



HAL
open science

**DYNAMIQUE DES FORMATIONS FORESTIÈRES
DE LA HAUTE-CASAMANCE (SÉNÉGAL) DE 1965
A 2018, INCIDENCES SUR LES ACTIVITÉS
AGRO-SYLVO-PASTORALES ET STRATÉGIES
D'ADAPTATION**

Boubacar Solly

► **To cite this version:**

Boubacar Solly. DYNAMIQUE DES FORMATIONS FORESTIÈRES DE LA HAUTE-CASAMANCE (SÉNÉGAL) DE 1965 A 2018, INCIDENCES SUR LES ACTIVITÉS AGRO-SYLVO-PASTORALES ET STRATÉGIES D'ADAPTATION. Géographie. Université Assane Seck de Ziguinchor (Sénégal), 2021. Français. NNT : . tel-03287888

HAL Id: tel-03287888

<https://hal.science/tel-03287888>

Submitted on 16 Jul 2021

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.

UNIVERSITÉ ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR Des Sciences et Technologies
École Doctorale Sciences, Technologies et Ingénierie (ED-STI)
Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE)
Domaine : Sciences de l'Homme et de la Société
Mention : Géographie
Spécialité : Environnement et Risques

Thèse de Doctorat

DYNAMIQUE DES FORMATIONS FORESTIÈRES DE LA HAUTE-CASAMANCE (SÉNÉGAL) DE 1965 A 2018, INCIDENCES SUR LES ACTIVITÉS AGRO-SYLVO-PASTORALES ET STRATÉGIES D'ADAPTATION



Présentée et soutenue publiquement le 03 avril 2021 à Ziguinchor par

Boubacar SOLLY

Devant le jury composé de :

Président : M. Amadou Tahirou DIAW, Professeur Titulaire, Université Cheikh Anta DIOP, Dakar

Rapporteurs : M. Mbaye DIOP, Maître de Recherches, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Dakar

M. Daouda NGOM, Maître de Conférences, Université Cheikh Anta Diop, Dakar

M. Julien ANDRIEU, Maître de Conférences-HDR, Institut Français de Pondichéry, Inde

Examineur : M. Tidiane SANE, Maître de Conférences, Université Assane SECK de Ziguinchor

Directeur de thèse : M. Oumar SY, Professeur Titulaire, Université Assane SECK de Ziguinchor

Co-directeur de thèse : M. El Hadji Balla DIEYE, Maître Assistant, Université Assane SECK de Ziguinchor

UNIVERSITÉ ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR

UFR Des Sciences et Technologies
École Doctorale Sciences, Technologies et Ingénierie (ED-STI)
Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE)
Domaine : Sciences de l'Homme et de la Société
Mention : Géographie
Spécialité : Environnement et Risques

Thèse de Doctorat

DYNAMIQUE DES FORMATIONS FORESTIÈRES DE LA HAUTE-CASAMANCE (SÉNÉGAL) DE 1965 A 2018, INCIDENCES SUR LES ACTIVITÉS AGRO-SYLVO-PASTORALES ET STRATÉGIES D'ADAPTATION

Présentée et soutenue publiquement le 03 avril 2021 à Ziguinchor par

Boubacar SOLLY

Sous la direction de

Oumar SY et El Hadji Balla DIEYE

Devant le jury composé de :

Président : M. Amadou Tahirou DIAW, Professeur Titulaire, Université Cheikh Anta DIOP, Dakar

Rapporteurs : M. Mbaye DIOP, Maître de Recherches, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Dakar

M. Daouda NGOM, Maître de Conférences, Université Cheikh Anta Diop, Dakar

M. Julien ANDRIEU, Maître de Conférences-HDR, Institut Français de Pondichéry, Inde

Examineur : M. Tidiane SANE, Maître de Conférences, Université Assane SECK de Ziguinchor

Directeur de thèse : M. Oumar SY, Professeur Titulaire, Université Assane SECK de Ziguinchor

Co-directeur de thèse : M. El Hadji Balla DIEYE, Maître Assistant, Université Assane SECK de Ziguinchor

RÉSUMÉ

Les paysages forestiers du Sud du Sénégal, particulièrement de la Haute-Casamance, font de plus en plus l'objet de déforestation. Il en résulte une forte tendance à leur "savanisation" et anthropisation, d'où la préoccupation majeure des autorités sénégalaises à prendre le problème en charge. Devant une telle situation, l'étude des dynamiques des formations forestières de la Haute-Casamance devient pertinente pour une gestion durable des ressources forestières. Cette étude vise à cartographier et à quantifier l'évolution des formations forestières entre 1965 et 2018, et à analyser les principaux déterminants des dynamiques et incidences sur les activités agro-sylvo-pastorales, la faune sauvage et la flore ligneuse.

La démarche méthodologique s'appuie sur le traitement et l'analyse d'images aériennes (Corona 1965) et satellitaires [Landsat (TM 1987, ETM+ 1999, TM 2010 et OLI-TIRS 2018), Sentinel 2 (MSI 2018) et MODIS-NDVI (2000 à 2018)]. Elle se base également sur le traitement et l'analyse de données hydro-climatiques et sur la collecte de données sur le terrain (observations de terrain, levés de point GPS, enquêtes-ménages et perception des populations).

Les résultats ont montré une savanisation et un développement important des surfaces agricoles. En effet, les formations forestières ont perdu 377 118,7 ha de leur superficie entre 1987 et 2018, soit un taux de déforestation de 62,04%. Les formations boisées et les surfaces agricoles ont augmenté respectivement de 263 172,4 ha (soit 19,1 %) et 147 178,2 ha (soit 10,7 %) durant la même période. Des tendances négatives significatives du NDVI ont indiqué une dégradation de la végétation le long de la frontière avec la Gambie, sur l'axe Pata-Ndorna, dans le centre de la zone d'étude et autour de Médina Gounass. Par contre, des tendances positives significatives ($p < 0,1$) témoignent de la régénération dans le sud. Le pourcentage de tendance positive significative (au seuil de 10 %) est de 1,8 % ; celui négative significative est de 2,1 %. À l'échelle des forêts classées et des forêts aménagées, une grande variabilité selon le domaine, la position géographique et le gradient pluviométrique a été notée. Cette variabilité a permis de constater que les forêts classées sont beaucoup plus affectées par les actions anthropiques que celles aménagées. L'analyse des facteurs à l'origine des dynamiques a montré que l'homme, à travers les défrichements agricoles, les feux de brousse, la coupe abusive et illicite du bois pour diverses raisons, le peuplement, les modes d'utilisation des sols, et l'élevage extensif, est le principal facteur de la déforestation, de l'extension de la savane et de la fragmentation des paysages. Il a aussi par ailleurs, joué un rôle dans la régénération. De même, la variabilité des conditions hydro-climatiques a également joué un rôle dans la savanisation et la régénération. Cette présente dynamique ainsi que les facteurs explicatifs ont occasionné, entre autres, impacts sur les activités agro-sylvo-pastorales, l'érosion hydrique et l'ensablement des rizières, la baisse de la fertilité des sols cultivables et des rendements. Ils se traduisent également par la rareté des fruits sauvages, la réduction des zones de pâturages de plus en plus transformées en zones de culture, la diminution des fourrages en saison sèche et des espèces particulièrement appréciées, le tarissement précoce des mares et la rareté voire la disparition de certaines espèces animales et végétales.

