantifié (Figure 65) les tendances du NDVI avec le test de Mann-Kendall. La quasi-totalité de la carte (Figure 64) de MODIS (2000-2019) ne montre aucune tendance significative, même avec le test peu exigeant de la valeur P de 0,1. 92,43% des pixels sont donc stables concernant ce test ou présentent une tendance statistiquement non fiable (Figure 65). Les analyses de tendances significatives pour la période 2000-2020 du MODIS NDVI montrent néanmoins un verdissement significatif de 5,6% de la zone d'étude. Ces zones sont de petites parcelles régulièrement localisées le long des rives du fleuve Casamance, principalement dans la région de Sédhiou. Il s'agit d'un paysage agricole avec des jachères et un fort développement des vergers de noix de cajou. L'augmentation des valeurs de NDVI au fil du temps dans cette partie de la Casamance est visible dans les villages de bordure de mangrove et les anciennes zones de riziculture. Dans la littérature existante, la plupart des auteurs notent une tendance au rétablissement de la végétation dans cette région depuis les années 1990, comme dans le cas de Descroix et *al* (2020). Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ces augmentations du NDVI. Premièrement, la mise en jachère des rizières abandonnées avec couvert ligneux augmente le NDVI tout au long de l'année. Deuxièmement, pour les zones agricoles qui restent actives, on peut supposer que la récupération des précipitations augmente la biomasse et l'activité végétative des cultures et que cette

tendance a pu capter l'extraordinaire diffusion de la culture de l'anacarde, qui remplace progressivement les cultures annuelles. Les plages de tendance positive sont accompagnées de moins de plages de tendance négative pour 1,6 % des pixels de la zone d'étude. Les zones de régression du NDVI sont principalement observées au Nord de la région de Sédhiou. Ce processus de dégradation, notamment dans la région de Sédhiou, s'explique par une forte augmentation des surfaces de mil au détriment de la végétation naturelle. Nous retenons que le test Man-Kendall sur les données MODIS grâce à sa résolution plus fine et sa plage temporelle plus récente révèle les changements de paysage par les conducteurs humains et agricoles.

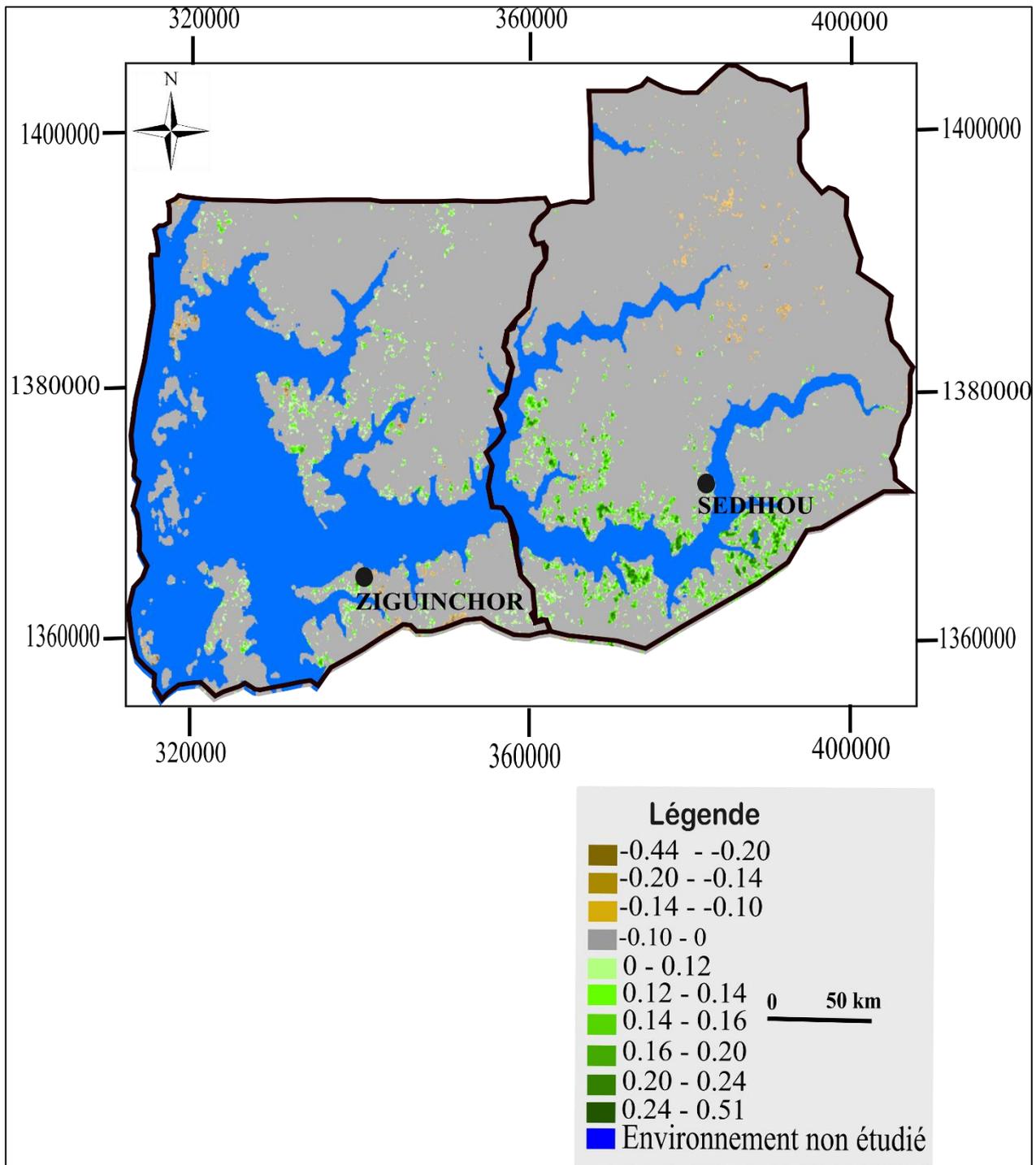


Figure 64 : Carte de la moyenne régionale des images de corrélation de Kendall de 2000 à 2020 (MODIS)

La corrélation de Kendall sur la NOAA de 1982 à 2015 (Figure 65) est intéressante car contrairement à MODIS, 72,50% des pixels montrent un reverdissement significatif contre 27,20% de tendances stables ou non significatives et 0,30% de régression. A cette échelle et à cette résolution, la majeure partie de la zone est donc caractérisée par une tendance positive et significative du NDVI. Le « reverdissement » du Sahel a donc entraîné des tendances NDVI positives également dans le climat

soudano-guinéen. Ici, aucune structure spatiale particulière n'apparaît, juste une tendance positive significative pour près de 3 pixels sur 4.

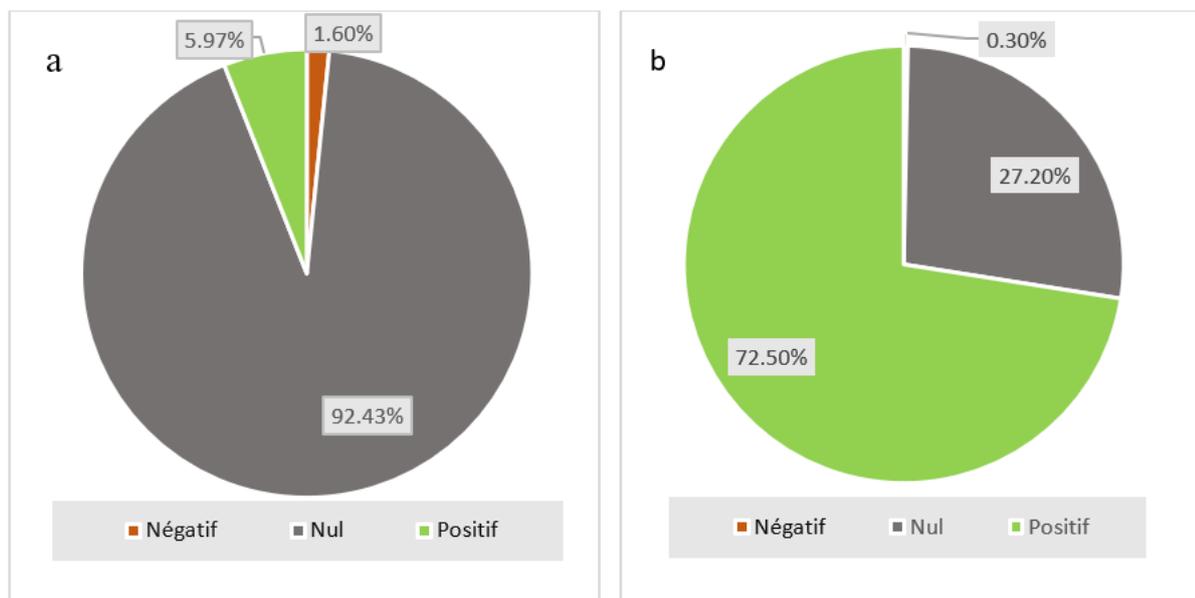


Figure 65 : Répartition des tendances en pixels a : NDVI-MODIS (2000 à 2020) et b : NOAA (1982-2015)

1.4.Variation spatio-temporelle du rythme saisonnier du NDVI-NOAA (1982-2015) en Casamance

La corrélation Mann-Kendall sur NOAA a révélé une tendance positive. Elle est cohérente avec la reprise des précipitations depuis les années 1980. C'est sur cette période que nous tenterons donc de décrire les changements intervenus, au-delà d'une simple validation d'une tendance positive dans le temps. Cette analyse sera effectuée à travers les courbes de profils saisonniers issues des synthèses bimensuelles du NDVI, qui seront d'abord découpées en deux périodes selon les grandes tendances climatiques qu'a connues la région ouest-africaine. Ainsi, cette subdivision sera faite en deux périodes distinctes : la période sèche (1982-1997) et la période humide (1998-2015) selon les travaux de Descroix et *al* (2015). Puis, à l'intérieur de chaque période, pour chaque quinzaine, on fait la moyenne des 16 ou 17 ans. On peut ainsi visualiser (Figure 66) les fluctuations, d'une période à l'autre, des rythmes saisonniers d'activité végétale. Le NDVI-NOAA révèle une différence de rythmes entre les deux périodes. La différence est principalement observée après la saison des pluies en novembre et décembre. Entre les mêmes périodes, on note une augmentation des précipitations en juillet et août et une augmentation du NDVI en novembre et décembre.

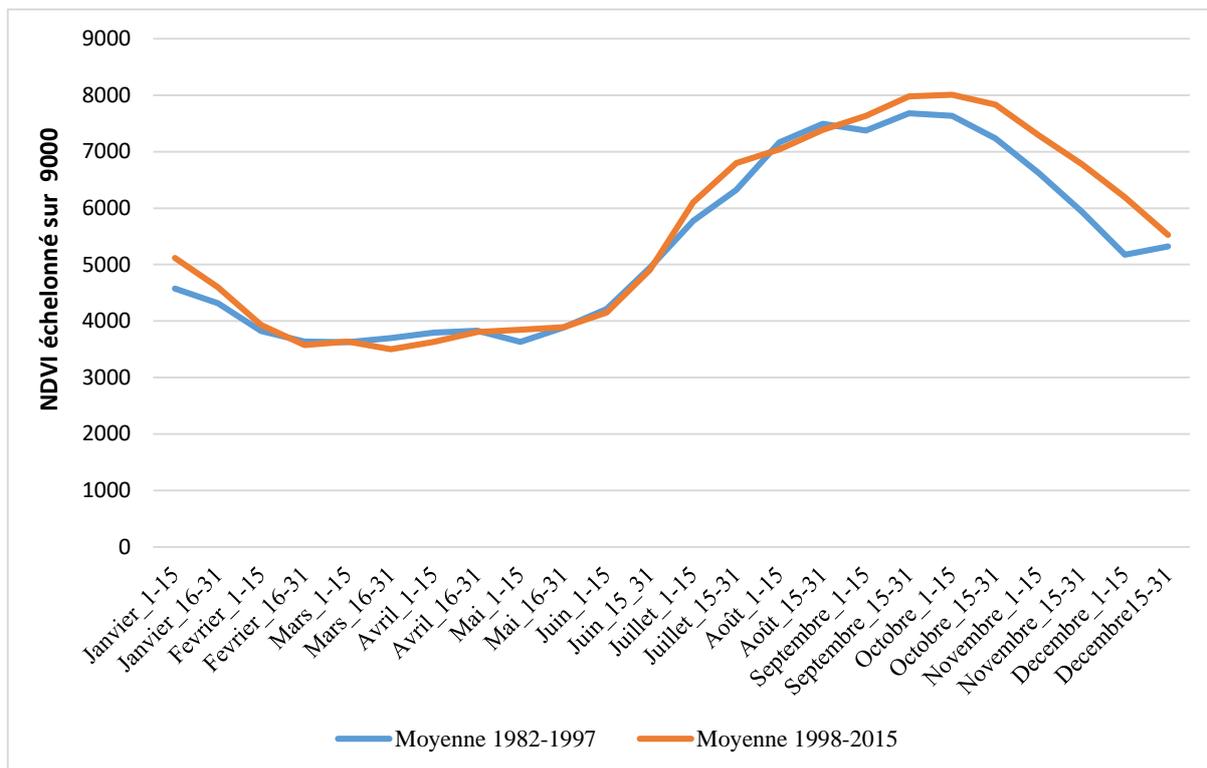


Figure 66 : Comparaison des profils moyens saisonniers de NDVI des périodes sèches (1982-1997) et normales (1998-2015) à Ziguinchor

Les mêmes moyennes ont été calculées pour les précipitations pour les deux mêmes périodes de part et d'autre de l'année 1998 et les mêmes moitiés de mois (Figure 67). La phase récente est caractérisée par une saison des pluies plus humide. Le début de saison reste inchangé d'une période à l'autre. La seconde moitié de la phase initiale, jusqu'au pic, est la période où l'écart est le plus important entre la période sèche (1982-1997) et la période de reprise pluviométrique (1998-2015). De septembre à la fin de la saison des pluies, les valeurs ne sont que légèrement supérieures pour la période récente.

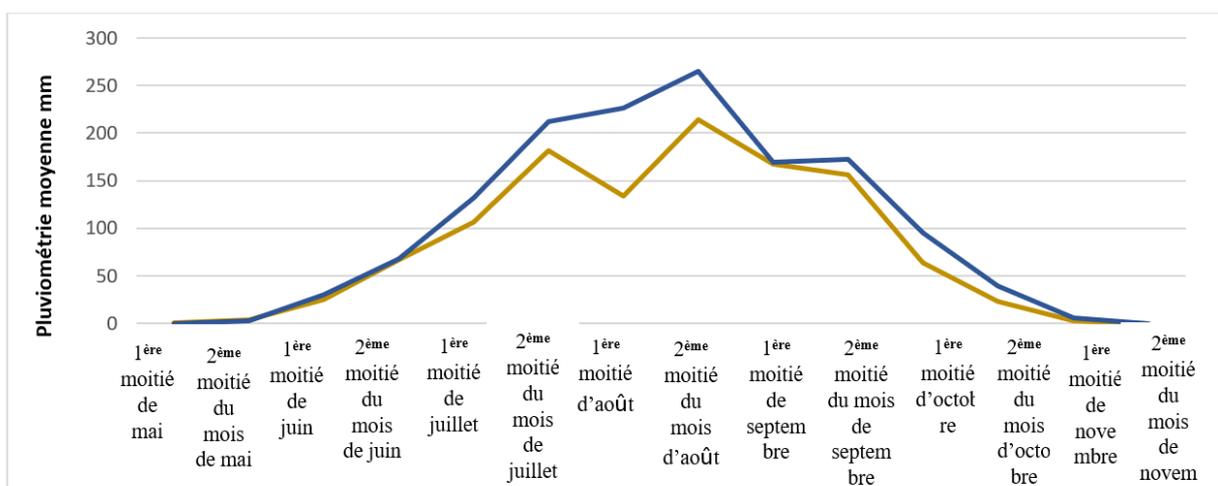


Figure 67 : Comparaison des précipitations moyennes (15 jours, résolution) des périodes sèches (1982-1997) et normales (1998-2015) à Ziguinchor

Ainsi, en comparant les figures 66 et 67, on observe une augmentation après 1998 des précipitations de juillet (figure 67) et une augmentation après 1998 du NDVI en novembre et décembre (figure 66), ce qui est en accord avec le tableau 7 qui montre que la corrélation la plus forte est entre les valeurs de NDVI et les précipitations 144 jours avant.

Les séries chronologiques du NDVI ont été analysées dans le but de cartographier et d'expliquer les schémas de leur relation avec les variations annuelles des précipitations. De grandes différences spatiales dans la réponse de l'activité photosynthétique aux précipitations sont observées en Afrique (Andrieu, 2017, San Emeterio et al 2011). Les données utilisées pour ce type d'étude à l'échelle régionale sont celles de la NOAA et du MODIS, qui peuvent fournir des synthèses bimensuelles pour l'ensemble du Sahel à partir des années 1980. Ces données confirment que le climat est un facteur important expliquant les variations du NDVI en Casamance. Ils permettent également d'étudier la relation entre le climat et la végétation, ou au contraire de lire l'action de l'homme en plus d'une tendance liée au climat. Les corrélations de Kendall, à l'échelle régionale, montrent que les changements mesurables sont fonction de la fenêtre d'observation aux niveaux spatial et temporel (San Emeterio et al 2019). La perception cartographique accentue ou atténue les tendances actuelles en fonction de ces deux variables. On peut donc parler d'un biais de perception lié au choix en amont de la zone d'étude et à la temporalité du phénomène étudié. Le même traitement a été effectué sur des données similaires. Ainsi, ce sont les limites temporelles, et dans une moindre mesure la résolution spatiale, des données qui expliquent cette différence importante. Avec les images NDVI-MODIS, la série temporelle ne couvre que les 20 dernières années ce qui ne montre pas de tendance climatique majeure, la série commençant après le dernier jalon majeur de 1998 marquant le retour à des conditions pluviométriques normales (Descroix et al 2015 ; Descroix et al 2020). Avec les images NDVI-NOAA, la période est suffisamment longue pour voir les grandes tendances climatiques des 35 dernières années et la série est assez bien centrée autour de cette date charnière de 1998. Entre 1982 (une des périodes les plus sèches du siècle) et 2015 (presque 20 ans après la reprise des pluies), les tendances observées montrent des augmentations significatives du NDVI après ces sécheresses pour 72,5% des pixels selon le test de Mann-Kendall. La longueur de la série temporelle et la date de début influencent fortement ces traitements (San Emeterio et al 2019 ; San Emeterio et al 2018). De plus, l'analyse de la carte Mann-Kendall sur le MODIS NDVI montre des changements localisés dans des zones agricoles particulières (situées sur les rives du fleuve Casamance dans la région de Sédhiou). Ces changements sont donc plus susceptibles de s'expliquer par des changements dans l'utilisation des terres et l'agriculture (jachères, développement de l'anacardier) que dans la pluviométrie. Cependant, pour le NDVI-NOAA, il est impossible de montrer de tels changements avec des pixels de 8 km. L'impossibilité de détecter les changements locaux d'occupation du sol

favorise peut-être l'identification des tendances climatiques. L'effet des limites temporelles et de la taille des pixels convergent pour mettre en évidence les changements récents de la couverture terrestre pour MODIS et les changements climatiques sur 40 ans pour la NOAA. Le changement d'échelle spatiale ou temporelle révèle soit l'activité humaine, soit le changement climatique avec le même traitement de données (NDVI-NOAA et NDVI-MODIS) que celui déjà observé par Andrieu (2018) sur la Côte d'Ivoire.

Concernant la caractérisation de ces changements, d'une part, l'augmentation du NDVI pour l'ensemble de la région selon la NOAA est contraire aux affirmations de "désertification" irréversible généralisée au Sahel (Solly et *al* 2020. Diéye et *al* 2013 ; Richard, 1990 ; Bassel, 1997 ; Lamproie, 1975). Des résultats récents basés sur les séries chronologiques NDVI-MODIS (2000-2019) et NOAA (1982-2015) à travers l'Homme de Kendall montrent une augmentation des indices de végétation sur de vastes zones en Casamance depuis le milieu des années 1990, ce qui, à l'échelle régionale, corrèle bien avec l'augmentation des précipitations dans le Sahel et a été interprété comme une reprise de la végétation (Eklundh et Olsson, 2003) en réponse à l'augmentation des précipitations (Nicholson, 2005). Ce discours est renforcé par plusieurs études de télédétection à l'échelle régionale qui confirment la thèse d'un « reverdissement » sahélien comme conséquence directe de la reprise des précipitations à partir des années 1990 (San Emeterio et *al* 2019 ; San Emeterio et *al* 2018 ; Dardel et *al* 2014 ; Toulouse et Lacaze, 2010 ; Olsson et *al* 2005 ; Anyamba et Tucker, 2005 ; Hermann et *al* 2005). Ces articles sont principalement basés sur l'analyse des tendances interannuelles du NDVI. Les cartes proposées dans ces articles ont contribué à la construction d'une vision collective du reverdissement en région sahélienne, que notre étude souhaite compléter par une étude de la frange sud-ouest de l'Afrique de l'Ouest. Il est important de nuancer cette affirmation car la tendance au verdissement en Casamance n'est pas uniforme, avec seulement quelques localités montrant des tendances NDVI négatives significatives (1,6% pour MODIS et 0,3% pour NOAA), qui sont dues au défrichement de la végétation naturelle pour cultures annuelles, feux de brousse et exploitation forestière dans les régions de Sédhiou et Ziguinchor. L'observation de tels phénomènes (déclin de la végétation dans certaines zones) peut aider à concilier les théories du reverdissement et de la dégradation. Pour cette raison, plusieurs auteurs (Fall, 2014 ; Andrieu, 2008 ; Bertrand, 1998 ; Blandin, 1992 ; Blandin et Lamotte ; 1984) mentionnent l'importance d'intégrer la notion de système socio-écologique, qui permet aussi une meilleure appréciation des interactions société humaine/milieu biophysique à des échelles différentes de celles d'autres concepts tels que le géosystème ou l'écocomplexe - une approche pertinente dans un contexte sahélien où le complexe des changements permanents est marqué par des mutations biophysiques, socio-économiques et politiques.

Conclusion partielle

Au cours des quatre dernières décennies, la végétation a montré une réponse régionale à l'amélioration des précipitations sous la forme d'une intensité accrue de l'activité végétale après la saison des pluies. 72,5% des pixels montrent une tendance positive significative sur les analyses de tendance NOAA NDVI ont indiqué une augmentation générale de l'indice de végétation, qui a été interprété comme un "verdissement" de la région qui correspond à la reprise des précipitations car 1982 est la période la plus sèche. La recherche de relations entre précipitations et activité chlorophyllienne a montré un lien fort avec une corrélation décalée de 144 jours ($r^2=0,86$) ou cumulée sur 2 mois ($r^2=0,76$). Ce résultat ouvre la voie à des approfondissements voire à des réexamens de la nature des liens entre le fonctionnement de la végétation et sa physionomie. En examinant la période récente pour la Casamance seule avec les mêmes méthodes à une résolution plus fine, il y a une stabilité globale apparente ainsi que des taches locales de tendances positives et négatives. Ils correspondent tous deux à des changements d'affectation des terres connus à la fois en termes de déforestation ou de jachères et de nouveaux vergers d'anacardier. Ce chapitre confirme donc que la Casamance n'est pas dans un processus de forte dégradation, du moins pas à cette échelle avec ces angles d'observation.

Dans le chapitre suivant, nous proposons de présenter les résultats de la méthode d'analyse des entretiens où les points de vue des acteurs interrogés pourront être confrontés en tenant compte de la variété de leurs activités, de leurs statuts ou encore leurs âges. Ainsi, nous nous attacherons à analyser les enquêtes que nous avons effectuées en Casamance.

Chapitre 6 : Perception de la population sur les pratiques et représentation des changements socio-environnementaux

Jusqu'ici nous avons présenté la méthode et les techniques permettant l'analyse des formations végétales de la Casamance à l'échelle régionale à travers les études de la cartographie diachronique et celle des fluctuations couplées du NDVI et de la pluie. Le dernier volet technique que nous associons à cette démarche méthodologique et pluridisciplinaire est celle d'enquêtes au sein des villages. Celles-ci doivent permettre de décrire les pratiques et d'estimer les interactions entre les pratiques agro-sylvo-pastorales et l'évolution des formations végétales. Ce chapitre décrit la démarche adoptée dans le cadre des enquêtes de terrain effectuées ainsi que les procédés d'analyse ayant permis de traiter les informations recueillies. Pour répondre à ces objectifs, nous avons privilégié les enquêtes par entretiens semi-dirigés auprès des acteurs (chefs de villages, agropasteurs, maires, Eaux et Forêts). Ainsi, pour débiter ce chapitre, ce sont les résultats des enquêtes qui seront présentés ainsi que les procédés d'analyse ayant permis de traiter les informations recueillies.

1. Résultats

1.2. Types d'acteurs

Après avoir évoqué la méthode d'analyse des entretiens, nous allons présenter successivement deux résultats. Premièrement nous présenterons les résultats de l'analyse de la perception des acteurs sur la gestion de la ressource forestière, à l'échelle des régions où sont comparés le discours des cinq villages sur leur environnement et leurs usages. Deuxièmement nous présenterons les résultats de l'analyse du discours par la lexicométrie.

1.2.1. Perception des acteurs sur la gestion de la ressource forestière

Tous les acteurs ne s'associent pas à la gestion de la forêt de la même manière. Cette perception dépend aussi de l'activité pratiquée sur ce milieu. Certains ne font que l'utiliser, comme les charbonniers, d'autres que la gérer comme les agents des Eaux et Forêts. D'autres n'ont pas l'impression de la gérer directement, mais les pratiques traditionnelles des femmes ou celles des bergers permettent de limiter l'impact des prélèvements qu'ils opèrent sur le couvert forestier. Pour eux, la forêt demeure une essence de vie, c'est une richesse et un patrimoine divin que les ancêtres leurs ont légué. Elles ont une perception à la fois écologique, économique et socioculturelle de la forêt en termes de moyen de production et de protection. A travers les enquêtes et les entretiens, on se propose d'essayer de comprendre quelle appréhension les populations locales font de cette gestion forestière.

1.2.1.1. Le service des Eaux et Forêts

L'Etat est le premier gestionnaire de cet espace. La politique de l'Etat indépendant a commencé à réglementer l'exploitation à partir d'un décret de loi en 1965 (65-078 du 10 février 1965) instituant l'obtention d'un permis de coupe (art. D 38 et 39), d'un permis de circulation (D 42) et d'un permis de dépôt (D 43) pour toute activité commerciale d'exploitation des ressources ligneuses. La loi de 1974 a, ensuite, obligé l'exploitant forestier à se munir d'une carte professionnelle (L 74-46 du 18 juillet 1974. Art. L 28). Puis, dès 1980, un système de quota a été explicitement institué par la Direction des Eaux et Forêts, de la Chasse et de la Conservation des Sols (DEFCCS) afin de réguler la production face au nombre grandissant des patrons charbonniers. En effet, l'article R14 du code forestier N°98/167 du 20 Février 1998 stipule que dans le domaine forestier de l'État, le service chargé des Eaux et Forêts établit les règles de gestions, élabore les plans d'aménagement et les exécute soit en régie, soit par l'intermédiaire des tiers. Elle a pour mission l'appui-conseil auprès des villages et la surveillance pour une gestion durable des forêts du domaine protégé d'une part. D'autre part, elle est appelée à exercer une autorité directe sur le domaine forestier classé. Ainsi, l'État du Sénégal, à travers le service des Eaux et Forêts s'active dans le reboisement de la mangrove et de la terre ferme en collaboration avec les associations de protection dans les différents villages étudiés. Selon les villageois enquêtés, le principal souci de ses agents des Eaux et Forêts c'est qu'ils ne font pas le suivi des plantations et qu'ils sont parfois de mèche avec les trafiqueurs de bois.

1.2.1.2. Océanium

Crée en 1984, cette organisation non gouvernementale a pour vision la protection de l'environnement d'une manière générale, en particulier la mangrove. Lancé en 2006, dans l'estuaire de la Casamance, il est basé sur un partenariat entre une ONG sénégalaise et une compagnie privée (Danone). C'est un groupe industriel français qui a contribué à la mise en œuvre du projet en cédant une partie des crédits carbone pour le financement des plantations de mangroves réalisées au niveau des 320 villages de la Casamance. Il contribue au financement du suivi des plantations en assumant aussi les coûts de vérifications liées aux procédures de compensation carbone reconnues au niveau international. D'une manière plus spécifique, Danone s'engage selon le protocole d'accord, à réaliser les mesures de croissances des plantations dans le cadre de la vérification carbone ainsi que le suivi cartographique. Ainsi, il effectuera des versements annuels de 5 000 000F CFA pendant 10 ans. De cette somme est tirée l'achat des propagules et le paiement des planteurs. Selon certains villageois interrogés, depuis que l'Océanium a signé un accord avec Danone, bon nombre d'écosystèmes de mangrove reboisée sont privatisées à cause du Carbone. L'accès à la ressource demeure difficile alors que de longues dates c'est eux qui contrôlaient le droit d'accès et d'usage en assurant la conservation. Les travaux relatifs au reforestation (Cormier Salem et Panfili, 2016) expliquent eux aussi que les reboisements

sont des accaparements des terres au nom du carbone de Danone et que même si c'est bien pour les plantes et le carbone c'est injuste pour les populations locales. Selon le Directeur de l'Océanium : « ils ont planté 79 millions de palétuviers sur plus de 10 000 hectares de 2006 à 2021. Même si ce taux sera très probablement plus élevé il est intéressant de rappeler que le reboisement n'est pas la principale explication.

1.2.1.3. Les exploitants de bois et les charbonniers

Ils ont une vision très spéciale de la forêt. Pour eux, il s'agit d'abord d'une source de revenus et d'autre part il peuvent y pratiquer une foresterie durable. Ils sont de fait très impliqués dans la gestion des ressources et savent que la forêt leur est indispensable.

En revanche, certains d'entre eux sont inconscients des dégâts que leurs activités causent sur la forêt notamment le cas de la production de charbon de bois et de la coupe du bois. Les dégâts liés à ses pratiques ne sont pas tellement pris avec beaucoup de considération par certains villageois, ce qui justifie le manque de culture de reboisement. Dans le même angle, l'ignorance des dégâts liés à la pratique d'abattage non sélectif des arbres en vue de l'obtention de charbon de bois, conduit les populations locales à abattre les arbres au cours de leurs activités ce qui met en danger la gestion de la forêt et accentue la perte des produits forestiers non ligneux dont sont fortement dépendantes les populations locales.

1.2.1.4. Les fumeries de poisson

Ils ne sont pas en contact direct avec la forêt mais ils entretiennent des relations avec ses exploitants de bois clandestins. Pour ses propriétaires de fumeries, la forêt est un bien commun et très normalisée. Chaque jour au niveau du quai pêche de Kafountine, ils payent une taxe allant de 2500 à 3000 FCFA. Ainsi, ils pensent qu'avec ses taxes versés, l'Etat parvient à gérer la ressource convenablement en mettant les moyens financiers et techniques qu'il faut.

1.2.1.5. Les bergers

Les bergers qui utilisent la forêt depuis fort longtemps, savent que celle-ci leur est incontournable. Les bergers ne détruisent pas les arbres, car, ils sont essentiels à la survie de leurs troupeaux. Pour eux : « Les arbres sont pleins d'avantages et ils ne peuvent pas s'en passer ». Le seul élément contraignant sur leur parcours, c'est la recherche de points d'eau pour l'abreuvement des troupeaux et les problèmes entre éleveurs et agriculteurs. L'Etat Sénégalais est entrain de trouver des solutions adéquates en adoptant la loi sur le code pastoral qui devrait prendre en charge ses préoccupations. En ce moment, pour éviter les conflits d'usages, les autorités locales sont obligées de planifier et de

codifier ces rapports, à travers des contrats de cultures pour les cultivateurs et des interdictions temporaires d'accès aux pâturages pour les bergers. Selon certains éleveurs quand il y a les cultures pendant l'hivernage, ils sont obligés d'aller très loin ou bien d'amener le bétail dans les forêts classées. De plus, la mobilité pastorale est aussi une stratégie d'adaptation très ancrée chez les agropasteurs notamment en cas de déclenchement d'un feu de brousse. Cependant, les raisons qui poussent les agropasteurs à se déplacer peuvent être diverses. Dans le cas de Sédhiou, parmi ces raisons, les feux de brousse constituent un facteur clé.

1.2.1.6. Les tradipraticiens

Ils sont de ce fait très impliqués dans la gestion des ressources parce qu'ils la considèrent comme limitée et pensent qu'il faut la conserver. Dans la région de Sédhiou, depuis 2018, les populations ont créé une association du nom de « l'association des guérisseurs traditionnels de Sédhiou » qui permet une préservation des arbres. Le principal problème organisationnel que rencontre cette association est le manque d'un lieu physique pour l'accueil des patients. Ce lieu permettrait d'aiguiller directement le patient vers un tradipraticien adapté, de mettre en valeur un verger ou jardin botanique afin que les tradipraticiens aient un accès facile à des essences rares, ainsi que de favoriser les liens entre médecine traditionnelle et conventionnelle.

1.2.1.7. Les agriculteurs

Ils perçoivent la forêt comme une richesse. Ils déclarent : « Par famille, par village, par service, nous allons planter des arbres dans nos champs car ils savent que la ressource est parfois menacée par endroits ». Ils accordent de l'importance à la gestion des forêts et y voient la possibilité de récupérer les terres fertiles.

1.2.1.8. Les pêcheurs migrants saisonniers

Ils ont une autre perception des ressources forestières en particulier la mangrove puisqu'ils ne sont présents dans les sites d'accueil qu'une partie de l'année. Ces populations saisonnières ne pensent pas beaucoup à la restauration et à la protection de la mangrove. Ils sont tout le temps présent dans les cours d'eau à la recherche de ressources halieutiques sans penser au renouvellement des stocks. Ils prélèvent, perturbent le cycle de la ressource dans le seul objectif de gagner beaucoup d'argent à ramener dans leur lieu de provenance. La mangrove est pour eux seulement un lieu de pêche, un lieu de ravitaillement contrairement aux utilisateurs autochtones qui l'utilisent comme un milieu de subsistance.

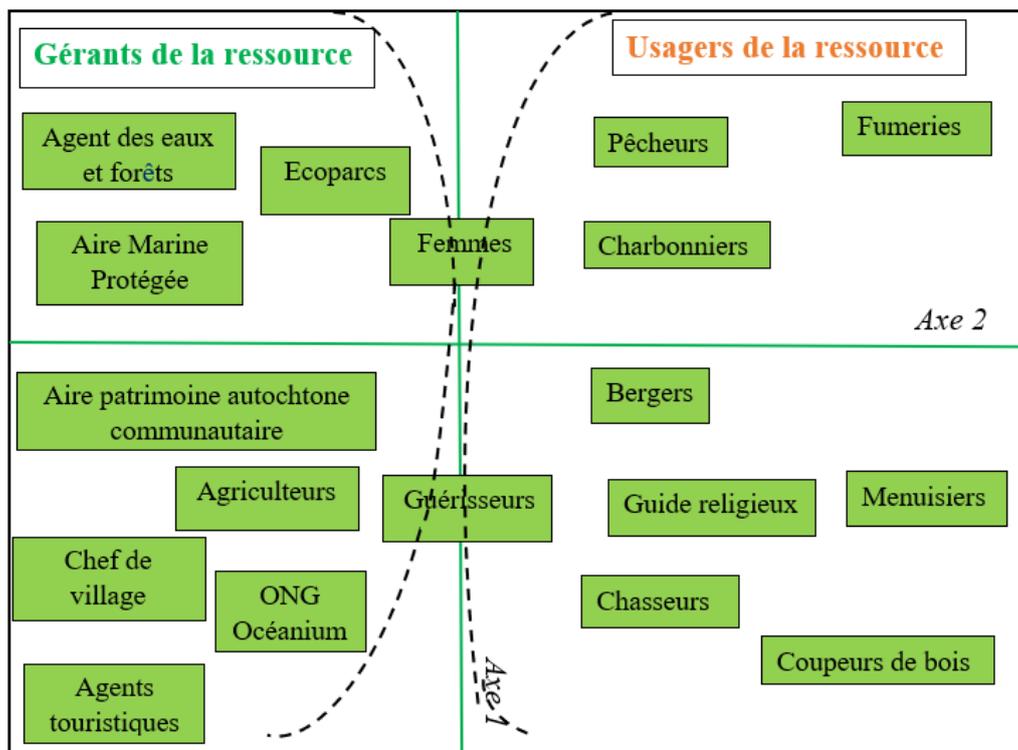
1.3. Analyse du discours des acteurs par la lexicométrie

Sur la base de l'analyse des entretiens, les perceptions des ressources forestières montrent certaines particularités à travers lesquelles, nous avons voulu appréhender les visions des acteurs locaux dans un contexte caractérisé par d'importants changements environnementaux et sociétaux. Ces analyses ont été faites dans l'optique de mieux cerner le rôle des perceptions dans les pratiques et stratégies d'adaptation. Nous utiliserons les enquêtes pour effectuer ces comparaisons d'abord d'un point de vue analytique en s'appuyant sur la lexicométrie pour en comparer les discours.

1.3.1. Analyse du discours des acteurs par l'Analyse Factorielle de Correspondance (AFC)

Elle permet une analyse globale des similarités et des dissimilarités entre les discours. Les parties du corpus sont représentées sur le plan des deux premiers axes factoriels extraits par l'analyse. Ainsi, la figure 31 permet une véritable différenciation entre les acteurs. La lecture des coordonnées factorielles sur l'axe 1 (axe horizontal) permet de distinguer les gestionnaires (Eaux et Forêts) et agents externes (AMPA, ONG, chef de village etc...) et les usagers de la forêt et de ses ressources (Tableau 15).

Tableau 15 : Discretisation des acteurs à travers leurs discours à partir du premier plan factoriel de l'AFC



Pour éclaircir cette opposition, revenons aux spécificités de ces deux groupes d'acteurs. Pour aller plus loin dans l'analyse de cette différenciation entre gérants et utilisateurs de la forêt, nous avons effectué l'analyse des spécificités pour ces deux ensembles d'acteurs. Ainsi, les usagers utilisent souvent les mots coupe, bois, fruits, charbon, branches et feuilles. Tandis que les gérants de la

ressource ont l'habitude d'utiliser fréquemment les mots reboiser, repos biologique, protéger, forêt, sensibiliser, surveiller, conserver et biodiversité (Figure 68).