Mots clés : Formations forestières, Dynamique, Déforestation, Savanisation, Anthropisation, Agro-sylvo-pastorales, Flore ligneuse, Télédétection, Haute-Casamance, Sénégal

ABSTRACT

The forest landscapes of southern Senegal, particularly Upper-Casamance, are increasingly subject to deforestation. The result is a strong tendency to "savanisation" and anthropization, hence the major concern of the Senegalese authorities to take charge of the problem. Faced with such a situation, the study of the dynamics of forest formations in Upper-Casamance becomes relevant for a sustainable management of forest resources. This study aims to map and quantify the evolution of forest formations between 1965 and 2018, and to analyze the main determinants of dynamics and impacts on agro-sylvo-pastoral activities, wildlife and woody flora.

The methodological approach is based on the processing and analysis of aerial (Corona 1965) and satellite images [Landsat (TM 1987, ETM+ 1999, TM 2010 and OLI-TIRS 2018), Sentinel 2 (MSI 2018) and MODIS-NDVI (2000 to 2018)]. It is also based on the processing and analysis of hydro-climatic data and the collection of field data (field observations, GPS point surveys, household surveys and population perception).

The results showed a significant savanisation and development of agricultural land. Indeed, forest formations lost 377 118.7 ha of their area between 1987 and 2018, or a deforestation rate of 62.04%. Woodlands and agricultural land increased by 263,172.4 ha (19.1%) and 147,178.2 ha (10.7%) respectively over the same period. Significant negative trends in NDVI indicated vegetation degradation along the Gambia border, along the Pata-Ndorna axis, in the centre of the study area and around Medina Gounass. On the other hand, significant positive trends ($p < 0.1$) indicate regeneration in the south. The percentage of significant positive trend (at the 10% threshold) is 1.8%; the significant negative trend is 2.1%. At the scale of classified forests and managed forests, great variability by domain, the geographic position and rainfall gradient was noted. This variability has shown that classified forests are much more affected by anthropogenic actions than managed ones. The analysis of the factors behind the dynamics has shown that man, through agricultural clearing, bush fires, abusive and illicit cutting of wood for various reasons, stand, land use patterns, and extensive livestock rearing, is the main factor of deforestation, extension of savanna and fragmentation of landscapes. He also played a role in regeneration. Similarly, the variability of hydro-climatic conditions has also played a role in savanisation and regeneration. This dynamic, as well as the explanatory factors, have caused, among other things, impacts on agricultural, forestry and pastoral activities, water erosion and silting of rice fields, the decline in the fertility of cultivable soils and yields. They are also reflected in the scarcity of wild fruit, the reduction of pasture areas which are increasingly being converted into cultivation areas, the reduction of fodder in the dry season and of particularly well-adapted species, the early drying up of ponds and the scarcity or even disappearance of certain animal and plant species.

Keywords: Plant formations, Dynamics, Deforestation, Savanisation, Anthropization, Agricultural-forestry-pastoral, Woody flora, Remote sensing, Upper Casamance, Senegal

DÉDICACE

Je dédie cette thèse :

- À mes très chers parents Ciré DRAMÉ et Malamine SOLLY pour leur amour et leurs prières ;
- À mon très cher homonyme Boubacar SOLLY pour ses encouragements et son soutien toujours manifesté ;
- À ma très chère épouse Sokhna Oumy DIENG SOLLY pour le soutien et la compréhension ;
- À mes très chères filles Sokhna Mame Diarra Bousso SOLLY et Ndeye Ciré SOLLY pour vous montrer la voie à suivre.

REMERCIEMENTS

Cette thèse, qui est l'aboutissement de plusieurs années de travail n'aurait sans doute pu être achevée sans le soutien de personnes et institutions que je tiens vivement à remercier.

Je remercie tout d'abord mes deux directeurs de thèse à savoir El Hadji Balla DIEYE et Oumar SY. Je vous remercie d'avoir accepté d'encadrer ce travail de doctorat et pour les efforts consentis, les orientations et les conseils durant toutes ces années de thèse. Que la paix soit toujours avec vous.

Merci Dr DIÈYE pour votre rigueur scientifique que vous m'avez inculquée depuis le master. Grâce à vous, j'ai aimé la géomatique, plus particulièrement la Télédétection dès la deuxième année de Licence. Merci également pour la confiance que vous avez toujours manifestée à mon égard.

Merci Pr SY pour la confiance et tout le soutien que vous m'avez apporté.

Je remercie l'Université Assane SECK de Ziguinchor et l'École Doctorale Sciences Technologies et Ingénierie pour avoir pris toutes les dispositions pour la soutenance de la thèse. Ainsi, je remercie très sincèrement le président de jury, les rapporteurs et l'examineur d'avoir accepté de juger ce travail. Je veux nommer :

- M. Amadou Tahirou DIAW, Professeur titulaire à l'Université Cheikh Anta DIOP, pour avoir accepté de présider le jury ;
- M. Mbaye DIOP, Maître de Recherches à l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, pour avoir accepté le travail de rapporteur ;
- M. Daouda NGOM, Maître de Conférences à l'Université Cheikh Anta DIOP, pour le travail de rapporteur que vous avez bien accepté faire ;
- M. Julien ANDRIEU, Maître de Conférences-HDR à l'Institut Français de Pondichéry, pour tous les échanges autour de cette étude, la disponibilité, l'appui à la fois technique et méthodologique sur l'utilisation des images MODIS NDVI, et pour avoir accepté le travail de rapporteur ;
- M. Tidiane SANE, Maître de Conférences à l'Université Assane SECK de Ziguinchor, pour avoir accepté d'examiner ce travail et pour la disponibilité, les orientations et le soutien permanent manifestés depuis le master. *Emite é poyi.*

Je remercie Dr Cheikh FAYE pour l'appui sur le traitement et l'analyse des données hydro-climatiques et Dr Mohamed Mahamoud CHARAHABIL pour les corrections apportées au dernier chapitre de la thèse. Je remercie également tous les enseignants du Département de Géographie pour leur disponibilité. Je veux nommer Dr Alvares G.F. BENGA, Aïdara C.A.L. FALL, Ibrahima MBAYE, Oumar SALL, Abdourahmane M. SENE, Cheikh T. WADE, Aliou BALDE et Demba GAYE.

Je remercie l'IRD à travers le Laboratoire Mixte International Patrimoine et Territoire de l'Eau (LMI PATEO) dont je suis membre. Ce laboratoire m'a permis de participer à deux doctoriales et deux colloques internationaux. Dans ce laboratoire, je remercie très sincèrement M. Luc DESCROIX pour avoir mis certaines données climatiques à ma disposition.

Je remercie l'Inspection Régionale des Eaux et Forêts de Kolda pour m'avoir accepté et soutenu pendant mes travaux de terrain. Je commence par l'ancien Inspecteur Aly SECK. Cher Ins, comme nous avons l'habitude de vous appeler, votre accord pour le stage réalisé du 2 octobre au 2 novembre 2016 m'a permis dès le début de cette thèse de voir réellement ce à quoi je m'attendais. Merci d'avoir mis à ma disposition le véhicule de l'Inspection et des agents lors des visites de terrain durant ce stage. J'espère que ce document est à la hauteur de vos attentes et servira de base de travail pour la Direction des Eaux, Forêts, Chasse et de la Conservation des Sols et plus particulièrement pour le service forestier de la région.

Je remercie mon très cher Lieutenant Oumar AW qui a été d'un apport important dans la réalisation de ce travail que ça soit dans les locaux de l'Inspection que sur le terrain. Je souhaite que notre collaboration continue pour toujours. Je remercie également l'Inspecteur Babacar DIONE pour sa collaboration et sa disponibilité. J'en profite pour remercier tout le personnel de l'inspection, les chefs de secteurs, les chefs de brigades et agents de terrain pour tout leur appui sur le terrain.

Je remercie le Commandant KANDÉ de l'Ecole des Eaux et Forêts de Djibelor pour son appui dans la traduction des noms de certaines espèces animales de la langue locale peulh au français.

Je remercie les chefs de village des localités (Médina Mandakh, Fafacourou, Saré Bidji, Thiétty, Médina Dinguiraye, Akane, Médina Touat, Bonconto, Daibatou Balde, Missirah E.O. Kande, Médina Méta, Barricounda, Dialembéré, Coumabacara, Touba Mboyene et Ouassadou) dans lesquelles j'ai effectué mes enquêtes pour l'accueil chaleureux, ainsi que pour l'hébergement. Je remercie aussi les personnes interrogées dans ces localités pour leur réponse à mes questions.

Je remercie mon oncle Aruna M JARJU de Monroe College (New York) pour le soutien à la fois économique, matériel et moral pour la réalisation de cette thèse. *Thank you Uncle. I am very glad about you.*

Je remercie mon ami et frère Dr Ibrahima DIÉDHIOU pour la prise en mains des logiciels Idrisi Selva et Lexico3. *At Jamite a tiami.* Par la même occasion, je remercie M. Ousmane BATHIÉRY du Centre de Suivi Ecologique (CSE) et Dr Sidy DIEYE de l'UCAD pour avoir levé certaines astuces sur Arc GIS à chaque fois que de besoin.

Je termine par remercier tous les amis et camarades de promotion du Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE) pour leur collaboration et le sens de l'ouverture. Je veux citer en premier lieu, Boubacar BARRY pour m'avoir accompagné durant ma seconde phase de terrain ; par ces mots, je te remercie du fond du cœur jeune homme. Je remercie aussi Dr Boubacar Demba BÂ, Dr Idrissa CISSE, Dr Dramane CISSOKHO, Dr Sécou Omar DIÉDHIOU, Dr Joseph Samba GOMIS, Dr Issa MBALLO, Dr Victor MENDY, Dr Mamadou THIOR, Dr Djiby SOW, Alexandre BADIANE, Alassane BALDÉ, Aïssatou CISSE, Boubacar DIALLO, Youssouph MANSALY, Abdou Kadri SAMBOU, Ambroise SAGNA, Bouly SANÉ, Yancouba SANÉ, Henry Marcel SECK, sans oublier mon amigo Dr Boubacar SAGNA du Laboratoire d'Agroforesterie et d'Ecologie (LAFE). J'en profite pour remercier également mes jeunes frères, étudiants en master pour tout le soutien qu'ils m'ont apporté. Je veux nommer Sérigne M.K. SÈNE, Ibrahima TOUNKARA et Khadim NDIR. Par la même occasion, je remercie mes ami(e)s Moustapha M. DIÉDHIOU, Aliou DIENG, Kiné FALL, Ousmane KANDÉ, Marie Claver NGOM et ma très chère cousine Salimata M.L.M. DIADHIOU, pour m'avoir encouragé durant les moments les plus difficiles de la rédaction de cette thèse.

SOMMAIRE

| | |
|---|-----|
| Sigles et abréviations..... | x |
| Introduction générale..... | 1 |
| PREMIÈRE PARTIE : Cartographie et analyse de l'évolution et des changements des formations forestières de la Haute-Casamance de 1965 a 2018..... | 8 |
| Chapitre 1 : Approche méthodologique de l'analyse de la dynamique des formations forestières de la Haute-Casamance | 9 |
| Chapitre 2 : Analyse cartographique de l'occupation des sols et détection des changements dans les formations forestières de la Haute-Casamance entre 1965 et 2018..... | 61 |
| DEUXIÈME PARTIE : Le rôle de l'homme et de la variabilité climatique sur la dynamique des formations forestières de la Haute-Casamance..... | 112 |
| Chapitre 3 : L'homme, principal facteur des dynamiques des formations forestières de la Haute-Casamance..... | 113 |
| Chapitre 4 : Le rôle de la variabilité des conditions climatiques et hydrologiques sur les changements intervenus dans les formations forestières de la Haute-Casamance..... | 143 |
| TROISIÈME PARTIE : Incidences des dynamiques des formations forestières sur les activités agro-sylvo-pastorales et sur la diversité biologique en Haute-Casamance..... | 164 |
| Chapitre 5 : De la vulnérabilité des activités agro-sylvo-pastorales a la résilience des populations en Haute-Casamance | 165 |
| Chapitre 6 : Les menaces sur la faune sauvage et la flore ligneuse de la Haute-Casamance..... | 184 |
| Conclusion générale et perspectives..... | 205 |
| Références bibliographiques | 210 |
| Annexes..... | I |

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

| | |
|---------|--|
| ACP | : Analyse en Composantes Principales |
| ANACIM | : Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie |
| ANAT | : Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire |
| AVHRR | : Advanced Very High Resolution Radiometer |
| CDB | : Convention sur la Diversité Biologique |
| CCD | : Convention sur la lutte Contre le Désertification |
| CILSS | : Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel |
| CITES | : Commerce International des Espèces de Faune et Flore Menacées d'Extinction |
| CIVGF | : Comité Inter-Villageois de Gestion de la Forêt |
| CSE | : Centre de Suivi Écologique |
| DGPRES | : Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau |
| DRDR | : Direction Régionale du Développement Rural |
| DTGC | : Direction des Travaux Géographiques et Cartographiques |
| ETM+ | : Enhanced Thematic Mapper Plus |
| FAO | : Food and Agriculture Organization |
| GCV | : Groupe de Contact Villageois |
| GPS | : Global Positioning System |
| GRACE | : Gravity Recovery and Climate Experiment |
| HDF-EOS | : Hierarchical Data Format for NASA's Earth Observing System |
| IREF | : Inspection Régionale des Eaux et Forêts |
| ISD | : Indice Standardisé des Débits |
| ISP | : Indice Standardisé des Précipitations |
| IST | : Indice Standardisé des Températures |
| LCCS | : Land Cover Classification System |
| LULCC | : Land Use and Land Cover Change |
| MEPN | : Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature |
| MIR | : Moyen Infrarouge |
| MODIS | : Moderate Resolution Imaging Spectrometer |
| NDVI | : Normalized Difference Vegetation Index |
| NOAA | : National Oceanic and Atmospheric Administration |
| ODD | : Objectifs du Développement Durable |

| | |
|----------|---|
| OIBT | : Organisation Internationale des Bois Tropicaux |
| OLI-TIRS | : Operational Land Image et Thermal Infrared Sensor |
| P2RS | : Programme Multinational de Renforcement de la Résilience à l'Insécurité Alimentaire et Nutritionnelle au Sahel |
| PADAER | : Programme d'Appui au Développement Agricole et à l'Entrepreneuriat Rural |
| PADEC | : Programme d'Appui au Développement Economique de la Casamance |
| PAM | : Programme Alimentaire Mondial |
| PAPIL | : Projet d'Appui à la Petite Irrigation Locale |
| PDESOC | : Projet de Développement de l'Elevage au Sénégal Oriental et en Haute-Casamance |
| PERACOD | : Programme pour la promotion des Energie Renouvelables, de l'Electrification rurale et l'Approvisionnement durable en Combustibles Domestiques |
| PIR | : Proche Infrarouge |
| PNNK | : Parc National du Niokolo Koba |
| PNUE | : Programme des Nations Unies pour l'Environnement |
| PROGEBE | : Projet Régional de Gestion Durable du Bétail ruminant Endémique |
| PROGEDE | : Programme de Gestion Durable et Participative des Énergies Traditionnelles et de Substitution |
| RGB | : Rouge, Vert, Bleu |
| SIG | : Système d'Information Géographique |
| SPOT | : Système Probatoire d'Observation de la Terre |
| SREF | : Service Régional des Eaux et Forêts |
| SRSD | : Service Régional de la Statistique et de la Démographie |
| TM | : Thematic Mapper |
| TSF | : Time Series Name |
| UICN | : Union Internationale pour la Conservation de la Nature |
| USAID | : United States Agency for International Development |
| USGS | : United States Geological Survey |

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La problématique de la gestion des ressources forestières a été au cœur des grandes conférences mondiales consacrées à l'Environnement et au Développement Durable (UICN, 1948, Nations Unies, 1972, 1992, 2002, 2012 et 2016). En effet, elle est parmi les thématiques prioritaires de la communauté scientifique et des États. Déjà en 1948, l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature avait souligné la nécessité de développer les recherches scientifiques sur la protection de ces ressources en raison de leurs fonctions multiples et variées, et des risques qui pèsent sur elles (UICN, 1948).