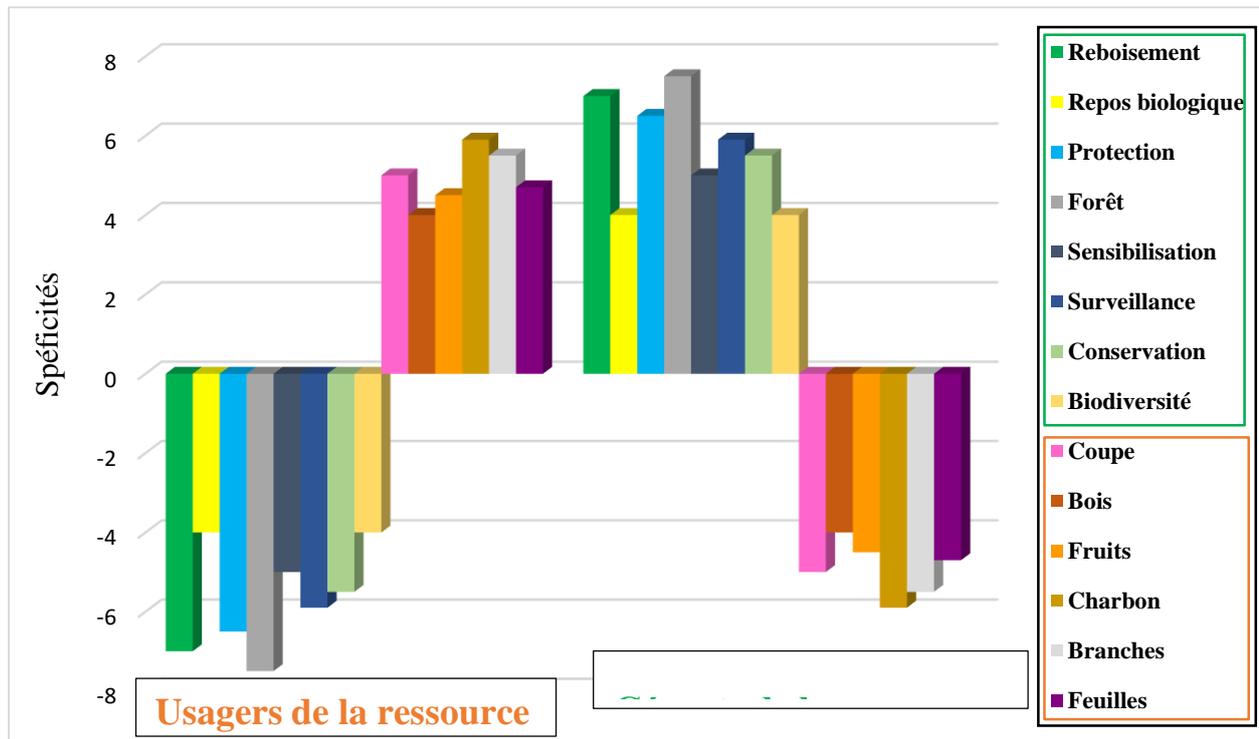


Figure 68 : Différenciation entre usagers et gérants par les spécificités

1.3.2. Les concordances

Elle permet de visualiser toutes les occurrences d'un mot dans son contexte. La concordance permet un retour systématique au texte et à l'environnement immédiat du mot. Pour la suite, sont analysées les concordances des mots *reboiser* (Figure 69) par les gérants de la ressource et *charbon* par les usagers (Figure 70). L'analyse des concordances de ce mot permet de mieux comprendre la représentation pour ces deux groupes d'acteurs, de ces structures extérieures d'intervention.

Partie : Casamance, Nombre de contexte : 5

Pour gérer la ressource il faut des actions de **reboisement** avec l'aide des associations du village dégradation de la forêt c'est le manque de **reboisement** par les jeunes du village. Ils veulent mettre en place des actions de restauration, **reboisement** et d'accompagnement des populations avec le repos biologiques , des programmes de **reboisement** et de sensibilisation auprès des populations fiable . Pour la mangrove, les derniers **reboisements** datent de 2018 mais c'est le manque de suivi

Figure 69 : Concordance du mot reboisement par les gérants de la ressource

Partie : Casamance, Nombre de contexte : 5

rs de miel , les chasseurs de lapin , le **charbon** de bois pour la consommation et les fumeurs
êtées , ce bois procure beaucoup plus de **charbon** une fois allumé . § De même, le bois de
gens qui ont leurs permis de coupe . Le **charbon** de bois se pratique aussi. Le bois mort
utilisé dans la menuiserie , cuisson et **charbon** de bois . Le bois de mangrove les populations
cause de la salinité . On peut faire du **charbon** de bois avec la pomme d'anacarde pressée

Figure 70 : Concordance du mot charbon par les gérants de la ressource

Comme on l'a vu précédemment, les gérants et les utilisateurs des ressources forestières ont un discours très éloigné à propos du même objet, la gestion de la forêt. A travers les discours de ces deux catégories d'acteurs, les préoccupations paraissent si éloignées que l'on peut imaginer que la parole des gestionnaires est imperceptible pour les usagers de la savane, ce qui contribue à limiter l'efficacité de leurs actions sur le terrain. La mise en évidence d'une dichotomie entre les discours des usagers et ceux des gérants nous conduit à nous pencher précédemment sur le contexte de l'utilisation des mots utilisés par ces deux groupes. Pour cela, nous avons recherché les concordances des mots appartenant aux différents champs lexicaux étudiés précédemment.

Conclusion partielle

En résumé, les enquêtes auprès des différents acteurs de la forêt permettent de reconstituer le système de gestion et de mieux percevoir qui agit directement et indirectement sur les ressources forestières. Elles permettent aussi de définir quels sont les champs d'actions et de préoccupation des différents acteurs vis-à-vis de la gestion des ressources, ce qui constitue une étape indispensable à la mise en place d'une politique de gestion efficace

Les enquêtes par entretiens semi-dirigés et leur traitement textométrique apparaissent comme des outils pertinents pour effectuer des comparaisons entre les discours des acteurs d'un point de vue analytique et des pratiques et des évolutions paysagères. Cette méthode utilisée a permis d'observer des contrastes dans les différents groupes d'acteurs. Ces contrastes sont fonction de leur activité selon qu'elle est en lien plus ou moins direct avec la gestion de l'environnement ou, au contraire, avec l'utilisation quotidienne des ressources ligneuses. Dans le chapitre suivant, nous allons analyser la dynamique des formations végétales à l'échelle locale pour comprendre les usages qu'en font la population locale.

CHAPITRE 7 : Dynamique des formations végétales à l'échelle des villages

Changer d'échelle d'étude permet de comprendre les dynamiques qui s'opèrent au sein des anthroposystèmes. Cette échelle permet en effet de comprendre l'organisation des éléments de paysages, décrite aux échelles régionales examinées plus haut. Elle permet de décrire l'occupation du sol des villages à partir d'autres méthodes que ceux perçus par télédétection à moyenne résolution. Il s'agit dans cette partie d'analyser les causes et les conséquences de ces processus de changement, de manière à savoir si ce dernier est négatif ou positif pour les ressources et les différents services qu'elles procurent à la nature et à l'homme. Ce chapitre a aussi pour objectif la description des pratiques au sein des villages et d'estimer les interactions entre les pratiques agro-sylvo-pastorales et l'évolution des formations végétales. Pour cette étude à une échelle plus fine, nous avons pu effectuer un travail plus fin de cartographie et de quantification dans l'optique de mettre en évidence les différentes séquences qui marquent l'évolution des catégories retenues d'occupation du sol. L'interprétation est guidée par les résultats des enquêtes.

Cinq villages ont été choisis pour montrer les changements des formations végétales à l'échelle locale autour des villages. Il s'agit de Kafountine, Affiniam, Diembering Etoune, Tankon et Marakissa. Kafountine est un village où les boisements de terre ferme sont caractérisés par une importante régression et la mangrove qui l'entoure montre une progression. Affiniam, un village diola se situe dans une zone où l'on mentionne une progression des boisements. La mangrove quant à elle, se caractérise par de grandes surfaces en progression. Diembering, un village d'Oussouye comprend la combinaison d'assez nombreuses tâches de progression et de régression dans une matrice de boisements stables. Tankon est un village du nord de Sédhiou. Il se situe donc dans un secteur où les boisements de terre ferme sont caractérisés par des changements assez peu complexes (progression et régression) montrant un changement de ces paysages de terre ferme. Marakissa est un village de Sédhiou. Les boisements de terre ferme sont caractérisés par une progression nuancée par quelques secteurs de régression. La mangrove est caractérisée par des surfaces en régression.

Le tableau 16 résume les principales évolutions au niveau des villages et leur interprétation en terme de dégradation ou amélioration.

Tableau 16 : Interprétation des changements à l'échelle des villages

Kafountine	Progression de la mangrove	Recul des tannes	Amélioration
	Regression de la savane	Apparition des cultures de plateau et vergers	Amélioration
	Regression des rizières	Absence d'aménagement et de mise en valeur	Dégradation
Affiniam	Progression de la mangrove	Recul des tannes	Amélioration
	Progression de la savane	Aménagement de la forêt communautaire	Amélioration
	Regression des rizières	Manque d'aménagement et de main d'œuvre	Dégradation
Diembering Etoune	Progression de la savane	Progression de l'agroforêt	Amélioration
	Regression des rizières	Manque de main d'œuvre et progression de la salinité	Dégradation
	Regression des filaos	Manque d'aménagement	Dégradation
Tankon	Progression de la savane	Regénération des plantes	Amélioration
	Regression des savanes	Exploitation du bois	Dégradation
Marakissa	Regression de la mangrove	Progression du tanne et de la salinité	Dégradation
	Progression de la savane	Progression de la savane forestière	Amélioration

1. Kafountine

Kafountine est un village situé sur le littoral Sud du Sénégal, plus précisément en Basse-Casamance dans la région de Ziguinchor (Département de Bignona). C'est un village Diola, localisé de part et d'autre de la route qui va à Diouloulou, traversant plusieurs villages (Kataba, teubi, etc.). Kafountine se retrouve d'une part à proximité de la terre ferme dans un secteur de régression et d'autre part en milieu insulaire caractérisé par la progression de la mangrove. Pour cela, une description des principaux éléments du village sera effectuée avant d'en étudier les processus de changements. Ainsi,

l'occupation du sol devra donc être analysée pour identifier les éléments du paysage en mangrove et en terre ferme. Ensuite, seront décrits en quoi le terroir de Kafountine peut être menacé à travers ses ressources et sa capacité de production.

1.1. Description des activités à Kafountine

Pour comprendre la description des pratiques à Kafountine, nous avons cartographié les éléments de paysage par zonage. Cette description nous renseignera le plus précisément possible sur l'évolution des éléments du milieu et de mieux savoir l'impact des changements sur la ressource. A Kafountine l'importance des activités socio-économiques est fonction des intérêts relatifs des populations. Ces activités se font selon un calendrier qui tient compte à la fois de la saison, de la disponibilité du produit et de la main d'œuvre. A Kafountine, la riziculture, la pêche, l'élevage, l'exploitation du bois, les vergers d'anacardiens, la récolte des huîtres et le fumage du poisson sont les principales activités de la population.

La riziculture : elle est la principale activité et occupe une bonne partie de la population de la Commune de Kafountine et assure les principales ressources alimentaires. C'est un terroir de grande production nécessitant une large main d'œuvre. D'après les enquêtes, les terres cultivables représentent environ 50 % de la production agricole. Bien que la zone soit plus attractive en raison de l'activité de pêche, la riziculture tient encore une place primordiale dans l'économie traditionnelle. C'est une riziculture de type pluviale qui s'effectue dans de petits casiers dessinés au niveau du sol, avec de petites diguettes. A l'intérieur de ces casiers, ce sont les hommes qui dessinent des sillons avec le kadiandou puis les femmes repiquent le riz.

La riziculture à Kafountine, à l'instar des autres villages de la région de Ziguinchor, demeure encore traditionnelle. Les instruments de culture rudimentaires utilisés, principalement le Kadiandou et/ou la dabaa, témoigne d'une évolution difficile et d'une production rizicole qui est principalement destinée à la consommation.

La pêche : c'est la seconde activité et est pratiquée en milieu maritime. Pendant l'enquête le chef de village a affirmé : « ce qui fait la spécificité de ce terroir c'est l'attractivité de cette ressource (pêche) qui participe depuis des décennies à l'économie villageoise ». L'originalité de la pêche à Kafountine vient de la diversité des pêcheurs autochtones (occasionnels, à mi-temps ou à plein temps, continentaux ou maritimes) mais surtout de l'importance des migrations saisonnières de pêcheurs originaires des autres régions côtières sénégalaises. Plus de 85% des pêcheurs maritimes sont des migrants. Cette dualité entre populations autochtone et allochtone et entre systèmes d'exploitation où la pêche et l'agriculture tantôt se combinent, tantôt se juxtaposent, se traduit dans l'occupation de l'espace. Les principales espèces de poissons pêchés à Kafountine sont les faux mérours (Epinephelus

aenus), les barracudas (*Lagocephalus spp*), les faux perroquets (*sphyraéna piscatorium*), les congères (*Cynoponticus ferox*), les rougets (*Pseudopeneus paryensis*), l'ethmalose (*Ethmalosa fimbriata*) et la sardinelle (*Sardinella maderensis*). Les nombreuses espèces pêchées alimentent le marché local mais approvisionnent aussi les grands centres urbains du pays comme Ziguinchor et Dakar où sont implantées des industries de transformation. Quant aux espèces telles que l'ethmalose (*Ethmalosa fimbriata*) et la sardinelle (*Sardinella maderensis*), sont vendus aux marchands guinéés qui se trouvent au niveau du quai de Kafountine.

L'élevage : le village de Kafountine possède un troupeau relativement important qui a besoin de pâturage pendant toute l'année. Il s'agit des vaches et chèvres. Ces troupeaux sont surveillés pendant la saison des pluies parce que cela coïncide avec le début des cultures de riz, du mil, du maïs et de l'arachide. Ainsi, les éleveurs les surveillent toute la journée jusqu'à la fin des récoltes précisément entre le mois d'Août et celui de décembre.

Au début de la saison sèche, après les récoltes, les troupeaux peuvent se déplacer toute la journée pour trouver de l'herbe plus verte, donc plus riche. Ils pâturent alors la végétation naturelle, les jachères et les résidus de récolte. C'est pendant cette saison qu'ils font la traite du lait et le vend sur le marché local à 1000 FCFA le litre.

L'exploitation du bois de la forêt : pendant l'enquête le chef de village affirmé : « à Kafountine, les villageois n'exploitent pas le bois de mangrove parce que c'est interdit. Ils préfèrent aller dans la forêt pour chercher le bois de feu ». Quant au charbon de bois, il est utilisé pour préparer le thé mais il peut aussi être utilisé à des fins commerciales. L'espèce le plus fréquemment utilisé est *Manguifera indica* (le manguier).

A Kafountine, la combustion nécessaire pour faire la cuisine par les femmes est obtenue en brûlant du bois de chauffe. Le bois récolté est celui de l'*Acacia seyal* (surur en Wolof). Ce bois est apprécié de façon diverse comme combustible, certaines femmes trouvant qu'il brûle trop vite. Les techniques de prélèvement diffèrent entre chaque foyer. Le matériel nécessaire utilisé par les femmes le plus souvent pour la coupe est constitué d'un coupe-coupe. En revanche, lorsque les fagots de bois sont nombreux, elles peuvent parfois se contenter d'attendre l'arrivée de leurs maris pour les transporter avec leurs charrettes. Pendant la saison des pluies vu que les femmes s'adonnent aux travaux champêtres (culture du riz) ; elles n'ont pas le temps d'aller chercher du bois. Pour répondre à ce besoin, elles en stockent une quantité suffisante avant l'hivernage. Pendant un à deux mois (avril-mai), elles ramassent environ trois fois plus de bois que d'habitude.

Vergers d'anacardiens : La culture de la noix de cajou représente une source de revenus importante dans ce terroir bien que la riziculture ait été considérée comme l'activité principale. Outre la pêche, l'économie villageoise est fortement dominée par la culture de l'anacarde.

Récolte des huîtres : Elle est l'une des activités les plus importantes pratiquées dans la mangrove de Kafountine. Elle est essentiellement faite par les femmes des villages insulaires de Kafountine. Selon les enquêtes, ces femmes s'organisent en groupe pour cette récolte. Elle est pratiquée entre février à mai et fait l'objet d'une exploitation rationnelle parce que les techniques de récolte des huîtres ont changé avec le temps ; les femmes déclarent qu'elles saisissent la racine des palétuviers à la main sans la couper. La quantité d'huîtres récoltée varie selon les années. En effet, pendant l'année 2014/2015, les femmes du village de Kafountine ont pu récolter 713,5 kg. Ces dernières années, nous avons constaté une augmentation du volume d'huîtres récoltées par les femmes dans certains *bolongs*, ce qui laisse à penser que la cueillette est importante. Elles ont récolté pendant l'année 2020/2021 1899,85 kg d'huîtres fraîches. Ensuite, les huîtres une fois séchées sont acheminées vers la région de Ziguinchor, le marché de Diaobé ou à Dakar suivant un prix du kilogramme variant entre 2500 et 3500 FCFA.

Fumage de poisson : lors de l'enquête le chef de village a affirmé que le fumage du poisson a connu une évolution ces dernières années car il est passé de 125 fumoirs en 2009, à 350 fumoirs en 2021. De plus elle est considérée actuellement comme la principale cause d'un fort accroissement de la demande en bois. Le port de pêche, qui accueillait autrefois moins d'une centaine de pirogues, en abrite aujourd'hui plus de deux cents. Des convois incessants de charrettes et camions acheminent aujourd'hui de grandes quantités de bois vers ces fours, depuis Diannah, Albadar et maintenant Diouloulou. A la question de savoir quel est l'impact de l'utilisation de ce bois sur la ressource ?

1.2. Dynamique des formations végétales à Kafountine

Pour une meilleure gestion des ressources à l'échelle des terroirs, il reste bien à mettre en liaison les évolutions du paysage et celles des pratiques avant de se prononcer sur les effets positifs et négatifs qu'ils représentent pour les ressources et les sociétés.

1.2.1. Analyse de l'occupation du sol à Kafountine

L'occupation du sol à une échelle plus fine permet de cartographier et de caractériser les éléments de paysage par zonage. On s'intéresse ici aux différences que présentent les cartes d'occupation du sol avec celle du début des années 2000 et de la fin des années 2021. Sans anticiper la cartographie des changements qui facilite leur analyse.

L'occupation du sol en 2000 est dominée par les boisements de terre ferme en particulier les savanes. On retrouve en terre ferme, la distinction du nord peu boisé et du sud densément boisé. La carte fait également ressortir le caractère peu boisé des secteurs à l'est du village de Kafountine avec la présence des cultures de plateaux. On retrouve, pour la mangrove une combinaison de tannes et rizières. En termes de superficies, les savanes couvrent 730 ha de l'occupation du sol en 2000. Les surfaces occupées par les mangroves représentent 21 ha de la superficie de la carte pendant l'année 2000. Les rizières, les tannes et les surfaces en eau occupaient respectivement 118 ha, 136 ha et 330 ha. Les surfaces occupées par les zones d'habitats sont de 129 ha ; l'arboriculture fruitière de 79 ha et les filaos de 32 ha en 2000.

Entre 2000 et 2021, la dynamique de l'occupation du sol à Kafountine est largement dominée par la progression du bâti de 1335 ha et des cultures de plateau de 325 ha soit 2%. Pendant cette même année, on observe une diminution des savanes de 494 ha, soit 32% comparée à celle de 2000 qui était de 730 ha. La mangrove quant à elle, se caractérise par une progression de 63 hectares comparée à celle de 2000 où elle occupait 21 ha. Les autres surfaces telles que les surfaces en eau, l'arboriculture fruitière, les filaos et les sites de transformations de poissons quant à elles ont par ailleurs progressé.

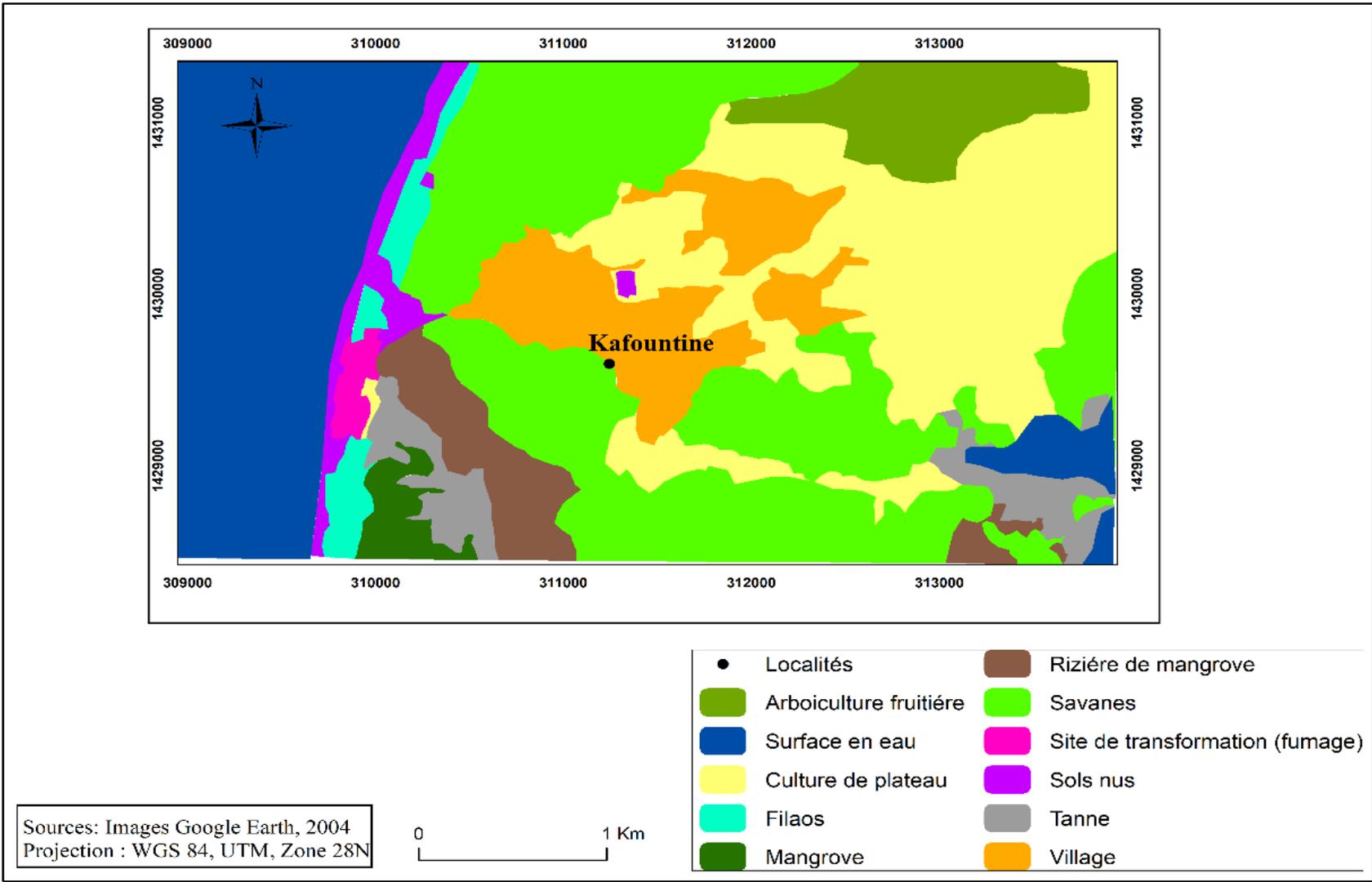
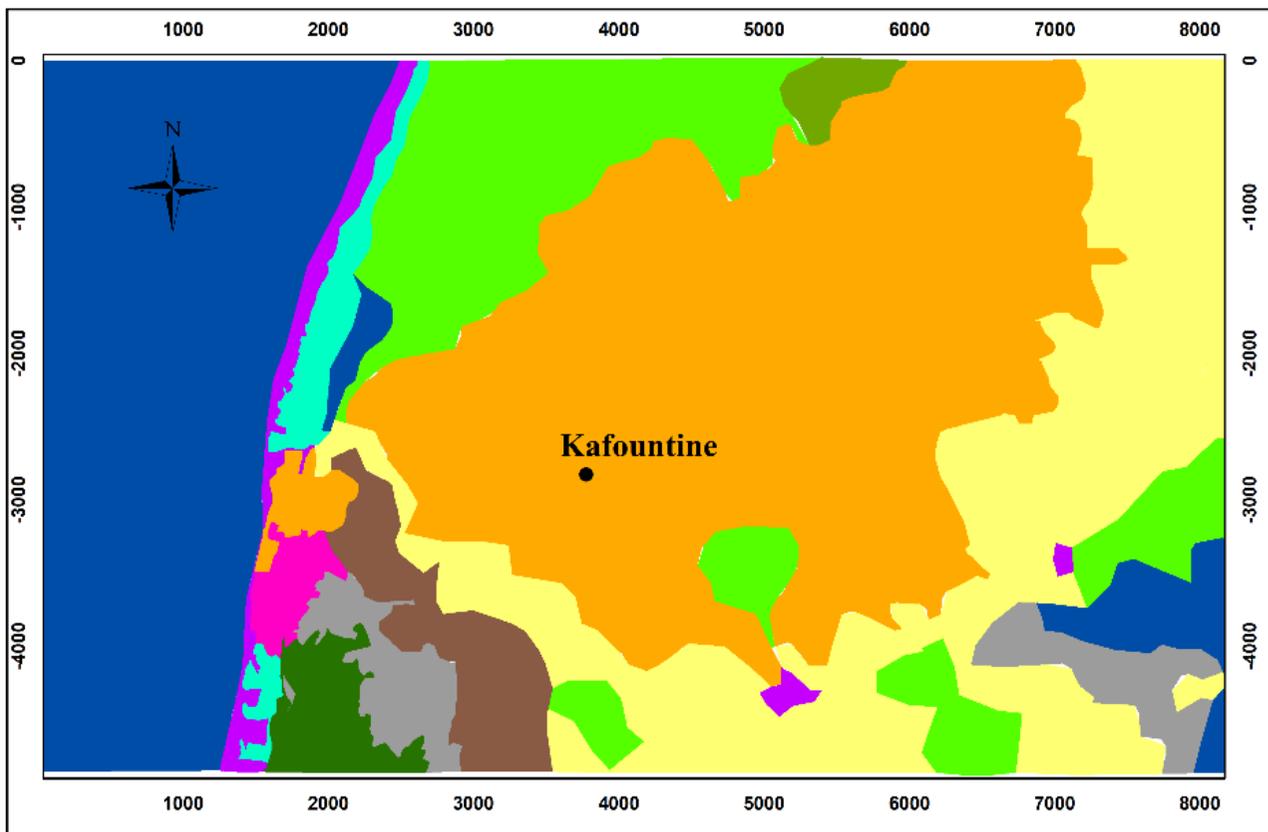


Figure 71 : Occupation du sol à Kafountine en 2000



Sources: Images Google Earth, 2021
 Projection : WGS 84, UTM, Zone 28N



Figure 72 : Occupation du sol à Kafountine en 2021

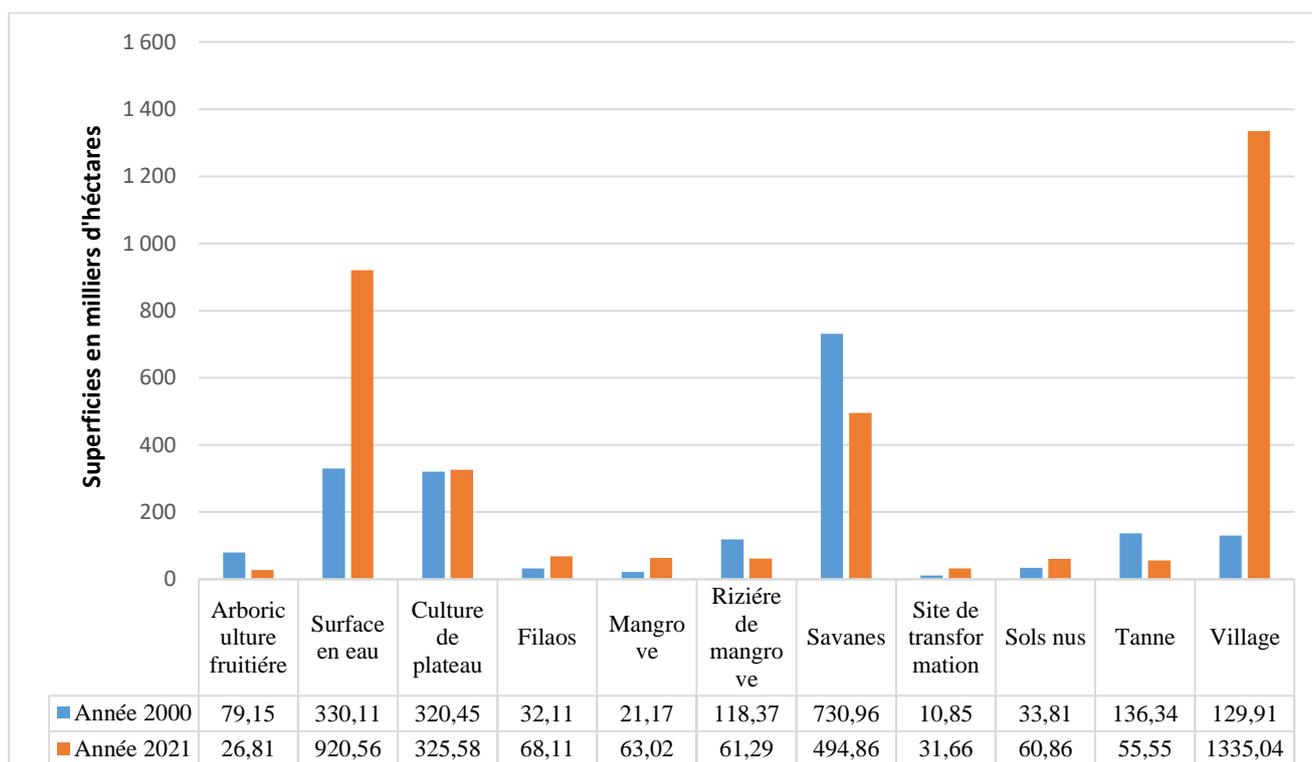


Figure 73 : Evolution en hectare de l'occupation du sol à Kafountine entre 2000 et 2021

1.2.2. Changement de l'occupation du sol à Kafountine

Le village de Kafountine connaît deux cinématiques : une très légère progression de la mangrove et une régression de la savane boisée. A proximité du village, on aperçoit des espaces où les boisements de terre ferme en particulier les savanes ont régressé. Les secteurs concernés par cette régression se trouvent au nord et au sud-est de la carte. Il s'agit de taches d'assez grande superficie. On a évalué à 49 % soit 221 ha de surfaces en régression contre 5% où les savanes ont progressé soit 24 ha et 45 % où elles sont en stabilité. D'après les résultats de nos enquêtes, cette régression s'explique par le fait que Kafountine est une zone de forte pression anthropique où la forêt est défrichée au profit des cultures permanentes et du bâti.

La rive sud de Kafountine malgré sa stabilité présente également des surfaces de progression en mangrove. Le décompte des surfaces de mangrove (tableau 17) montre qu'il y a eu 20 ha de stabilité soit 69 % contre 8 ha de progression soit 28 % des surfaces et 2% de régression. D'autre part, on observe une régression des rizières au contact entre les vasières et la terre ferme.

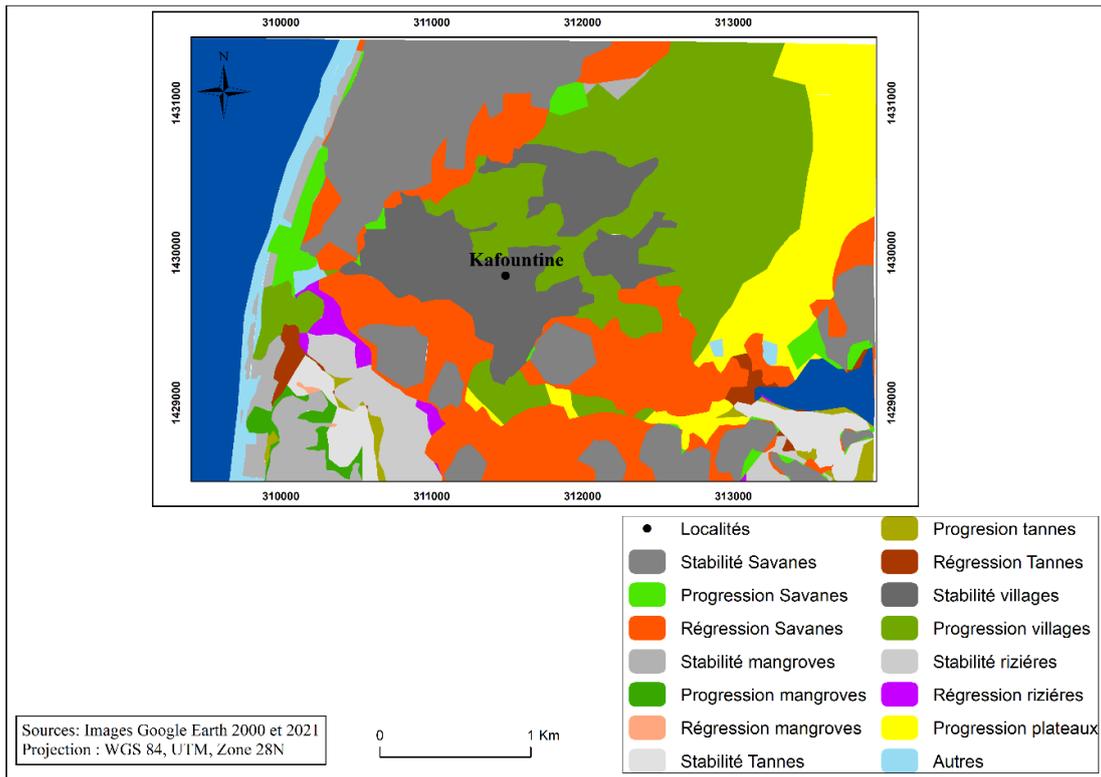


Figure 74 : Changements d'occupation des sols à Kafountine entre 2000 et 2021

Tableau 17 : Bilan en hectare des changements d'occupation du sol à Kafountine entre 2000 et 2021

Types de changements	Périodes	2000-2021	
	Classes	Hectares (ha)	Pourcentage (%)
Stabilité	Savane	206.4	45.6
	Mangrove	20.6	69.4
	Tannes	35.6	54.8
	Village	128.5	25.7
	Rizières	42.3	69.2
	Chenal	344.25	16.9
Progression	Savanes	24.7	5.5
	Mangroves	8.5	28.6
	Tannes	9.7	14.9
	Villages	370.9	74.3
	Culture de plateaux	132.2	6.5
	Autres (sols nus et filaos)	456.2	22.4
Régression	Savanes	221.6	49
	Mangroves	0.6	2
	Tannes	19.7	30.3
	Rizières	18.8	30.8

1.2.2.1. Progression de la mangrove à Kafountine

Les observations in situ effectuées sur le terrain montrent aucune coupe n'ayant été faite sur la mangrove. Cela a été approuvé par le chef du village qui confirme que l'exploitation du bois de mangrove a quasiment disparu. Auparavant, les villageois utilisaient le bois de mangrove pour faire la toiture de leurs maisons, aujourd'hui avec les séances de sensibilisation répétitives effectuées par les différentes associations (ONG et populations), cette pratique est révolue presque la quasi-totalité des maisons sont en zinc.

Le paysage rencontré sur le terrain, correspondant à la matrice de stabilité sur la carte de changement présente une végétation de *Rhizophora mangle* (hauts et denses) assez développée. En première ligne de la figure 38, on observe des jeunes plantules de 30 à 60 cm de haut aux troncs fins. Au second plan, on observe un groupe de jeunes arbustes de 1 à 1,75 mètres de haut (aux troncs assez fins et montrant quelques ramifications), en arrière les arbres plus hauts entre 2 et 3 mètres de haut présentent des troncs de quelques centimètres.



→ Jeunes plantules
 → Jeunes arbustes
 → Mangrove stable

Photo 6 : Progression de la mangrove sur de nouvelles bancs de vase

1.2.2.2 Evolution de la pêche dans les bolongs

La progression de la mangrove a modifié l'écosystème en tant que refuge pour les poissons. Cette situation s'explique par le fait que la mangrove est une zone de nurserie et de frayère, offrant ainsi d'abri à beaucoup d'espèces. A marée haute les poissons sont en effet habitués à se reproduire et se nourrir entre les racines des palétuviers. Les entretiens effectués par les pêcheurs dans les *bolongs* de Kafountine révèlent que, dans les années 1970, il y avait une surpêche (grands filets maillants) et que cela avait entraîné la raréfaction de grands poissons pélagiques tels que le thon ou la morue. De ce fait, l'état de ces ressources vivantes ont amené la population à prendre des mesures pour remédier à cet état de fait et pour préserver durablement les écosystèmes halieutiques et leurs potentiels d'exploitation. Ainsi, selon les villageois interrogés, les principales espèces pêchées aujourd'hui dans les *bolongs* à Kafountine sont par ordre d'importance: des ethmaloses (*Etmalosa fimbriata*), des sardinelles rondes (*Sardinella aurita*), des carpes blanches (*Pomadasys spp*), des machoirons (*Arius spp*), mulets (*Mugil spp*), faux mérours (*Epinephelus aenus*), Barracudas (*Lagocephalus spp*),

capitaines (*Polydactilus quadrifilus*), tilapias (*Tilapia spp*), Crevettes profondes (*Parapennus poniratrie*) et les Langoustes (*Palinurus*). Cette pêche réalisée dans les bolongs, permet à beaucoup de jeunes de Kafountine de disposer d'une activité génératrice de revenus et de subvenir à leurs besoins. De plus, les personnes qui s'y activent gagnent un revenu annuel tournant autour de cinq (5) à six (6) million de FCFA. Dès lors la main d'œuvre qui n'était plus employée dans les rizières est consacrée de nos jours à la pêche. Selon certain villageois, la pêche lui étant préférée en ce qu'elle rapporte de l'argent du moins pour la riziculture qui demande beaucoup d'efforts physique avec l'utilisation des outils rudimentaires comme le Kadiandou.

1.2.2.3.Evolution de la faune

Le décompte des oiseaux effectué sur le terrain avec l'aide des agents de l'Aire Marine Protégée d'Abéné a dénombré 47 espèces d'oiseaux migrateurs. La répartition s'est faite comme suite : vingt-trois (23) pélicans blancs, deux (02) hérons cendrés, quinze 15 hérons garde bœufs, trois (3) aigrette garzette, une (1) cigogne balance et trois (3) spatules blanches. Ces oiseaux se réfugient et se reposent au sein d'une île qui se trouve à 1 km de Kafountine appelée « Reserve Ornithologique de Kalissaye », qui d'après la population reçoit d'importants effectifs d'oiseaux migrateurs chaque année. Cela s'explique aussi par la régénération de la mangrove qui favorise le développement de grands arbres tels que *Rhizophora mangle* (hauteur 10 à 15m) qui d'après les villageois sont considéré comme zone de refuge et d'abri pour ces oiseaux. Cette évolution de la mangrove a entraîné aussi le développement juvénile des périophtalmes et des crabes (Photo 7). On trouve dans ce milieu hostile le plus souvent les reptiles tels que les crocodiles et les varans qui d'après les villageois constituer un réel danger pour les différentes activités d'exploitations.



A : Oiseaux dans la réserve ornithologique de Kalissaye

B : Périophtalme

C : Crabes

Photo 7 : Espèces fauniques de la mangrove

1.2.2.4. Abandon de la riziculture de mangrove

Ainsi la principale dynamique des paysages de terre ferme à Kafountine est liée d'une part à l'abandon d'une partie importante des rizières. Le village de Kafountine, à la fin des années 2000, était en grande partie couvert de rizières, presque toutes en activités. Ces rizières occupaient la plus grande part de main d'œuvre. Selon les villageois enquêtés : « Auparavant, ils cultivaient du riz abondamment

pendant la saison des pluies et ils ne pratiquaient la pêche que pendant la saison sèche. Les rizières sont affectées par l'intrusion du sel, elles ne sont plus bonnes à cultiver. Et que le sol est trop salé. Les rizières ont été abandonnées et laissées en friches ». De nos jours, ce n'est pas le facteur climatique qui est mis en avant pour expliquer le fort recul de ces rizières mais plutôt le manque de main d'œuvre et la salinisation des terres. Par ailleurs le problème de main d'œuvre est aussi décrit par les villageois : « les jeunes du village révèlent qu'ils gagnent beaucoup d'argent en allant à la pêche et ils ne souhaitent plus travailler dans les rizières. De plus, l'argent qu'ils gagnent leurs permettent d'acheter du riz ».