À travers l'arbre et ses différentes composantes, les ressources forestières fournissent le bois énergie, le bois de chauffe et de service, servent de pharmacie, régulent le climat, captent le carbone, protègent le sol, etc. (Aubréville, 1949 ; Giffard, 1974 ; PNUE, 2002 ; Pascal, 2003 ; Karsenty et Pirard, 2007 ; FAO, 2010 ; Tsayem Demaze, 2011 ; De Wasseige *et al.*, 2014). Elles sont un lieu d'habitat et de reproduction pour la faune sauvage et l'avifaune. Durant la conférence de Rio 92, il a été reconnu qu'elles sont un capital naturel et un patrimoine à léguer aux générations futures (Nations Unies, 1992). À ce titre, toute substituabilité entraîne des impacts néfastes tant du point de vue environnemental que socio-économique (Condamine, 1988 ; Michel, 1990 ; Chamard et Courel, 1999 ; Hountondji, 2008 ; Bamba, 2010 ; Tra Bi, 2013).

Or, en Afrique, particulièrement au Sénégal, leur capacité à fournir des biens et services est de plus en plus menacée en raison de la déforestation et de la dégradation (FAO, 2012 ; CSE, 2015 ; CILSS, 2016). En Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne, Ariori et Ozer (2005) ont montré sur la base des études disponibles dans la littérature de ± 10 ans, entre 1955 à 1995, une perte de 2 % des superficies forestières par an durant cette période. Au Sénégal, la perte est estimée à 1 075 000 ha entre 1990 et 2015, soit un taux de changement annuel de -0,5% (FAO, 2015). Entre 1975 et 2013, la perte est estimée à 1 193 000 ha (CILSS, 2016). En Basse et Moyenne Casamance, la perte estimée à 48 628 ha entre 1972 et 2016 (Diédhiou, 2019). Egalement, plusieurs études y ont noté des tendances relatives à la déforestation, à la savanisation, à l'anthropisation, à la dégradation, à la fragmentation des paysages et à la régénération (Tappan *et al.*, 2004 ; Touré, 2013 ; CSE, 2015 ; Cabral et Costa, 2017 ; Sylla *et al.*, 2019 ; Solly *et al.*, 2021).

La déforestation dénote un processus de changement avec un passage de la « forêt » à la « non-forêt » (Simula, 2009). A la question qu'est-ce qu'une forêt, correspond une multitude de réponses possibles. En effet, « la forêt des uns n'est jamais la forêt des autres » selon Arnould (2001). La définition change d'un pays à un autre. Au Sénégal, elle est définie par la loi 2018-

25 du 12 novembre 2018, portant code forestier, comme étant un « terrain recouvert à 10 % au moins d'une formation d'arbres pouvant atteindre au moins deux (02) mètres à maturité, d'arbustes ou de broussailles d'une superficie minimale d'un demi-hectare d'un seul tenant » (MEPN, 2018). Le code forestier d'ajouter que « continue d'être considérée comme forêt, durant une période de dix ans, à compter du jour où est constatée la destruction, les formations forestières ayant subi une coupe, des fouilles ou explorations, un incendie ou autres agressions entraînant leur destruction totale ». Dans une approche globale, elle est définie comme une terre qui occupe une surface minimale de 0,5 hectare avec des arbres atteignant au moins 5 m de hauteur *in situ*, un couvert arboré de plus de 10 % et une projection zénithale au sol de la largeur des houppiers (cimes) d'au moins 20 mètres (FAO, 2003). La savanisation indique l'extension de la savane au détriment de la forêt à cause principalement des feux de forêt (Brunet *et al.*, 1993 ; Baud *et al.*, 2008). L'anthropisation désigne la progression des surfaces anthropiques (zones d'habitats, zones de culture, etc.). La dégradation désigne des changements au sein de la forêt et 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, et une situation de référence. La fragmentation est la subdivision d'un habitat ou d'un type d'occupation des sols par des perturbations naturelles (les feux et les chablis par exemple) ou par des activités humaines (routes, agriculture) (PNUE/CDB/SBSTTA 2001). Autrement dit, elle désigne l'augmentation des taches (parcelles de cultures et routes) dans les paysages forestiers ou boisés. Quant à la régénération, elle désigne dans cette étude la progression de la couverture végétale.

Les actions anthropiques sont les facteurs les plus souvent indexés dans ces différents processus (Stancioff *et al.*, 1986 ; White, 1986 ; Ariori et Ozer, 2005 ; Bamba, 2010 ; FAO, 2012 ; Desclee *et al.*, 2014). Leurs impacts ont amené la communauté scientifique à créer le concept d'"Anthropocène" vers l'an 2000 (Grinevald, 2012) afin de décrire une nouvelle époque où « l'influence humaine sur l'environnement mondial est devenue si importante et active qu'elle rivalise avec quelques-unes des grandes forces de la nature au niveau de ses impacts sur le fonctionnement de la planète Terre » (Steffen *et al.*, 2011).

La Haute-Casamance (ou région de Kolda) notre zone d'étude, particulière tant du point de vue de sa position géographique dans le sud du Sénégal, de l'histoire de son peuplement et des modes d'occupations et d'utilisation des sols, n'échappe pas à ces différentes situations.

En effet, avec la croissance démographique et la forte demande alimentaire, de vastes superficies forestières sont converties en terres agricoles ou en zone de pâturage (Tappan *et al.*, 2004 ; Sidibé, 2005 ; Fanchette, 2011 ; CILSS, 2016 ; Solly *et al.*, 2020a). 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 74 182 ha des formations forestières du département de Vélingara en 31 ans (Solly *et al.*, 2020c). À ces facteurs s'ajoutent les besoins en bois d'énergie et de service (Diouf *et al.*, 2000 ; Guèye, 2000 ; Hamel *et al.*, 2011) et la péjoration des conditions climatiques notée depuis les années 1970 (Le Borgne, 1990 ; Sané, 2003 ; Sagna, 2005) 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 (Baldé, 2016).

Pourtant, dans le contexte actuel marqué par le changement climatique, les politiques de développement durable, la diversité biologique, l'évolution de l'occupation des terres, les migrations, entre autres, les forêts ont un rôle incontournable à jouer. Elles sont un enjeu économique, politique, écologique et social important (Nations Unies, 1992). Dès lors, leur gestion rationnelle relève de l'intérêt des pays auxquels elles appartiennent, tout en ayant une grande importance pour l'environnement d'une manière générale.