1.2.2.5.Régression des boisements de terre ferme à Kafountine

L'analyse des cartes de changement entre 2000 et 2021 à révèle que l'origine de la régression des savanes à Kafountine ce sont les défrichements, l'exploitation du bois pour le fumage du poisson, l'exploitation commerciale du bois de chauffe, le charbon de bois et les feux de brousse.

- Les défrichements agricoles

Le village de Kafountine connaît depuis le début des années 2000 des défrichements justifiés par la mise en place des cultures arboricoles (vergers d'anacardiens). Selon les villageois interrogés, ce processus de défrichement est de plus en plus fréquent dans ce terroir et que c'est le chef de village lui-même en personne qui l'autorise. Ainsi, pour approuver les propos de ses villageois, lors de nos entretiens réalisés avec le chef de village de Kafountine, nous lui avons posé la question qui est de savoir : Est-ce que les populations de Kafountine coupent les arbres pour y cultiver de la noix de cajou ou bien pour faire la construction : il nous a répondu : « l'arbre qui nourrit une personne, on ne peut pas la couper comme ça. Mais si une fois le besoin se fait ressentir par ses villageois, ils n'y trouvent aucun inconvénient pour qu'ils leurs autorisent de couper ses arbres pour y mettre un verger ». Ce discours du chef de village atteste d'une tendance à la modification des pratiques par la société qui prend de plus en plus de l'ampleur et qui pourrait, dans quelques années, connaître des mutations importantes. Certains villageois pratiquent le défrichement sur brûlis. Les enquêtes de terrain ont révélé que la plupart de ses défrichements à Kafountine ont été effectués par 40% des agriculteurs contre 60% qui ont conservés leurs terres de façon identiques. Très souvent, les espèces d'arbres défrichés dans leurs champs concernent le *Borassus* (rôniers), *Manguifera indica* (manguiers) et *Faidherbia Albida* (Kad). D'après le service des Eaux et Forêts de Diouloulou, de 2000 à 2020, 100 hectares de terres agricoles ont aussi été converties en vergers d'anacardiens dans le village de Kafountine.

Par ailleurs, les enquêtes et les observations in situ ont montré que ces défrichements ne se limitent pas seulement à la conversion des savanes en vergers d'anacardiens mais plutôt à des fins de

constructions. 10% des villageois coupent chaque année les arbres de leurs champs pour un seul objectif qui est la vente de terrain constructible ou arable. Selon les personnes interrogées, ils ont constaté une flambée des prix de parcelles de terrain qui sont passées de 5 à 15 millions pour des terrains de 150 mètres carrés au cours de l'année 2000 et 2021. Malgré les restrictions du code forestier (loi n° 2018-15 du 12 novembre 2018), les défrichements sont toujours effectués au vu et au su de certaines collectivités locales. Mais, dans la réalité, pour défricher un champ, il faut une autorisation délivrée au niveau des communes. La procédure étant jugée très longue par les populations et son aboutissement aléatoire, certaines personnes défrichent en cachette ou en collaboration avec le chef de village pour augmenter leurs surfaces agricoles ou pour se procurer des terres de culture. D'une année à l'autre, les surfaces agricoles s'agrandissent de petits défrichements qui finissent, à la longue, par former de vastes superficies.

- **Exploitation du bois pour le fumage du poisson**

L'autre facteur de changement qui apparaît lorsque l'on analyse les paysages de Kafountine est le prélèvement du bois intense pour cette activité. D'après le rapport de l'évaluation des ressources forestières effectués par le service des Eaux et Forêts de Diouloulou en 2021, chaque jour 90 tonnes de bois sont prélevées pour le site de pêche de Kafountine. Selon ces marchands, la quantité moyenne de bois introduite dans un foyer par jour est de 161 kg (Diabang, 2016).

Selon les sages du village, la forêt de Kafountine a changé en 50 ans. Aujourd'hui, dans ce village, il y a une forte demande en bois de chauffe pour les unités de fumoirs à Kafountine qui accroît la pression sur la forêt. Les lieux d'approvisionnement de ce bois proviennent de Diannah ou près de 20% des chargements de charrettes sont issus de ce village situé à moins de 10 km du quai de pêche. Ensuite, nous avons les villages d'Albadar et de Kassel, qui se manifestent en seconde position, soit un cumul de 15% des chargements de bois. Ainsi, la principale zone de production de bois se trouve dans la commune de Bignona (forêts classées de Diouloulou, Kalounayes et Tobor) qui représente 70% des convois (camions) de bois mort acheminés vers le site de Kafountine

Selon les villageois interrogés, depuis la construction du quai de pêche à Kafountine en 2009, ce terroir accueille chaque année des centaines de personnes venant du Mali, de la Guinée-Conakry, Guinée Bissau, du Ghana, pour une seule activité qui est le fumage de poisson. Dès lors la production du bois connaît une augmentation participant largement à la régression du couvert végétal. Les pêcheurs y jouent aussi un rôle important dans cette activité parce que c'est eux qui vendent les poissons (ethmalose et la sardinelle) à ces marchands. Le prix de la caisse des poissons varie ainsi de 3000 à 3500 F CFA. En revanche, pendant les moments de faible capture, le prix augmente de 4000

à 5000 F CFA. Il est ainsi difficile pour l'exploitant du four de connaître d'avance la quantité ou le nombre de caisse de poissons à acheter dans la journée car celui-ci dépendant des prises du jour.

On rencontre, en effet, dans la zone, différentes techniques de transformation des produits halieutiques comme le fumage et le séchage. D'après le responsable des fumoirs à Kafountine, ils existent 350 fumoirs installés dans le quai de Kafountine. Les espèces de bois utilisés pour le fumage du poisson sont nombreux et variés. Cependant, on peut noter que quelques espèces comme : *Mangifera indica*, *Parkia biglobosa* ; *Piliostigma thonningii*, *Terminalia macroptera*, *Elaeis guineensis* sont principalement plus exploitées que d'autres à cause de leurs pouvoirs calorifiques. Ainsi, différents moyens de transport sont utilisés pour transporter ce bois vers le quai de Kafountine. Il s'agit des charrettes, des camionnettes et des camions. Les prix de ce bois de chauffe varient en fonction des chargements. De ce fait, le prix du chargement de charrette varie entre 15 000 et 25 000 FCFA, ceux de camionnettes de 50 000 à 60 000 FCFA et pour les camions tournent autour de 150 000 à 200 000 FCFA. Il s'agit ainsi d'un marché informel dont les prix ne sont soumis à aucune loi. Il en est de même des coûts des chargements de camions et camionnettes qui suivent la même fluctuation. Parallèlement, les exploitants des fours dépensent plus d'argent pour s'approvisionner en bois lorsque le poisson est abondant que quand il se fait rare. Ces exploitants de bois payent au quotidien des taxes. Au quai de pêche de Kafountine, les taxes sont fixées par rapport au moyen de transport. Pour les charrettes, c'est 2000 et pour les voitures les taxes sont de 5000 FCFA. Ainsi, aux vues du nombre relativement important de chargements de bois de charrettes, de camionnettes et de camions qui entrent particulièrement dans le quai par jour, nous pouvons dire que les recettes tirées de l'exploitation du bois sont assez significatives. Le nombre moyen de charrettes et de voitures (camions et camionnettes) qui transportent le bois par jour s'élèvent autour 80. La somme d'argent totale des taxes de charrettes, de camionnettes et camions par jour est de 210 000 F CFA soit 82 000 FCFA pour les charrettes et 128 000 FCFA en ce qui concerne les voitures.

L'importance de ces sommes d'argent montre que l'exploitation du bois contribue fortement au développement économique de Kafountine. L'activité s'est rapidement développée et à très vite intéressé une part importante du village surtout les jeunes. L'intérêt des jeunes a été tel qu'il est désormais difficile de trouver de la main d'œuvre pour la riziculture à la saison des pluies, la pêche lui étant préférée en ce qu'elle rapporte de l'argent. Selon certains villageois, ces marchands ont aidé financièrement au développement de l'économie du village par des crédits pour des pirogues, des filets et des moteurs. Ces importantes ressources financières constituent un des facteurs qui participent à l'accentuation de l'exploitation du bois car elles se présentent comme un blocage dans

le cadre des initiatives de concertations visant à réguler l'exploitation du bois pour le fumage de poissons.

Après le fumage, les produits fumés sont ensuite emballés dans des cartons pour être exportés en Guinée, au Mali, au Ghana, en Gambie, et au Nigéria. Et, pour ce qui est principalement des produits fumés et séchés, les burkinabés en sont les principaux acheteurs.



A : Camionnette de bois provenant du village de Diouloulou

B : Sardinelles fumées destinées à l'exportation

C : Stockage du bois au quai de Kafountine

Photo 8 : Exploitation du bois pour le fumage du poisson

- **Exploitation commerciale du bois de chauffe**

L'exploitation forestière à Kafountine concerne aussi bien les produits ligneux que les produits forestiers non ligneux. Donc, les produits exploitables vont des combustibles (bois de chauffe et charbon de bois) aux produits de cueillette (fruits sauvages) en passant par le bois d'œuvre et de service (poteaux, galettes et rotins). Les feuilles, les racines et les écorces de certains arbres d'après les populations interrogées sont utilisées dans la pharmacopée. Ainsi, les raisons de la coupe du bois selon les villageois sont de natures diverses : il s'agit de la coupe du bois pour la vente, pour la production du bois d'œuvre pour les menuisiers et de la production du charbon.

- **Le trafic illicite de bois**

Le trafic illicite du bois dans le village de Kafountine ne date pas d'aujourd'hui mais elle a pris de nouvelles formes liées à la valeur marchande qu'ont acquises les produits forestiers. La coupe du bois dans le village de Kafountine est une filière bien organisée par des acteurs. Ces acteurs se sont organisés en trois niveaux : c'est-à-dire l'échelle locale, nationale et internationale.

Au niveau local, il s'agit du chef de village, des agents forestiers, les acheteurs, des élus locaux, du menuisier, les coupeurs, les promoteurs de scieries. Parmi ces acteurs, les trois derniers sont considérés comme les plus importants dans ce filière (Ba et Descroix, 2022). Les menuisiers utilisent le bois d'œuvre pour leurs activités. Ce bois est transformé en meubles commercialisés dans le village de Kafountine où les prix varient entre 150 000 FCFA à 200 000 FCFA. Ils achètent les planches soit auprès des scieries légales soit ils font des commandes auprès de scieurs clandestins.

S'en suit les coupeurs qui sont constitués en majorité de jeunes qui se dirigent vers la forêt de leur choix pour rentrer le soir avec des stères soit de bois de vène (*Pterocarpus erectus*), soit de bois de teck ou du bois blanc (*Gmelina arborea*). Un stère de bois est vendu à 8000 FCFA selon la taille du tronc, un prix qui incite beaucoup à se lancer dans cette activité. Selon le chef de village, l'absence d'emploi et la pauvreté sont sans doute la première cause de cette situation. Le chargement de cinq à six stères de bois blanc est vendu entre 48 000 et 50 000 FCFA selon la taille des troncs. Le bois est vendu aux promoteurs de scieries clandestines.

Enfin, nous avons les promoteurs de scieries qui sont classées en deux catégories. La première catégorie est constituée par les scieries officiellement reconnues par les services des Eaux et forêts et qui sont au nombre de six dans le département de Bignona dont Kafountine qui en fait partie. Ces scieries étaient considérées comme les seules structures chargées de fournir les menuiseries en bois. Elles emploient beaucoup d'ouvriers (une trentaine par scieries) et ont des couts fixes élevés dus à

leur formalisation : salaire de 50 000 FCFA par employés. Depuis la fermeture des quotas d'exploitation dans la région de Ziguinchor en 2017, celles-ci dépendent du bois illégal saisi par les Eaux et Forêts et des offres de dégageant (bois coupé par les Eaux et Forêts pour des raisons d'entretien et d'ouvertures des voies). D'après le chef de brigade des services des Eaux et Forêts de Diouloulou, les quantités de bois ne sont plus satisfaisants pour équilibrer financièrement les activités commerciales de ses scieries car elles souffrent de la concurrence avec d'autres structures informelles qui s'approvisionnent en bois illégal. Du coup, ils sont obligés d'importer du bois des régions de Sédhiou et de Kolda pour pallier ce manque de matière première. La seconde catégorie ce sont les clandestins qui proviennent des régions du Sénégal (Diourbel et Kaolack) et qui sont propriétaires des scieries dans les villages voisins de Kafountine (Tenghory). Ils sont très influents dans ce trafic et disposent le matériel nécessaire. Ils achètent les bois de teck (*Tectona grandis*), vène (*Pterocarpus erinaceus*), caïlcédrat (*Khaya senegalensis*), bois blanc (*Gmelina arborea*).

Au niveau national, le bois exploité illégalement est acheminé par des camions vers Kaolack, Dakar, Touba, Mbour ou l'on trouve des acheteurs potentiels ayant le capital financier. En revanche, selon les villageois interrogés une bonne partie de ce bois saisi est vendu par ses Eaux et Forêts à ces escorteurs de bois et parfois même aux scieries clandestines. En plus du bois saisi, il y a également les saisies de charrettes, de camions, entre autres outils. Étant difficile pour nous d'estimer les quantités de bois saisies et vendu car c'est confidentiel. Cela révèle la complexité de la gestion de cette ressource autour de ce secteur.

Au niveau international, la République de Gambie est l'une des principales destinations du bois illégalement exploité dans la partie nord du village de Kafountine. Des promoteurs gambiens en complicité avec des acteurs sénégalais y compris les rebelles, pillent la forêt. Ce qui fait d'ailleurs que la Gambie occupe une place importante dans l'exportation du bois de vène (*Pterocarpus Erectus*) vers la Chine par le biais de l'entreprise Westwood (BBC, 2020). Pour estimer la quantité de bois coupé à cette échelle, nous avons eu recours aux données issues de l'enquête réalisée par la chaîne BBC en 2020 qui a révélé que la Gambie a exporté plus de 300 000 tonnes de bois de vène vers la Chine depuis l'arrivée au pouvoir du Président Adama Barrow en 2017. Elle a également mentionné que la plus grande partie de ce bois provient de la Casamance d'une manière générale. Cette situation a amené l'État du Sénégal à proposer l'inscription de cette espèce à la convention sur le Commerce International des Espèces de Faunes et Flores menacées d'Extinction. En plus de la quantité de bois coupés, ce sont les grands arbres, avec un tronc de 2 à 4 m de longueur et 30 à 70 m de diamètre, qui sont ciblés. Selon les villageois interrogés, ces trafiquants, ont des préférences sur les bois à coupés. L'espèce la plus convoitée est *Pterocarpus eurinaceus* (le bois de Vène) mais la rareté de cette espèce

a orienté ensuite les trafiquants vers d'autres espèces comme *Cordyla pinnata* (Dimb) ou *Bombax costatum* (Kapokier) ou encore *Khaya senegalensis*, (Caïlcédrat). Dans le village de Kafountine, les villageois interrogés ont affirmé que ce type d'exploitation intense a entraîné la raréfaction de certains mammifères telles que les biches, les buffles qui jadis étaient importants pour la chasse.

L'ensemble de ces pratiques a rendu la gestion des ressources forestières très complexe malgré les efforts consentis par le service forestier de l'Etat pour lutter contre ce fléau. Cela s'illustre à travers les saisies (51 billons, 60 charrettes, 43 chevaux, 48 ânes et 2 tronçonneuses) effectuées par les services des Eaux et forêts de Diouloulou en 2021.

- **La production clandestine du charbon de bois**

Lorsqu'on analyse les causes de la régression du couvert végétal à Kafountine, on ne peut pas ne pas évoquer la carbonisation du bois. C'est une pratique qui n'est pas autorisée par le service des Eaux et Forêts de Diouloulou. Cependant, la filière existe de manière informelle et peu organisée car elle est effectuée par quelques groupes de jeunes en quête de revenus ponctuels. Le processus de fabrication du charbon d'après ses jeunes du village dure à peu près 11 jours de travail, pour 08 à 13 heures par jour, pour qu'une meule puisse produire 25 sacs de charbon de bois. Et finalement obtenir 62 500 FCFA, à raison de 2500 F CFA le sac. En plus, la coupe du bois humide, le débardage, le rangement, l'habillage, la combustion, le défournage et la mise en sac exigent beaucoup d'efforts sans compter toutes les nuits de veille que cela impose.

Il est important de remarquer que charbonnier n'est pas un métier dans le village de Kafountine. Il s'agit généralement d'une activité complémentaire à un autre métier, comme par exemple la vente du bois de chauffe dans les fumoirs. Un charbonnier va donc se faire aider par quelques jeunes pour faire deux à six meules dans l'année. Le charbon mis en sac est ensuite vendu discrètement au bord de la route, ou amené par le charbonnier sur le marché du village (Photos 9). Cette exploitation rend de plus en plus vulnérables les massifs forestiers et empêche non seulement la régénération, mais amplifie le déboisement.



A : Bois du manguier coupé

B : Meules de charbon faites derrière les maisons

Photo 9 : Carbonisation clandestine de charbon de bois à Kafountine

- Feux de brousse

L'autre facteur de changement de cette dynamique forestière dans le village de Kafountine ce sont les feux. Ces feux de brousse sont considérés d'après les éleveurs et les agriculteurs interrogés comme l'un des facteurs responsables de la diminution du potentiel de ses forêts. Un des villageois par exemple conscients des effets néfastes de ces feux de brousse explique : « ici, lorsqu'il y'a feux de brousse, tous les villageois se mobilisent pour l'éteindre avant l'arrivée des Eaux et Forêts. Cette année-ci le feu a détruit deux (2) hectares de champs d'anacardiens et à tuer trois vaches ». Ils se développent le plus rapidement et détruisent des vergers, habitations et bétails. De plus, les données du Centre de Suivi Ecologique indiquent dans la région de Bignona que 25 546 hectares de forêts ont été affectés par ses feux pendant l'année 2017 et 2018.

Les feux sont selon les villageois enquêtés, soient liés à une perturbation communément volontaire et mal maitrisée par la population locale. Il existe également des feux d'origine accidentelle, qui échappent au contrôle des agriculteurs et réussissent à atteindre la savane ou la forêt adjacente à la parcelle de culture. En effet, le feu est utilisé pour brûler les résidus de culture, en apiculture

traditionnelle, pour nettoyer les pistes et/ou les canaux d'irrigation et pour la création de pare-feu autour des villages. Le feu peut également être d'origine naturelle, du a une négligence (cigarettes ou feux de cuisson mal éteint) ou allumé volontairement. Les effets des feux de brousse sur les savanes ont progressivement détruit la régénération naturelle de la strate arbustive. En plus, ils brûlent le tapis herbacé et certains arbres appréciés par le bétail, compromettant ainsi leur survie pendant la saison sèche. Ainsi, lorsqu'il n'y a plus de paille à manger, ils donnent les feuilles des arbres. Ils appauvrissent le sol et tuent ses microorganismes, et participent à la rareté de certaines espèces animales.



Photo 10 : Extension du feu dans le village de Kafountine

Conclusion partielle

Le village de Kafountine connaît donc deux dynamiques paysagères différentes. La première est la régression de la savane. En terre ferme, on remarque des changements régressifs issues de la combinaison de plusieurs facteurs où les feux de brousse constituent au moins le principal facteur de cette dynamique. Les défrichements de l'agroforêt ont connu des cinématiques régressives entraînant une modification de la biodiversité et une diminution des ressources ligneuses. Les coupes du bois effectuées pour diverses raisons jouent également un important rôle dans la dégradation des formations forestières dans la mesure où l'habitat de certains animaux (singes, antilopes, buches) est détérioré à l'échelle de Kafountine. Cette évolution par disparition de la savane est bien une dégradation du paysage étudié en ce que la ressource et les services écologiques diminuent sans trouver de solutions adéquates.

La mangrove est caractérisée par une stabilité du point de vue écologique et économique surtout si l'on pense aux modes d'exploitation qui sont durables contrairement à ceux pratiqués sur la terre ferme.

En conclusion, l'analyse des processus d'évolution des paysages de Kafountine montre que la stabilité de la mangrove ne compense pas la dégradation des boisements de terre ferme entre le début des années 2000 et la fin des années 2021.

2. Affiniam

Le village d'Affiniam est situé au nord-ouest de Ziguinchor. Il se localise dans la commune de Mangagoulack située dans l'arrondissement de Tendouck et le département de Bignona. Ce village a des traits en communs avec Kafountine car l'ethnie principale est la même et les cultures sont identiques. Or la cartographie des formations végétales à cette échelle est très différente de celle de Kafountine. Si la mangrove semble avoir connu une évolution assez similaire à celle de Kafountine, la terre ferme relativement boisée à Affiniam est caractérisée, non-par d'importantes superficies de déboisement, mais par plusieurs taches de progression et de régression. On analysera alors à quoi correspondent ces évolutions à l'échelle du village d'Affiniam ?

1.1. Description des activités à Affiniam

Les activités des villageois à Affiniam sont fortement liées à la riziculture, la pêche et la cueillette des huîtres. Ces activités sont suivies d'un certain nombre d'activités secondaires qui, selon les habitants du terroir, sont d'une moindre importance : il s'agit de l'élevage et l'exploitation du bois mort dans les mangroves. Pendant l'enquête le chef de village a affirmé : « c'est qu'avec les revenus tirés de la pêche, que certains villageois s'achètent des bœufs. S'ils n'ont plus d'argent, ils peuvent le vendre ». Quant à l'utilisation du bois, la plupart des familles à Affiniam ont, le gaz mais certaines

d'entre eux sont trop pauvres et vont chercher le bois mort dans la mangrove. Parfois, quand il n'y a pas de bois mort, les habitants vont chercher des fagots de bois dans la forêt.

La riziculture : Les rizières sont l'élément le plus important de l'occupation du sol à Affiniam. Comme ce fut à Kafountine, c'est une riziculture de type pluviale. Le calendrier des activités des femmes diolas est partagé entre les activités agricoles et particulièrement rizicoles d'hivernage et les activités de saison sèche. En mai, les femmes commencent à transporter le fumier dans les rizières, avant le labour effectué par les hommes ; selon le site des rizières, le semis direct et le repiquage s'étendent de juin à octobre et la récolte d'octobre à décembre. De janvier à mai-juin, les occupations des femmes sont très diversifiées en fonction de leur disponibilité, de leur savoir-faire, des potentialités du terroir villageois.

La pêche : La pêche dans les *bolongs* (bras de mer), à l'instar de la riziculture, n'est le fait que de quelques familles possédant une pirogue et en ayant fait un commerce à temps plein. Selon les villageois, les espèces les plus capturées dans la zone sont : les Tilapias, les Barracudas (*Lagocephalus spp*), les Capitaines (*Polydactylus quadrifilus*), les Mulets (*Mugil spp*), les Sardinelles plates (*Sardinella maderensis*). Les pêcheurs utilisent des filets maillants dérivants pour les captures de poissons le plus souvent.

La cueillette des huîtres : c'est une activité pratiquée surtout par les femmes pour subvenir à leurs besoins à travers sa commercialisation et sa consommation. Elle est pratiquée entre janvier à juillet et fait l'objet d'une exploitation régulière, accompagnée souvent de périodes de repos biologiques. La coutume villageoise impose un certain nombre de limitations, temporelles et spatiales. La cueillette est interdite par la coutume en hivernage, temps de reproduction des huîtres ou, du moins, période qui permet au stock de se renouveler. La récolte des huîtres s'effectue dans des zones de mangrove haute aux rhizophores et racines échasses les plus développées possible. Les femmes s'organisent en petits groupes de 2 ou 4 selon l'appartenance à un quartier et détachent pendant des heures les huîtres des racines des palétuviers. Les heures de départ et de retour dépendent du cycle des marées. Les huîtres accrochées aux racines échasses des palétuviers ne peuvent être récoltées qu'à marée basse, quand elles sont découvertes. Les sorties durent de 5 heures à plus de 13 heures. Les huîtres sont ensuite cuites avec le bois mort de mangrove.

L'élevage : c'est une activité très peu pratiquée dans le village. Les paysans sont en même temps des éleveurs. Ce sont des agro-pasteurs qui pratiquent un élevage extensif avec un caractère plus social qu'économique. En effet, le bétail bovin n'est vendu qu'en cas de besoins sociaux.

L'exploitation du bois : les villageois exploitent le bois dans la forêt pour faire la cuisson et la clôture des champs maraîchers. Le chef de village affirme : « il y a des gens qui coupent le bois. Ils le laissent sécher dans la forêt et ils le ramènent au village quand il est tout sec ». Cette exploitation légère et continue de petit bois s'exerce également en terre ferme dans les boisements.

Les cultures arboricoles : Une autre activité s'ajoute à ces pratiques ; il s'agit de l'arboriculture fruitière (mangues, agrumes, anacardiens) qui d'après les villageois enquêtés occupe une place non négligeable dans l'économie locale du terroir. Les plantations de manguiers et d'agrumes sont aujourd'hui une nouvelle forme d'investissement qui vient remplacer l'arachide menacée de disparition à la suite de la chute des prix. Bien que l'arboriculture soit aussi présente, avec des jardins de manguiers, orangers ou anacardiens entre autres, le maraîchage est une des activités agricoles occupant beaucoup de femmes pendant toute l'année. Le constat est que les femmes privilégient la culture des produits comme le gombo, l'oseille, l'aubergine écarlate « jaxatou », ou encore le piment pendant la saison des pluies et les autres légumes pendant la saison sèche (choux, tomates, oignons). Ceci s'expliquerait par le fait que des produits comme le gombo ou l'oseille, sont susceptibles d'accepter beaucoup d'eau et sont très prisés dans cette zone notamment pour le repas de midi.

1.2. Analyse de l'occupation du sol à Affiniam

Au début des années 2000, le village d'Affiniam était faiblement végétalisée par rapport au centre et au sud. La figure 75 met en évidence, en revanche une végétation de savane plus ouverte et qui occupait un peu plus de 70 hectares. Les espaces non végétalisés étaient essentiellement composés de culture de plateau, occupaient 106 hectares en 2000, les sols nus 63 hectares et les surfaces en eau 8 hectares des surfaces analysées.

Globalement en 2021, la carte d'occupation du sol montre une formation végétale dense. Comparée à celle de 2000, les savanes représentent 135 hectares. Il en est de même que les mangroves dont les superficies ont progressé de 15 hectares pendant l'année 2021. Les cultures de plateau ont vu leurs superficies diminuées de 89 hectares par rapport à celle de 2000 qui étaient à 106 hectares. Cette diminution peut s'expliquer par les effets de la sécheresse de la fin des années 1960 et à l'effondrement en cours de l'arachide aux milieux des années 1970 qui ont poussé une partie des populations à abandonner une partie de ces terres vouées à ces cultures pour d'autres activités comme ce fut le maraîchage. Les rizières de mangroves quant à elles ont vu leurs surfaces régressées de 68 hectares durant cette année.

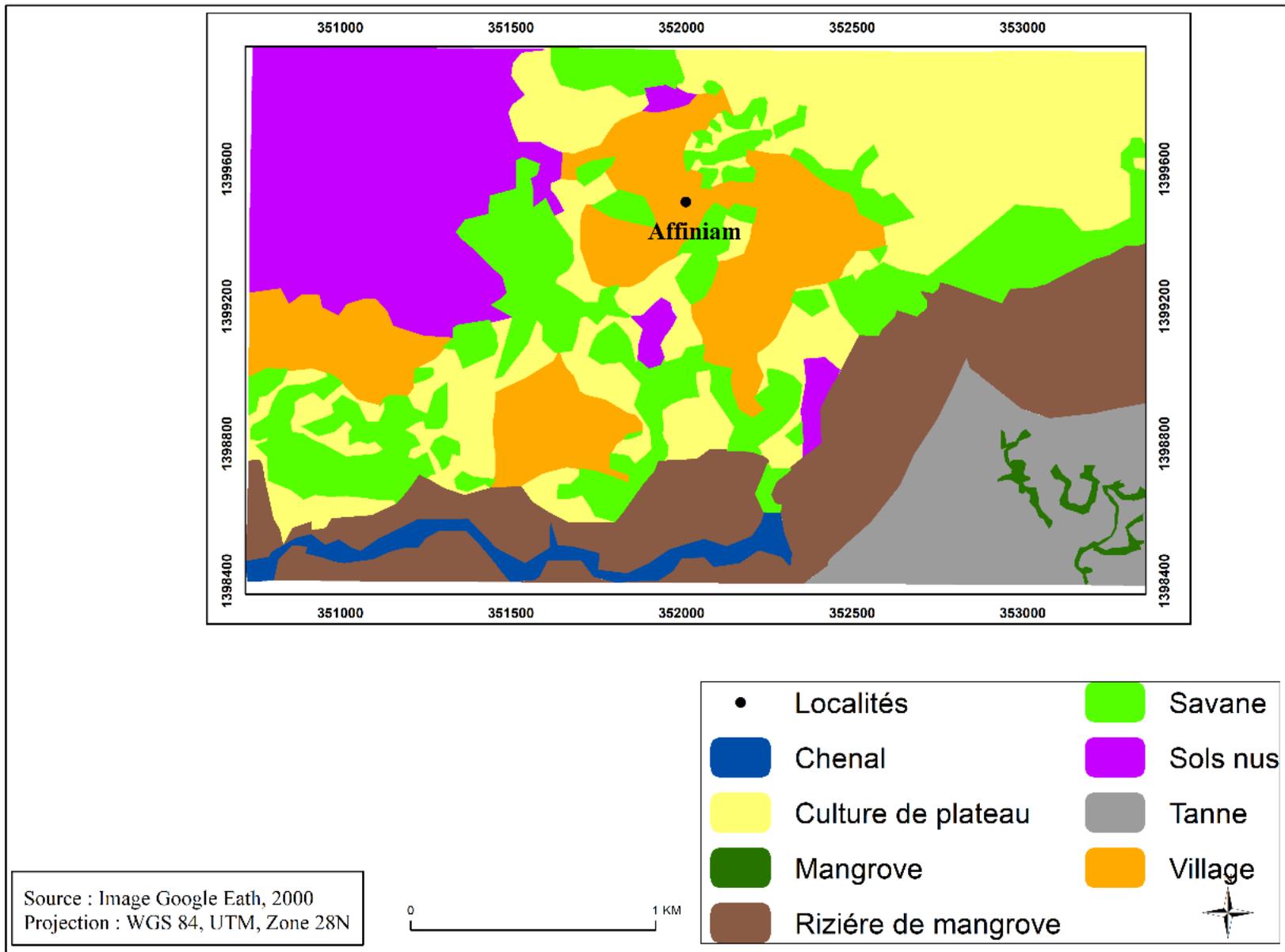


Figure 75 : Occupation du sol à Affiniam en 2000

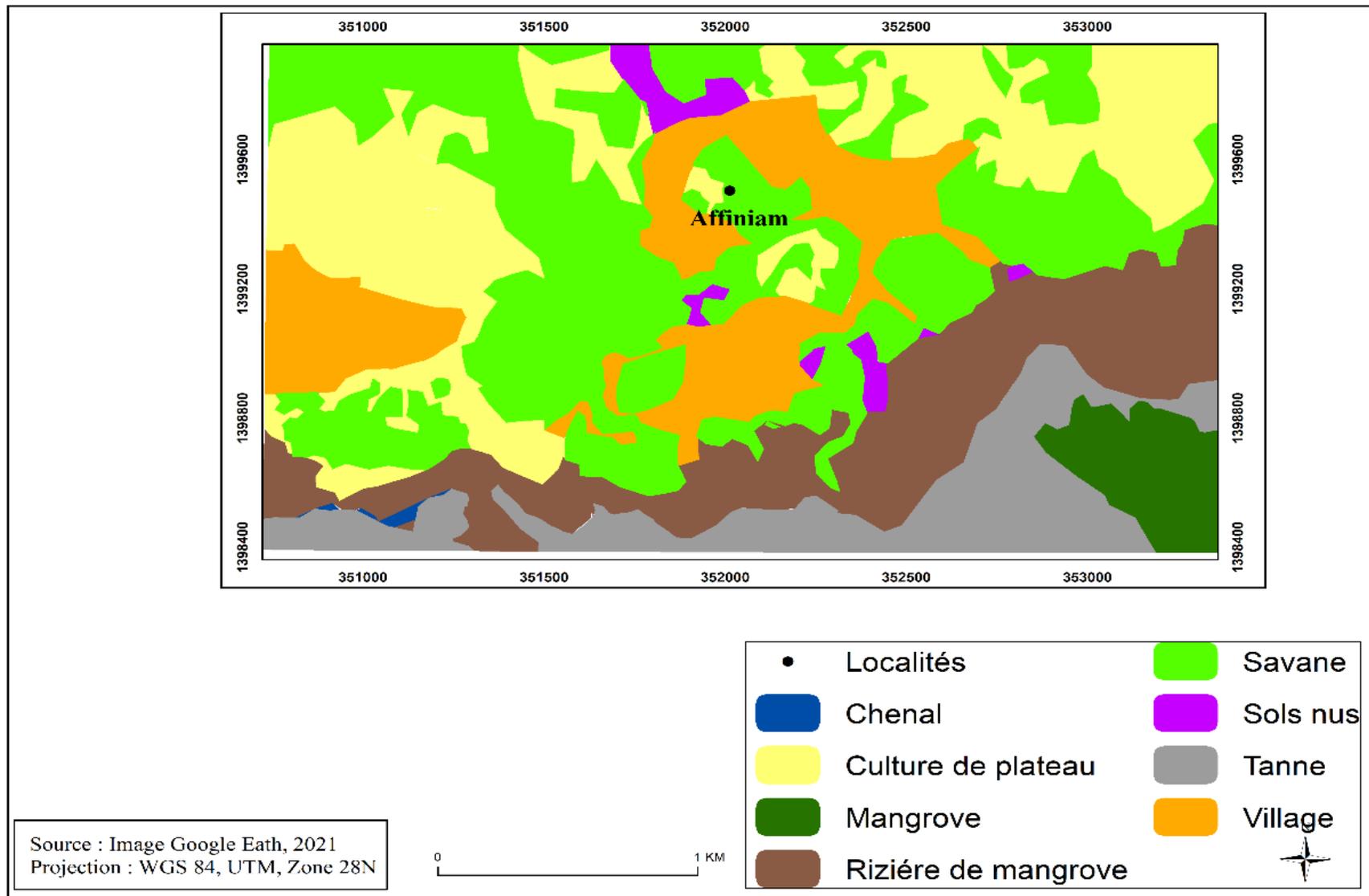


Figure 76 : Occupation du sol à Affiniam en 2021

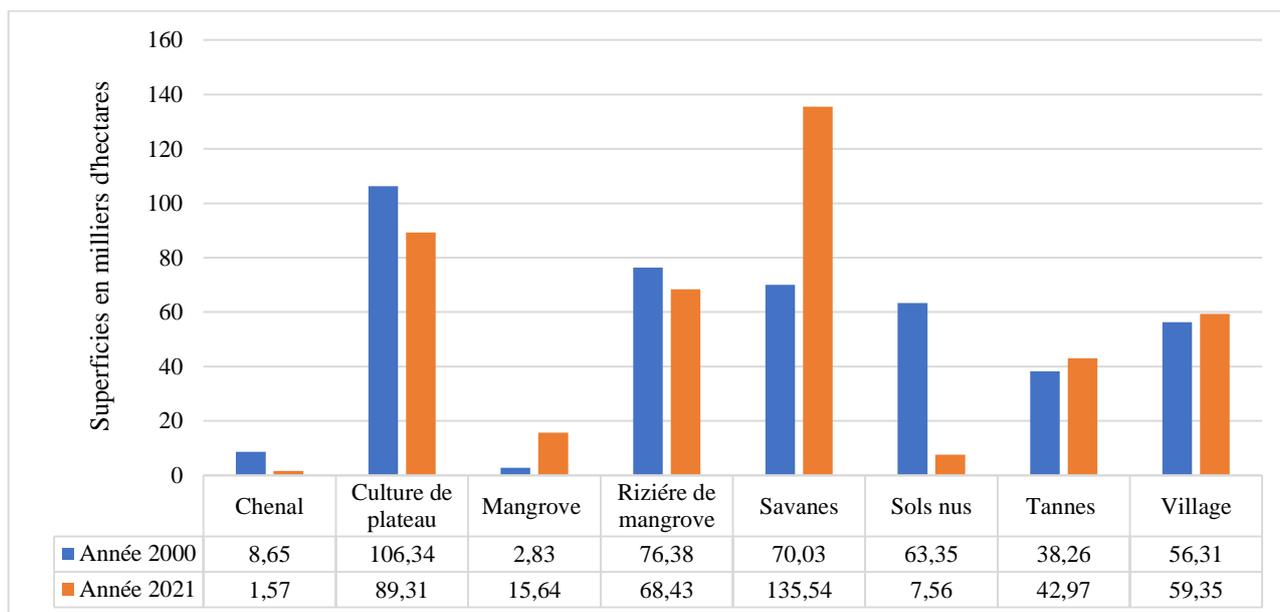


Figure 77 : Evolution en hectare de l'occupation du sol à Affiniam entre 2000 et 2021

2.3. Quantification des changements de l'occupation du sol à Affiniam

La carte de changement de l'occupation du sol à Affiniam permet de révéler trois dynamiques : une progression importante de la mangrove et un mélange de progression et de régression des savanes.

La progression de la mangrove est importante à l'est du village d'Affiniam, et surtout sur la rive Sud. La progression est ici liée selon les villageois interrogés à la régénération de mangroves pour la plupart et parfois aux actions de reboisements menées depuis 2000 par l'ONG Océanium.

La progression des savanes est constituée d'une très grande tache de progression au nord-ouest, d'une tache de taille moyenne au sud-est et d'un ensemble de tache de très petite taille au sud-est. Les taches de tailles moyennes sont associées et entourées de régression.

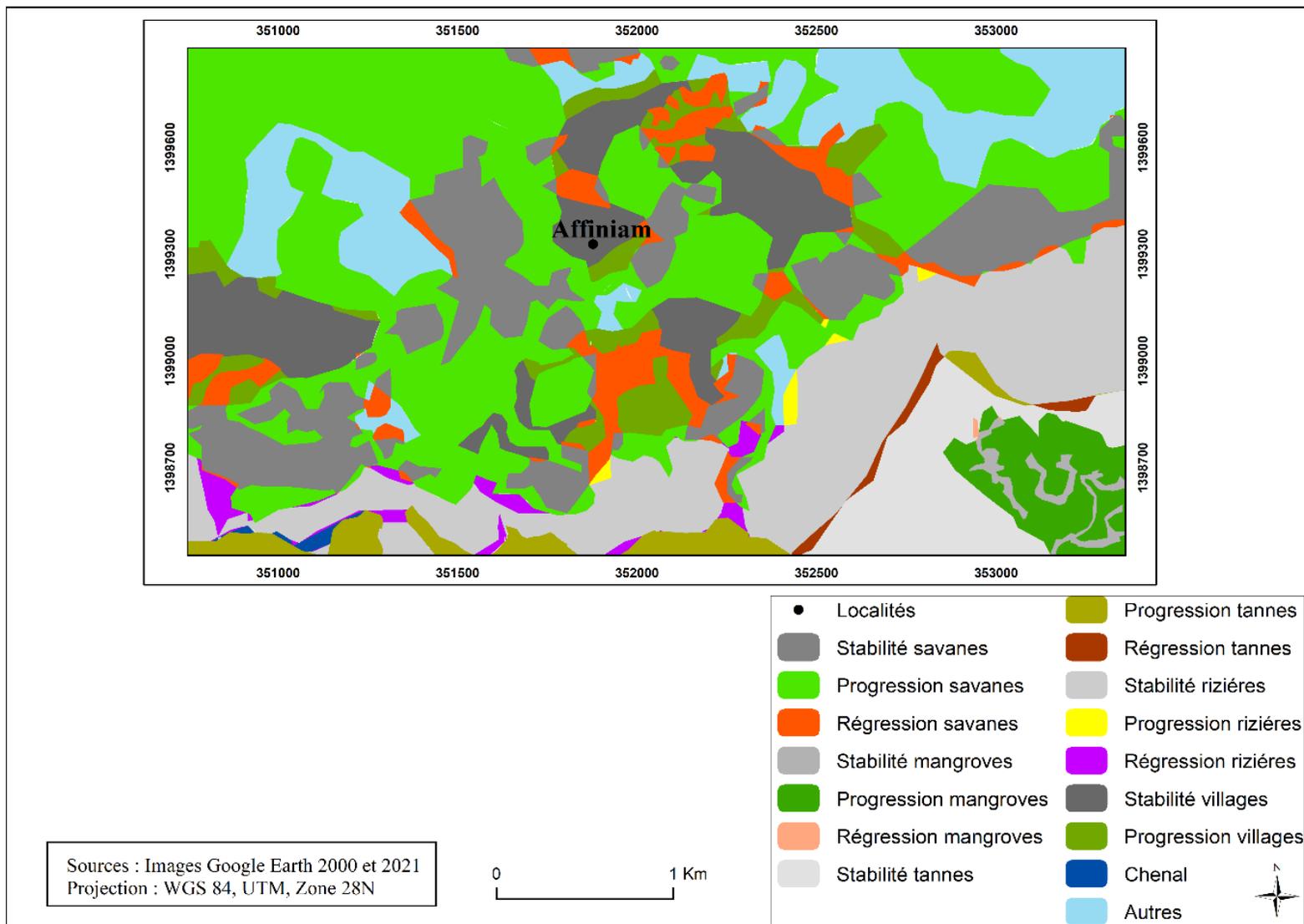


Figure 78 : Changements d'occupation des sols entre 2000 et 2021 à Affiniam

Tableau 18 : Bilan en hectare des changements d'occupation du sol à Affiniam entre 2000 et 2021

Types de changements	Périodes	2000-2021	
	Classes	Hectares (ha)	Pourcentage (%)
Stabilité	Savanes	45.8	23.6
	Mangroves	2.7	17.2
	Tannes	23.6	43
	Village	31.4	53.2
	Rizières	60.2	79.5
	Chenal	7.3	1.7
Progression	Savanes	132.9	68.6
	Mangroves	12.9	82.2
	Tannes	16.2	29
	Villages	27.6	46.8
	Autres (sols nus et Culture de plateaux)	25.5	5.9
Régression	Savanes	15.0	7.7
	Mangroves	0.1	0.6
	Tannes	14.7	27
	Rizières	15.5	20.5

1.1.1. Progression de la mangrove à Affiniam

La progression de la mangrove peut être associée à la gestion de l'évolution des ressources ligneuses au sein du terroir. D'après les propos du chef du village, le bois de mangrove était considéré dans les années 1950, comme étant la principale ressource tant en bois de chauffe qu'en bois de construction (toitures des maisons et clôtures des champs), ce, apparemment, jusqu'à dans les années 1980. En revanche, depuis 40 ans, les mesures de protection, les reboisements de mangroves et la sensibilisation se sont intensifiées d'une manière progressive dans l'ensemble du village. Face à cet

état des faits, l'exploitation des mangroves s'est progressivement interrompue et a été remplacée par une exploitation de l'agroforêt du village. Ainsi, comme le dit le chef de village, l'exploitation des mangroves à Affiniam a fortement diminué, comme le témoigne par ailleurs le très faible nombre de prélèvement de bois dans les chenaux et la faible présence des pirogues que dispose aujourd'hui le village.

1.1.2. La progression des boisements de terre ferme

Les boisements de terre ferme, à Affiniam, sont constitués généralement de savanes denses et de quelques palmeraies de palmiers à huiles n'en couvrant pas moins d'importantes superficies. On y retrouve de très grands arbres (10 à 15m) comme les caïlcédrat et le Pterocarpus erinaceus, qui sont d'une très haute valeur économique par la qualité de son bois pour la menuiserie. Ainsi les observations de terrain révèlent que les strates arbustives caractérisés par plusieurs espèces (jeunes arbres de 1 à 8m de hauteur) sont nombreuses, ce qui témoigne d'une meilleure régénération du couvert forestier. On retrouve ensuite un nouvel élément qui est la mise en place de projet de gestion communautaire du nom Aire Patrimoine Autochtone Communautaire (APAC) de Kawawana dont fait partie Affiniam et qui n'est lié à aucune intervention extérieure (ONG, projet international, projet gouvernemental). L'objectif de ce projet c'est la gestion durable des ressources forestières. D'après les villageois enquêtés, ce projet communautaire a été mise en place dans le but de gérer les ressources collectivement et les retombées profitent aux communautés villageoises.

1.1.2.1. Nouvelle pratique de gestion forestière

La savane dans le village d'Affiniam est le lieu d'un ensemble de pratiques cohérent, qui nécessite la présentation du projet de foresterie communautaire. Ainsi, dans le village de Mangagoulack (département de Bignona), est née en mars 2008 la création de la mise en place d'un système de gestion efficace pour la gestion des ressources naturelles. Officiellement crée le 01 juin 2010 par arrêté du Conseil rural de Mangagoulack, l'Aire du Patrimoine Communautaire Kawawana (APAC) s'étend sur 9665 ha. Kawawana qui veut dire en Diola « préserver notre patrimoine ancestral », est l'espace de protection des ressources halieutiques et forestières par les communautés des huit villages qui la composent. Il s'agit des villages d'Affiniam, de Mangagoulack, Tendouck, Boutegol, Elana, Bodé, Diatock et Bouteme. Selon les villageois enquêtés : « depuis que le village d'Affiniam fait partie de ce projet de gestion Communautaire, les populations se sont retrouvées dans de bonnes conditions et ont vu développer leurs ressources ligneuses ». Elles ont aussi révélé que, grâce à cette gestion des ressources, il n'y a plus de feux de brousse depuis 11 ans. Auparavant, chaque année, elles constataient la répétitivité fréquente de ces feux entraînant la non-régénération des ressources ligneuses mais aussi la mortalité du bétail. Aujourd'hui, cette surveillance des feux par les villageois montre l'efficacité de cette gestion car dans la forêt d'Affiniam il y a de jeunes arbres qui poussent.

Les populations déclarent s'ils voient un villageois mettre le feu, ils vont le dénoncer au chef du village. Et les autorités administratives vont lui infliger une amende financière en fonction de l'hectare brûlé ». De plus, pour la gestion des ressources ligneuses, le comité de gestion, composé du chef de village et des anciens notables en collaboration avec les autorités étatiques du village fixent et délivrent les autorisations d'exploitation du bois et des espèces à exploiter. Le chef du village d'Affiniam avec l'ensemble des comités de gestion et comité de surveillance (jeunes) se sont convenu d'attribuer quelques espaces peu boisés à des statuts de forêt communautaire avec le développement des activités secondaires telle que l'apiculture et la chasse. Ce modèle de gestion a été mis en place il y a plusieurs décennies déjà en Gambie avec un grand succès tant pour l'état des boisements que pour la contribution à la résilience des villages (Andrieu, 2008).

1.1.3. Régression des boisements de terre ferme

L'analyse des cartes de changements associés aux observations de terrain révèlent une exploitation légère du bois dans la forêt destinée à la cuisson ainsi qu'une exploitation assez intense de l'écorce de *Daniellia olivieri* (Santang en wolof) qui mène assez fréquemment à la chute de l'arbre et à la mortalité du tronc. Un autre facteur de changement est la pratique de l'émondage par les éleveurs pour nourrir le bétail. C'est une pratique totalement illégale mais importante pour la survie de ses bêtes. Les arbres du terroir ne sont pas tous aussi appétents. Pour les moutons, par exemple, l'un des arbres le plus prisé est *l'acacia albida*, surtout pour ses fruits cueillis à l'aide d'une perche munie d'un crochet. Néanmoins la pression pastorale devenant de plus en plus forte au cours de la saison sèche, quelques arbres sont émondés. L'écorce peut aussi être un fourrage en cas de pénurie extrême. Mais ce sont surtout les fruits des arbres qui sont recherchés pour les ovins et caprins. Ces exploitations forestières (coupe de la végétation) sont durables parce qu'elles sont remplacées par une régénération des jeunes plantules.



A : Bois coupés dans la forêt destinée à la cuisson

B : Emondage de fruits d'*Acacia Albida*

Photo 11 : Pratique forestière dans la forêt d’Affiniam

1.1.4. Recul de la riziculture à Affiniam

La sécheresse des années 1960 à 1970 a favorisé un accroissement de la salinité des eaux dans le fleuve et a rendu impropre les terres destinées à la riziculture. Selon les villageois enquêtés : « avant ils recevaient d’énormes quantités de pluies qui inondaient les rizières et la production était meilleure. Quand la pluie a commencé à se réduire, les rizières à côté du chenal sont devenues salées. On les a abandonnées à cause de l’avancée du sel. Maintenant il n’y a presque plus de riz. Tous les villageois travaillaient dans les rizières. De nos jours, il y a pleins de jeunes qui vont en ville (Dakar) pour étudier tandis que certains d’entre eux n’ont même pas de travail, et ils refusent de revenir au village pour labourer les champs ».

L’analyse des cartes de changements entre 2000 et 2021 confirme ce recul des rizières de 15 hectares soit 20% des surfaces cartographiées. Ce recul est dû à trois facteurs que le sont le manque de main d’œuvre, la salinité et la mise en place du barrage d’Affiniam. Ce barrage construit par l’Etat du Sénégal avec l’aide de la République de Chine au début des années 1988 avait comme objectif la désalinisation des terres en empêchant la remontée des eaux salées en amont de l’ouvrage tout en permettant l’évacuation vers l’aval des eaux du drainage issu du lessivage et des eaux de crues des terres salées. C’est un ouvrage érigé sur une vallée, communément appelée le marigot de Bignona, un affluent du fleuve Casamance qui polarise plusieurs rivières de 88 km dont 68 km soumis à l’influence des marées (Dacosta, 1988). Le bassin versant du marigot de Bignona à une superficie de 620 km carré alors que la superficie brute des bas-fonds en amont du barrage est de 11 480 hectares

dont 5600 hectares envahis par la langue salée. D'un coût estimé à six (6) milliard de FCFA, l'ouvrage dispose cinq composantes : un évacuateur des crues munies de cinq vannes, un passage d'embarcation qui est une voie de navigation à pente inclinée qui permet le déplacement des pirogues, un barrage de bouchure situé sur l'ancien lit du marigot, et une digue contre la marée d'une longueur de 3970 mètres et qui barre la zone inondable de la vallée. Selon le directeur du barrage : « Pendant la saison des pluies entre juin et octobre l'évacuateur des crues est ouvert excepté l'hivernage où les vannes sont mises en service pour des travaux de peinture et d'entretien entre décembre et mars ». Cependant, si la construction de ce barrage constituait à priori une solution pour le développement de la riziculture, elle semble être aujourd'hui la cause de l'accélération de la dégradation de la riziculture dans ce terroir. Les villageois étaient alors convaincus d'un début de solution, pour non seulement la valorisation des terres, mais encore l'accroissement de la production rizicole afin d'assurer l'autosuffisance alimentaire, trente années après la sécheresse. D'après les propos du chef de village d'Affiniam, l'objectif du barrage n'est pas atteint parce qu'il a suscité beaucoup plus d'inconvénients que d'avantage. Son seul avantage c'est qu'il a désenclaver ce terroir en permettant aux villageois de faire la navette vers Ziguinchor trois (3) fois par semaines (lundi, mercredi et vendredi).

Ce barrage a aussi engendré l'érosion car pendant la période d'hivernage lorsque l'on ouvre les vannes, l'eau coule à une vitesse excessive et comme Affiniam se trouve en aval de ce barrage, du coup, du point de vue écologique les poissons meurent. Ces propos ont été affirmé par les villageois enquêtés qui affirment que ce barrage « devrait être supprimé parce que le développement de l'agriculture, spécialement la riziculture, peine à se développer et des milliers d'hectares de terres sont envahies par le sel. On construit des digues pour cultiver nos terres mais ce n'est pas suffisant ».

En revanche, selon le directeur de l'ouvrage : « ce barrage a permis d'améliorer, de manière substantielle, la riziculture dans tout le secteur, à la grande joie des populations. Elle a permis de réduire sensiblement la salinité dans cette zone car sur les 12 000 ha de terre protégés, 7 000 ont pu être récupérés et mis à la disposition des paysans pour la culture du riz ».

Ainsi, pour prendre en charge les préoccupations des villageois, il faut comprendre que ce barrage comporte deux volets : le premier volet consistait à l'édification de l'ouvrage et le second c'est l'aménagement avec la mise en place des projets et programmes. On a constaté que 34 ans (1988-2022) après, que seul le premier volet a été mise en place et nécessairement la question de l'autosuffisance en riz ne peut pas être posée sur la table à partir du moment où le deuxième volet n'a pas été mise en œuvre. Il faut considérer que la réhabilitation du barrage n'est pas le plus important quand on se réfère justement aux préoccupations des populations. Le deuxième volet qui a fait défaut dans la mise en œuvre de ce projet doit être accélérer tout simplement en menant des études qu'il faut

tant du point de vue pédologiques, nous sommes en 2021 les dynamiques ont changé en termes de paramètres climatiques, du point de vue hydrologique et surtout du point de vue environnemental. Ce sont les bases sur lesquelles il va falloir s'appuyer pour pouvoir proposer des schémas adaptés à ce terroir assez particulier.



Photo 12 : Rizières abandonnées par les villageois du fait de la salinité

Conclusion partielle

L'évolution de l'occupation du sol à Affiniam est de nos jours un système assez complet et plutôt équilibré que celle de Kafountine. Cette situation découle d'une évolution récente du système où la forêt a été dotée d'un nouveau mode gestion, celle de la mangrove a progressé et où la culture du riz a régressé. Ainsi, les pratiques forestières de la terre ferme sont réglementées, ce qui mène à une bonne gestion de cette ressource, laquelle a permis l'arrêt des feux de brousse (et du surpâturage) depuis onze ans au moment de l'analyse rétrospective. Cette évolution est, très clairement, une amélioration des paysages forestiers.

2. Diembering

Le village de Diembering est situé au Sud-Ouest de la Casamance plus précisément dans le Département d'Oussouye. Ce village est localisé au bout d'une piste de quelques kilomètres qui le relie à la route de Ziguinchor en passant par Cap Skirring pour arriver à Diembering. Ce village a des caractéristiques en communs avec Kafountine et Affiniam car les cultures sont identiques, les ethnies sont les mêmes mais la cinématique des paysages n'est pas comparable. Pour étudier comment cette cinématique se concrétise dans le cadre de l'évolution du territoire villageois, nous en présenterons d'abord les principaux éléments du milieu, et nous examinerons les cinématiques de la végétation des paysages en changement.

2.1. Description des activités à Diembering

Dans les activités à Diembering, comme partout dans les terroirs diola, la riziculture occupe une place prépondérante dans la structure spatiale de l'économie villageoise et possède également une palmeraie. La pêche, la récolte des huîtres et la récolte du bois de mangrove sont assez peu fréquentes dans cette zone. Elles sont le fait d'une ou deux familles qui se sont spécialisées dans ces métiers.

La riziculture : Cette activité occupe une bonne partie des villageois de Diembering et assure une bonne partie de leurs ressources alimentaires même parfois s'ils sont obligés d'acheter le riz importé de la boutique (trois mois après la récolte de décembre). Durant l'enquête in situ, les observations ont montré que la riziculture à Diembering est de type traditionnel et est destinée à la consommation.

La pêche : c'est une activité effectuée par des personnes spécialisées et faisant le commerce auprès des villageois et d'étrangers qui achètent le poisson pour leurs campements et hôtels. Ils pratiquent une pêche dans les *bolongs* et certains d'entre eux possèdent une pirogue. Ils partent en saison sèche pêcher, soit en posant et en prélevant divers pièges, soit avec des techniques plus actives, de filets et de lignes.

La récolte des huîtres : A Diembering c'est une activité qui s'effectue dans des zones de mangrove hautes aux rhizophores (mangle) caractérisée par de grandes racines échasses. Comme ce fut comme à Kafountine et à Affiniam, les femmes partent en campagne de récolte d'huître. Ce sont des campagnes de groupes qui selon les enquêtes se déroulent en majorité dans les secteurs d'Ehidje.

L'exploitation du bois : Pendant l'enquête, le chef du village a affirmé : « On coupait la mangrove pour faire des toits car ici il y a des toits en paille pour les cases comme ça. Mais maintenant c'est très rare de couper parce que c'est interdit. Maintenant, on va dans la forêt ». De plus, l'observation in situ qui a été effectuée lors des enquêtes a confirmé cette affirmation du chef de village car aucune

coupe n'a été observée à proximité du village. L'exploitation s'effectue dans l'agroforêt et cela suffit largement aux villageois.

L'agroforêt : Plusieurs activités se déroulent dans l'agroforêt de Diembering. Il s'agit de l'extraction d'huile, la confection de balais et du vin de palme qui sont les activités principales. C'est une ressource très importante en bois vert pour la construction (*Borassus aethiopium*) et en bois mort pour la cuisine et parfois pour le charbon de bois. Le chef du village affirme pour l'usage du bois dans l'agroforêt « les villageois ne coupent pas n'importe comment car il faut choisir les arbres. Comme par exemple pour le charbon de bois, on fait ça avec les vieux manguiers du village.

S'ils veulent aller dans la brousse pour couper les arbres, ils peuvent s'y rendre mais ce n'est pas à chaque fois. On va chercher le bois en brousse mais on ne fait pas trop le charbon ». Durant l'enquête in situ, il a été observé que l'agroforêt y est particulièrement dense à cause de la faiblesse des prélèvements et la régénération des coupes est rapide. D'autres cultures telles que les pépinières de riz ont quelquefois lieu en agroforêt. Elle permet aussi le développement spontané de jeunes arbres fruitiers qui seront replantés dans les jardins. Ces jardins sont utilisés comme pépinière de riz et pour le maraîchage. Elles permettent donc une exploitation fruitière (manguiers, agrumes et anacardiens).

Le troupeau : Ce village possède un troupeau assez important. Pendant la saison des pluies, ils leurs laissent dans les terres non cultivées pour qu'ils n'aillent pas dans les rizières. Lorsqu'ils ont récolté, les bœufs peuvent aller partout et sont libres. Durant les cultures, les troupeaux sont mis dans des parcelles de jachères pour fertiliser la terre.

Ainsi pour comprendre l'évolution de ces pratiques au sein du terroir villageois, nous avons pu effectuer un travail plus fin de cartographie et de quantification dans l'optique de mettre en évidence les différentes séquences qui marquent l'évolution des catégories retenues d'occupation du sol.

2.2. Analyse de l'occupation du sol à Diembering

D'une manière générale, l'occupation du sol, entre 2000 et 2021 semble ne pas avoir beaucoup changé (figure 79). Les changements qui apparaissent à cette échelle semble minimes. En revanche, les savanes ont changé de façon remarquable. Les superficies ont connu une progression : elles sont passées de 52 hectares pendant l'année 2000 à 82 hectares pendant l'année 2021. Ensuite, on note une progression importante des cultures de plateau qui sont passées de 99 hectares durant les années 2000 à 118 hectares en 2021. On remarque également, une régression des rizières et des filaos.

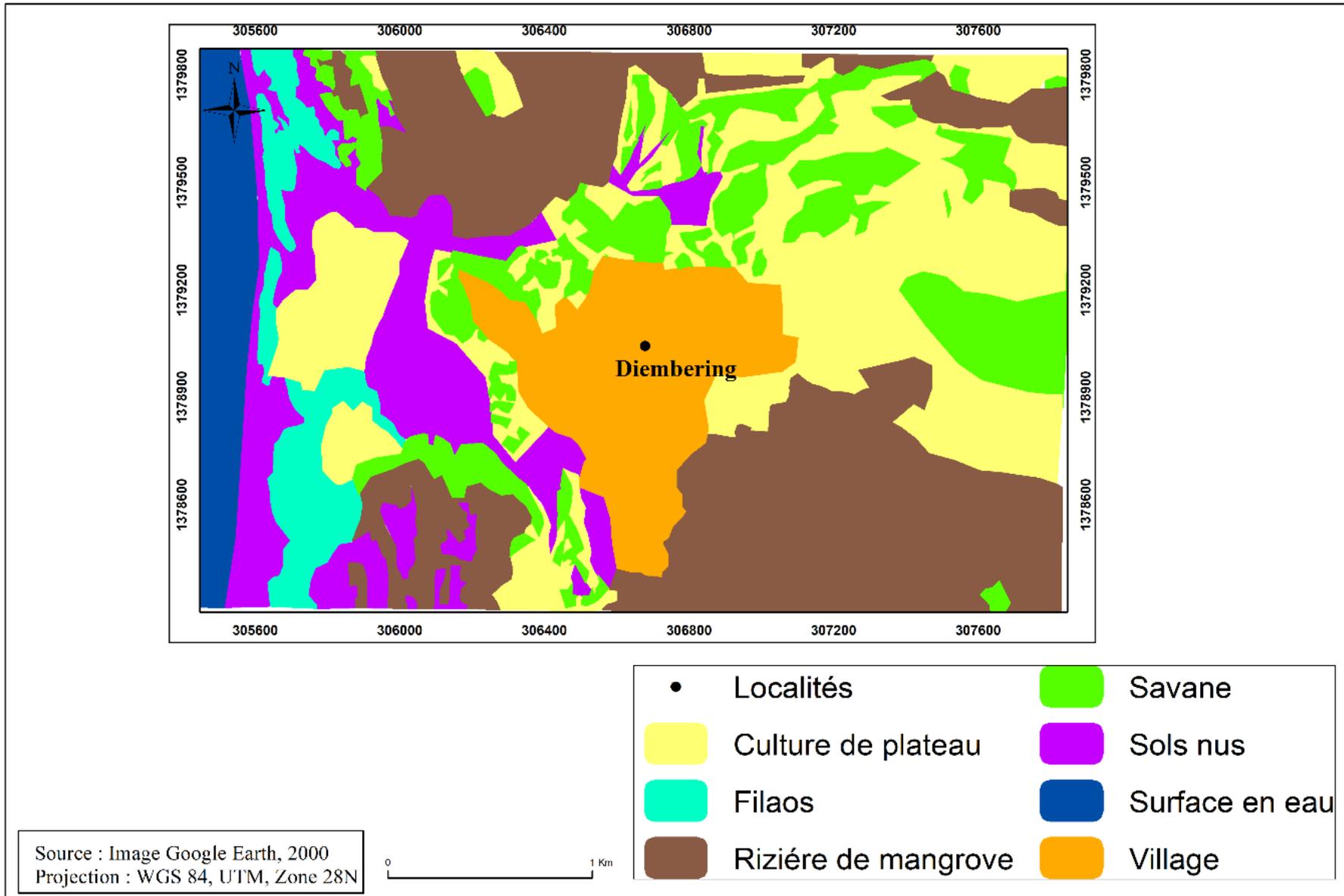


Figure 79 : Occupation du sol à Diembering en 2000

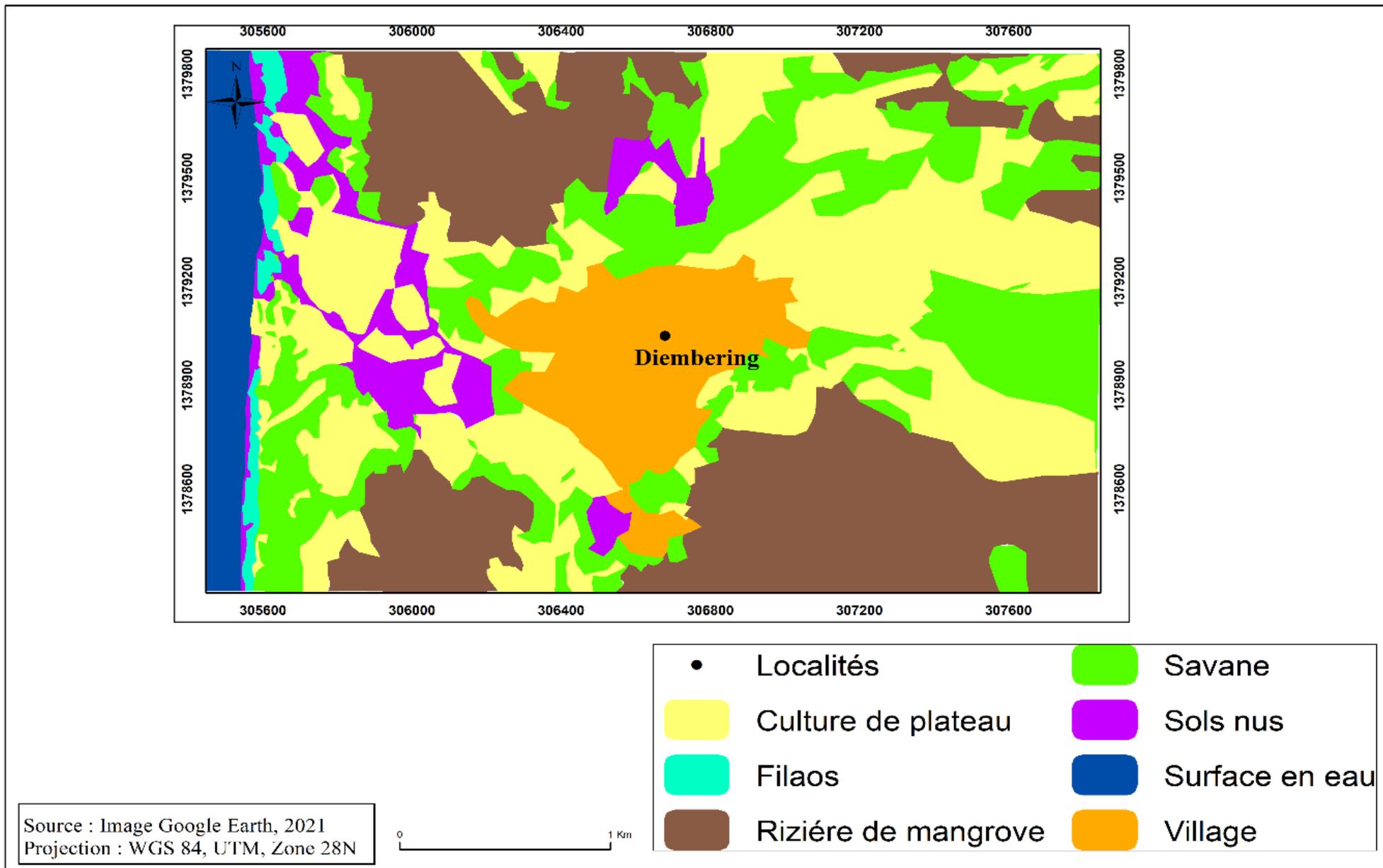


Figure 80 : Occupation du sol à Diembering en 2021

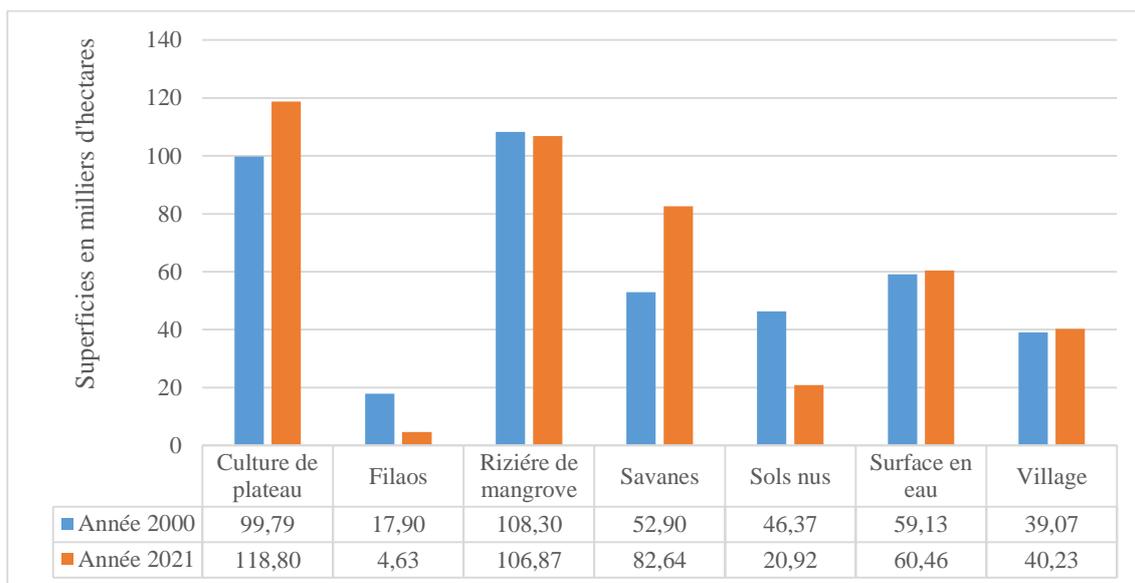


Figure 81 : Evolution en hectare de l'occupation du sol à Diembering entre 2000 et 2021

Le village de Diembering comprend trois cinématiques : d'abord nous avons une stabilité des savanes boisées, s'en suit une régression des filaos et des rizières de mangrove.

La stabilité des savanes est composée d'une très grande tache de stabilité au nord-est (48%), suivi d'une tache moyenne de progression au sud-ouest (39%), et d'un ensemble de taches de très petite taille de régression (12%) sur toute la carte.

La régression des filaos (78%) causée par l'avancée de la mer menace les activités écologiques et socio-économiques. Elle s'observe le long de la côte avec des taches infimes. Par ailleurs le recul de la riziculture (45 %) qui s'aperçoit au sud s'explique par l'effet de la salinité de l'eau du fleuve et le manque de main d'œuvre familiale.

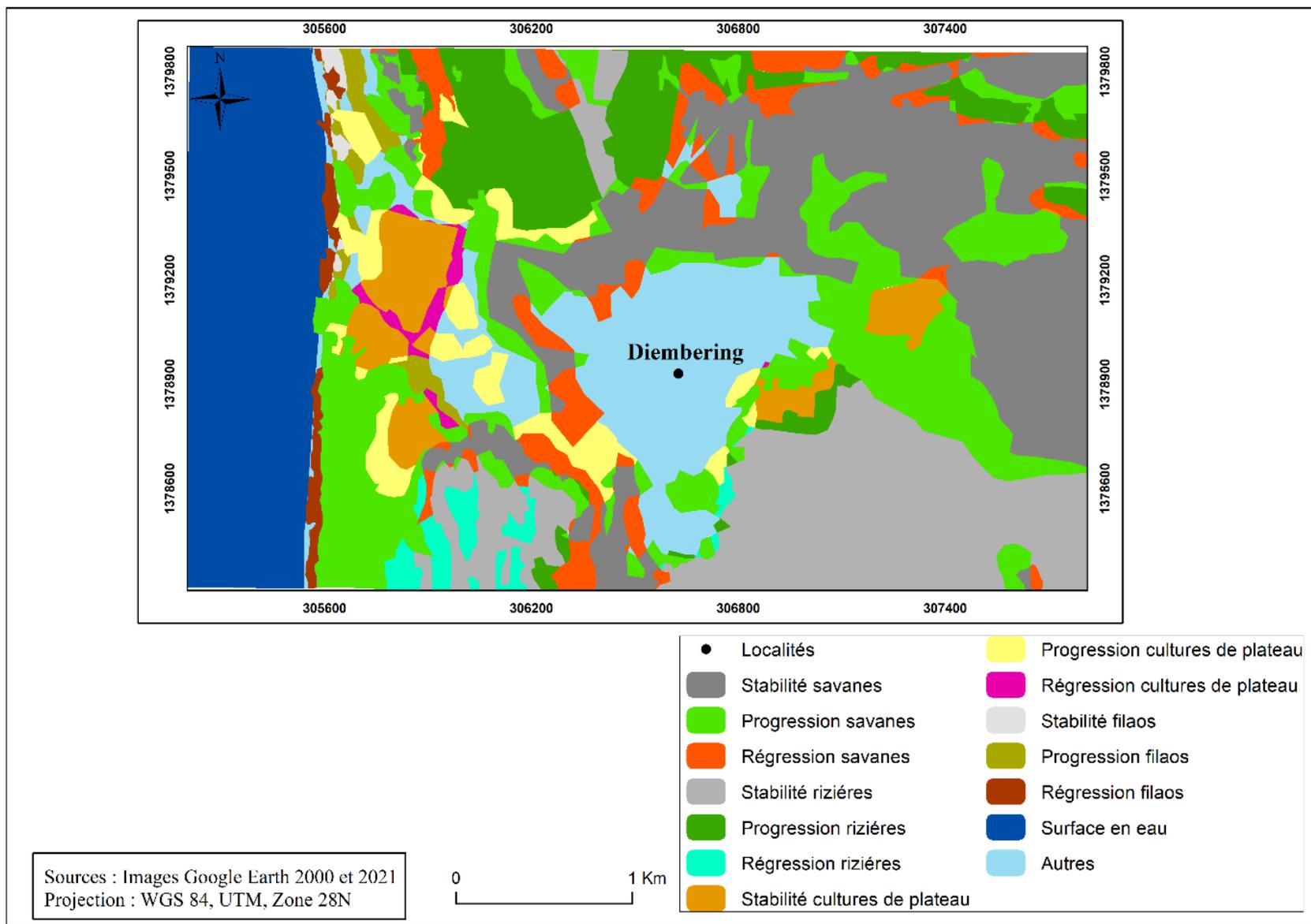


Figure 82 : Changements d'occupation des sols entre 2000 et 2021 à Diembering

Tableau 19 : Bilan en hectare des changements d'occupation du sol à Diembering entre 2000 et 2021

Types de changements	Périodes	2000-2021	
	Classes	Hectares (ha)	Pourcentage (%)
Stabilité	Savanes	83.2	48.1
	Filaos	1.1	5.1
	Culture de plateaux	15.6	16
	Rizières	58.7	54.9
	Chenal	57.4	12.3
Progression	Savanes	68.8	39.8
	Filaos	3.5	16.4
	Culture de plateaux	59.2	60.7
	Autres (sols nus et Villages)	10.3	2.2
Régression	Savanes	20.8	12
	Filaos	16.8	78.5
	Culture de plateaux	22.8	23.4
	Rizières	48.3	45.1

2.3. Changement de l'occupation du sol à Diembering

2.3.1. Stabilité des savanes

Les boisements de terre ferme en particulier les savanes sont constituées de très grands arbres dont les plus représentatives sont le *Khaya senegalensis* (Caïlcédrat), *Azelia africana* (Linké), *Parinari excelsa* (Mampato), *Ceiba pentandra* (Fromager), *Chlorophora regia* (Iroko), *Antiaris africana* (Tomboiro), *Detarium senegalense* (Detah) et *Erythrophleum guineense* (Tali). Ces boisements sont constitués de savane forestière dans leur globalité. Ainsi, on remarque que la hauteur des arbres varie entre 10 à 16 m. De plus, ce sont des arbres d'une très grande importance économique pour ses villageois. Selon le chef du village, au début des années 1960, l'exploitation du bois était peu contrôlée. L'exploitation se faisait de façon individuelle et les ressources étaient exploitées par des

charbonniers en provenance de la Guinée Bissau : « ils venaient pour des travaux saisonniers. Ils coupaient les arbres pour en faire du bois de chauffe, partaient le vendre à Banjul et repartaient avec l'argent. La brousse n'était pas contrôlée. Chaque personne venait couper les arbres. Ça s'est fini maintenant ». Ainsi, dans le village de Diembering est née l'idée, au début des années 2000 de mettre en place un système de gestion des ressources forestières. Il s'agit de l'aménagement des écoparc qui a commencé il y a 12 ans ».

2.3.1.1. Projet de gestion forestière

En réponse à la gestion rationnelle des ressources forestières, les villageois de Diembering, en collaboration avec les services forestiers, ont décidé ensemble d'accorder une partie de la forêt au statut d'écoparc. L'idée d'aménager cet écoparc a pu voir le jour en 2010. Elle s'étend sur une superficie de 400 hectares. Les activités forestières autour de l'écoparc sont en pleines expansion avec le développement de l'apiculture, la conservation des oiseaux migrateurs (pélicans, martins, flamants roses, Cormorans) et du tourisme risquent de s'accroître et pourraient apparemment dans un avenir proche englober notamment la gestion de la mangrove. D'après le chef de village, « toutes formes d'exploitations est interdite dans l'écoparc mais elle permet aux populations de se servir des feuilles et/ou du bois mort selon leurs besoins, de cueillir les fruits, mais également de participer aux campagnes de reboisement des plantes pendant la saison sèche ». Cette nouvelle gestion a mené à une sensibilisation des villageois pour l'arrêt des feux de brousse et le contrôle de l'exploitation des grands arbres pour la construction et le charbon.





A : Ecoparc de Diembering

B : Images Google Earth de l'écoparc en 2021

C : Campements touristiques implantés dans l'écoparc

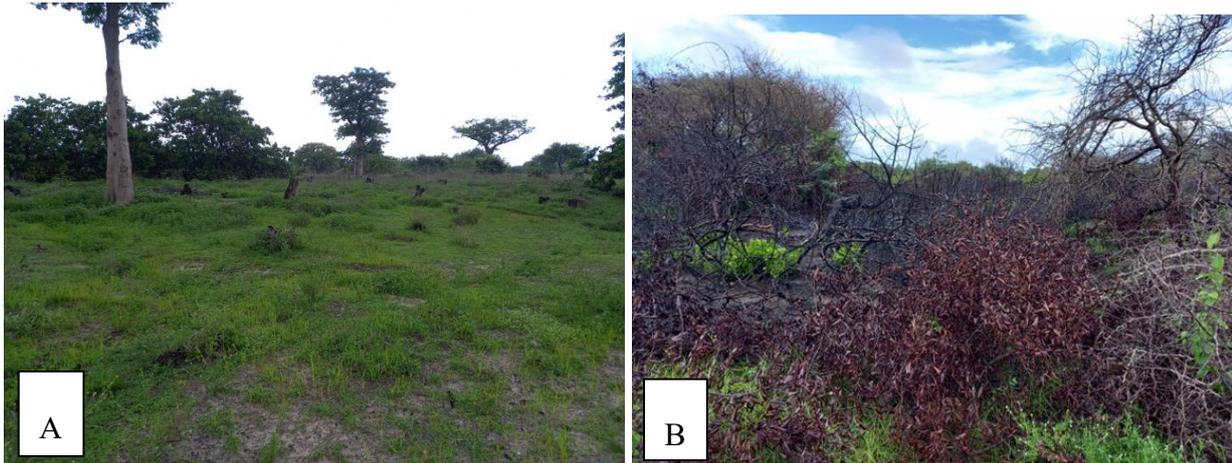
Photo 13 : Ecoparc de Diembering

2.3.2. Conversion de la forêt en vergers d'anacardiers

Dans le village de Diembering, on observe des arbres coupés pour la conversion des vergers d'anacardiers. L'exploitation s'effectue dans l'agroforêt où une fois encore les coupes liées au défriche-brûlis. Ce processus dont on a vu est considéré comme une nouvelle tendance dans ses villages. D'après le chef de village, la conversion de ses parcelles d'agroforêt à Diembering a débuté dans les années 2000. Le cajou est devenu de nos jours comme la principale culture de rente après le riz et les villageois se sont progressivement dédiés à cette culture. Selon les villageois interrogés, l'exploitation des vergers d'anacardiers a été présentée comme la seconde activité la plus importante. « Après le riz, ce qui est important ici c'est le cajou ». Ils ont donc modifié une partie de l'agroforêt sans remettre en cause les autres pratiques. Ces défrichements semblent témoigner d'une tendance à la modification de l'occupation du sol en liaison avec les évolutions et besoins de la société.