C'est d'ailleurs compte tenu de cela que bien avant l'indépendance, le Sénégal a bénéficié d'une politique de protection de la forêt avec le classement de 183 forêts couvrant une superficie totale de 2 747 333 ha (MEPN, 1995) dont 14 sont situées en Haute-Casamance. À l'origine, l'objectif du classement des forêts était d'empêcher les cultivateurs et les éleveurs d'y exercer des défrichements, des ébranchages, du pâturage, ou toutes autres activités qui pourraient endommager l'état boisé (Bellouard, 1955). La loi n° 2018-15 du 12 novembre 2018 portant code forestier précise 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. En plus du classement des forêts, le Sénégal a également entrepris une politique d'aménagement des forêts depuis trois

décennies. L'objectif général étant de contribuer à l'approvisionnement des ménages en combustibles domestiques de manière régulière et durable, tout en préservant l'environnement et en offrant des possibilités élargies de choix et de confort aux consommateurs (PROGEDE, 2009). C'est ainsi que 12 forêts sont aménagées en Haute-Casamance entre 1999 et 2018.

De plus, le Sénégal a signé plusieurs conventions en rapport avec l'environnement d'une manière générale et les ressources forestières en particulier. Parmi ces conventions, nous pouvons citer la Convention : Africaine pour la Conservation de la Nature et des Ressources Naturelles (dite d'Alger 1968), sur le Commerce International des Espèces de Faune et de Flore Menacées d'Extinction (CITES) signée en 1973 et amendée à Bonn en 1979, sur les espèces migratrices appartenant à la faune sauvage dite convention de Bonn et de Berne de 1979, sur le Changement Climatique et la Diversité Biologique de 1992, et sur la lutte contre la désertification (CCD) de 1994. Le pays dispose également de cadres juridiques régies par : le nouveau code forestier de 2018 abrogeant la loi 98.03 du 8 janvier 1998, la loi 96.07 du 22 mars 1996 remplacée par la loi n° 2013-10 du 28 décembre 2013 portant Code général des Collectivités locales (dit l'Acte III de la décentralisation), et la loi N° 86.04 du 24 janvier 1986 portant Code de la Chasse et de la Protection de la Faune.

Cependant, malgré toutes ces politiques et conventions, 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, l'on se pose la question à savoir comment analyser la dynamique des formations forestières de la Haute-Casamance entre 1965 et 2018 et leurs incidences sur les activités agro-sylvo-pastorales, sur la faune sauvage et sur la diversité des espèces ligneuses ? Spécifiquement, l'étude cherche à répondre aux questions suivantes :

1. l'utilisation de différentes images satellitaires et aériennes fournies à des résolutions spatiales différentes permet-elle de mieux 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. quel est le poids réel des actions de l'homme, à travers les modes d'occupation et d'utilisation des sols et des ressources forestières, et de la variabilité climatique et hydrologique sur les différents changements notés dans les formations forestières ?

3. quelles sont les différentes répercussions des changements survenues dans l'évolution de l'occupation des sols 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 fixé comme objectif général, d'analyser la dynamique des formations forestières de la Haute-Casamance entre 1965 et 2018 et leurs incidences sur les activités agro-sylvo-pastorales et la diversité biologique. De manière plus spécifique, l'étude vise à :

1. cartographier et quantifier l'évolution spatio-temporelle des formations forestières et les changements intervenus entre 1965 et 2018 ;
2. analyser les principaux déterminants des dynamiques des formations forestières ;
3. déterminer les incidences des dynamiques des formations forestières sur les activités agro-sylvo-pastorales, la faune sauvage et la flore ligneuse.

Notre hypothèse de base est que la dynamique spatio-temporelle des formations forestières en Haute-Casamance entre 1965 et 2018 est marquée par une forte déforestation résultant des actions combinées de l'homme et de la variabilité des conditions climatiques et hydrologiques avec des incidences majeures sur les activités agro-sylvo-pastorales, la faune sauvage et sur la diversité des espèces ligneuses. Cette hypothèse est soutenue par celles spécifiques suivantes :

1. l'évolution spatio-temporelle des formations forestières entre 1965 et 2018 se caractérise par une forte déforestation, à travers l'extension des surfaces agricoles et des savanes et la fragmentation des paysages, suivant un gradient nord à sud ;
2. les changements observés sont expliqués en grande partie par les actions de l'homme que par la variabilité climatique et hydrologique ;
3. les activités agro-sylvo-pastorales sont vulnérables malgré la résilience des populations, et la diversité biologique reste menacée.

Pour vérifier ces hypothèses, nous notons dans la littérature que la télédétection et les Systèmes d'Information Géographique (SIG) se positionnent comme des moyens efficaces et méthodiques d'évaluation et de suivi des ressources forestières dans le temps et dans l'espace. Avec la disponibilité des images satellites, la télédétection est devenue un outil privilégié d'évaluation des ressources forestières (Stancioff *et al.*, 1986 ; Tappan *et al.*, 2004 ; Dibi N'Da *et al.*, 2008 ; Hountondji, 2008 ; Djoufack-Manetsa, 2011 ; Touré, 2013 ; Mama *et al.*, 2014 ; CILSS, 2016 ; Cabral et Costa, 2017 ; Kyale Koy *et al.*, 2019 ; Sylla *et al.*, 2019 ; Diédhiou, 2019 ; Solly *et al.*, 2020a). En plus d'être un outil d'aide à la décision, elle a été suggérée

comme un outil de « suivi global direct » lors de la conférence de Stockholm (Nations Unies, 1972). Dans cette étude, son utilisation est combinée aux approches classiques d'étude et d'évaluation telles que la collecte des données de terrain et le traitement des données climatiques et hydrologiques. Mais avant, une documentation est réalisée dans le but de circonscrire la thématique. Elle s'est faite dans les bibliothèques de l'Université Assane de SECK de Ziguinchor (UASZ), de l'Université Cheikh Anta DIOP (UCAD) de Dakar, au Service Régional des Eaux et Forêts de Kolda (SREF-Kolda) et sur l'internet. Elle a porté sur des ouvrages, des articles, des thèses, des mémoires et des rapports d'étude. Les principales informations recherchées durant la phase de documentation portent sur : les méthodes de traitement des images satellitaires et aériennes, les méthodes de collecte et d'analyse des données de végétation et des données d'enquêtes et d'entretiens, et les relations qui existent entre forêt-climat, forêt-activités humaines, forêt-biodiversité et forêt-économie.

Le document est structuré en trois parties et répartie en six chapitres. Le chapitre 1 présente l'approche méthodologique utilisée pour étudier la dynamique des formations forestières. Il comprend dans le détail les travaux de terrain et les choix effectués, et la méthode de traitement des images satellitaires et aériennes utilisées. Dans le chapitre 2, nous avons présenté et analysé les résultats de l'évolution des formations forestières à l'échelle de toute la Haute-Casamance, mais également à l'échelle des forêts classées et aménagées choisies. Par la même occasion, nous avons caractérisé les différentes tendances notées. La nature des tendances et leur ampleur, nous ont amenés à noter et à montrer dans le chapitre 3 que l'homme, à travers diverses actions, est le principal facteur de la dynamique des formations forestières. Nonobstant, nous avons remarqué que les actions de l'homme n'expliquent pas, à elles seules, certaines dynamiques telles que la savanisation et la régénération par endroit. C'est ce qui nous a conduits à déterminer le rôle de la variabilité des conditions climatiques et hydrologiques sur ces deux phénomènes (chapitre 4) et d'analyser les impacts des dynamiques observées sur les activités agro-sylvo-pastorales tout en identifiant les formes de résiliences développées par les populations (chapitre 5). Le dernier chapitre (chapitre 6) analyse les effets occasionnés sur la faune sauvage, et la flore et les menaces qui pèsent sur elles.

PREMIÈRE PARTIE : CARTOGRAPHIE ET ANALYSE DE L'ÉVOLUTION ET DES CHANGEMENTS DES FORMATIONS FORESTIÈRES DE LA HAUTE- CASAMANCE DE 1965 A 2018

Les formations forestières de la Haute-Casamance connaissent d'importantes dynamiques. Il en résulte une forte tendance à leur savanisation et anthropisation, et une faible régénération par endroits. Devant une telle situation, la cartographie et l'analyse de l'évolution et des changements intervenus dans les paysages forestiers deviennent pertinentes pour une gestion durable de ces ressources.

Pour y parvenir, nous avons adopté une approche méthodologique qui s'appuie sur la collecte des données sur le terrain (observations de terrain, levés de points GPS, enquêtes ménages et perception des populations) et sur le traitement et l'analyse d'images satellitaires et aériennes.

Cette première partie de la thèse est composée de deux chapitres :

- ✓ dans le chapitre 1, nous présentons l'approche méthodologique utilisée pour étudier la dynamique des formations forestières de la Haute-Casamance, les données utilisées et les différents traitements réalisés ; l'objectif est d'élaborer une méthodologie adaptée et reproductible qui aboutit à des résultats satisfaisants ;
- ✓ le chapitre 2 est consacré à l'analyse de l'évolution des formations forestières à l'échelle de toute la zone d'étude, mais également à l'échelle des forêts classées et celles aménagées choisies.

CHAPITRE 1 : APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE DE L'ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DES FORMATIONS FORESTIÈRES DE LA HAUTE- CASAMANCE

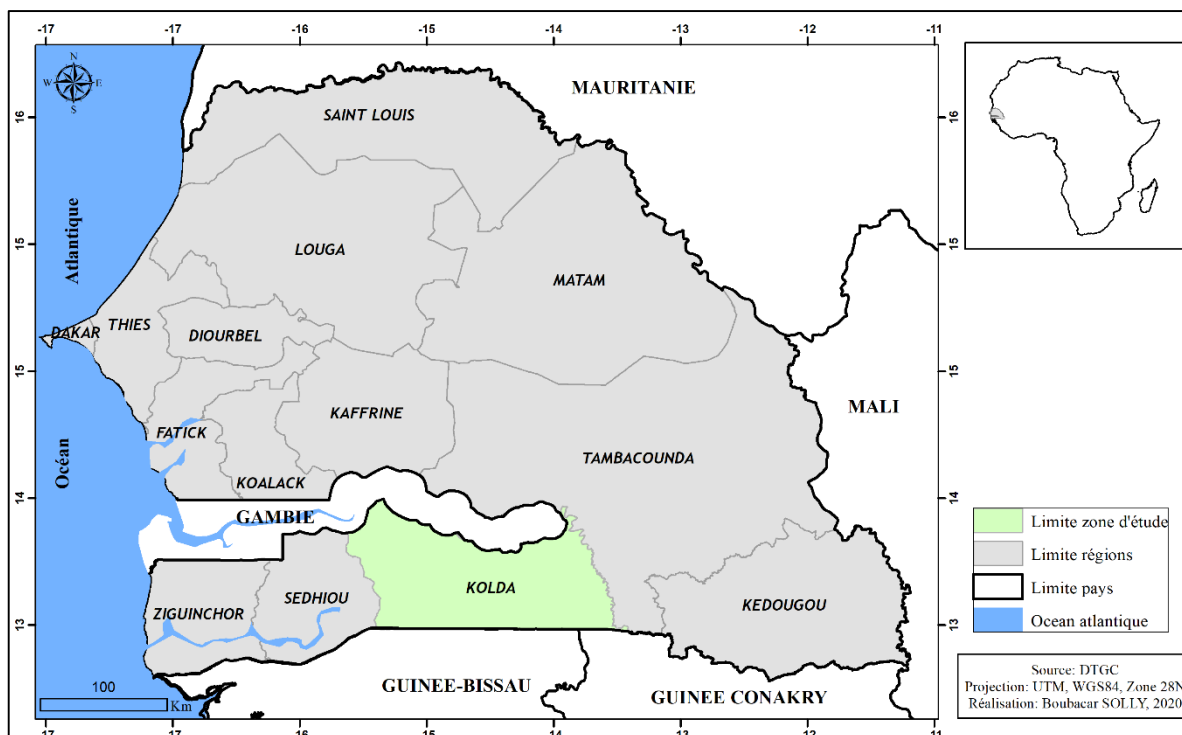
L'étude de la dynamique des formations forestières s'est faite à une double échelle. Il s'agit de l'échelle globale, c'est-à-dire celle de toute la Haute-Casamance et de l'échelle des forêts classées et celles aménagées. L'analyse à l'échelle de toute la Haute-Casamance permet de voir les tendances globales de la dynamique. Tandis que l'analyse à l'échelle des forêts classées et celles aménagées permet d'affiner les tendances de manière qualitative et quantitative. Elle permet également une meilleure prise en compte de l'état des forêts classées et de la problématique de la mise en aménagement tout en préservant la biodiversité et les terres agricoles.

Pour cela, nous avons adopté une approche méthodologique qui inclut à la fois les travaux de terrain et l'exploitation de données de télédétection. Les travaux de terrain sont constitués de la collecte des données socio-économiques, la reconnaissance des principales formations forestières et les relevés GPS (coordonnées géographiques). Les différentes sorties sur le terrain ont également facilité le choix des sites pour la cartographie à l'échelle des forêts classées et celles aménagées. L'exploitation des données de télédétection s'articule autour de leur collecte et traitement.

Dans ce chapitre, nous présentons l'approche méthodologique utilisée pour l'analyse de la dynamique des formations forestières de la Haute-Casamance. Mais auparavant, nous avons présenté la zone d'étude.

1.1. La localisation et la situation administrative de la Haute-Casamance

La Haute-Casamance ou région de Kolda est située dans le sud du Sénégal entre 12°20' et 13°40' de latitude Nord et entre 13° et 16° de longitude Ouest. Elle est limitée à l'Est par la région de Tambacounda (Sénégal Oriental), à l'Ouest par la région de Sédhiou (Moyenne Casamance), au Nord par la République de Gambie et au Sud par les Républiques de Guinée et de Guinée-Bissau (carte 1). Les limites actuelles de la région sont issues de la réforme administrative de la loi N 2008-14 du 18 mars 2008 modifiant les contours du découpage administratif du territoire national.



Carte 1: Localisation de la zone d'étude dans le sud du Sénégal

En effet, avant cette réforme, le Sénégal comptait 11 régions. Celle de Kolda regroupait le département de Sédhiou érigé ensuite en région, et les départements de Kolda et Vélingara. À la suite de cette réforme, la région de Kolda est divisée en trois départements que sont Kolda, Vélingara et Médina Yoro Foulah. Elle couvre une superficie de 13 721 km², soit 7 % du territoire national (ANSD, 2014). Elle compte quarante (40) communes et 1 589 villages (SRSD-Kolda, 2015).

1.2. Les travaux de terrain

Les travaux de terrain sont constitués de la collecte de données socio-économiques, la reconnaissance des principales formations forestières et les relevés de points GPS. Ils se sont déroulés lors de nos différentes missions sur le terrain (du 02 octobre au 02 novembre 2016, du 19 février au 06 avril 2018, du 08 au 11 septembre 2018 et du 16 au 20 décembre 2019).