L'autre facteur de changement qui apparaît lorsque l'on analyse les paysages forestiers de Diembering est le feu. Ces feux de brousse pénètrent de plus en plus souvent dans la forêt. Les villageois mettent en relation la régression de la forêt avec la fréquence de ces feux. Les feux de brousses sont, selon les enquêtes liés à la chasse. Ils chassent à n'importe quelle heure, même la nuit alors que c'est interdit.

Parfois c'est juste pour la balade, ils tuent des phacochères et les laissent dans la brousse. C'est seulement pour l'argent et pour le business. Auparavant, il y avait beaucoup de phacochères dans le village, qui détruisaient les récoltes dans leurs champs. De ce fait, il fallait les éliminer et pour cela il faut allumer le feu. Ces feux précoces se développent et détruisent, de plus de la végétation ligneuse, les vergers, le bétail et les habitations. Or, les autorités des Eaux et Forêt sont de très faible effectif pour effectuer une surveillance efficace de la forêt afin d'empêcher l'exploitation illégale de celle-ci et gérer les feux précoces.



A : Parcelles défrichées pour la mise en place des vergers

B : Feux détruisant la végétation

Photo 14 : Formes d'exploitation de la forêt

2.3.3. Régression des filaos

Le littoral sableux de la Casamance est vulnérable à l'érosion côtière. Elle menace Diogué qui se trouve sur la rive droite. Nikine et Diembéring font face à l'embouchure du fleuve Casamance. Ces localités sont très vulnérables, avec des courants marins très forts et une houle très importante. Le chef de village de Diembering affirme que ce village souffre de l'avancée fulgurante de la mer. C'est un village où, se développe l'extraction du sable au profit d'un groupe d'individus. D'après le chef de village, cette activité illicite peut également accentuer le phénomène de l'avancée de la mer. L'érosion entraîne aussi une régression des bandes de filaos mises à terre le long de la côte parce qu'ils peinent à résister aux vagues. Outre cela, on remarque un envahissement des rizières par les eaux salées. Des maisons et des infrastructures touristiques déjà englouties par la mer et les eaux du fleuve Casamance. Des plages qui s'érodent. C'est cela qu'évoquent aussi les villageois enquêtés : « La mer avance très vite. Il y a plus de 10 ans, à partir de notre village, on regardait la plage sablonneuse de très loin. On y allait souvent pour nous baigner et profiter de tous les privilèges qu'offre ce phénomène naturel. Aujourd'hui, ce n'est plus le cas. Tout a été emporté par la mer qui avance très vite. Et si l'Etat ne leur aide pas dans 50 ans Diembering va disparaître à cause de

l'invasion de la mer ». Ainsi tout le long de la côte, le rivage est soumis à un recul presque généralisé, atteignant un maximum de -5m/an entre 1968 et 2017 (Thior et al 2017). Face à cet état de fait, les villageois, en collaboration avec le service des Eaux et Forêts et l'ONG Océanium, ont reboisé pendant l'année 2010, sur une superficie de 8 Km (Diembering à Nikine), 10 000 plants de filaos. Selon le chef de village, le filao est l'espèce indiquée pour lutter contre l'érosion côtière compte tenu de ses spécificités. C'est une espèce rustique qui résiste au temps et aux intempéries et est très indiquée en matière de reboisement surtout s'il s'agit de faire de la protection.

En revanche, malgré ses actions de reboisements, les observations sur le terrain montrent que les filaos ne résistent pas toujours à l'assaut des vagues. Les cartes de changement indiquent que les filaos ont régressé de 16 hectares soit 3% de la surface cartographiée. D'après les autorités villageoises, il faut que l'Etat sénégalais leur vienne en aide pour qu'ils puissent protéger leurs côtes. L'aménagement du territoire est donc un enjeu majeur. Mais avant, il faut faire des études scientifiques et effectuer des simulations pour des aménagements adéquats.



A : Filaos envahis par les vagues

B : Mortalité des filaos due à la force du courant

Photo 15 : Effets de l'érosion sur les filaos

2.3.4. Recul de la riziculture

Dans le village Diembéring, comme dans l'ensemble de la Casamance, la main-d'œuvre conditionne les activités agricoles du ménage. Les terres appartiennent à la famille ou au ménage. Elles sont également cultivées par ces derniers. Le départ des jeunes serait à l'origine du déclin progressif de la

riziculture. Selon le chef du village : « dans les années 1960, lorsque l'hivernage débutait, tous les jeunes du village rentraient pour cultiver la terre. La manière dont les rizières étaient cultivées dans le passé n'a rien à voir avec ce qui se fait aujourd'hui. À notre époque, cultiver les rizières étaient un engouement, ce qui n'est plus le cas de nos jours. Les jeunes garçons, dès qu'ils quittent le village, n'y remettent plus les pieds. Les jeunes garçons d'aujourd'hui sont fainéants, ils n'aiment pas cultiver ; c'est pourquoi nos champs se transforment en forêts ». Toutefois, des systèmes de solidarité inter-villageois existent pour l'entraide dans les travaux champêtres. Le facteur climatique est aussi mis en avant par les villageois pour expliquer aussi le fort recul de l'activité rizicole. « Avant, il pouvait pleuvoir une semaine sans s'arrêter, les rizières étaient pleines d'eau. L'eau restait longtemps et on avait plein de riz. Les villageois prenaient le Kadyendou pour faire des petites digues dans les rizières. Quand la pluie commence à se réduire, les rizières à côté du chenal sont devenues salées. On les a abandonnées. Et puis le sel a avancé de plus en plus ».

Conclusion partielle

En conclusion, l'analyse des processus d'évolution des paysages de Diembering a pu mettre en évidence d'importants changements paysagers, résultats des modifications des pratiques agricoles et de la gestion forestière. Les rizières sont abandonnées dans la partie haute et sont seulement partiellement en activité dans la partie basse, ce qui démontre le recul des superficies cultivées. Les rizières en activité occupent une très petite superficie, dont une partie est en friche. Cependant, la présence d'une nouvelle digue laisse supposer que celles-ci vont de nouveau s'étendre. Ainsi, globalement, il apparaît que le territoire villageois connaît des modifications de part et d'autre de ces rizières qui, concerne la conversion de l'agroforêt en vergers d'anacardier, les fonctions écologiques rendus par l'agroforêt sont légèrement supérieures à ceux rendus par le verger mais les apports économiques de ce dernier sont nettement supérieurs. La conversion de l'agroforêt en vergers d'anacardier est un changement important du paysage en ce qu'elle est considérée comme une dégradation. Malgré cela, en terre ferme, les pratiques forestières commencent à être règlementées avec la mise en place d'une gestion mutuelle de la ressource grâce à la limitation des feux de brousse. Cette évolution n'apparaît pas comme étant dégradé, en ce qu'il semble permettre une gestion durable du bois et une production agricole assez importante.

3. Tankon

Le village de tankon se situe dans le département de Bounkiling particulièrement dans la commune de Diamacouta. C'est un village ancien (1800) né après la migration d'un groupe peulh depuis le village de Missira vers le continent pour se vouer aux activités agricoles. Les enquêtes et les observations in situ effectués dans ce village permettront d'analyser la progression et régression des

boisements de terre ferme, suivies des espaces non boisés. Pour cela, une étude de l'occupation du sol à l'échelle du village, ainsi qu'une description des principales activités seront effectuées avant d'en étudier leurs évolutions qui attestent bien de l'ensemble des causes de changement et permettre d'indiquer les évolutions positives et négatives à l'échelle villageoise.

3.1. Description des activités à Tankon

Les activités principales des villageois de Tankon tournent autour de l'agriculture, la mise en place des vergers et de l'élevage. Ces activités sont accompagnées d'un certain nombre d'activités qui sont assez peu développées dans le village : il s'agit de l'exploitation du bois dans les forêts classées et le maraîchage.

Culture de l'arachide et du maïs : l'activité principale à Tankon en termes de temps de travail et d'importance économique est la culture des terroirs où se succèdent la culture du maïs et celle de l'arachide. Ces activités issues du terroir sont considérablement importantes dans tout le village et couvrent pratiquement tout l'espace disponible. Pendant l'enquête le chef de village a affirmé : « Ici à Tankon, les villageois cultivent en alternance le maïs, la culture vivrière traditionnelle et celle de l'arachide, et on pratique le maraîchage ». Les villageois effectuent le labour à l'aide d'un attelage et le sarclage s'y effectue avec une petite binette à manche court.

Mise en place des vergers d'anacardiens : la mise en place des vergers constitue un changement positif dans l'organisation des activités et celle de l'économie villageoise. Comme le fait remarquer un villageois lors de l'enquête : « l'exploitation des vergers d'anacardiens a été présentée comme la seconde activité la plus importante après l'agriculture. Ainsi lors de l'entretien avec un agriculteur de Tankon, ce dernier affirme : qu'il convertit sa parcelle de culture en vergers parce que les plantations d'anacardiens apparaissent comme une culture moins dure pour avoir de l'argent ». En effet, un villageois gagne en moyenne 600 000 FCFA voire 1 500 000 FCFA pendant l'année sur des superficies variant entre 1 et 2 ha. Ceux qu'ils gagnent, c'est ce qui leur permettra d'acheter des intrants pour la production de l'arachide.

L'exploitation du bois en zone agricole : une troisième activité s'ajoute aux vergers pour façonner le paysage. Il s'agit de l'exploitation du bois en zone agricole par les villageois. Les espèces les plus présentes dans leurs champs et le plus souvent exploitées sont le manguiers (*Mangifera indica*) et *Acacia* (*Acacia ataxacantha*). Ces villageois coupent les branches des arbres dans leurs champs. Une autre utilisation du bois est effectuée par les éleveurs il s'agit de l'émondage. Dans ce terroir, les feux sont de plus en plus fréquents. Les éleveurs, quand leurs bétails sont affectés par ses feux de brousse et qu'ils n'ont plus de paille à brouter, leurs donnent les feuilles des arbres. C'est une pratique illégale

mais indispensable à la survie des troupeaux. Les émondages sont plutôt pratiqués tôt le matin, voire pendant la nuit, pour éviter de se faire attraper par les gardes forestiers. L'après-midi, les bêtes se contentent des herbes sèches de la savane et de quelques pailles de mil restées dans les champs.

L'exploitation du bois dans les forêts classées : l'exploitation du bois dans ses forêts sont interdites par le service des eaux et forêts de Boukiling. Pendant l'enquête, le chef du village a affirmé : « que les villageois, si vous leurs posez la question qui est de savoir s'ils exploitent la forêt classée, ils démentiront tous types d'exploitations et te diront que c'est protégé par l'Etat ». Cependant les observations *in situ* effectués ont infirmé cette affirmation : les visites faites dans la forêt classée de Boudiée prouvent que les villageois exploitent et utilisent la forêt classée pour diverses raisons : d'abord ils y vont chercher du bois mort pour la cuisine, ensuite ils utilisent l'écorce du *Daniellia olivieri*, comme encens, ce qui a pour effet la mortalité de l'arbre si la pratique est intense.

L'élevage : Tankon est caractérisé par un troupeau assez important. Comme partout dans les différents terroirs étudiés, ces troupeaux sont libres en saison sèche après la récolte du maïs et de l'arachide et surveillés en saison des pluies où les cultures commencent. Pendant l'hivernage, ces éleveurs amènent les bétails dans la forêt classée pour brouter de l'herbe. Les éleveurs disposent des troupeaux de vaches et des brebis. Ainsi, on observe souvent des conflits entre éleveurs et agriculteurs. Le problème le plus manifeste au niveau du village, c'est que ces éleveurs laissent leurs bétails (bovins et ovins) divaguer dans leurs champs et brouter leurs récoltes (Arachide et mil) destinées à la vente. Pour régler cela, ils vont au niveau de la police de leurs localités dénoncer les faits et par la suite en fonction de la quantité de récoltes broutée par le bétail, les services de l'ordre leur infligent une sanction de 25 000 FCFA (pour 1 hectare) qu'ils verseront à l'agriculteur. Par exemple, si l'éleveur dispose d'un troupeau de plus de 40 bovins, et qu'ils ont brouté plus de 2 hectares, la sanction sera lourde et doublée. En plus de cela, dans ce village, ils sont confrontés aux vols de bétails particulièrement les bovins (en 2020 presque, ils ont perdu 100 têtes de bétail) ce qui les impacte financièrement : du reste la production laitière s'est arrêtée définitivement. Ce seraient les populations d'un village voisin qui le font le plus souvent. En saison sèche, les éleveurs sont confrontés à des difficultés pour l'alimentation du bétail parce que le feu détruit le tapis herbacé sur presque 3 km, ils sont obligés de transhumer pour aller dans le village le plus proche comme ce fut le cas dans celui de Sare Hamet qui se trouve à 5 km de Tankon pour les nourrir.

Pour une compréhension de ses pratiques agro-sylvo-pastorales, nous allons dans cette section, exposer et analyser les principaux résultats en termes d'occupation du sol. Ces résultats éclairent sur l'état de la couverture du sol par la végétation à la période actuelle en indiquant si les changements vont dans le sens d'un état meilleur ou pire.

3.2. Analyse de l'occupation du sol à Tankon

Les cartes d'occupation du sol en 2000 et 2021 permettent de montrer que la structure paysagère a constamment changé. En effet, elle reste dominée par les zones agricoles avec une superficie de 231 hectares pendant l'année 2000. En revanche, on constate une évolution des terres agricoles, qui sont brûlées par les agriculteurs pour la mise en place de nouvelle culture. Celle-ci s'élève sur une vaste superficie de 114 hectares. Les savanes quant à elles représentent 9 hectares de la superficie de la carte.

Si l'on vient à l'état actuel, la carte d'occupation du sol de 2021 met en revanche une diminution des surfaces brûlées de 85%. Celle-ci sont passées de 114 hectares en 2000 à 16 hectares en 2021. Outre cela, on mentionne une progression des zones agricoles de 30% soit 301 ha. Les savanes ont connu une progression ; elles sont passées de 9 ha en 2000 à 24 ha en 2021.

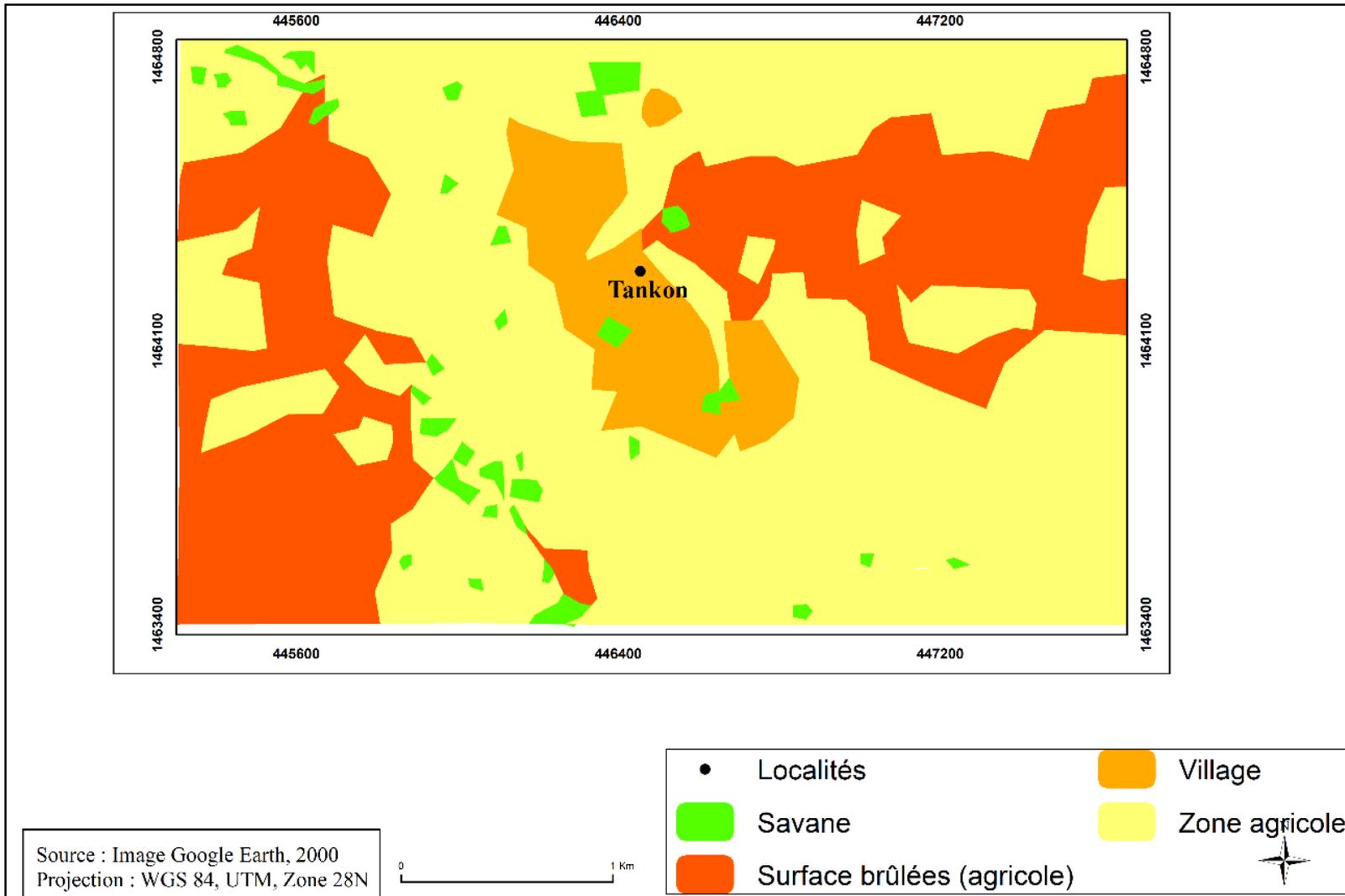


Figure 83 : Occupation du sol à Tankon en 2000

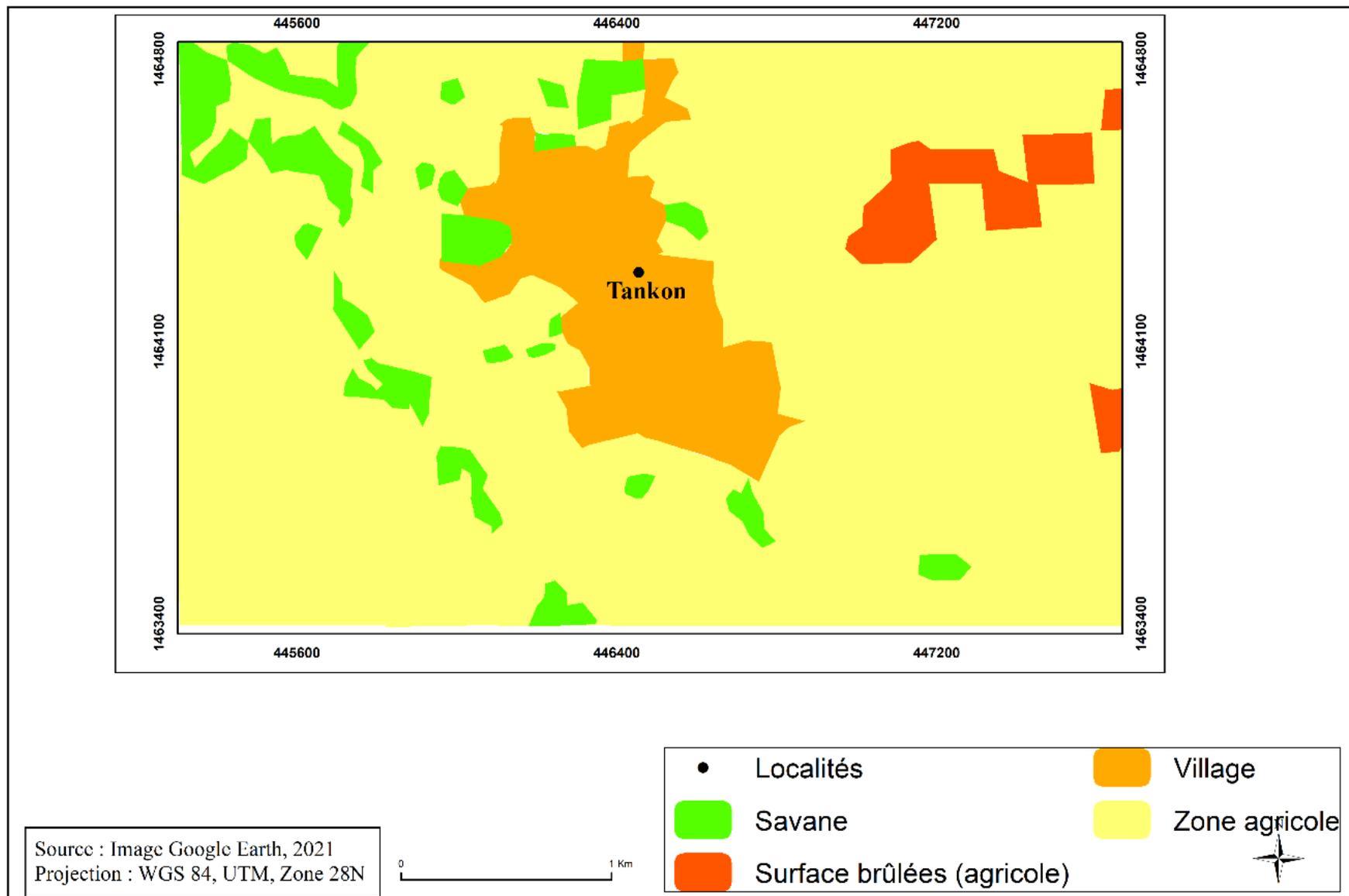


Figure 84 : Occupation du sol 2021 à Tankon

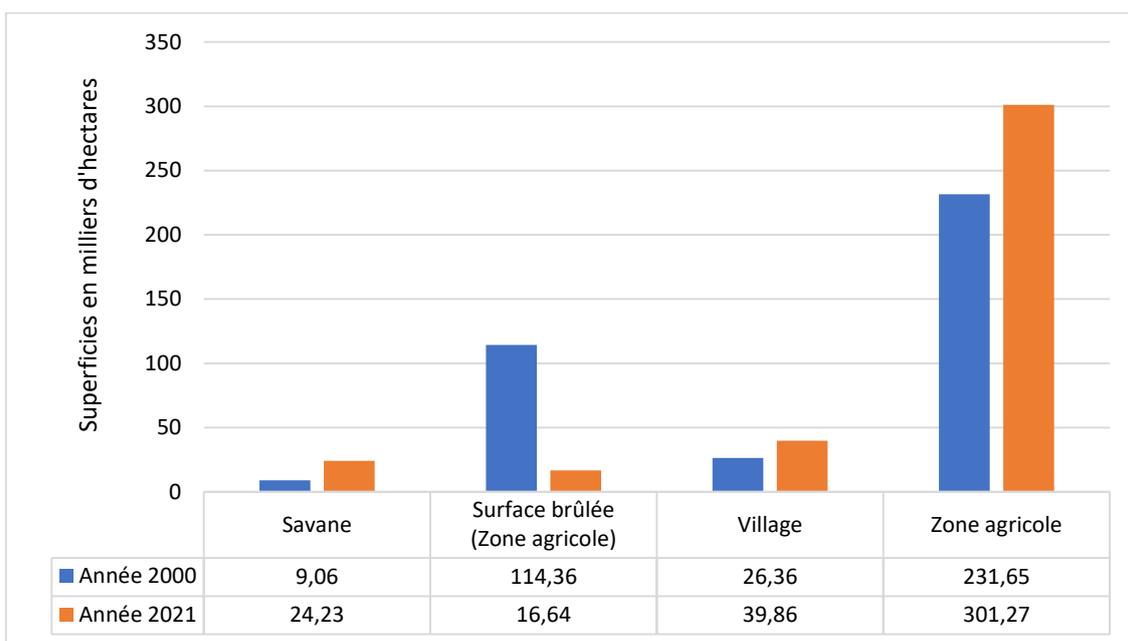


Figure 85 : Evolution en hectare de l'occupation du sol à Tankon entre 2000 et 2021

3.3. Changement de l'occupation du sol à Tankon

Le village de Tankon connaît deux cinématiques différentes : une progression des savanes et s'en suit une régression de celle-ci. La quantification des changements montre qu'entre 2000 et 2021, il y'a eu un recul des savanes de 3 hectares soit 0.8% de l'espace cartographié et une progression de 20 hectares soit 4% des surfaces. Les secteurs caractérisés par cette stabilité ont été évalués à 4 hectares.

Pendant cette même période, on remarque une stabilité des zones agricoles de 41% contre 19% de progression et 5% de régression. Tandis que les surfaces brûlées ont vu leurs superficies diminuées au détriment des zones agricoles soit 19% de l'espace cartographié.

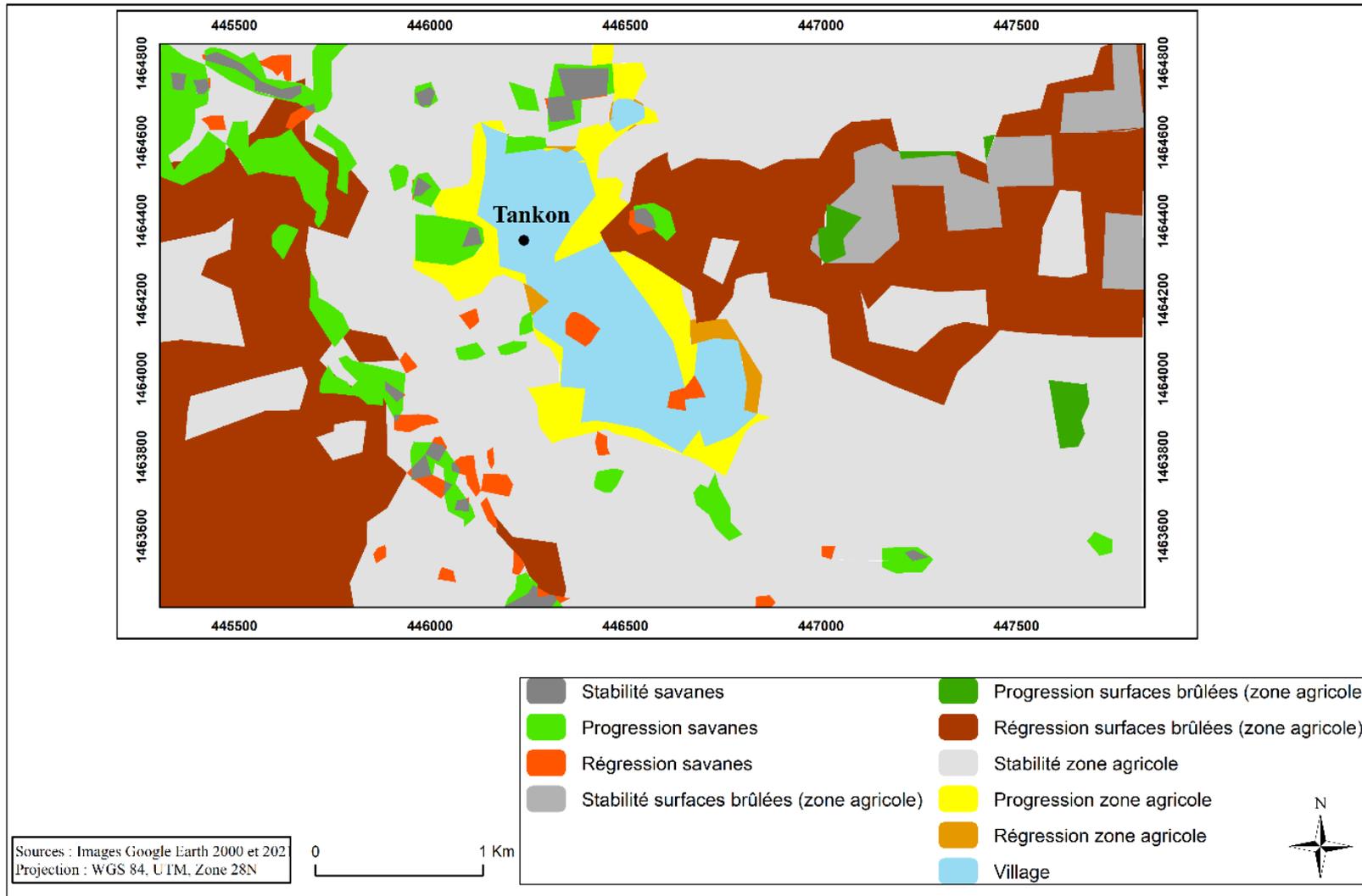


Figure 86 : Changements de l'occupation des sols entre 2000 et 2021 à Tankon

Tableau 20 : Bilan en hectare des changements d'occupation du sol à Tankon entre 2000 et 2021

Types de changements	Périodes	2000-2021	
	Classes	Hectares (ha)	Pourcentage (%)
Stabilité	Savanes	4.1	14.6
	Surface brûlée (Zone agricole)	13.3	12
	Zone agricole	200.7	62
Progression	Savanes	20.0	71.4
	Surface brûlée (Zone agricole)	2.4	2.2
	Zone agricole	94.2	29.1
	Villages	24.6	5.0
Régression	Savanes	3.9	13.9
	Surface brûlée (Zone agricole)	95.1	85.8
	Zone agricole	28.9	8.9

3.3.1. Progression des savanes

Dans ce secteur, on observe des arbres coupés pour le bois, un certain nombre de prélèvement mineur ainsi qu'une exploitation assez intense de quelques grands arbres comme le *Cordyla Pinnata* (dimb) qui mène le plus souvent à la chute de l'arbre qui ne rejette jamais de souche. L'espèce dominante dans cette forêt est *Cordyla Pinnata*. Ces exploitations semblent compensées par une régénération de l'espèce sous elle-même comme le démontre la grande quantité de jeunes plantules et de jeunes arbustes de l'espèce.



Photo 16 : Reboisement de l'espèce Cordyla Pinata depuis 2009

3.3.2. Régression de savanes

S'il n'y a pas eu de défrichement sur le village de Tankon ces 21 dernières années, d'importantes surfaces de déboisement ont été observées sur le terrain. Il s'agit de l'exploitation du bois dans la forêt classée de Boudié et le passage répété de feux précoces.

3.3.2.1. L'exploitation du bois dans la forêt classée

La coupe illicite du bois pour la vente est une pratique qui a commencé à Tankon depuis le début des années 2000 selon les populations. Cette exploitation a eu lieu dans la forêt classée de Boudié qui se trouve à 20 Km du village de Tankon. Certainement, quand la question est posée sur l'exploitation du bois dans la forêt classée, le villageois nie cela et exprime que toute forme d'exploitation est interdite même chercher le bois mort pour la cuisson. Toutefois, les observations de terrain nous ont permis d'acquérir des renseignements sur cela. En effet, les acteurs ne sont pas des bûcherons professionnels, ce sont plutôt les jeunes du village qui entrent dans la forêt avec leurs tronçonneuses et coupent le tronc des arbres. Des prélèvements massifs se font occasionnellement, la coupe ayant lieu de jour et le ramassage de nuit pour éviter d'être vu. Ces arbres coupés sont acheminés vers le

port de Banjul avec leurs charrettes. C'est un village qui se trouve à 16 km de la frontière gambienne, donc l'accessibilité de la ressource ne pose pas un problème. Les espèces coupées et vendues au niveau de la frontière Gambienne sont *Cordyla Pinnata* (Dimb), *Daniella Olivieri* et *Pterocarpus erinaceus* (véne). D'après le chef de village : « Ce sont les grands arbres, avec un tronc de 2 à 4 m de longueur et 30 à 70 m de diamètre qui sont ciblées par ses jeunes trafiquants ». De ce fait, chacun de ses troncs d'arbres est vendu à 300 000 FCFA aux Gambiens et ces derniers les revendent aux Chinois qui sont dans le port Gambien à 1 000 000 de FCFA. D'après les propos du chef de village : « le chiffre d'affaires de ces jeunes trafiqueurs de bois tourne autour de 800 000 FCFA pendant le mois. Ils mentionnent aussi que le nombre de charrettes qui quittent le village pendant le mois s'élève autour de cinq avec l'appui des Eaux et forêts ». Grâce à ces revenus colossaux, beaucoup de jeunes ont construit leurs maisons dans le village et ont acheté des motos djakarta. Cependant, si cette tendance se poursuit, de réels changements sont amenés à se produire.



A : Coupe de l'espèce *Daniella Olivieri*

B : Coupe de l'espèce *Cordyla pinnata*

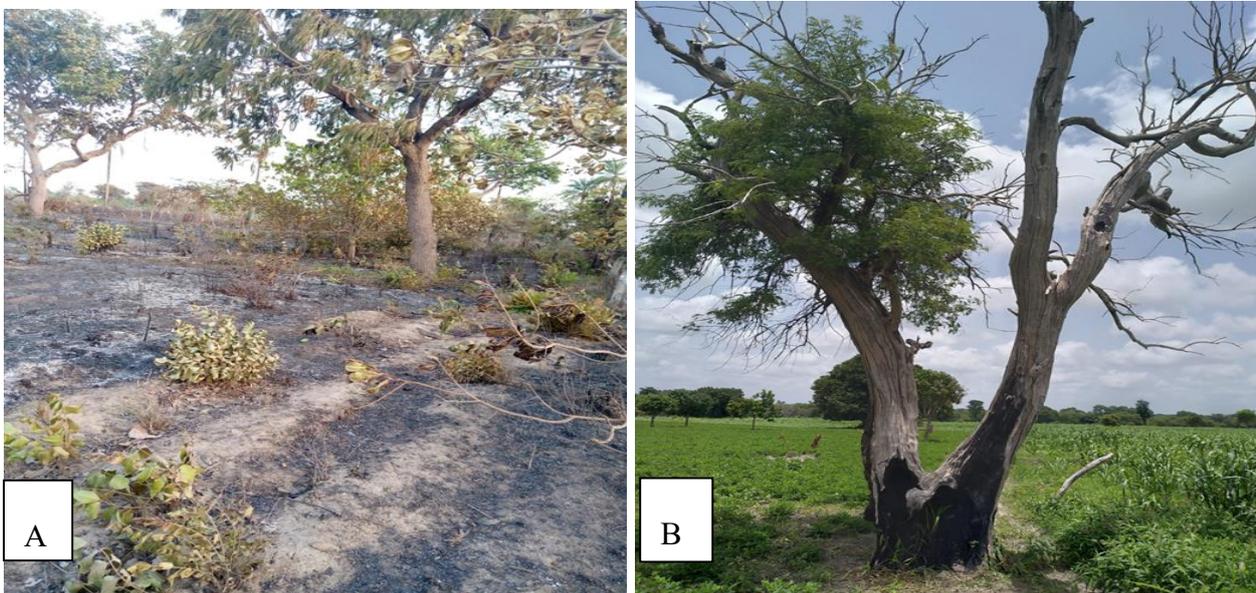
Photo 17 : Exploitation du bois dans la forêt classée de Boudié

3.3.2.2. Feux de brousse

Un autre facteur de changement surgit lorsque l'on analyse les formations agroforestières de Tankon : il s'agit du feu. Les feux sont, selon l'ensemble des enquêtés, volontaires. En effet, l'ensemble de ce

secteur est touché chaque année par des feux, le plus souvent précoces. Les agriculteurs brûlent leurs champs pour faire place à de nouvelles cultures. Certains d'entre eux considèrent le brûlage comme le moyen le plus efficace et le plus rentable de défricher leurs terres, de fertiliser le sol et de le préparer pour de nouvelles plantations. Ce type de pratique affecte les forêts. Les dégâts enregistrés concernent, d'après les villageois, la destruction du tapis herbacé, des plantations d'anacardes qui ont complètement brûlées, du bétail piégé, des arbres et régénérations naturelles calcinés. Par exemple, cette année-ci les femmes ont perdu 10 hectares de leurs champs d'anacardiens à cause de ses feux. Quelques soit l'origine de ces feux, ils sont considérés par les éleveurs et les agricultures comme néfastes.

En revanche, l'ampleur de ses feux semble diminuer depuis 2009, car les villageois ont mis en place une association de la lutte contre la pauvreté qui œuvre pour la gestion des ressources forestières. Cette association travaille en parfaite collaboration avec le service des Eaux et Forêts de Boukiling en menant sur le terrain des actions de reboisements et de surveillance dans la forêt. Ainsi, lorsque la personne met le feu, l'amende s'élève autour de 500 000 FCFA. Pendant l'année 2021 (de janvier au mois d'avril), d'après les agents des Eaux et Forêts de Tankon, quatre procès-verbaux ont été dressés pour un montant de 2.000.000 FCFA d'amendes. Cependant, ils notent toujours un manque de volonté de dénonciation de certains auteurs des cas de feux de brousse, de la part des populations.



A : Champ d'arachides brûlés par le feu

B : Séquelles du feu sur l'espèce (*Daniella Oliveiri*)

Photo 18 : Dégradation de la forêt par le feu

Conclusion partielle

Les paysages de Tankon sont, caractérisés par une série de situations intermédiaires entre l'agricole et le forestier avec des espaces densément boisés, ou plus exactement, plus ou moins déboisés. En terre ferme, on remarque des changements assez subtils, faits de cinématiques régressives assez régulières issues de la combinaison de plusieurs facteurs où le feu et la coupe du bois joue un rôle important dans la régression de la ressource. Or ces déboisements en cours mènent dans tous les cas à une diminution de la ressource et des capacités de régénération. Certains changements s'inscrivent en effet dans la continuité, si ce n'est dans la stabilité des pratiques, tandis que d'autres témoignent d'importantes modifications agro-sylvo-pastorales.

4. Marakissa

Situé entre le continent et le fleuve Casamance, Marakissa est un village qui se trouve dans le département de Sédhiou en particulier dans la commune de Djibabouya. C'est un village mandingue qui se localise à quelques kilomètres (70 km) de la région de Sédhiou. Marakissa se retrouve d'une part, à côté de la mangrove dans un secteur de régression assez général et d'autre part, en situation de transition entre la régression et la progression de terre ferme. Pour étudier comment ces deux dynamiques se concrétisent dans le cadre de ses paysages, on analysera alors à quoi correspondent ces évolutions à l'échelle du village ?

4.1. Description des activités à Marakissa

Les activités à Marakissa sont plus proches de celle Tankon, elles sont également centrées sur l'agriculture, l'exploitation de la forêt classée et les vergers. La pêche et l'élevage sont assez peu fréquentes.