1.2.1. La collecte et le traitement des données socio-économiques

1.2.1.1. La collecte des données socio-économiques

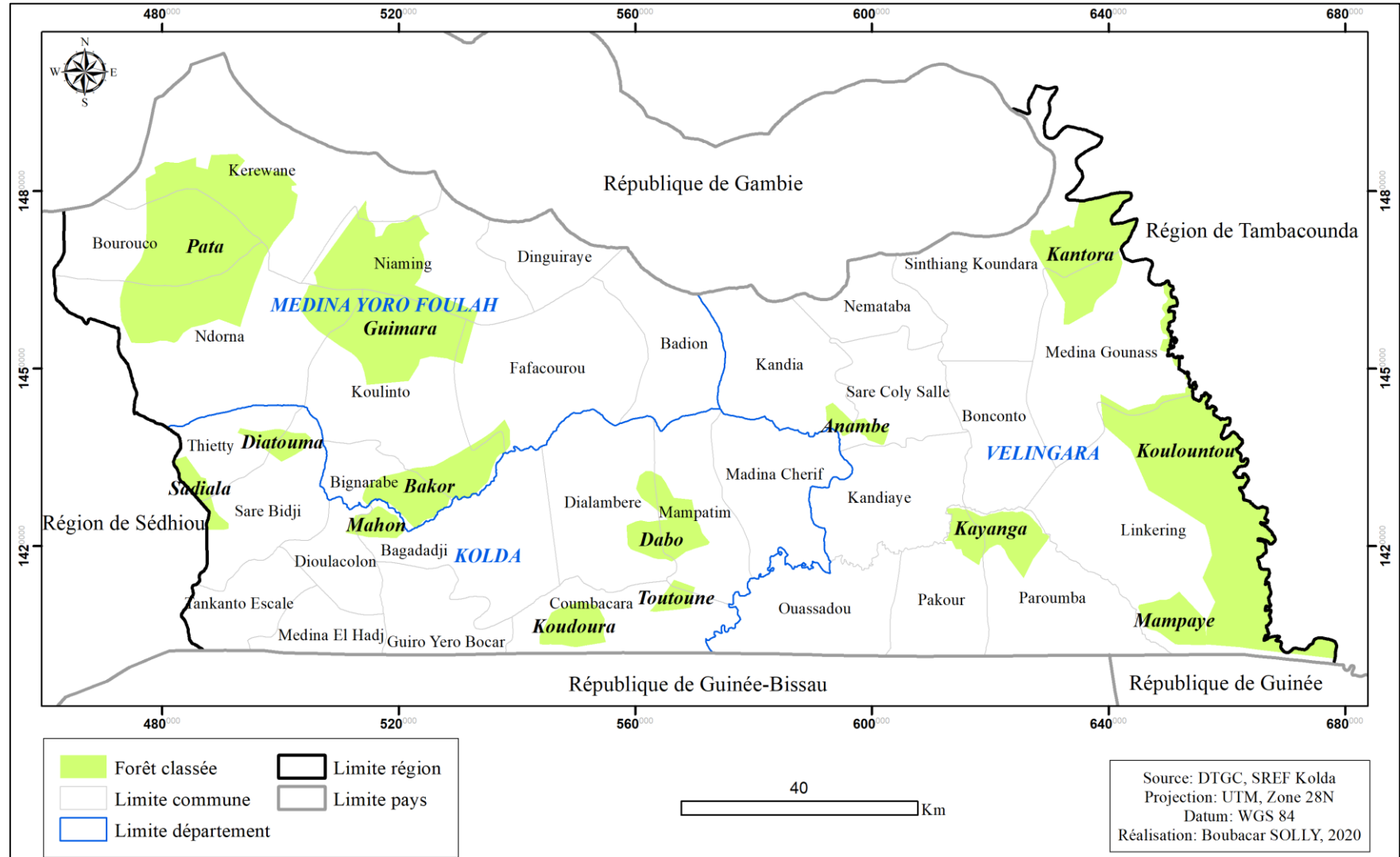
Deux outils sont mis en place pour la collecte des données socio-économiques. Il s'agit d'un questionnaire et des guides d'entretien. Ces outils ont porté globalement sur l'histoire du peuplement, les changements intervenus dans la forêt et dans le terroir, les facteurs de la dynamique et leurs impacts sur les activités agro-sylvo-pastorales et sur la diversité biologique.

La collecte de ces informations a nécessité l'adoption d'une approche qui implique le choix du nombre de localités d'enquêtes et des personnes à interroger. En effet, cette étape est très importante pour notre étude qui se veut spatio-temporelle et qui porte également sur des formations forestières qui sont souvent dynamiques. À cet effet, nous avons d'abord procédé au choix des forêts témoins qui reflètent les dynamiques globales, ensuite à celui des localités à visiter et des personnes à interroger.

❖ *Le choix des forêts témoins*

Pour mieux appréhender notre étude et choisir les localités à visiter, nous avons identifié dans un premier temps, les forêts témoins qui reflètent les dynamiques globales des formations forestières. Ce choix permet une meilleure prise en compte des différentes dynamiques spatio-temporelles. Ces forêts correspondent soit à des forêts classées, soit à des forêts aménagées, ou à celles de terroirs.

Il convient de souligner que la zone d'étude compte 14 forêts classées, trois dans le département de Médina Yoro Foulah, cinq dans celui de Vélingara et six dans le département de Kolda (carte 2).



Carte 2: Les forêts classées de la Haute-Casamance

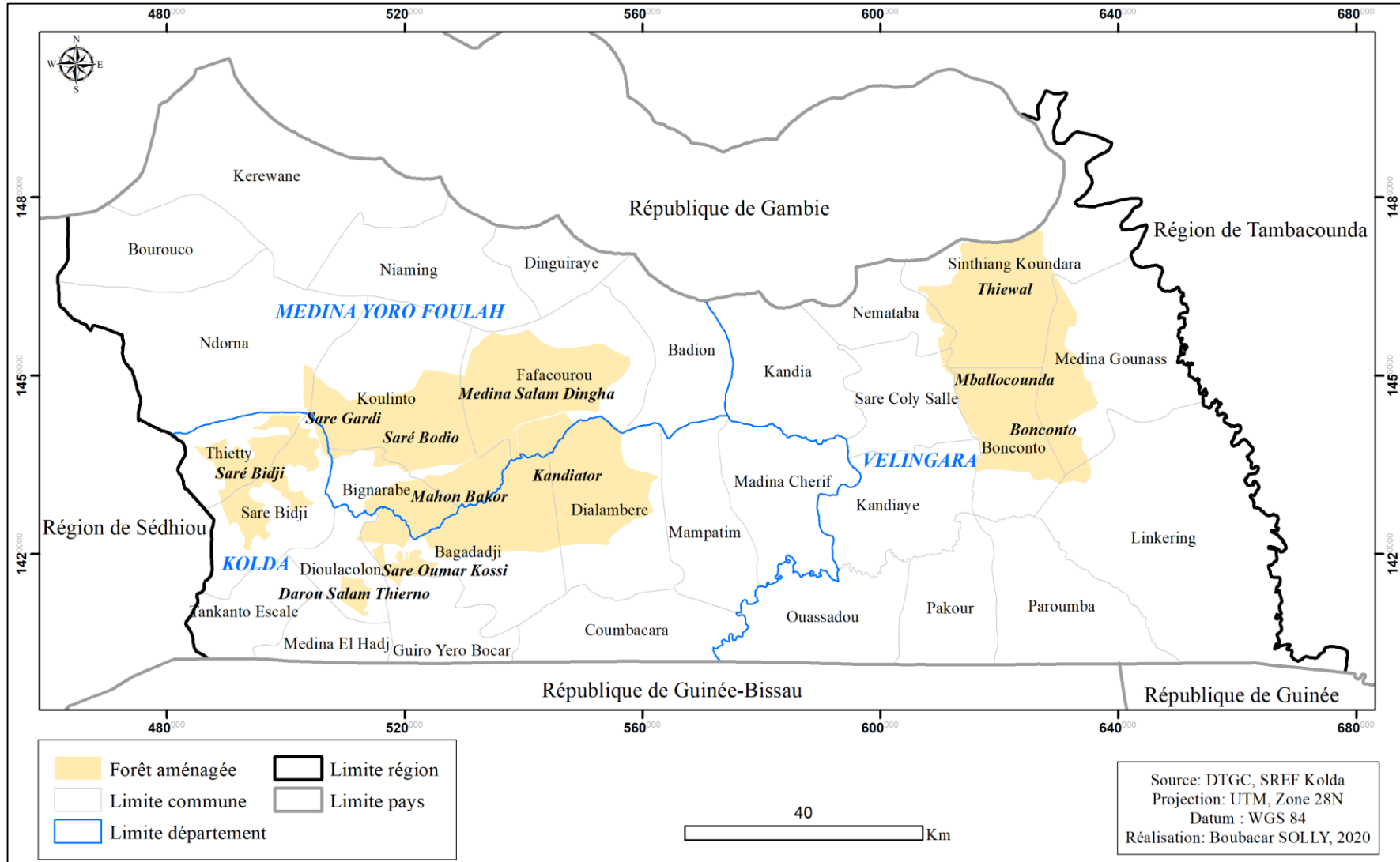
Les premières, dont Bakor et Mahon, ont été classées en 1942, huit ans avant celles de Pata, Kantora, Koudoura et Toutoune (tabl. 1). En 1951, les forêts de Koulountou, Kayanga, Diatouma, Dabo et Sadiala furent classées. Les dernières forêts à être classées sont celles de Guimara et Anambé en 1952, et Mampaye en 1953. Ces forêts couvrent une superficie totale 284 333 ha.