Les cultures (arachide et riz) : la principale activité à Marakissa est la culture des terroirs où s'y alternent le riz et l'arachide. Les jardins sont utilisés comme pépinière pour le riz et pour les autres cultures (arachide, maraîchage). Ces cultures sont considérées comme florissantes dans le village et sa participation à l'économie du village est importante.

Les vergers d'anacardiens : Ces vergers d'anacardiens occupent la deuxième place après les cultures. D'après les villageois enquêtés : « ce qui rapporte le plus d'argent dans ce terroir c'est la culture du cajou ». Pour qu'il y'ait un développement florissant de ses vergers, il faut aux moins trois années. Si de nos jours la culture est profitable à certaines familles d'une manière générale, l'exploitation des vergers constitue un apport pour les jeunes du village parce que ces derniers travaillent chaque saison pour les propriétaires terriens en échange d'un salaire. Ces salaires peuvent varier entre 100 000 à 150 000 FCFA mensuellement. On récolte les fruits de cajou (la pomme et la

graine), de fin mars à juin-juillet, explique le chef de village. On ne cueille pas les fruits dans les arbres car ils sont fragiles, mais on attend que les fruits tombent pour les ramasser.

L'exploitation du bois de mangrove : une réponse identique aux autres villages étudiés a été donnée par les villageois de Marakissa : « auparavant, ils coupaient la mangrove (*Rhizophora mangle*) pour faire la clôture de leurs enclos de chèvres et des champs maraîchers mais de nos jours, ces pratiques sont bannies. Maintenant, ils vont dans l'agroforêt pour chercher du bois de chauffe ».

L'exploitation du bois dans la forêt classée : l'exploitation du bois a eu lieu dans la forêt classée de Yassine et que celle-ci est interdit par le service des Eaux et forêts. Les observations in situ montrent des coupes de végétation ont été observés à proximité du village. L'exploitation s'effectue dans l'agroforêt où une fois encore les coupes liées au défriche-brûlis et les prélèvements en jachère suffisent largement aux besoins du village.

La pêche : C'est une activité qui est effectuée par des villageois ayant une connaissance en ce milieu marin, possédant le matériel (filet) et en faisant le commerce, auprès des villageois qui viennent acheter le poisson pour Sédhiou. Les espèces les plus fréquemment capturés sont le Tilapia et la Sardinelle. Ces activités d'après les villageois ne sont pas quotidiennes. Il en va de même pour la récolte des huîtres qui est une activité très peu pratiquée par les femmes de Marakissa. Ces activités effectuées par ces femmes dans la mangrove se font en saison sèche mais elles restent secondaires par rapport aux activités agricoles.

Le troupeau : Marakissa est caractérisé par un troupeau assez peu important. Ils mettent les troupeaux dans les jardins avant les cultures pour fertiliser la terre. Durant les cultures, on les mène dans la forêt classée. Ainsi, il apparait nécessaire dans tous ces cas de figure, d'étudier la cinématique de ses paysages dans le village de Marakissa. Cela permettra une appréhension de l'économie villageoise pour savoir quels sont les conséquences des pratiques agro-forestières sur la ressource.

4.2. Analyse de l'occupation du sol à Marakissa

D'une manière générale, l'occupation du sol au début des années 2000 a connu des mutations. En effet, elle était largement dominée par des défrichements agricoles avoisinant les superficies de 126 ha en 2000. Outre cela, les surfaces agricoles représentent aussi une part très importante avec une superficie de 120 hectares. Par ailleurs, les savanes ainsi que les rizières semblent ne pas avoir trop changé pendant cette année.

En revanche, les surfaces défrichées ont diminué de 57% de façon remarquable pendant l'année 2021. Elles sont passées de 125 hectares en 2000 à 53 hectares en 2021. Les zones agricoles quant à elles

ont progressé de 63%. Les savanes aussi ont connu une progression. Elles sont passées de 19 hectares en 2000 à 43 hectares en 2021. En 2021, les rizières ont régressé de 15%. Elles sont passées de 72 hectares en 2000 à 63 hectares en 2021.

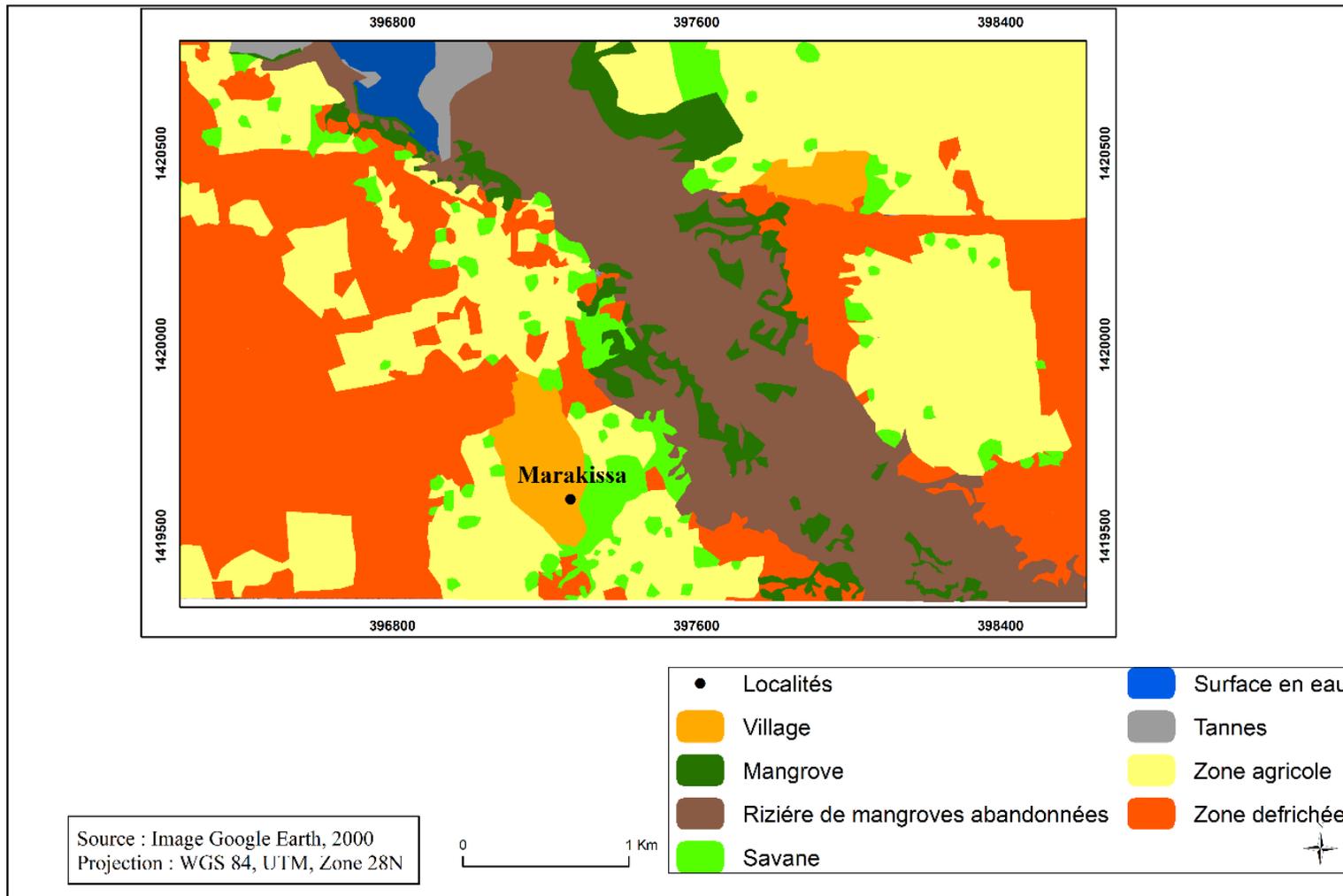


Figure 87 : Occupation du sol 2000 à Marakissa

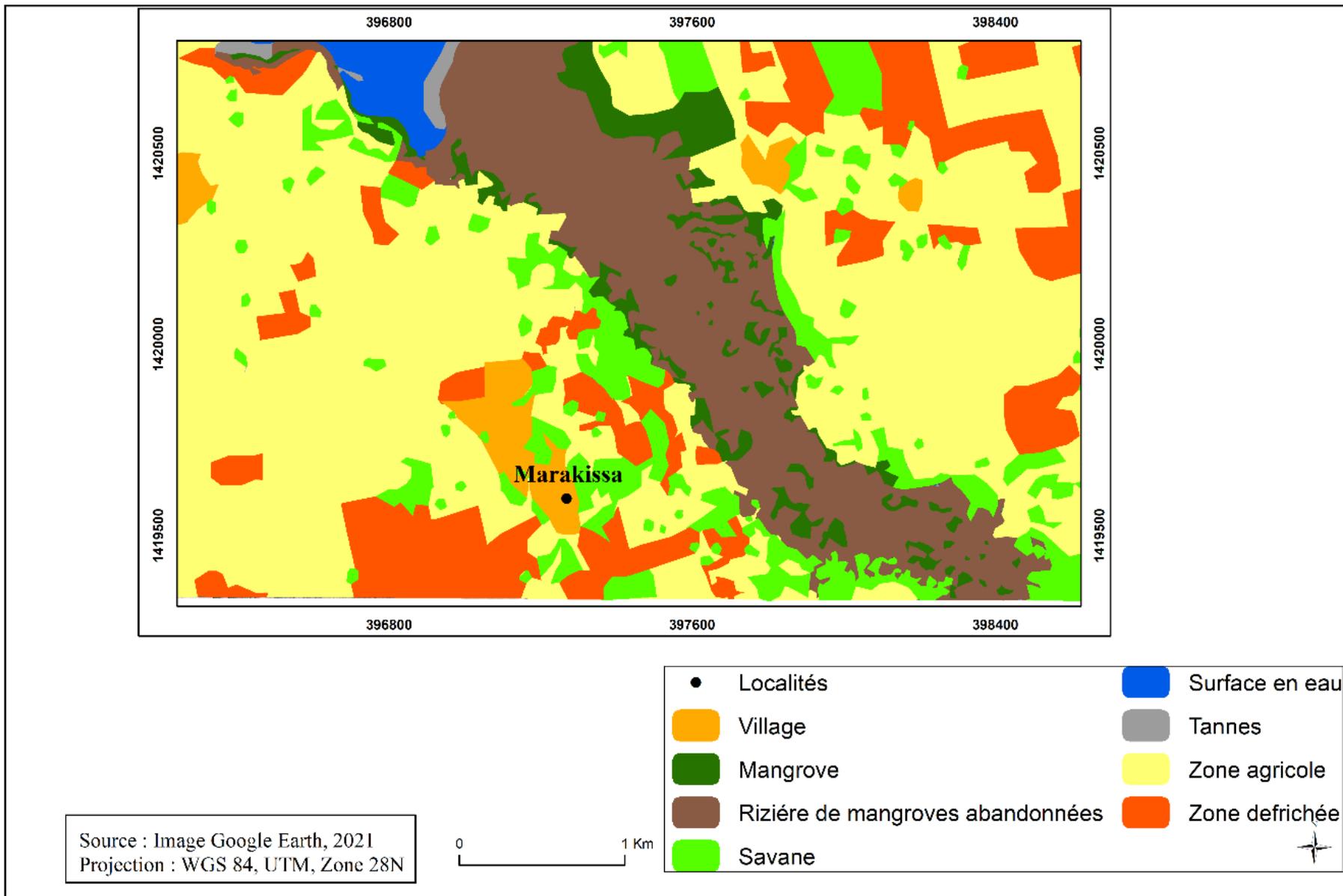


Figure 88 : Occupation du sol 2021 à Marakissa

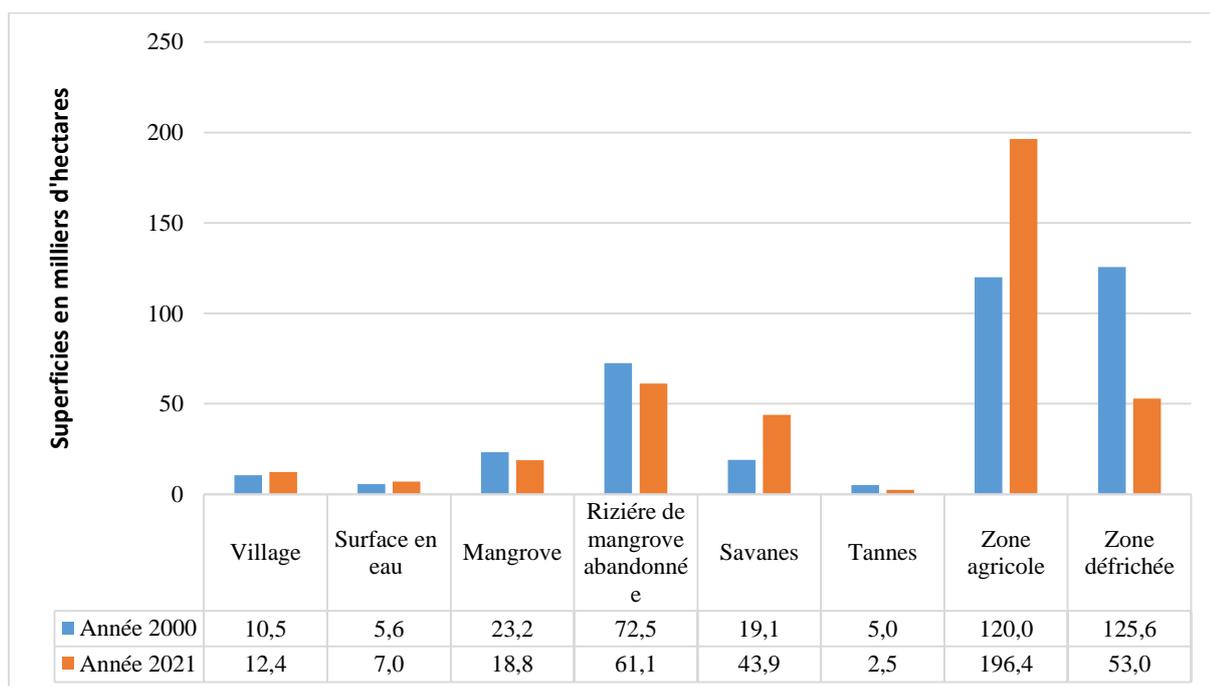


Figure 89 : Evolution en hectare de l'occupation du sol à Marakissa entre 2000 et 2021

4.3. Changement de l'occupation du sol à Marakissa

Entre le début des années 2000 et la fin de l'année 2021, les superficies ont très peu évolué. En terre ferme, la première caractéristique du village de Marakissa est la progression des savanes de (70%). Les secteurs stables correspondent à 15% de la terre ferme contre 14% de régression. Pendant cette même période, on remarque une régression importante des mangroves de 44% des surfaces cartographiées soit 18 hectares. Une stabilité de la mangrove a été quantifiée sur 12 hectares soit 29% des surfaces, alors que celle-ci a progressé sur 10 hectares soit 25% au cours de la même période. En résumé, le village de Marakissa connaît deux évolutions différentes : une progression des savanes et une régression de la mangrove.

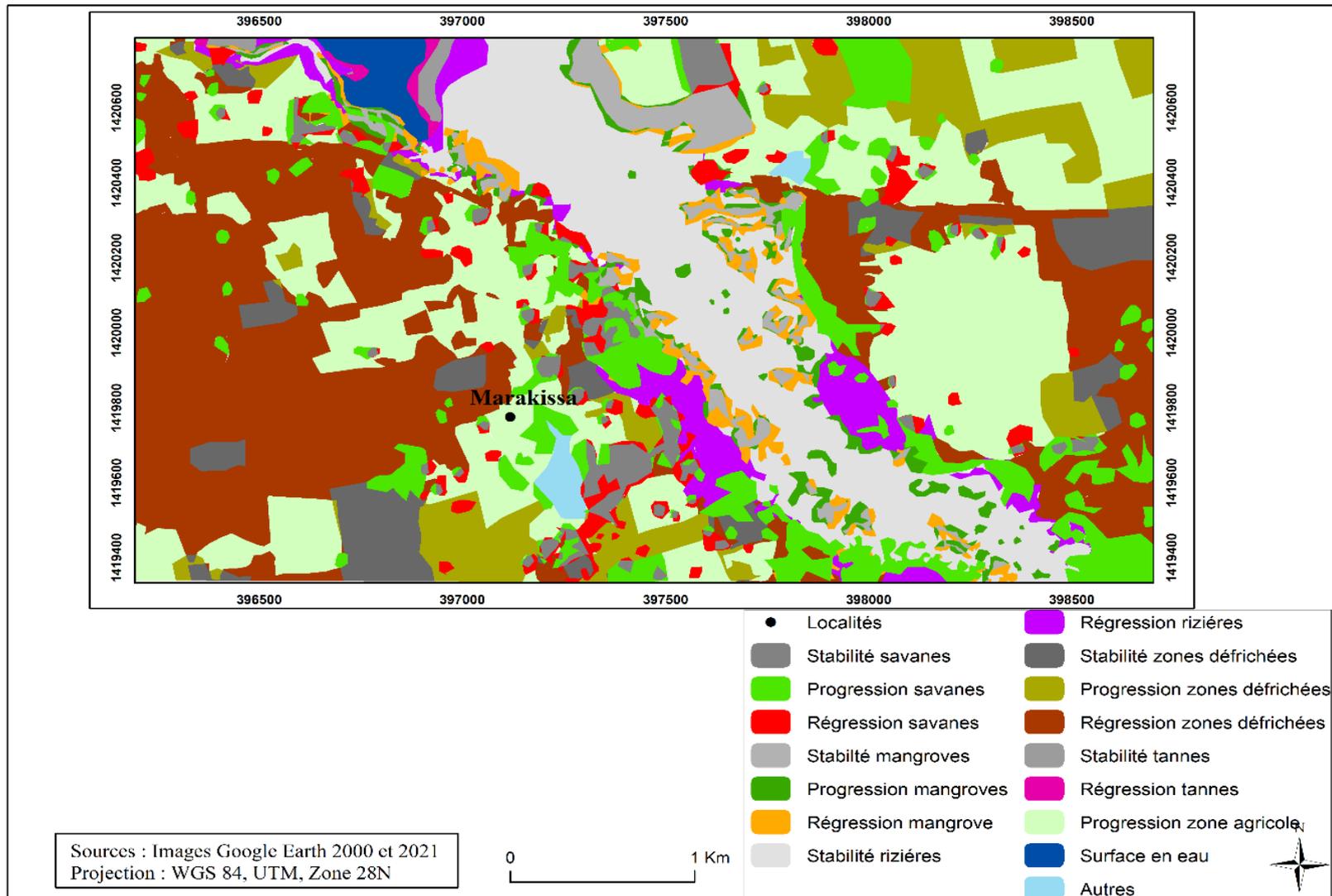


Figure 90 : Changements d'occupation des sols entre 2000 et 2021 à Tankon

Tableau 21 : Bilan en hectare des changements d'occupation du sol à Tankon entre 2000 et 2021

Types de changements	Périodes	2000-2021	
	Classes	Hectares (ha)	Pourcentage (%)
Stabilité	Savane	8.8	15.5
	Mangrove	12.5	29.8
	Tannes	2.2	44
	Zones défrichées	17.4	10
	Rizières	49.0	72
	Chenal	5.0	1.4
Progression	Savanes	39.6	70
	Mangroves	10.7	25.5
	Zones défrichées	48.7	28.1
	Autres (villages)	7.9	2.2
Régression	Savanes	8.2	14.5
	Mangroves	18.8	44.8
	Tannes	2.8	56
	Zones défrichées	107.3	61.9
	Rizières	19.1	28

Deux types de dynamiques opposées concernent donc le territoire de Marakissa. D'une part, on observe en périphérie une progression de la végétation. D'autre part, un défrichement récent (Figure 90) peut s'observer au sud du village le long de la route.

4.3.1. Progression des boisements de terre ferme

Les paysages de Marakissa sont constitués de deux éléments : la savane ouverte et la savane forestière. Une petite partie de la forêt classée de Yassine, au sud-est, est occupée par la savane forestière. Le reste est occupé par la savane ouverte. On retrouve de très grands arbres, les caïlcédrat (Khaya

Senegalensis), Baobab (*Adansonia digitata*), Néré (*Parkia biglobosa*), Tamarinier (*Tamarindus indica*) et le Karité (*Vitellaria paradoxa*). Ces arbres d'une grande importance économique pour la qualité de leurs bois peuvent atteindre 15 à 20 mètres de haut, avec un fût assez droit qui peut avoir jusqu'à 2 mètres de diamètre. Les autres arbres de taille moyennes n'en couvrant pas moins d'importantes superficies et la majorité d'entre eux sont des vergers d'anacardiers. On observe que les strates arbustives sont nombreuses, faites de nombreuses espèces, ce qui montre une bonne régénération du couvert forestier (Photo 20). De surcroît, la gestion locale des ressources forestières avec la mise en place d'un comité de gestion a mené à une exploitation contrôlée de la ressource avec la réglementation de la coupe du bois et l'arrêt des feux de brousse. Par ailleurs, un certain nombre de villageois montrent de la conviction dans cette gestion en évoquant : « Aujourd'hui, si on voit quelqu'un couper un arbre sain dans la forêt, on va aller le dénoncer aux autorités ».



Photo 19 : Reboisement des espèces *Cordyla Pinnata* (Dimb), *Pterocarpus erinaceus* (véne) et *Khaya Senegalensis* (Caïlcedrat)

4.3.2. Défrichement agricole

Marakissa a connu, dans les années récentes, certains défrichements qui ont permis la mise en place de cultures agricoles. Outre le chef de village, Marakissa est aussi dirigé par un guide spirituel. D'après le chef de village : « ce sont les disciples de ce guide religieux qui défrichent ses espaces forestiers pour la culture de l'arachide et du mil. Aucun villageois n'a le droit de faire ce qu'il veut

de ses terres, comme couper tous ses arbres pour faire de l'arachide. Il faut qu'il détienne une autorisation de la mairie. Nous sommes conscients de l'utilité de l'arbre car elle nourrit la personne, de ce fait on ne peut pas la couper comme ça. On a même mis en place des sanctions pénales allant de 3 à 5 ans de prison ferme pour les gens qui coupent les arbres ». Ils pratiquent les défrichements de type abattis, c'est-à-dire des défrichements itinérants. Bien que de petite taille au départ, ces types de défrichements se multiplient d'années en années le long des routes et dans les zones de pâturage de manière spontanés et non planifiée jusqu'à se transformer en de grandes surfaces. Ces défrichements semblent bien témoigner d'une tendance à la modification des pratiques qui pourrait dans quelques années connaître des transformations importantes.



Photo 20 : Forêts défrichées pour la mise en culture

4.3.3. Régression de la mangrove

Le chef du village de Marakissa affirme que l'exploitation des mangroves a quasi disparu parce que l'accessibilité du bois est plus facile en agroforêt et plus adapté à nos besoins : « nous avons de grands arbres comme les rôniers, le neem (margousier) que nous villageois considérons comme meilleur par rapport au bois de mangrove et nous l'utilisons pour la toiture des maisons ». La régression de la mangrove n'est pas liée aux coupes mais plutôt à la salinité de l'eau. La baisse des apports en eau

douce combinée à une forte évaporation et une pénétration des eaux marines, est à l'origine de l'augmentation de la salinité qui a participé grandement à la baisse des superficies de mangrove. La sécheresse, dès la fin des années 1970 a rendu impropre le développement des mangroves. Les transformations résultant de cette sécheresse se sont manifestées d'abord sur la végétation et les sols. Sur la végétation, l'évolution se traduit par une reprise de l'espèce *Avicennia germinans* aux dépens du *Rhizophora mangle*, par la disparition de nombreuses espèces d'eau saumâtre (*Paspalum Scirpus*) et d'une manière générale par l'extension considérable des tannes vives. Sur les sols, l'évolution se manifeste par le développement d'un horizon à taches brunes ou des tannes. Cette évolution du paysage a modifié l'écosystème en tant qu'habitat pour les poissons. Certains poissons sont en effet habitués à se cacher, se reproduire et se nourrir entre les racines des palétuviers à marée haute. La disparition des palétuviers a probablement joué un rôle très important dans la disparition de certains poissons comme le barracuda (*Sphyraena barracuda*), la carpe rouge (*Lutjanus fulgens*) et du mulot (*Mugil cephalus*). La concentration en sel de l'eau des *bolongs* est de 65 ‰ en saison sèche tandis qu'en saison pluvieuse, elle est de 45 ‰ (mesures de terrain, 2020).

Malgré le retour de la pluviométrie et les reboisements de l'ONG Océanium à partir des années 2000, nous avons constaté que les mangroves à Marakissa sont encore atteintes par le sel, une situation qui reste visible sur le terrain.



Photo 21 : Mangrove (Rhizophora) affectées par le processus de salinisation à Marakissa

4.3.4. Recul de riziculture

La riziculture à Marakissa connaît des difficultés liées à la salinité de l'eau des *bolongs* et la remontée de la langue salée vers la terre ferme. L'analyse des cartes de changement révèle que 5% de ses surfaces rizicoles ont été abandonnées à cause de ce phénomène de salinité qui a pour conséquence une baisse de la productivité et la non-disponibilité de la main-d'œuvre (Photo 18). La cause climatique est certainement mise en avant par les villageois pour expliquer le fort recul de l'activité rizicole. La sécheresse et la salinisation ont été telles que le biseau salé a fortement progressé vers l'intérieur de la terre ferme. La nappe phréatique a été touchée par le sel et le sel a contaminé les sols des rizières, désormais impropres à la culture. Au fur et à mesure que le biseau salé a progressé vers l'intérieur des terres, les rizières ont été abandonnées. D'après les villageois enquêtés, « ces terres vouées à la culture sont abandonnées pour d'autres activités comme ce fut le maraîchage et la culture de l'anacarde ». Cette perte de surfaces rizicoles a engendré des effets négatifs sur la production ou la quantité de riz produite. Ce qui rend de plus en plus difficile l'autosuffisance en riz. Et, par conséquent oblige les populations à acheter le riz importé pour couvrir leurs besoins alimentaires. Face à cette situation, les populations de Marakissa avec l'appui des partenaires (ONG Justice et

Développement) ont mis en place des digues anti-sel pour faire face à la langue salée. Cependant, il faut noter que ces infrastructures ont une durée de vie faible du fait d'une part d'un manque d'entretien, et d'autre part de l'effet de force des eaux de ruissellement.



Photo 22 : Surfaces rizicoles contaminées par le sel

Conclusion partielle

Le territoire de Marakissa comprend bien ainsi deux dynamiques paysagères. La première est le recul de la mangrove. La mangrove est sérieusement menacée dans l'ensemble du village du fait de son évolution caractérisée par une régression face aux tannes et à la salinité. Il s'agit également d'une dégradation dans la mesure où l'habitat de certains poissons est détérioré à l'échelle du village.

En terre ferme, on remarque d'importants changements paysagers, issus des modifications des pratiques agricoles et forestières. Les défrichements des forêts jouent un rôle au moins aussi grand que l'exploitation du bois elle-même. Cette évolution par disparition de la forêt est bien une dégradation du paysage étudié en ce que la ressource et les services écologiques sont menacées. Ainsi, les processus de dynamiques régressives peuvent s'inverser avec des modifications minimales des gestions forestières, surtout grâce à la limitation des feux de brousse depuis quatre années. Cette évolution est, très clairement, une amélioration des paysages forestiers.

Conclusion partielle

En conclusion de ce chapitre, l'étude de la dynamique des formations végétales à l'échelle locale montre que les cinq villages apparaissent très clairement contrastés dans l'évolution de leurs pratiques. Les études au village ont permis de repérer au sein de ces changements les différentes dynamiques entre la terre ferme et la mangrove. En effet, de grandes différences cinématiques apparaissent identiques entre ces villages mais concernent des processus différents.

Le village de Kafountine a connu des transformations majeures, d'un point de vue économique, nuancée par une remarquable stabilité du paysage de mangrove, ce qui permet de considérer comme neutre l'évolution paysagère de ce terroir. Affiniam a connu des modifications avec le recul de la riziculture, mais positives, qui mènent à une amélioration des ressources et des services écologiques. Diembering a connu des modifications assez délicates mais toutes négatives sur l'ensemble des terroirs de terre ferme, ce qui constitue une dégradation forte de l'ensemble de la sous-région. Cela s'explique par la conversion de la forêt en vergers d'anacardiens, la régression des filaos et l'abandon des rizières. Tankon a connu une évolution marquée par des changements négatifs (coupe du bois et feux de brousse) qui se compensent par des évolutions positives (densification de la forêt et productivité des cultures). Marakissa a connu des transformations majeures (défrichement agricole et tannification) dont le résultat apparaît neutre.

Conclusion de la troisième partie

En conclusion de cette partie, une esquisse d'interprétation en termes de crypto-dégradation a pu être tentée. L'examen de la cinématique de la végétation débute donc par la recherche de possibles fluctuations dans les rythmes biologiques. Ainsi, les résultats obtenus à partir de l'étude de l'évolution des paramètres phénologiques du couvert végétal (amplitude de la saison végétative) confirment le verdissement de la Casamance malgré l'existence de quelques zones de recul qui sont dues aux défrichements agricoles et à la coupe du bois.

En revanche, lorsque l'on a examiné la carte des changements et les quantifications des formations végétales à l'échelle locale, certains villages apparaissent comme présentant une forte régression, d'autres allient régression et progression, enfin d'autres présentent une forte progression. Plus encore les pratiques en forêts semblent importantes et pourraient constituer des facteurs d'appauvrissement des boisements dont l'impact n'est pas encore perceptible par l'imagerie satellitaire mais sont tout de même les premières phase d'une dégradation à venir si ces pratiques se maintiennent ou s'intensifient.

Heureusement, ces enquêtes témoignent de plusieurs initiatives locales aux effets positifs sur les pratiques et sur la gestion des ressources. Les paysages étudiés étant ruraux et les sociétés connaissant un grand besoin de ressources naturelles, les relations entre pratiques et paysages ont été placées au centre de ces indicateurs d'appréciation des évolutions. Cependant, la situation en agroforêt est à ce jour souvent positive et le sera si la dynamique se stabilise ; en rizières, la tendance s'est déjà inversée, menant à un retour à la situation précédente, et à ce jour, la région semble avoir évolué dans un sens positif.

Ainsi, les résultats issus de ces analyses ont permis d'approcher les perceptions et les stratégies adaptatives développées par les acteurs en Casamance. La campagne d'enquête de terrain que nous avons menée au sein des villages localisés nous a permis de cerner le rôle des acteurs locaux dans l'évolution récente de la forêt. Le discours des personnes rencontrées nous a permis de mieux nous rendre compte que l'utilisation du bois est quotidienne et centrale pour les populations rurales. La gestion des formations végétales est l'affaire de tous. De plus, même si le rôle des agents des Eaux et Forêts est important, l'implication des « utilisateurs », comme le guérisseur que nous avons rencontré, est indispensable à la réussite de projets de replantation et de sauvegarde du patrimoine forestier de chaque village. Nous avons également montré que tous les acteurs n'ont pas la même perception de la forêt, ce qui rend complexe la gestion de la ressource sur le terrain. Ces résultats ont été obtenus en grande partie par une analyse thématique des entretiens réalisés sur le terrain

Recommandations

Les dynamiques observées en Casamance indiquent quant à elles une tendance à la progression des surfaces végétalisées durant la dernière décennie et ce, quelle que soit l'échelle d'observation. La mise en perspective de ces résultats avec l'évolution de la pluviométrie montre une assez bonne corrélation entre les précipitations et la dynamique du couvert végétal dans les régions étudiées. Ainsi, pour pérenniser cette dynamique positive et de permettre ainsi à la population locale de mieux exploiter leurs ressources, quelques recommandations seront proposer en vue d'une perspective de gestion plus efficace et intégrée. Il s'agit de:

- maintenir et de renforcer ces dynamiques en cours pour la sauvegarde et la restauration des forêts notamment en élaborant et en mettant en œuvre des schémas d'aménagement et des documents d'urbanisme pour préserver ou gérer durablement les espaces forestiers.
- renforcer le contrôle de bois par les agents des Eaux et Forêt qui reste très timide ; mais des efforts restent encore à faire. Il est important de noter ici également que la situation est devenue encore plus complexe, par rapport à la circulation du bois en destination de la frontière avec la

Gambie. Le départ du Président Yaya Jammeh et l'arrivée du Président Adama Barro à la magistrature suprême de la Gambie avait suscité de l'espoir par rapport à la maîtrise du flux transfrontalier de trafiquants de bois. Toutefois, force est de constater que la situation n'a pas du tout évolué, sinon cela ne fait s'empirer davantage.

- accentuer le renforcement des moyens de surveillance des agents des Eaux et Forêts par la dotation en drones ainsi que la mise à disposition des véhicules pour leur faciliter les déplacements et leurs présences dans ces zones enclavées afin de multiplier les patrouilles dans les zones frontalières avec la Gambie. De plus, cela aurait permis de lutter contre les feux de brousse (exemple au moins un camion-citerne par village) et les doter de plus de ressources humaines.
- Favoriser le dialogue et les concertations entre le secteur forestier, les agriculteurs et les villageois pour une gestion durable des forêts et une meilleure prise en compte de la problématique de défrichement liée à la recherche de terres agricoles fertiles.
- Appuyer l'intervention des pouvoirs publics par des aménagements visant à maintenir l'activité de l'élevage, en facilitant le plus souvent aux agropasteurs l'accès à la ressource hydrique *via* des forages ou bassins de rétention.
- Définir une méthodologie de suivi des ressources végétales (protocole associant perception scientifique et savoirs locaux). Elle doit permettre d'acquérir des informations complètes et utiles sur l'état et l'évolution des ressources, les facteurs écologiques responsables des changements (climat, usages et pratiques) et qui aident à mieux réorienter les stratégies de gestion.
- Conscientiser les acteurs locaux sur les enjeux économiques, politiques, écologiques et sociaux liés aux systèmes forestiers et les impacts qui découleraient des phénomènes de dégradation des forêts si l'on n'y prend pas garde.

CONCLUSION

Dans un contexte biophysique caractérisé par d'importants changements socio-environnementaux, l'objectif principal de ce travail de recherche a été d'analyser la dynamique spatio-temporelle des formations végétales de la Casamance. Nous avons abordé cela sous différents angles, chacun constituant un volet de notre recherche. Il s'est agi, tout d'abord, de mettre en place un schéma méthodologique qui s'est basé sur la télédétection et le terrain. La télédétection a été utilisée avec deux types d'images différentes pour analyser les changements d'occupation du sol et les fluctuations de l'activité chlorophyllienne en liaison avec la pluviosité. Le terrain a été effectué pour évaluer les rapports qu'entretiennent les sociétés rurales avec leur milieu à travers l'usage et la gestion des forêts et de plus recueillir des informations paysagères pour la complémentarité de l'occupation du sol. Nous avons aussi développé une approche multi-scalaire articulant l'échelle régionale et l'échelle locale pour mieux cerner les changements environnementaux. Il en ressort plusieurs enseignements à propos de ces territoires dont la synthèse et les pistes de réflexion sont présentées ci-après.

La première partie de cette thèse a procédé à une présentation du milieu biophysique et humain de la région, à l'analyse des concepts (dégradation, vulnérabilité, résilience et anthroposystème) et à la définition de la méthode. Une région cosmopolite caractérisée par son dynamisme démographique et par l'importance et la variété de sa couverture végétale dans un contexte où l'insécurité et la pauvreté se pose avec acuité. Il découle de cette première partie que la Casamance a fait l'objet de multiples publications qui n'ont cessé de mettre en avant les rapports entre l'homme et son milieu et des dynamiques biophysiques en cours en rapport notamment avec les questions de la dégradation du couvert végétal et de la salinisation des terres. La méthodologie que nous avons développée dans cette thèse a permis de reconstituer de façon objective les dynamiques actuelles dans cette partie de la Casamance.

Dans la deuxième partie, la télédétection à partir de l'étude de l'occupation du sol et de sa dynamique a permis de restituer les principaux changements intervenus en Casamance à l'aide d'une méthode de classification non dirigée dans le but d'évaluer l'évolution de la ressource végétale. Des dynamiques biophysiques qui, comme nous l'avons montré, sont en parfaite contradiction avec une certaine « littérature de la dégradation des écosystèmes de la Casamance ».

Dans la troisième partie de cette thèse, la question de la dégradation des milieux forestiers de la Casamance a été posée. Or, celle-ci a été examinée par l'analyse des images satellites, via des indices tels le NDVI. L'analyse des fluctuations du NDVI devrait permettre de répondre à l'une des questions essentielles de la thèse : quel est l'impact des variations de la pluviosité sur la végétation. Des variations significatives du NDVI témoignent d'une évolution de la végétation qui peut nous apporter un certain nombre d'informations sur sa cinématique et, à terme, aider à débattre de la question de la

dégradation. Cette partie a été l'occasion de recueillir aussi les principales perceptions des acteurs (villageois, paysans, éleveurs, agents des eaux et forêts et ONG) sur l'évolution des ressources naturelles et des pratiques et stratégies de gestion. Ces données récoltées sur le terrain, visent la connaissance des pratiques agro-sylvo-pastorales des villages étudiés et de leurs évolutions récentes au sein du territoire villageois.

La méthode définie dans le cadre de cette thèse a permis, à travers une cartographie diachronique de l'occupation du sol, de mettre en exergue différentes tendances en fonction des échelles d'observations. Tout d'abord, nous avons constaté une tendance globale à la progression des surfaces végétalisées à l'échelle régionale. De même, la cartographie effectuée à partir de l'évolution du NDVI sur une période comprise entre 1982 et 2015 a permis de confirmer la tendance à un verdissement de la Casamance durant cette période. La mise en perspective de ces résultats avec l'évolution de la pluviométrie montre une assez bonne corrélation (bien que complexe) entre les précipitations et l'évolution du couvert végétal en Casamance. Les variations récentes du climat, dont une phase de sécheresses plus marquées dans les années 1970 et 1980 et un retour à des conditions plus pluvieuses au fil des années 1990, ont entraîné des conséquences variables sur ces formations végétales. Les boisements de terre ferme tels que les mangroves et les savanes ont connu des progressions importantes. La progression de ces boisements est liée en partie d'une part au conflit qui sévit dans la zone interdisant toute exploitation intensive des massifs forestiers et à une régénération des palétuviers. Ce résultat est en contradiction avec une certaine perception de l'évolution environnementale de la Casamance qui reste encore dominé par ce discours sur la dégradation. Or, cette étude de la dynamique des formations végétales, nous fait dire que la situation semble favorable et l'on peut parler d'une amélioration des formations végétales de la Casamance tant du point de vue économique et écologique.

Mais cette tendance à la reprise n'est pas homogène spatialement dans la mesure où la végétation a sensiblement reculé par endroits, ce qui peut être mis en liaison avec les pratiques anthropiques (défrichements agricole, coupe du bois, feux de brousse). De plus, les résultats obtenus à partir de l'étude de l'évolution des paramètres phénologiques du couvert végétal (amplitude de la saison végétative) s'ils confirment le reverdissement déjà décrit dans la littérature montrent également l'existence d'importantes zones de recul. L'analyse des facteurs à l'origine des différentes modifications a révélé que l'homme est le principal facteur de la déforestation et de la progression des formations végétales. Ainsi nous avons observé à Kafountine au nord du département de Bignona, que la forte pression anthropique sur la ressource ligneuse a favorisé le recul de la couverture arborée. Au Sud du département d'Oussouye dans le village de Diembering, la dynamique est caractérisée par

le recul de l'agroforêt au profit des vergers d'anacardiens. Au nord-ouest de Sédhiou, le village de Marakissa a connu des modifications assez fortes caractérisée par le recul de la mangrove et le défrichement agricole. Cela a pour conséquence une détérioration des services écologiques (habitats pour la faune sauvage et les vergers). Dans le domaine agricole, les rizières sont de plus en plus affectées par la salinité qui à défaut d'aménagement et de mise en valeur constitue une perte économique. De même, il a été noté la baisse de la fertilité des sols et celle des rendements. Quant à l'élevage, l'activité est confrontée principalement à la réduction des zones de pâturages transformées de plus en plus en zone de cultures, et à la diminution de l'herbe et des espèces les plus appréciées. Dans le domaine de l'exploitation du bois, il a été noté une rareté de certaines espèces parmi lesquelles on peut citer *Pterocarpus erinaceus*, *Khaya senegalensis*, *Cordyla pinnata*, *Bombax costatum* et *Daniella oliveri* elles-mêmes menacées de disparition. Difficile ici de ne pas parler de dégradation du milieu, malgré la présence d'une politique publique en matière de gestion forestière. Ces pratiques sur les forêts paraissent importantes et pourraient mener à des situations de plus grande fragilité de la végétation si ces actions s'intensifient. Heureusement, ces enquêtes attestent de plusieurs initiatives locales aux effets positifs sur les pratiques et sur la gestion des ressources.

Par ailleurs, l'homme a aussi, en certains lieux également joué un rôle dans la régénération en laissant certaines terres en jachère pendant une longue durée ou en reboisant ou en luttant contre les feux. Toutefois, ces actions n'expliquent pas à elles seules les différentes dynamiques. Au sud du département de Bignona, le village d'Affiniam, indique quant à lui une tendance à la progression du couvert végétal durant la dernière décennie sans connaître une dégradation des paysages de vasière. Il est caractérisé par une densification de la savane forestière et cela apparaît également positive en ce qu'elle produit de l'hétérogénéité, laquelle permet une diversification des ressources et des habitats. Au nord de la région de Sédhiou, le village de Tankon, a connu des modifications assez subtiles mais positives où l'occupation du sol est équilibrée entre régression et progression de la végétation.

Il ressort de nos analyses que la Casamance reste bien fragile aux changements démographiques malgré l'amélioration des conditions pluviométriques de ces dernières années. Pour faire face à ces enjeux, des stratégies d'adaptation (sensibilisation, renforcement des règles communautaires, repos biologique, interdiction et contrôle) ont été développées par les populations avec très souvent l'appui du service forestier de la région et des partenaires au développement de manière à rendre résilientes leurs activités. Une résilience qui est due à l'accroissement des stratégies de conservation et de la protection des ressources ligneuses et de l'appui des pouvoirs publics par des aménagements hydroagricoles qui se sont matérialisées par la construction des grands barrages d'Affiniam et de

Guidel et de plusieurs petits barrages dans les vallées de la Casamance. Du point de vue de la lutte contre l'avancée des eaux salées, ces ouvrages sont bel et bien des moyens efficaces quoiqu'ils entraînent quelques dégâts collatéraux dans leurs parties aval. Ces aménagements concernent aussi bien l'élevage avec la mise en place des puits pastoraux dans chaque village visant à maintenir l'activités des agropasteurs en facilitant le plus souvent l'accès à la ressource en eau.

La campagne d'enquête de terrain que nous avons menée dans plusieurs villages et localités nous a permis de cerner le rôle des acteurs locaux dans l'évolution récente du couvert végétal. Le discours des personnes rencontrées permet de mieux nous rendre compte que l'utilisation du bois est quotidienne et centrale pour les populations rurales. La gestion des arbres est l'affaire de tous. De plus, même si le rôle des agents des Eaux et Forêts est important, l'implication des populations, est indispensable à la réussite de projets de replantation et de sauvegarde du patrimoine forestier de chaque village. Nous avons également montré que tous les acteurs n'ont pas la même perception de la forêt. Ces résultats ont été obtenus en grande partie par une analyse thématique des entretiens réalisés sur le terrain.

Le recours à des analyses textométriques appliquées aux discours des différents interlocuteurs rencontrés au cours de nos enquêtes nous a permis d'approfondir et de compléter les résultats issus de cette évolution à travers l'interprétation qualitative des entretiens et de mieux comprendre le système de gestion et d'utilisation des formations forestières à l'échelle d'un terroir villageois. Ces résultats ont aussi permis de définir quels sont les champs d'actions et de préoccupation des différents acteurs vis-à-vis de des ressources ligneuses, ce qui constitue une étape indispensable à la mise en place d'une politique de gestion efficace.

Ces discours en réponse aux questions de l'enquêteur ou simplement de description des pratiques observées durant l'enquête se sont bien prêtés à l'analyse textométrique et ont mis en évidence des différences significatives de pratiques et de perception du milieu. Les différences de discours, que la méthode utilisée fait clairement ressortir, a permis de mettre en relief des contrastes dans les perceptions des différents groupes d'acteurs, en fonction de leur activité selon qu'elle est en lien plus ou moins direct avec la gestion de l'environnement ou au contraire avec l'utilisation quotidienne des ressources ligneuses.

Nous avons ainsi pu démontrer que les enquêtes par entretiens semi-dirigés et leur traitement textométriques apparaissent comme des outils pertinents pour une étude des pratiques et des représentations agro-sylvo-pastorales et en général des relations Homme-Nature.

A la fin de ce travail alliant traitement d'image, cartographie et croisement de base de données et enquêtes de terrain, on a pu apporter certaines réponses aux questions qui étaient à l'origine de la recherche. Cette thèse nous a permis d'une part de mettre à jour nos connaissances sur l'évolution des ressources végétales en Casamance depuis les grandes sécheresses, et d'autre part de mieux cerner les dynamiques rurales qui s'opèrent au regard des perceptions qu'ont les agropasteurs des changements de leur environnement.

PERSPECTIVES

En Casamance, l'analyse de la dynamique des formations végétales et de leurs conséquences nécessitent un temps long d'observation afin de comprendre les phénomènes en cours. Face à cela, plusieurs défis sont à relever pour le développement des activités agropastorales en Casamance.

La première perspective est donc de faire une étude de projection à partir des résultats de la cartographie et des tendances climatiques sur ce que pourrait devenir ces écosystèmes dans les décennies à venir. Cela aurait donné de la plus-value à la thèse dans la mesure où ça va aider les décideurs dans leur planification.

Une autre perspective de recherche est de continuer à étudier via la télédétection les changements d'occupation du sol sur le long terme. Les changements à l'échelle régionale, que nous avons observés à partir du suivi d'indice de végétation, pourraient dorénavant être abordés à partir d'image de très haute résolution et cela sur l'ensemble de la zone. Sur la base des produits de la Télédétection tels que le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), les observations récentes font état d'une augmentation générale de la production de biomasse à l'échelle de la Casamance, laquelle est en lien avec l'amélioration des conditions pluviométriques. De nombreux articles utilisent désormais ces données, mais jusqu'ici aucun projet n'a prévu d'orthorectifier et de mosaïquer l'ensemble de ces images. Cette couverture complète d'images à haute résolutions couvrant l'ensemble du Sahel et comparable au produit « Google Earth » depuis une dizaine d'années offrirait de nouvelles possibilités pour les recherches sur l'environnement sahélien. Ainsi, pour mieux appréhender les modalités spatiales du reverdissement au Sahel, il sera préférable de se fonder sur une approche multi-scalaire.

Parallèlement à la question du reverdissement ; les inventaires forestiers sont une piste importante à explorer dans le futur. Celui-ci devra généralement destinés à évaluer l'importance quantitative et qualitative du matériel ligneux et de son évolution au cours du temps. De plus en plus, cependant, ils sont conçus de manière intégrée dans une optique plus large de récolte de données à caractère écologique et de données relatives aux ressources non ligneuses.

L'absence de cartographie des feux est intéressante à effectuer car elle permet d'avoir une vision claire de la superficie forestière dévorée par les incendies au cours d'une année donnée. Celle-ci doivent permettre de produire des cartes fournissant des informations vitales qui aident les gestionnaires forestiers à planifier, qui permettent d'établir des rapports sur le carbone et qui peuvent servir à évaluer les impacts écologiques et sociaux des feux de forêt.

Dans le contexte du changement climatique, la grande capacité de certains milieux côtiers tels que les mangroves à stocker du carbone intéresse au plus haut point. De nombreuses initiatives pour les réhabiliter et les protéger ont été lancées en Casamance. Mais cette ruée mercantile vers le « carbone bleu » pourrait s'avérer contreproductive. Mais ces initiatives, organisées dans le cadre de REDD+, aboutissent souvent à l'accaparement des espaces reboisés par les investisseurs, au détriment des communautés locales qui en vivent. Mais paradoxalement, la légitimité et l'efficacité d'une partie des projets entrepris pour préserver et réhabiliter ces écosystèmes interrogent. « Les reboisements avec une seule espèce ne répondent pas aux exigences de la biodiversité ». Il serait intéressant de faire un effort de recherche pour mieux caractériser la capacité de stockage du carbone bleu, mais aussi l'influence du changement climatique sur ces mécanismes. De plus, il faut l'implication des populations locales dans les processus de coconception, de gouvernance et de partage des bénéfices des projets de carbone bleu. C'est la seule garantie pour que ces initiatives n'aillent pas à l'encontre des Objectifs du Développement Durable.

Dans un environnement sans cesse en mutation, dans un contexte politique et économique qui privilégie l'agriculture au détriment de l'élevage, on pourra également s'interroger sur le devenir d'un foncier rural qui soit compatible avec le développement des activités agropastorales en Casamance. En effet, les états soudaniens peinent à mettre en place et en application des législations adaptées au foncier pastoral. Une spécialisation commence à se développer peu à peu avec la mise en place d'unités d'embouche, de fermes laitières dans la région de Sédhiou. Ces processus aboutissent à une augmentation de la taille du cheptel dans l'ensemble des pays soudaniens, qui est le signe d'une grande adaptation des systèmes agropastoraux malgré les difficultés environnementales et économiques telles qu'elles se sont exprimées lors des enquêtes que nous avons menées.

Références

- ACKERMANN G., ALEXANDRE F., ANDRIEU J., MERING C., OLLIVIER C. (2006). Dynamique des paysages et perspectives de développement durable sur la petite côte et dans le delta du Sine Saloum (Sénégal). VertigO, vol. 7, n° 2, en ligne : <https://journals.opened>.
- ADAM J.G. (1966). Composition floristique des principaux types physiologiques de végétation du Sénégal. J. W. African Sci. Assoc. 11 (1-2), pp. 81-97.
- ADGER W. N. (2006). Vulnerability, Global Environmental Change, 16 (3) : 268-281.
- AHMED Y.J., KASSAS M. (1987). Desertification : Financial support for the biosphere. Londres, Hodder et Stroughton / UNEP, 187 p.
- ALEXANDRE F., ANDRIEU J., GENIN A., SAN EMETERIO J.L. (2010). Vulnérabilité et résilience des ressources pastorales en fonction des fluctuations de la mousson et des transformations des sociétés rurales : tentative d'étude régionale le long du gradient b.
- ALEXANDRE F., GENIN A., GODRON M., LECOMPTE M. (1998). Distribution des plantes et organisation de la végétation. 1998. L'espace géographique. vol. 3. n°1. p. 228-238.
- ALEXANDRE., F. (1994). Entre midis méditerranéen et atlantique, une transition phytoclimatique du Languedoc à l'Aquitaine, Thèse de doctorat, Département de géographie, Université Paris7- Denis Diderot, Paris. 428 p.
- ALI, A., LEBEL, T. (2009). The Sahelian standardized rainfall index revisited, Int.J. Climatol., 29, 1705-1714.
- ANDRIEU J. (2008). Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud (Sénégal, Gambie, Guinée-Bissau). Thèse de l'Université Paris-Diderot (Paris 7), 519 p.
- ANDRIEU J. (2017). Phenological analysis of the savanna-forest transition from 1981 to 2006 from Côte d'Ivoire to Benin with NDVI NOAA time series. European Journal of Remote Sensing, Taylor & Francis, 2017, 50 (1), pp.588-600.
- ANDRIEU J. (2018). Analyse de la cinématique de la végétation en Côte d'Ivoire pendant les conflits à travers une métrique phénologique et la corrélation de Kendall de deux séries temporelles de NDVI, 13p.

- ANDRIEU J. (2007). Croisement des données LANDSAT et MSG pour la détection des formations végétales et le suivi de l'activité végétale. In colloque « météosat seconde génération : un nouvel instrument de suivi de l'environnement ». Université de Bourgog.
- ANDRIEU J. (2008). Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud (Sénégal, Gambie, Guinée-Bissau). Thèse de l'Université Paris-Diderot (Paris 7), 519 p.
- ANDRIEU J., CORMIER-SALEM M.C., DESCROIX L., DIÉYE E.H.B., NDOUR N., SANÉ T. (2019). Correctly assessing forest change in a priority West African mangrove ecosystem: 1986 - 2010 An answer to Carney et al., 2014 paper "Assessing forest change in a priority.
- ANDRIEU J., MERING C. . (2016). Synergie des données LANDSAT et MSG pour une cartographie de la végétation sur le littoral ouest-africain, satellites grand Champ pour le suivi de l'environnement, des ressources naturelles et des risques, Clermont-Ferrand.
- ANDRIEU J., MERING C. (2008). Cartographie par télédétection des changements de la couverture végétale sur la bande littorale ouest-africaine : exemple des Rivières du Sud du delta du Saloum au Rio Geba. Télédétection, Editions scientifiques GB, 2008, 8 .
- ANDRIEU., J. (2017). Phenological analysis of the savanna-forest transition from 1981 to 2006 from Côte d'Ivoire to Benin with NDVI NOAA time series. *European Journal of Remote Sensing*, Taylor & Francis, 2017, 50 (1), pp.588-600.
- ANSD (2013). Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Élevage de 2013. Rapport définitif, Edition, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, Dakar (Sénégal), 417 p.
- ANSD (2023). Projections démographiques de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Élevage. Rapport définitif, Edition, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, Dakar (Sénégal), 417 p.
- ANYAMBA A., TUCKER C.J. (2005). Analysis of vegetation sahelian dynamics using NOAA AVHRR NDVI data from 1981-2003, *journal of Arid Environments*, 63, 596-614.
- ARBONNIER M. (2002). Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Édité. Quae (CIRAD-MNHN), 2ème édition, Versailles, 573 p.
- ARIORI S.L., OZER. P. . (2005). Evolution des ressources forestières en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne au cours des 50 dernières années, *Geo-Eco-Trop*, 2005, 29 : 61-68, 8 pages.

- AUBREVILLE A. (1950). Flore forestière soudano-guinéenne. Paris : Société d'éditions Géographiques, maritimes et coloniales, 523 p.
- AUBRUN A. (1988). La mangrove ancienne de Casamance (Sénégal), caractérisation, pédologie et sédimentation, thèse ULP-Strasbourg, 158 pages.
- BA D.B., DESCROIX L. (2022). « Analyse de Quelques Conséquences du Conflit de Casamance sur les Ressources Forestières dans le Département de Bignona (Sénégal) », *Cadernos de Estudos Africanos* [Online], 42 | 2021, posto online no dia 25 mai 2022, consult.
- BA T., AKPO E.L., DIOUF A.A. (2017). Dynamique spatio-temporelle des écosystèmes du bassin versant du Ferlo (Nord-Sénégal), *Journal of Animal & Plant Sciences*, 2017. Vol.33, Issue 1 : 5255-5273 Publication date 30/06/2017, <http://www.m.elewa.org/JAPS> ; .
- BADIANE S.D. (2012). Espaces forestiers de la Casamance amphibie (Sénégal). Déterminisme territorial, biodiversité et stratégies de conservation. Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 320p.
- BADIANE S.D. (2006). Pratiques culturelles et Gestion des ressources Forestières en Basse Casamance : L'exemple des diola d'Oussouye. Mémoire de DEA, Chaire UNESCO/UCAD, 83 pages.
- BAMBA I. (2008). Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en République Démocratique du Congo. Thèse de Doctorat en Science, Université Libre de Bruxelles, 189 p.
- BANQUE MONDIALE (2013). Rapport sur le développement dans le monde.
- BARRETO P.S. (1982). Rapport de reconnaissance des sols des cinq périmètres de la région de Diattacounda en vue de leur plantation en bananerais, (Casamance-Sénégal), ORSTOM, Dakar-Fan, 34 pages.
- BASSEL M. (1997). Lasting consequence of two decades of drought: the hypersalinization of Casamance between 1987 and 1992, Dakar, UCAD, Department of Geography, 23p.
- BASSÈNE O.A. (2016). L'évolution des mangroves de la Basse Casamance au Sud du Sénégal au cours des 60 dernières années : surexploitation des ressources, pression urbaine, et tentatives de mise en place d'une gestion durable (PhD Dissertation) Université.

- BASSENE O.A., CUBIZOLLE H., CORMIER-SALEM M.C., SY B.A. (2013). L'impact des changements démographiques et socio-économiques sur la perception et la gestion de la mangrove en Basse Casamance (Sénégal), <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.9306>, vol. 88/4.
- BATTERBURY S.P.J., WARREN A. (2001). Desertification, in N. Smelser & P. Baltes (eds.), *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*. Oxford, Elsevier, 3526-3529.
- BERTRAND R. (1998). *Du Sahel à la forêt tropicale : clés de lecture des sols dans les paysages ouest africains*. Montpellier, CIRAD, 150 p.
- BLANCHET A., GOTMAN A. (2010). *L'enquête et ses méthodes : L'entretien*, 2e édition, Armand colin, 128 p.
- BLANDIN P. (1992). De l'écosystème à l'écocomplexe, in M. Jollivet (éd.), *Sciences de la nature, sciences de la société. Les passeurs de frontières*, Paris, CNRS éditions, 267-279.
- BLANDIN P., LAMOTTE M. (1984). Écologie des systèmes et aménagement : fondements théoriques et principes méthodologiques, in M. Lamotte (éd.), *Fondements rationnels de l'aménagement d'un territoire*. Paris, Masson. 139-162.
- BODIAN, A. (2014). Characterization of recent temporal variability of annual rainfall in Senegal (West Africa). *Physio-Géo [Online]*, Volume 8: 297-312 | 2014, DOI: 10.4000/physio-geo.4243.
- BONN F., ROCHON G. (1993). *Précis de télédétection : principes et méthodes*. Édité. Presses de l'Université du Québec, 485 p.
- CABRAL A.I.R., COSTA F.L. (2017). Land cover changes and landscape pattern dynamics in Senegal and Guinea Bissau borderland. *Applied Geography*, 82, pp. 115-128.
- CABRAL J. F. (2011). Aléas pluviométriques et pauvreté dans les économies du Sahel : le cas du Sénégal, *Mondes en développement*, 4, pp. 129-144.
- CALOZ R., COLLET C. (2001). *Précis de télédétection. Système d'information géographique et traitements numériques d'images*. Vol. 3, Presse de l'Université de Québec/AUPELF-UREF, Sainte-Foy, 386 p.

- CAMARA B., SAGNA B., NGOM D., NIOKANE M., GOMIS, Z.D. (2017). Importance socioéconomique de *Elaeis guineensis* Jacq. (Palmier à huile) en Basse-Casamance (SENEGAL). *European Scientific Journal*, ESJ, 13(12), 214. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n12p21>.
- CAMBERLIN P., MARTINY N., PHILIPPON, N., RICHARD Y. (2007). Determinants of the interannual relationships between remote sensed photosynthetic activity and rainfall in tropical Africa. *Remote sensing of Environments* 106 : (2007) 199-216.
- CARNEY J., GILLESPIE T.W. ET ROSOMOFF R. (2014). Assessing forest change in a priority West African mangrove ecosystem : 1986–2010. *Geoforum* 53, 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2014.02.013>.
- CARRERE R. (2010). Le palmier à huile en Afrique : le passé, le présent et le futur. Mouvement mondial pour les Forêts tropicales. Collection du WRM sur les plantations N°15.
- CHAOUCHE K., NEPPEL L., DIEULIN C., PUJOL N., LADOUCHE B., MARTIN E., SALAS D., CABALLERO Y. (2010). Analyses of precipitation, temperature and evapotranspiration in a French Mediterranean region in the context of climate change *C.R. Geosciences* 342, 234 .
- CHARNEY J.G. (1975). Dynamics of deserts and drought in Sahel, quart. *J. Royal Meteor. Soc*, 101, 193-202.
- CHARREAUX C., FAUCK R. (1965). Les sols du Sénégal, deuxième partie, in *ETUDES SÉNÉGALAISES*, N°9, fascicule 3, p 115-145.
- CHAVEZ P.S. (1989). Radiometric Calibration of Landsat Thematic Mapper Multispectral Images, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 55, n°9, pp. 1285-1294.
- CHEVALIER A. (1900). Les zones et les provinces botaniques de l'AOF. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, vol. 130, n° 18, p. 1205-1208.
- CHEVALIER A. (1900). Les zones et les provinces botaniques de l'AOF. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, vol. 130, n° 18, p. 1205-1208.
- CHOWDHURY R. R. (2006). Landscape change in the Calakmu Biosphere Reserve, Mexico : Modelling the driving forces of smallholder deforestation in land parcels. *Applied geography*. vol. 26. p. 129-152.

- CILSS (2016). Landscapes of West Africa : A window on a changing world. CILSS, Ouagadougou, Burkina Faso, 219 p.
- COHEN V. (1997). « La vulnérabilité relationnelle », *Socio-anthropologie*, mis en ligne le 15 janvier 2003, consulté le 25 octobre 2023. URL : <http://journals.openedition.org/socio-anthropologie/74> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/socio-anthropologie>.
- COMBESSIE J.C. (2007). L'entretien semi-directif. *Repères*, 5, 24-32.
- CONCHEDDA G., LAMBIN E.F., MAYAUX P. (2011). Between land and sea : livelihoods and environmental changes in mangrove ecosystems of Senegal *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 101 (6), 1259–1284. <https://doi.org/10.1080/00045608.2011.579534>.
- CORMIER-SALEM M.C. (1999). Des littoraux aux limites mouvantes, in Cormier-Salem M. C. ed, *Rivières du Sud*, IRD, Paris, 17-30.
- CORMIER-SALEM M.C. (1999). Des littoraux aux limites mouvantes, in Cormier-Salem M. C. ed, *Rivières du Sud*, IRD, Paris, 17-30.
- CORMIER-SALEM M.C., PANFILI J. (2016). Mangrove reforestation : greening or grabbing coastal zones and deltas ? Case studies in Senegal. *African Journal of Aquatic Science*.
- COUREI M.F. (1985). Étude de l'évolution récente des milieux sahéliens à partir des mesures fournies par les satellites. Thèse de doctorat d'Etat, Université Paris I, publiée par le Centre scientifique IBM France. Paris.
- CRUTZEN P. J., STOERMER E.F. (1995). The “Anthropocene”, *Global Change, Newsletter*, 41 : 17-18.
- CSE (2012). Suivi des feux de brousse au Sénégal (2011-2012). Dakar, ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature, 10 p. [En ligne] : http://svr-web.cse.sn/IMG/pdf/Rapport_de_campagne_2010-2011-2.pdf.
- CSE (2015). Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal. Edition Centre de Suivi Ecologique, Dakar (Sénégal), 199 p.
- CSE (2020). Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal, Rapport, 199 p.
- DA LAGE A., METAILIE G. (2015). Dictionnaire de biogéographie végétale. Nouvelle édition encyclopédique et critique. Paris, CNRS Editions, 962 p. .

- DACOSTA H. (1989). Précipitations et écoulement sur le bassin de la Casamance, Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Département de Géographie, FLSH, Université Cheikh Anta Diop, 283p.
- DARDEL C. (2014). Entre désertification et reverdissement du Sahel : diagnostic des observations spatiales et in situ. Thèse de l'Université Paul Sabatier - Toulouse III, 199 p.
- DARDEL C., KERGOAT L., HIERNAUX P., MOUNGIN E., GRIPPA M., TUCKER, C.J. (2014). Re-greening Sahel: 30 years of remote sensing data and field observations (Mali, Niger): Remote Sensing of Environment 140 (2014) 350–364. Geosciences Environnement Toulouse).
- Davenport M.L., Nicholson S.E. (1993). On the relation between rainfall and the normalized difference vegetation index for diverse vegetation types in East Africa, international Journal of Remote Sensing, 14, 2369–2389.
- DE WASSEIGE C., DEVERS D., DE MARCKEN P., EBA'A ATYI R., NASI R., MAYAUX P. (2014). The Forests of the Congo Basin : State of the Forest 2008. Luxembourg : Office of the European Union.
- DECAMPS H. (2007). La vulnérabilité des systèmes socio-écologiques aux événements extrêmes : exposition, sensibilité, résilience, Natures Sciences Sociétés, 15 (1) : 48-52.
- DESCOINGS B. (1978). Les formations herbeuses dans la classification phytogéographique de Yangambi, Adansonia, ser. 2, 18 (2). Paris, pp. 243-256.
- DESCROIX L., DIONGUE-NIANG A., PANTHOU G., BODIAN A., SANE Y., DACOSTA H., MALAM-ABDOU M., VANDERVAERE J.P., QUANTIN G. (2015). Évolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest à travers deux régions : la Sénégalie et le bassin du Niger moyen.
- DESCROIX L., SANE Y., MAMADOU T., MANGA S.P., BOUBACAR D., MINGOU J., MENDY V., COLY S., DIEYE A., BADIANE A., SENHOR M.-J., DIEDHIOU A.B., DJIBY S., BOUAITA Y., SOUMARE S., ANDRIEU J., VANDERVAERE J.P. (2020). Inverse estuaries in West Africa : Evidenc.
- DIABANG S. (2016). Bois-énergie et fumoirs au quai de pêche de Kafountine (Basse-Casamance). Mémoire de master en environnement et Développement ; Université Assane Seck, Ziguinchor, Sénégal.

- DIBI N'DA H., N'GUESSAN E.K., WAJDA M. E., AFFIAN K. (2008). *Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le Parc National de la Marahoué (Côte d'Ivoire)*. *Bulletin – Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, 8 (1), pp.17-3.
- DIDAY, E. (1973). *A new method of automatic classification and pattern recognition: the method of dynamic clouds*. 1971. *Journal of Applied Statistics*. flight. 19.p. 19-33.
- DIÉDHIOU I. (2019). *Entre utilisation et préservation des ressources ligneuses en Afrique de l'Ouest : Dynamique des paysages forestiers en Sénégambie méridionale*. Thèse de Doctorat en cotutelle de l'Université Sorbonne Paris-Cité et Université Assane Se.
- DIEDHIOU I., MERING C., SANE T. (2021). *Cartographier par télédétection l'occupation du sol et ses changements : Application à l'analyse de la dynamique des paysages forestiers sénégalais entre 1972 et 2016*, December 2020 DOI : 10.4000/echogeo.20510,.
- DIEME E.B. (2019). « L'environnement des affluents du fleuve Casamance : dynamiques récentes et estimation de la valeur économique des biens environnementaux dans les territoires des bassins de Boutoute et de Guidel » Thèse de Doctorat, Laboratoire des S.
- DIEYE E.B. (2007). *Les ensembles littoraux de la lagune de Joal-Fadiouth et de l'estuaire du Saloum (Sénégal) : Approche méthodologique de la dynamique de la mangrove entre 1972 et 2005 par télédétection et système d'information géographique*, Doctorant 3.
- DIÉYE E.H.B., DIAW A.T., SANÉ T., NDOUR N. (2013). *Dynamique de la mangrove de l'estuaire du Saloum (Sénégal) entre 1972 et 2010*, in *Cybergeog*, *European Journal of Geography, Environnement*, 22 pages. .
- DIEYE E.H.B., SANE T., MANGA A., DIAW A.T., DIOP M. (2013). *Variabilité pluviométrique et dégradation des écosystèmes de mangrove : actions communautaires de réhabilitation à Tobor en Basse-Casamance*. XXVIème colloque international de l'Association Inter.
- DIOP E. S. (1990). *La côte ouest-africaine : du Saloum à la Méllacorée*, Paris, O.R.S.T.O.M, études et thèses, 366p.
- DIOUF D., SOUGOUFARA B., NEYRA M., LESUEUR D. (2000). *Le reboisement au Sénégal : Bilan des réalisations de 1993 à 1998*. Laboratoire de Microbiologie des Sols IRD/ISRA/UCAD/CIRAD, Dakar, Sénégal, 52 p.

- DIOUF P.S. (1996). Les peuplements de poisson des milieux estuariens de l'Afrique de l'ouest : l'exemple de l'estuaire hyperhalin du Sine-Saloum. Paris : O.R.S.T.O.M (études et thèses), 267 p.
- DIOUF. E. (2012). Ouvrages hydrauliques et modèles de gestion de l'eau dans le bassin du fleuve Casamance, thèse de doctorat, 311 pages.
- DJOUFACK-MANETSA V. (2011). Étude multi-échelles des précipitations et du couvert végétal au Cameroun : Analyses spatiales, tendances temporelles, facteurs climatiques et anthropiques de variabilité du NDVI. Thèse de Doctorat de Géographie, Université de.
- EKLUNDH L., OLSSON L. (2003). Vegetation index trends for the African Sahel 1982–1999. *Geophysical Research Letters*, 30, 1430-1433.
- ESCADAFAL R., HUETE A. (1991). Étude des propriétés spectrales des sols arides appliquée à l'amélioration des indices de végétation obtenus par télédétection. *CR Acad Sci Paris* 1991 ; 312: 1385-91.
- FALL A. (2014). Le Ferlo sénégalais, Approche géographique de la vulnérabilité des anthroposystèmes sahéliens, Thèse de 3ème cycle de l'Université Paris 13 Sorbonne Paris Cité, discipline, Géographie 380p. .
- FAO . (2002). Expert Meeting on Harmonizing forest-related definitions, Rome, 23-25 January 2002, 193 p.
- FAO (2010). Evaluation des ressources forestières mondiales 2010. Rapport principal. Rome, Italie, 348p.
- FAO (2007). The world's mangroves 1980-2005, Rome, 89p.
- FARRAR T.J., NICHOLSON S.E., LARE A.R. (1994). The influence of soil type on the relationships between NDVI, rainfall, and soil moisture in semi-arid Botswana, NDVI response to soil moisture. *Remote Sensing of Environment*, 50, 121–133.
- FATY E.I. (1994). Les forêts sacrées : moyens socioculturels de gestion et de conservation de la diversité biologique de l'environnement. *Revue, Presse Unesco* n° 10, juin 1994 p 5.
- FENSHOLT R., RASMUSSEN K. (2011). Analysis of trends in the Sahelian 'rain-use efficiency' GIMMS NDVI, RFE and GPCP rainfall data, *Remote Sensing of Environment* 115,438- 451 doi :10.1016/j. rse.2010.09.014.

- FENT A., BARDOU R., CARNEY J., CAVANAUGH K. (2019). Transborder political ecology of mangroves in Senegal and The Gambia. *Global Environ. Change* 54, 214-226. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.01.003>.
- FLICOTEAUX R., MEDUS J. (1974). Existence d'une lacune entre les termes marins du Paléogène et du Néogène du Sénégal méridional démontrée par les microfaunes et les microflores. *Coll. Intern. Micropal. Afri., Tunis, 6 et Trav. Lab. Sc. Terre, St-Jérôme, .*
- FOLKE C. (2007). Social-ecological systems and adaptive governance of the Commons, *Ecological Research*, 22 (1) : 14-15.
- FRASE R.H., ABUELGASIM A., LATIFOVIC R. (2005). A method for detecting large-scale forest cover change using coarse spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*. vol. 95. p. 414- 427.
- GENIN, A. (1995). Les contrastes entre domaines phytoclimatiques. Exemple de la bordure cévenole, Thèse, département de Géographie. Université Paris7-Denis Diderot, Paris. p. 378.
- GENIN, A. (1995). Les contrastes entre domaines phytoclimatiques. Exemple de la bordure cévenole, Thèse, département de Géographie. Université Paris7-Denis Diderot, Paris. p. 378.
- GHIGLIONE R., MATALON B. (1978). *Les enquêtes sociologiques, théories et pratique*, Paris, Armand Colin, 301 p.
- GIEC (2007). *Changements climatiques 2007. Rapport de synthèse*. Genève, GIEC, 114 p. [En ligne] URL : http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf.
- GIRARD M.C., GIRARD C.M. (2010). *Traitement des données de télédétection: Environnement et ressources naturelles*. Dunod, Paris, 2e édition, 553 p.
- GONDWE M.P., JURY M.R. (1997). Sensitivity of vegetation (NDVI) to climate over Southern Africa: Relationships with summer rainfall and OLR, *South African Geographical Journal*,79(1), 52–60.
- GUIRAL D., ALBARET J.J., BARAN E., BERTRAND F., DEBENAY J.P., DIOUF P.S., GUILLOU J.J., LE LOEUFF P., MONTOROI J.P., SOW M. (1999). “Les écosystèmes à mangrove”, in : CORMIER-SALEM (M.C.), *Rivière du sud : Société et mangrove ouest africaine*, volume1, éd.

- GUNDERSON L.H. (2000). *Panarchy : Understanding Transformations in Human and Natural Systems*, Island Press, 508 p.
- HERMANN S., ANYAMBA A., TUCKER C.J. (2005). Recent trends in vegetation dynamics in the African Sahel and their relationship to climate. *Global Environmental Change*, 15, 394-404.
- HERMANN S., ANYAMBA A., TUCKER C.J. (2005). Recent trends in vegetation dynamics in the African Sahel and their relationship to climate. *Global Environmental Change*, 15, 394-404.
- HOLBEN B.N. (1986). Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 7, 1417–1434.
- HOLLING C.S. (1973). Resilience and stability of ecological systems, *Annu. Rev. Ecol. Systemat.* 4 p. 1–23.
- HOUNTONDI Y.C. (2008). *Dynamique environnementale en zones sahélienne et soudanienne de l’Afrique de l’Ouest : analyse des modifications et évaluation de la dégradation du couvert végétal*. Thèse de Doctorat, Université de Liège (Belgique), 153 p.
- JACQUES-FÉLIX H. (1957). Les Rhizophora de la mangrove atlantique d’Afrique. In : *Journal d’agriculture tropicale et de botanique appliquée*, vol. 4, n°7-8, pp. 343-347.
- JANIN P. (2006). la vulnérabilité alimentaire des Sahéliens : concepts, échelles et enseignements d’une recherche de terrain. *Espace Géographique*, 2006, 4, pp.355-366. Ird-00275237, 14 p. .
- JANSSEN M.A., OSTROM E. (2006). *Governing Social Ecological Systems*, in Tesfatsion L. & Judd K. L., *Handbook of Computational Economics II: Agent-Based Computational Economics*, Elsevier, 1465-1509 [En ligne].
- JIMÉNEZ J.A. (1985). *Laguncularia racemosa (L.) Gaertn.f. white mangrove*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. SO-ITF-SM-3, New Orleans, United States. 64 pp.
- JOLY G. (1987). Traitement informatique de l’image satellitaire. *Le Bulletin de l’EPI*, N° 47, pp. 233-239.
- JUSTICE C.O., HOLBEN B.N., GWYNNE M.D. (1986). Monitoring east African vegetation using AVHRR data, *International Journal of Remote Sensing*, 7, 1453–1474.

- JUSTICE C.O., TOWNSHEND J.R.G., VERMOTE E.F., MASUOKA E., WOLFE R.E., SALEOUS N. (2002). An overview of MODIS Land data processing and product status, *Remote Sensing of Environment*, 83, 3–15.
- KALCK Y. (1978). Evolution des zones à mangroves du Sénégal au Quaternaire récent. Etudes géologiques et géochimiques. Thèse de doctorat de troisième cycle. Université Louis Pasteur Strasbourg 117 pages.
- KERR R.A. (1998). The Sahara is not marching southwards, *Science*, 281, 5377, p.633-634.
- KIAGE L.M., LIU K.B., WALKER N.D., LAM N., O. K. HUH O.K. (2007). Recent Land-Cover-Use Associated with Land Degradation in the Lake Baringo Catchment, Kenya, East Africa : Evidence from Landsat TM and ETM +. *International Journal of Remote Sensing* 28 :4.
- KUNDZEWICZ Z.W., ROBSON A. J. (2004). Change detection in hydrological records -a review of the methodology, *Hydrology Sci. J.* 49(1), 7–19.
- LABBE C., LABBE D. (2001). Que mesure la spécificité du vocabulaire ? *Lexicométrica*, revue en ligne N°3.
- LAGABRIELLE E. (2003). Télédétection des changements et SIG - Application à l'étude de l'évolution des modes d'occupation des sols à la REUNION entre 1989 et 2002. *Projet TEMOS*, 47 p.
- LAGADEC Y., CHENORKIAN R. (2009). Les systèmes socio-écologiques : vers une approche spatiale et temporelle, *Natures Sciences Sociétés*, 17 (2009-2) : 194-196.
- LAMAGAT J.P., LOYER J.Y. (1985). Table ronde sur les barrages anti-sels, typologie des bassins versants en Casamance, ORSTOM, 13 pages.
- LAMALLE C., SALEM A. (2002). « Types généralisés et topographie textuelle dans l'analyse quantitative des corpus textuels » in A. Morin et P. Sébillot (éds), *JADT 2002*. Saint Malo : IRISA-INRIA, vol. 1, 403-411.
- LAMPREY H.F. (1975). Report on the desert encroachment reconnaissance in northern Sudan, UNESCO/UNEP, Paris/Nairobi, en *Desertification Control Bulletin*, 17, 1-7.
- LAPIERRE J.W. (1992). L'analyse des systèmes. L'application aux sciences sociales. Syros, Paris.
- LEBART L., SALEM J. (1994). *Statistique textuelle*, Dunod, Paris. 342 p.

- LEBEL T., ALI A. (2009). Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990-2007), *Journal of Hydrology*, 375(1-2), p.52-64.
- LEBIGRE J.M. (2010). Distribution des marais à mangrove dans le monde : carte.
- LEONE F., VINNET F. (2005). La vulnérabilité, un concept fondamental au cœur des méthodes d'évaluation des risques naturels, <https://www.researchgate.net/publication/311172443>, 18 p.
- LEVEQUE C., MUXART T., VAN DER LEEUW S., WEILL A., ABBADIE L. (2008). L'anthroposystème et la zone atelier : nouveaux concepts territorialisés de l'étude des interactions sociétés-milieus. In : Continu et discontinu dans l'espace géographique, Actes du C.
- LÉVÊQUE C., PAVÉ A., ABBADIE L., WEILL A., VIVIEN F.D. (2000). Les zones ateliers, des dispositifs pour la recherche sur l'environnement et les anthroposystèmes. Une action du programme « Environnement, vie et sociétés » du CNRS, Natures Sciences et Soci.
- LIU J., DIETZ Th., CARPENTER S.R., ALBERTI M., FOLKE C., MORAN E., PELL A.N., DEADMAN P., KRATZ T., LUBCHENCO J., OSTROM E., ZHIYUN O., PROVENCHER W., REDMAN Ch. L., SCHNEIDER S. H., TAYLOR W.W. (2007). Complexity of coupled human and natural systems, *Sc*.
- LOPEZ B., LEYNET A. (2011). Evaluation des tendances d'évolution des concentrations en polluants dans les eaux souterraines, revue des méthodes statistiques existantes et recommandations pour la mise en oeuvre de la DCE, rapport BRGM/RP-59515-FR.
- LOYER J. P., BOIVIN P., LE BRUSQ J. Y., ZANTE P. (1986). Les sols du domaine fluviomarín de Casamance (Sénégal) : évolution récente et réévaluation des contraintes majeurs pour leur mise en valeur, ORSTOM-Dakar, 12 pages.
- MAIGNIEN R. (1965). Carte pédologique du Sénégal au 1/1 000 000e, ORSTOM, Paris, 65 pages.
- MAINGUET M. (1994). La désertification : une crise autant socio-économique que climatique,.
- MAITRE H. (2001). Traitement des images de RSO. Edition Hermès Science Europe. ISBN 2-7462-0155-0. 41p-51p.
- MALO A.R., NICHOLSON S.E. (1990). A study of rainfall and vegetation dynamics in the African Sahel using NDVI, *Journal of Arid Environments*, 19, 1-24.

- MALOU R. (1992). Etude des aquifères superficiels en basse Casamance : modèle de bilan hydrique. Thèse de Doctorat 3ème cycle de géologie mention Hydrogéologie Université Cheikh Anta Diop Dakar. 113 pages.
- MAMA A., BAMBA I., SINSIN B., BOGAERT J., DE CANNIERE C. (2014). Déforestation, savanisation et développement agricole des paysages de savanes-forêts dans la zone soudano-guinéenne du Bénin. Bois et forêts des tropiques, N 322 (4), pp. 65-75.
- MAREGA O. (2009). Suivi par télédétection de l'évolution du couvert végétal au Sahel entre 1990 et 2007 : cas appliqué à la zone soudano-sahélienne de Hombori (Mali), Mémoire de Mater 1, Université Paris Diderot-Paris 7, 96p.
- MAREGA O. (2016). Changements socio-environnementaux et évolution des pratiques agropastorales en Afrique sahéenne : étude comparée entre le Ferlo (Sénégal), le Gourma (Mali) et le Fakara (Niger), UNIVERSITE PARIS DIDEROT (Paris 7) /SORBONNE PARIS CITE.
- MAREGA O., FALL A., MERING C., SALEM A. (2013). Paroles d'éleveurs : perceptions, pratiques, stratégies pastorales dans le Sahel sénégalais. Revue Lexicometrica : <http://www.tal.univ-paris3.fr/lexico/navigations/Int1.pdf>.
- MAREGA O., SAN EMETERIO J.L., FALL A., ANDRIEU J. (2021). Cartographie par télédétection des variations spatio-temporelles de la couverture végétale spontanée face à la variabilité pluviométrique au Sahel : approche multiscalaire. Physio-Géo - Géographie.
- MARIUS C. (1979). Les mangroves du Sénégal : écologie, pédologie, utilisations, Orstom, Dakar, 85 pages.
- MARIUS C. (1985). Mangroves du Sénégal et de la Gambie : écologie, pédologie, géochimie, mise en valeur et aménagement, Paris, ORSTOM, coll. Travaux et Documents, 357 p.
- MARIUS C., CHEVAL M. (1980). Note sur les sols de la vallée de Guidel, ORSTOM, 18 pages.
- MARUT J.C. (2010). Le conflit de Casamance : Ce que disent les armes. Karthala, Hommes et sociétés, 420 p, {halshs-00559499}.
- MASOUD A.A., KOIKE K. (2006). Arid land salinization detected by remote-sensed landcover changes: A case study in the Siwa Region, NW Egypt. Journal of Arid Environments. vol. 66. 151-167.

- MASSONNET D., SOUYRIS J.C. (2008). *Imaging with Synthetic Aperture Radar*; edité par EPFL.
- MBOW C. (2000). *Caractéristiques spatio-temporelles des feux de brousse et de leur relation avec la végétation dans le Parc National de Niokolo Koba (Sud-Est du Sénégal)*. Thèse de Doctorat de 3e Cycle de l'Institut des Sciences de l'Environnement, Dakar,.
- MICHEL P. (1973). *Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie : étude géomorphologique*, Paris, Mémoire ORSTOM n° 63, Tome 1, 810 pages.
- MICHEL P. (1990). *La dégradation des paysages au Sénégal* In : *La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest*. éd. par J.-F. Richard. Dakar : Université Cheikh Anta Diop. p. 37-54.
- MONTOROI J.P. (1996). *Gestion des sols de la mangrove au Sénégal en période sécheresse : Dynamique de l'eau et Géochimie des sels d'un bassin versant aménagé*, thèse de Doctorat 3e cycle, Collection ETUDES et THESES, Editions ORSTOM, Paris-1996, 263 pages.
- MOREAU N. (2004). *Mise en évidence et cartographie par télédétection de l'évolution de la mangrove dans les îles du Saloum ces trois dernières décennies (de 1972 à 2001)*. 2004. Photo-interprétation vol. 4 p. 23-26.
- MUCHONEY D.M., HAACK B.N. (1994). *Change detection for monitoring forest defoliation*. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 60, n° 10, p. 1243-1251.
- NDIAYE P. (1990). *Chapitre Sénégal*, in Richard Jean-François dir, *La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest*, Paris, Dakar: Documentation française / Presses Universitaires de Dakar, 310 p.
- NGUESSAN E., BELLAN M.F., BLASCO F. (2003). *Suivi par télédétection spatiale d'une forêt tropicale humide protégée soumise à des pressions anthropiques*, *Télédétection*. 3 (5) : 443-456.
- NIANE A.B. (1984). *Etude cartographique et agro-pédologique des sols de plateau en Basse Casamance*, Mémoires-Centre de Recherches de Djibélor, ISRA-MHR, 104 pages.
- NICHOLSON S. E. (2005). *On the question of "the recovery" of the rains in the West African Sahel*, *Journal of arid environments*, 63 (3) : 615-641.
- NICHOLSON S.E. (2013). *The West African Sahel : A review of recent studies on the rainfall regime and its interannual variability*. Hindawi Publishing Corporation ISRN Meteorology, vol. 2013, Article ID 453521, 32 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/453>.

- NICHOLSON S.E., FARRAR T.J. (1994). The influence of soil type on the relationships between NDVI, rainfall, and soil moisture in semi-arid Botswana NDVI response to rainfall, *Remote Sensing of Environment*, 50, 107–120.
- NUTINI F., BOSCHETTI M., BRIVIO P.A., BARTHOLOMÉ E., HOSCILO A., STROPPIANA D., BOCCHI S. (2010). Analysis of Vegetation Pasture Climate Response on Sahel Region through 10 Years Remote Sensed Data. In *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems and Hydr.*
- OIBT (2002). Directives OIBT pour la restauration, l'aménagement et la réhabilitation des forêts tropicales dégradées et secondaires. Série OIBT : Politique forestière n°13. OIBT. Yokohama. http://219.127.136.74/live/Live_Server/154/ps13e.pd.
- OIBT (2005). Critères et indicateurs révisés de l'OIBT pour l'aménagement durable des forêts tropicales Modèle de rapport sur les C & I inclus. Série OIBT : Politique forestière n° 15. Yokohama. http://219.127.136.74/live/Live_Server/963/ps15e.pdf.
- OLSSON L., EKLUNDH L., ARDO J. (2005). A recent greening of the Sahel-trends, patterns and potential causes. *Journal of Arid Environments*, 63 : 556–566.
- OZER P., HOUNTONDJI Y., NIANG A.J. (2010). Désertification au Sahel : historique et perspectives. *Bull Société Géographique Liège*, 54 :69-84.
- PAHARI K., MURAI S. (1999). Modelling prediction of global deforestation based on the growth of human population, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*. 54 (5-6) : 317-324.
- PELISSIER. P. (1966). *Les paysans du Sénégal : les civilisations du Cayor à la Casamance*, Éd. Saint Yrieux, Imprimerie Fabrègue, 954 pages.
- PRIAN J. P. (1986). *Géologie de la bordure méridionale du golfe tertiaire de Casamance (Sénégal, Guinée Bissau)* Orléans : Editions du BRGM, 243 pages.
- PRINCE S.D., BROWN M.E., KRAVITZ L.L. (1998). Evidence from rain-use efficiencies does not indicate extensive sahelian desertification. *Global Change Biology*, 4, 359-374.
- RABARIMANANA M.H. RAHARISON L.J.R., CHOROWICZ J. (2003). Cartographie des lavaka par télédétection : analyse des facteurs et gestion des espaces ruraux à Madagascar, *Télédétection*, 3 (2-4) : 105-130.
- RICHARD J.F. (1990). *La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest*. Dakar : Université.

- RICHARD Y., NADEGE M. (2006). sensibilité de la relation précipitations-ndvi (1981-1999) aux états de surfaces continentaux sur l'ouest du plateau sud-africain, Laboratoire d'accueil : UMR 5210 CNRS – Centre de Recherche en Climatologie – Dijon, 57 pages.
- RICHARD Y., POCCARD I. (1998). A statistical study of NDVI sensitivity to seasonal and interannual rainfall variations in Southern Africa, *International Journal of Remote Sensing*, 19, 2907–2920.
- ROBIN N., DIONE B. (2006). L'accès au foncier en Casamance, l'enjeu d'une paix durable, 15 p.
- ROUSSEL B., LUXEREAU A. (1997). Changements écologiques et sociaux au Niger, L'Harmattan, Paris, 235 p.
- ROY J. (1997). The Old English Morris Dance: Theatrical Morris 1801-1880", *Folk Music Journal*, vol. 7 (1997), pp. 311-50.
- ROZANOV B. G. (1977). Les problèmes de la dégradation des terres arides et la coopération internationale dans le domaine de la lutte contre la désertification. *Pochvoviedienië*, 8 : 5-11.
- RUSTER J. (2009). Évolution du couvert végétal de la région de Tèssékéré au Sénégal, par le biais de la télédétection. Mémoire de Master 1 Géographie, Université Paris-Diderot Paris, 80 p.
- RUSTER J. (2009). Évolution du couvert végétal de la région de Tèssékéré au Sénégal, par le biais de la télédétection. Mémoire de Master 1 Géographie, Université Paris-Diderot Paris, 80 p.
- SA M. (1994). La planification côtière en Guinée-Bissau. In : *Dynamique et usages de la mangrove dans les pays des rivières du Sud (du Sénégal à la Sierra Leone)*, éd. par M.-C. Cormier-Salem. Paris : O.R.S.T.O.M. (Colloques et Séminaires). p. 189-194.
- SALEM A. (2006). « Proximité segmentale » in J.-M. Viprey (textes réunis par), *JADT' 06*. Besançon : Presses universitaires de Franche-Comté, vol. 2, 843-853.
- SALEM A. (1987). *Pratique des segments répétés. Essai de statistique textuelle*. Paris, Klincksieck, 334 p.
- SALL M. (1982). *Dynamique et morphogenèse actuelle au Sénégal occidental*, thèse de doctorat d'Etat, université Louis Pasteur Strasbourg III, 2 tomes 604 pages.
- SALOMONSON V.V., APPEL I. (2003). Estimating fractional snow cover from MODIS using the.

- SAN EMETERIO J.L., ALEXANDRE F., ANDRIEU J., GÉNIN A., MERING M. (2013). « Changements socio-environnementaux et dynamiques des paysages ruraux le long du gradient bioclimatique nord-sud dans le sud-ouest du Niger (régions de Tillabery et de Dosso) », Ver.
- SAN EMETERIO J.L., LACAZE B., MERING C. (2011). Detection of vegetation cover changes in the Sahel from NDVI and precipitation data, *Remote Sensing*, volume 10, nos 2-3. p. 135-143.
- SAN EMETERIO L.J., LACAZE B., MÉRING C. (2018). Détection des changements de la couverture végétale au Sahel durant la période 1982-2002 à partir des données NDVI et précipitation, *teledetection*, Editions des Archives Contemporaines / Editions scientifique.
- SAN EMETERIO L.J., MAREGA O., FALL A., SANÉ T., DIEDHIOU I. (2019). The sub-Saharan environment: scientific prejudices and cartographic methods, 14 p.
- SANE T. (2019). Vulnérabilité et adaptabilité des systèmes agraires à la variabilité climatique et aux changements sociaux en Basse-Casamance (Sud-Ouest du Sénégal), *Géographie*. Université Sorbonne Paris Cité ; Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 2017.
- SAOS J.L., LE BOUTEILLER C., DIOP S. E. (1987). Aspects géologique et géomorphologique de la Casamance. *Revue d'hydrobiologie tropicale*. Vol. 20, no3-4, pp. 219-232.
- SARR M.A. (2009). Cartographie des changements de l'occupation du sol entre 1990 et 2002 dans le nord du Sénégal (Ferlo) à partir des images Landsat. *Cybergeogeo*, en ligne : <https://journals.openedition.org/cybergeogeo/22707>.
- SCHNELL R. (1961). le problème des homologues phytogéographiques entre l'Afrique et l'Amérique tropicale. *Mémoires du Muséum d'Histoire Naturelle*. vol. B. n°2. p. 137-241.
- SÉGUI L., PUECH C. (1997). Méthode de détermination des invariants radiométriques adaptée au paysage semi-aride de l'Afrique de l'Ouest. *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 18, N°. 2, pp. 255-271.
- SIDDIQUI M.N., JAMIL Z., AFSAR J. (2005). Monitoring changes in riverine forests of Sindh-Pakistan using remote sensing and GIS techniques. 2004. *Advances in Space Reserches*. vol. 33. p. 333-337.
- SIDIBE M. (2005). Migrants de l'arachide, la conquête de la forêt classée de Pata (Casamance, Sénégal). Paris, IRD éditions, 301 p.

- SIMULA M. (2009). Vers une définition de la dégradation des forêts : analyse comparative des définitions existantes. Programme d'évaluation des ressources forestières, Document de travail 154, Rome, Italie, 66 p.
- SINGH G., RAI I.D., RAWAT G.S. (2012). The mortality of banj oak (*Quercus leucotrichophora* A. Camus) trees in Mussoorie, Uttarakhand: is it an alarming call for rapid degradation?. *Current Sci.*, 102 (12): 1622-1623.
- SOLLY B., DIEYE E.H.B., SY O. (2020). Remote Sensing Mapping of Land Use and Land Cover Changes in Upper Casamance, Senegal, 1987-2018. *American Journal of Remote Sensing*, vol. 8, No. 2, pp. 35-49.
- SOLLY B., DIEYE E.H.B., SY O. (2020a). Remote Sensing Mapping of Land Use and Land Cover Changes in Upper Casamance, Senegal, 1987-2018. *American Journal of Remote Sensing*, vol. 8, No. 2, pp. 35-49.
- SOLLY B., DIEYE E.H.B., SY O., JARJU A.M., SANE T. (2021). Détection des zones de dégradation et de régénération de la couverture végétale dans le Sud du Sénégal à travers l'analyse des tendances de séries temporelles MODIS NDVI et des changements d'occu.
- SOULEYE YERO K. (2013). Evolution de l'occupation des sols dans l'ouest du Niger : influence sur le cycle de l'eau. Thèse de doctorat de géographie, Université de Grenoble.
- SOUMARE S., ANDRIEU J., FALL A., DIAW EHB, DESCROIX L. (2022). Spatial and Temporal Analysis of Rain-NDVI Relationship in Lower and Middle Casamance from 1982 to 2019. *Remote Sensing in Earth Systems Sciences*, 2022, {10.1007/s41976-022-00078-1}, {hal-03.
- SOUMARE S., FALL A., ANDRIEU J., MAREGA O., BARNABE EAD. (2020). dynamique spatio-temporelle de la mangrove de Kafountine dans l'estuaire de la Basse-Casamance des années 1972 à nos jours : Approche par télédétection, *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*.
- STEINIGER T. (2000). A comparison of the IGBP discover and University of Maryland 1km global land covers products. *International Journal of Remote Sensing* 21 (6 and 7) : 1365 –1273.
- SYLLA D., BA T., GUISSSE A. (2019). Cartographie des changements de la couverture végétale dans les aires protégées du Ferlo (Nord Sénégal) : cas de la réserve de biosphère, *Physio-Géo*, Volume 13, pp. 115-132.

- TAPPAN G.G., SALL M., WOOD E.C., CUSHING M. (2004). Ecoregion and land cover trends in Senegal. *Journal of Arid Environments*. Vol. 59. p. 427-462.
- THOURET J.C., D'ERCOLE R. (1996). Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales. In : Thouret Jean-Claude (pref.). *Croissance urbaine et risques naturels dans les pays en développement*. Cahiers des Sciences .
- TOMLINSON P. B. (1986). *The Botany of Mangroves*, Cambridge : Tropical Biology series. 405p.
- TOUATI CH. (2014). Évaluation de l'apport des images MODIS désagrégées à 250m de résolution spatiale pour la cartographie de l'étendue du couvert nival dans l'Est du Canada à l'aide de l'algorithme SNOWMAP, Mémoire présenté pour l'obtention du grade de Ma.
- TOURE L. (2013). Étude par télédétection de la dynamique des ressources naturelles de la région de Sédhiou, Moyenne Casamance. Thèse de Doctorat de géographie, Université Gaston Berger, Saint-Louis, 324 p.
- TROCHAIN J. (1940). *Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal*. Édit. Larose, Paris, 433 p. doi : 10.3406/linly.1942.9689.
- TSAYEM DEMAZE M. (2011). La télédétection en tant qu'outil de mesure de la réduction de la déforestation (REDD). *Revue télédétection, Recherche et application*, volume 9 (3-4), pp. 245-257.
- TUCKER C. J., PINZON J., BROWN M. E., SLAYBACK D., PAK E.W., MAHONEY R. (2005). An extended AVHRR-8km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data *International Journal of Remote Sensing*, 26(30), 4485-4498.
- TUCKER C.J. (1979). Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation, *Remote Sensing of the Environment*. 8 : 127-150.
- TUCKER C.J., SELLERS, P.J. (1986). Satellite remote sensing of primary production. *Int. J. Remote Sensing*, 7, 1395-1416.
- TUCKER C.J., VANPRAET C.L., SHARMAN M.J., VAN ITTERSUM G. (1985). Satellite remote-sensing of total herbaceous biomass production in the Senegalese Sahel - 1980–1984. *Remote Sensing of Environment*, 17, 233–249.
- UICN (2001). *Plan de gestion de la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum : zonage et plan d'action*, Dakar : UICN, Volume 2 ; 89 p.

- ULABY F.T., MOORE R.K., FUNG A.K. (1982). *Microwave Remote Sensing: Active and Passive*, Volume II: Radar Remote Sensing Scattering and Emission Theory. Arctech House, Inc., Norwood, MA, USA.
- VEYRET I., REGHEZZA M. (2005). *Vulnérabilité et risques. L'approche récente de la vulnérabilité*, laboratoire Gecko, Université de Paris X-Nanterre, 9 p.
- VIEILLEFON J. (1975). Note explicative, Carte pédologique de la Casamance (Domaine fluviomarín) au 1/100000, N°57, ORSTOM-DAKAR, 67 pages.
- VIEILLEFON J. (1977). Les sols des mangroves et des tannes de Basse Casamance, importance du comportement géochimique du soufre dans la pédogénèse, Mémoire ORSTOM, N°83, 269 pages.
- VIEILLEFON J. (1969). La pédogénèse dans les mangroves tropicales, un exemple de chronoséquence, science du sol, 2, pp 115-148.
- WARREN A., AGNEW C. (1988). Une analyse de la désertification et dégradation des terres en zones arides et semi-arides, Drylands program, IIED, Document n°2, 28 p.
- WHITE F. (1986). La végétation de l'Afrique (mémoire accompagnant la carte de la végétation) Paris : UNESCO-AETFAT-UNSO (collection Recherches sur les ressources naturelles) n° 20, 384 p.
- WHITTAKER R.H. (1967). Gradient analysis of vegetation. *Biologie Revue* 42 : 207-264.
- YUE S., PILON P. (2004). A comparison of the power of the t test, Mann-Kendall and bootstrap tests for trend detection, *Hydrology Sci. J.*,49 (1), 21–37.

WEBOGRAPHIE

<http://www.cybergeogeo.revues.org>

<http://www.earthexplorer.gov>

<http://ird.sn>

<https://ha.archives-ouvertes.fr>

<https://vertigo.revues.org/11515>

<http://www.documentation.ird.fr>

<http://www.gallica.bnf.fr>

<http://www.thesesups.ups-tlse.fr>

<https://fr.glosbe.com>

<http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>

<http://earthexplorer.usgs.gov>

<http://glovisusgs.gov>

<https://search.earthdata.nasa.gov/downloads>

<http://www.thegraceplotter.com>

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de la zone d'étude de la Basse, Moyenne et Haute Casamance. Les régions de Basse et Moyenne Casamance, principaux fleuves et localités (Source : SOUMARE).....	22
Figure 2 : Evolution du golfe de la Casamance entre 5 500 BP ans et 1 500 BP (Kalk in Dacosta, 1989)	26
Figure 3 : Le système de progradation en Casamance (Kalk in Dacosta, 1989)	27
Figure 4 : Répartition des types de sol de la Basse et Moyenne Casamance.....	30
Figure 5 : Le réseau hydrographique du fleuve Casamance	31
Figure 6 : Carte des vasières et de la terre ferme dans les régions de la Casamance.....	33
Figure 7 : Configuration des mangroves de la Casamance (Cormier Salem, 1994).....	37
Figure 8 : Forêts classées des régions de la Basse et Moyenne Casamance.....	41
Figure 9 : Evolution de la population des régions de Ziguinchor et Sédhiou entre 2002 et 2023 (Source : Projections démographiques RGPHAE 2013)	43
Figure 10 : Structure par âge de la population de Ziguinchor et celle de Sédhiou (ANSD, 2013)....	44
Figure 11 : Composition ethnique de la Casamance.....	45
Figure 12 : Schéma d'organisation d'un anthroposystème.....	61
Figure 13 : Signatures spectrales de la végétation et du sol nu (d'après : http://speclab.cr.usgs.gov/)	65
Figure 14 : Quai de pêche à Kafountine (Basse-Casamance). On aperçoit des bateaux de pêcheurs au large.....	69
Figure 15 : <i>Rhizophora racemosa</i> en rive d'estuaire à Affiniam (Basse-Casamance). On observe une bande à mangliers, constituée d'un rideau de <i>Rhizophora racemosa</i> souvent hauts, suivie d'une bande large, de <i>Rhizophora mangle</i> très dense avec des arbustes s'élevant entre 3 à 8 m. Elle est très résistante aux intempéries (vents et pluies).....	70
Figure 16 : Etendues de tannes à Diembering (Basse-Casamance). On aperçoit une large bande de tannes nus. C'est une étendue de vase rarement inondée car située assez haut sur l'estran. Plus bas	

sur la même toposéquence, le second élément de paysage rencontré, est une formation monospécifique à <i>Rhizophora mangle</i> s'élevant de 2 à 6 mètres.	70
Figure 17 : Rizières de mangrove à Diembéring (Basse-Casamance). Au premier plan, apparaît les rizières de mangroves qui sont aménagés avec des diguettes. En arrière-plan on distingue des espaces boisés, avec la présence de Rôniers (<i>Borassus aethiopum</i>) et de Palmiers à huile (<i>Elæis guineensis</i>).	71
Figure 18 : Boisements de terre ferme (Savanes) à Tankon (Moyenne Casamance). On observe une végétation à tapis herbacé fermé et couvert ligneux pérenne, relativement dense.	71
Figure 19 : Espaces pas ou peu boisés de terre ferme à Diembering (Basse - Casamance). Le tapis herbacé est dominé par les espèces annuelles utilisées comme ressource pastorale par les agropasteurs ; ces espèces annuelles apparaissent comme végétation humides sur les images	72
Figure 20 : Création d'une composition colorée RGB-4-3-2 de l'image Landsat ETM+2000	75
Figure 21 : Création d'une composition colorée RGB 5-4-3 de l'image Landsat OLI-TIRS 2021 ..	76
Figure 22 : Classification non dirigée en 16 classes de la Basse-Casamance, 2000.....	78
Figure 23 : Courbes des moyennes radiométriques pour les 16 classes (Basse-Casamance, 2000)..	79
Figure 24 : Regroupement des 16 classes en 6 types d'occupation du sol (Basse-Casamance, 2000)	80
Figure 25 : Courbes radiométriques des six classes obtenues par regroupement	81
Figure 26 : Masque eau (Basse-Casamance, 2000)	82
Figure 27 : Masque mangrove (Basse-Casamance, 2000).....	83
Figure 28 : Masque tanne (Basse-Casamance, 2000)	84
Figure 29 : Masque rizière de mangrove (Basse-Casamance, 2000).....	85
Figure 30 : Masque boisements de terre ferme (Basse-Casamance, 2000)	86
Figure 31 : Masque espace non boisés de terre ferme (Basse-Casamance, 2000).....	87
Figure 32 : Carte de la classification sur ACP sur le masque eau	89
Figure 33 : Courbes radiométriques du masque eau.	90

Figure 34 : Carte de la classification sur ACP sur le masque mangrove	91
Figure 35 : Courbes radiométriques du masque mangrove.....	92
Figure 36 : Carte de la classification sur ACP sur le masque tanne.	93
Figure 37 : Courbes radiométriques du masque tannes.	94
Figure 38 : Carte de la classification sur ACP sur le masque rizière de mangrove	95
Figure 39 : Courbes radiométriques du masque rizières de mangrove.	96
Figure 40 : Carte de la classification sur ACP sur le masque boisements de terre ferme.....	97
Figure 41 : Courbes radiométriques du masque boisement de terre ferme.....	98
Figure 42 : Carte de la classification sur ACP sur le masque espace non boisé de terre ferme	99
Figure 43 : Courbes radiométriques du masque espace non boisé de terre ferme.	100
Figure 44 : Carte de l'occupation du sol au début des années 2000 de la Basse Casamance.....	101
Figure 45 : Courbes des moyennes radiométriques de la carte d'occupation du sol de la Basse-Casamance (2000).....	102
Figure 46 : Sites de vérité de terrain 2000 (en fonction des villages enquêtés).....	103
Figure 47 : Organigramme de la chaîne de traitement d'images NDVI-NOAA et MODIS pour l'étude des rythmes phénologiques.....	110
Figure 48 : Résultats de l'ACP sur les séries chronologiques de la NOAA. A : pourcentage de variance expliquée par chaque composante principale. B : coordonnées sur chaque pixel du 1er PC. C : coordonnées sur chaque pixel sur le 2ème PC. D : coordonnées sur chaque pixel sur le 3ème PC. E : coordonnées sur chaque pixel du 4ème PC.	111
Figure 49 : Résultats de l'ACP sur les séries chronologiques. MODIS. A : pourcentage de variance expliquée par chaque composante principale. B : coordonnées sur chaque pixel du 1er PC. C : coordonnées sur chaque pixel sur le 2ème PC. D : coordonnées sur chaque pixel sur le 3ème PC. E : coordonnées sur chaque pixel du 4ème PC.....	112
Figure 50 : Carte de localisation des villages enquêtés	115
Figure 51 : Spécificités d'emploi de quelques mots liés aux activités.....	124

Figure 52 : Carte de l'occupation du sol de la Casamance au début des années 2000	133
Figure 53 : Quantification des surfaces en 2000.....	134
Figure 54 : Carte de l'occupation du sol de la Casamance en 2021	136
Figure 55 : Quantification des surfaces en 2021	137
Figure 56 : Synthèse de l'évolution des classes d'occupation du sol (en hectare)	138
Figure 57 : Changements de l'occupation des sols entre 2000 et 2021 en Casamance	141
Figure 58 : Carte des rythmes phénologiques avant interprétation.....	151
Figure 59 : Profil temporel des rythmes phénologiques	152
Figure 60 : Activité chlorophyllienne et saison des pluies à Ziguinchor (moyennes 2000-2017)...	153
Figure 61 : Tracé des précipitations à la station de Ziguinchor par les hommes NDVI dans la région de Ziguinchor sur la période (2000 à 2017).....	154
Figure 62 : Variation interannuelle de l'amplitude du NVDI et du total des précipitations	154
Figure 63 : Tracé des précipitations décalées de 144 jours par NDVI moyen pour la région de Ziguinchor sur la période (2000 à 2017).....	156
Figure 64 : Carte de la moyenne régionale des images de corrélation de Kendall de 2000 à 2020 (MODIS).....	158
Figure 65 : Répartition des tendances en pixels a : NDVI-MODIS (2000 à 2020) et b : NOAA (1982-2015).....	159
Figure 66 : Comparaison des profils moyens saisonniers de NDVI des périodes sèches (1982-1997) et normales (1998-2015) à Ziguinchor.....	160
Figure 67 : Comparaison des précipitations moyennes (15 jours, résolution) des périodes sèches (1982-1997) et normales (1998-2015) à Ziguinchor.....	160
Figure 68 : Différenciation entre usagers et gérants par les spécificités.....	169
Figure 69 : Concordance du mot reboisement par les gérants de la ressource	169
Figure 70 : Concordance du mot charbon par les gérants de la ressource	170

Figure 71 : Occupation du sol à Kafountine en 2000	177
Figure 72 : Occupation du sol à Kafountine en 2021	178
Figure 73 : Evolution en hectare de l'occupation du sol à Kafountine entre 2000 et 2021	179
Figure 74 : Changements d'occupation des sols à Kafountine entre 2000 et 2021	180
Figure 75 : Occupation du sol à Affiniam en 2000.....	198
Figure 76 : Occupation du sol à Affiniam en 2021	199
Figure 77 : Evolution en hectare de l'occupation du sol à Affiniam entre 2000 et 2021	200
Figure 78 : Changements d'occupation des sols entre 2000 et 2021 à Affiniam.....	201
Figure 79 : Occupation du sol à Diembering en 2000	210
Figure 80 : Occupation du sol à Diembering en 2000	211
Figure 81 : Evolution en hectare de l'occupation du sol à Diembering entre 2000 et 2021.....	212
Figure 82 : Changements d'occupation des sols entre 2000 et 2021 à Diembering	213
Figure 83 : Occupation du sol à Tankon en 2000	223
Figure 84 : Occupation du sol 2021 à Tankon	224
Figure 85 : Evolution en hectare de l'occupation du sol à Tankon entre 2000 et 2021.....	225
Figure 86 : Changements de l'occupation des sols entre 2000 et 2021 à Tanko	226
Figure 87 : Occupation du sol 2000 à Marakissa.....	234
Figure 88 : Occupation du sol 2021 à Marakissa.....	235
Figure 89 : Evolution en hectare de l'occupation du sol à Marakissa entre 2000 et 2021	236
Figure 90 : Changements d'occupation des sols entre 2000 et 2021 à Tanko	237

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les activités économiques de la Casamance.....	46
Tableau 2 : Images satellites étudiées	67

Tableau 3 : Les principales classes d'occupation des sols retenues	68
Tableau 4 : Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat 2000.	104
Tableau 5 : Liste des classes identifiées et retenue	106
Tableau 6 : Guide d'entretien thématique.....	117
Tableau 7 : Exemple de mise en forme du texte d'un entretien préalable à une analyse textométrique : extrait du corpus Tankon	121
Tableau 8 : Segmentation du texte.....	122
Tableau 9 : Fréquence d'utilisation des mots les plus utilisés dans l'ordre décroissant.....	123
Tableau 10 : Exemple de concordances sur la forme « feux » d'après les entretiens réalisés à Tankon (Sédhiou).....	125
Tableau 11 : Analyse factorielle des correspondances sur la partition en « Localités » à partir d'entretiens réalisés en Casamance.....	127
Tableau 12 : Discrétisation des villages par A.F.C. sur les fréquences d'emploi des mots.....	127
Tableau 13 : Bilan en hectare des changements d'occupation des sols en Casamance entre 2000 et 2021.....	143
Tableau 14: Résumé de la corrélation cumulée décalée entre les précipitations à Ziguinchor et le NDVI.....	154
Tableau 15 : Discrétisation des acteurs à travers leurs discours à partir du premier plan factoriel de l'AFC	168
Tableau 16 : Interprétation des changements à l'échelle des villages	172
Tableau 17 : Bilan en hectare des changements d'occupation du sol à Kafountine entre 2000 et 2021	181
Tableau 18 : Bilan en hectare des changements d'occupation du sol à Affiniam entre 2000 et 2021	202
Tableau 19 : Bilan en hectare des changements d'occupation du sol à Diembering entre 2000 et 2021.....	214

Tableau 20 : Bilan en hectare des changements d'occupation du sol à Tankon entre 2000 et 2021227

Tableau 21 : Bilan en hectare des changements d'occupation du sol à Tankon entre 2000 et 2021238

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Mangroves de la Casamance	36
Photo 2 : Les rizières de mangroves	48
Photo 3 : Culture de rente à Sédhiou.....	49
Photo 4 : Troupeau de vache dans le pâturage.....	50
Photo 5 : Pêche en milieu maritime	53
Photo 6 : Progression de la mangrove sur de nouvelles bancs de vase.....	182
Photo 7 : Espèces fauniques de la mangrove	184
Photo 8 : Exploitation du bois pour le fumage du poisson	188
Photo 9 : Carbonisation clandestine de charbon de bois à Kafountine	192
Photo 10 : Extension du feu dans le village de Kafountine	194
Photo 11 : Pratique forestière dans la forêt d’Affiniam	205
Photo 12 : Rizières abandonnées par les villageois du fait de la salinité.....	207
Photo 13 : Ecoparc de Diembering	216
Photo 14 : Formes d’exploitation de la forêt.....	217
Photo 15 : Effets de l’érosion sur les filaos	218
Photo 16 : Reboisement de l’espèce Cordyla Pinata depuis 2009	228
Photo 17 : Exploitation du bois dans la forêt classée de Boudié	229
Photo 18 : Dégradation de la forêt par le feu	230
Photo 19 : Reboisement des espèces Cordyla Pinnata (Dimb), Pterocarpus erinaceus (véne) et Khaya Senegalensis (Caïlcedrat)	239
Photo 20 : Forêts défrichées pour la mise en culture	240

Photo 21 : Mangrove (Rhizophora) affectées par le processus de salinisation à Marakissa242

Photo 22 : Surfaces rizicoles contaminées par le sel243

1.1.7.2.2.	La forêt	38
1.1.7.2.3.	Les palmeraies	39
1.1.7.2.4.	Les forêts sacrées.....	39
2.	Caractéristiques humaines de la Casamance	42
2.1	Caractéristiques démographiques de la Casamance	42
2.1.1.	Structure de la population par âge et par sexe	43
2.1.1.	Répartition spatiale de la population	44
2.1.2.	Composition ethnique actuelle de la région.....	45
2.2.	Caractéristiques socio-économiques de la Casamance.....	45
2.2.1.	La riziculture de la Casamance.....	47
2.2.2.	La culture céréalière	48
2.2.3.	Les cultures de rente	49
2.2.4.	Le pastoralisme.....	49
2.2.5.	La cueillette	50
2.2.6.	Les mutations actuelles des systèmes de production	51
2.2.6.1.	Le maraîchage.....	51
2.2.6.2.	L'arboriculture.....	51
2.2.6.3.	La pêche.....	52
2.3.	Le conflit Casamançais : enjeu à double facette sur la forêt	53
2.3.1.	Quand la forêt nourrit l'insécurité	53
2.3.2.	Les effets positifs du conflit sur la conservation de la forêt	55
	Conclusion partielle.....	56
Chapitre 2 : Discussion conceptuelle et Méthode.....		57
1.	L'analyse des concepts	57
1.1.	Le concept de dégradation.....	57
1.2.	Le concept de vulnérabilité.....	59
1.3.	Le concept de résilience	60
1.4.	Le concept d'anthroposystème	60
1.5.	Le concept de végétation	62
1.6.	Le concept de dynamique	63
2.	Méthode.....	64
2.1.	La télédétection : les données et méthodes d'analyse.....	64
2.1.1.	Les données utilisées	66
2.1.3.	Méthode d'analyse des images satellitaires.....	68
2.1.3.1.	Nomenclature des types d'occupation du sol	68
2.1.4.	Choix de la méthode	72
2.1.4.1.	Les classifications supervisées	72
2.1.4.2.	Les classifications non supervisées	73

1.	Résultats	149
1.1.	Cartographie des rythmes phénologiques	150
1.2.	Relation pluviométrique NDVI	152
1.3.	Tendances NDVI de 2000 à 2020 (MODIS) et de 1982 à 2015 (NOAA).....	156
1.4.	Variation spatio-temporelle du rythme saisonnier du NDVI-NOAA (1982-2015) en Casamance 159	
Chapitre 6 : Perception de la population sur les pratiques et représentation des changements socio- environnementaux		
		164
1.	Résultats	164
1.2.	Types d'acteurs.....	164
1.2.1.	Perception des acteurs sur la gestion de la ressource forestière	164
1.2.1.2.	Océanium.....	165
1.2.1.3.	Les exploitants de bois et les charbonniers.....	166
1.2.1.4.	Les fumeries de poisson	166
1.2.1.5.	Les bergers.....	166
1.2.1.6.	Les tradipraticiens.....	167
1.2.1.7.	Les agriculteurs.....	167
1.2.1.8.	Les pêcheurs migrants saisonniers.....	167
1.3.	Analyse du discours des acteurs par la lexicométrie	167
1.3.1.	Analyse du discours des acteurs par l'Analyse Factorielle de Correspondance (AFC)	168
1.3.2.	Les concordances.....	169
CHAPITRE 7 : Dynamique des formations végétales à l'échelle des villages		
		171
1.	Kafountine	172
1.2.	Dynamique des formations végétales à Kafountine	175
1.2.1.	Analyse de l'occupation du sol à Kafountine	175
1.2.2.	Changement de l'occupation du sol à Kafountine	179
1.2.2.1.	Progression de la mangrove à Kafountine	181
1.2.2.2.	Evolution de la pêche dans les bolongs	182
1.2.2.3.	Evolution de la faune.....	183
1.2.2.4.	Abandon de la riziculture de mangrove.....	184
1.2.2.5.	Régression des boisements de terre ferme à Kafountine	185
2.	Affiniam	195
1.1.	Description des activités à Affiniam.....	195
1.2.	Analyse de l'occupation du sol à Affiniam	197
1.3.	Quantification des changements de l'occupation du sol à Affiniam	200
1.1.1.	Progression de la mangrove à Affiniam	202
1.1.2.	La progression des boisements de terre ferme.....	203
1.1.2.1.	Nouvelle pratique de gestion forestière	203
1.1.3.	Régression des boisements de terre ferme.....	204

1.1.4. Recul de la riziculture à Affiniam	205
2. Diembering	207
2.1. Description des activités à Diembering	208
2.2. Analyse de l'occupation du sol à Diembering	209
2.3. Changement de l'occupation du sol à Diembering	214
2.3.1. Stabilité des savanes	214
2.3.2. Conversion de la forêt en vergers d'anacardiens	216
2.3.3. Régression des filaos	217
2.3.4. Recul de la riziculture	218
3. Tankon	219
3.1. <i>Description des activités à Tankon</i>	220
3.2. Analyse de l'occupation du sol à Tankon	222
3.3. Changement de l'occupation du sol à Tankon	225
3.3.1. Progression des savanes	227
3.3.2. Régression de savanes	228
3.3.2.1. L'exploitation du bois dans la forêt classée	228
3.3.2.2. Feux de brousse	229
4. Marakissa	231
4.1. Description des activités à Marakissa	231
4.2. Analyse de l'occupation du sol à Marakissa	232
4.3.1. Progression des boisements de terre ferme	238
4.3.2. Défrichement agricole	239
4.3.3. Régression de la mangrove	240
4.3.4. Recul de riziculture	242
Conclusion de la troisième partie	244
CONCLUSION	247
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	247
Références	254
WEBOGRAPHIE	275
LISTE DES FIGURES	276
LISTE DES TABLEAUX	280
LISTE DES PHOTOS	282