Tableau 1: Informations sur le classement et les superficies des forêts classées en Haute-Casamance par département

| Département | Forêts classées | Arrêté de classement | Année de classement | Superficie en ha |
|--------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|------------------|
| Médina Yoro Foulah | Bakor | N° 120 du 13.01.1942 | 1942 | 18 167 |
| | Pata | N° 4398 du 04.08.1950 | 1950 | 73 000 |
| | Guimara | N° 1490 du 03.03.1952 | 1952 | 53 000 |
| Vélingara | Kantora | N° 5830 du 24.10.1950 | 1950 | 21 125 |
| | Koulountou | N° 827 du 15.01.1951 | 1951 | 50 000 |
| | Kayanga | N° 225 du 15.01.1951 | 1951 | 16 550 |
| | Mampaye | N° 466 du 23.01.1953 | 1953 | 10 750 |
| | Anambé | N° 586 du 14.02.1952 | 1952 | 6158 |
| Kolda | Mahon | N° 2574 du 18.08.1942 | 1942 | 3270 |
| | Koudoura | N° 4669 du 22.08.1950 | 1950 | 7200 |
| | Toutoune | N° 4669 du 22.08.1950 | 1950 | 2500 |
| | Diatouma | N° 6106 du 08.11.1951 | 1951 | 4170 |
| | Dabo | N° 6182 du 12.11.1951 | 1951 | 14 400 |
| | Sadiala | N° 6181 du 12.11.1951 | 1951 | 4043 |

Source : SREF Kolda, 2014

Les forêts aménagées sont au nombre de 12 (carte 3) et couvrent une superficie de 249 023,06 ha.



Carte 3: Les forêts aménagées de la Haute-Casamance

Elles ont été aménagées par le Programme de Gestion Durable et Participative des Énergies Traditionnelles et de Substitution (PROGEDE), le Programme pour la promotion des Énergies Renouvelables, de l'Électrification rurale et l'Approvisionnement durable en Combustibles Domestiques (PERACOD), l'Agence des États-Unis pour le Développement International USAID/WULA-NAFAA, et le Programme d'Appui au Développement Economique de la Casamance (PADEC) avec le soutien et la collaboration des collectivités locales et des services de l'État (tabl. 2).

Tableau 2: Répartition des forêts aménagées de la Haute-Casamance par département

| Département | Massif | Superficie en ha | Communes gestionnaires | Année d'aménagement |
|-----------------------------|--------------------------|------------------|--|---------------------|
| Médina Yoro Foulah | Saré Gardi | 10 383 | Koulinto, Bignaraby Saré Bidji | 2005 |
| | Médina Salam Dingha | 34 000 | Fafacourou | 2013 |
| | Sare Bodio | 23 247,39 | Bignarabé, Koulinto | 2014 |
| Vélingara | Thiéwal | 31,082 | Sinthiang Coundara, Médina Gounass, Némantaba | 2005 |
| | Bonconto | 18 807 | Bonconto, Médina Gounass, Linkéring | 2007 |
| | Mballocounda | 26 518 | Bonconto, Sinthiang Koundara | 2014 |
| Kolda | Saré Bidji | 19 807 | Saré Bidji, Thiétty | 2007 |
| | Dar Salam Thierno | 2 290 | Dioulacolon | 2011 |
| | Saré Oumar Kossi | 3 194,67 | Dioulacolon, Bagadadji, Guiro Yéro Bocar | 2013 |
| Kolda et Médina Yoro Foulah | Mballocounda Saré Sissao | 4 078 | Dioulacolon | 2015 |
| | Kandiator | 54 179 | Dialambare, Bagadadji, Fafacourou | 2009 |
| | Mahon Bakor | 21,437 | Dioulacolon, Bagadadji, Dialéméré, Fafacourou, Biniarabé | 2016 |

Sources : PROGEDE, 2009 et SREF Kolda, 2014

Le PROGEDE a en effet aménagé sept forêts (Saré Gardi, Médina Salam Dingha, Saré Bodio, Thiéwal, Bonconto, Mballocounda et Kandiator) pour une superficie totale de 198 216,39 ha ; le PERACOD en a procédé à trois (Dar Salam Thierno, Saré Omar et Mballocounda Sissao)

pour une superficie totale de 9 562,67 ha ; USAID/WULA-NAFAA a aménagé la forêt de Saré Bidji sur 19 807 ha ; et le PADEC a aménagé la forêt classée de Mahon Bakor pour une superficie de 21 437 ha.

À la suite de ce travail d'identification des forêts classées et aménagées, nous avons mis en place quatre critères pour le choix de celles qui reflètent la dynamique globale. Il s'agit par ordre d'importance :

1. de la superficie totale classée ou aménagée que nous avons considérée comme petite (P) lorsqu'elle est inférieure ou égale à 10 000 ha et grand (G) lorsqu'elle est supérieure ou égale à 50 000 ha. Entre les deux, nous avons les intervalles 10 000 ha à 20 000 ha considérés comme relativement petits (RP), 20 000 ha à 30 000 ha considérés comme moyen (M) et 30 000 ha à 50 000 ha considérés comme relativement grands (RG). Par conséquent, plus la superficie est grande, plus la forêt a la chance d'intégrer l'échantillon ;
2. du nombre de localités qui se trouve à l'intérieur du périmètre de la forêt ; ce critère donne une idée du niveau d'anthropisation et d'exploitation des ressources ; plus le nombre de localités est important, plus la forêt a la chance d'intégrer l'échantillon ;
3. de l'état du couvert forestier ; ce critère est basé sur la documentation existante, sur les pré-entretiens réalisés avec les agents du SREF de Kolda, et sur un « survol » sur *Google Earth* ; plus la forêt est dégradée ou bien conservée, plus elle a la chance d'être choisie dans l'échantillon ;
4. de la position géographique de la forêt ; ce critère tient compte de la proximité des forêts par rapport aux grandes villes et aux frontières régionales et étatiques.

C'est ainsi que sur la base de ces critères, les forêts classées de Pata, Bakor, Dabo, Anambé, Kantora et Mampaye ; et les forêts aménagées de Médina Salam Dingha, Saré Bidji et Bonconto sont choisies dans notre échantillon (tabl. 3).

Tableau 3: Critères de choix des forêts classées et aménagées témoins

| Forêts | Nom | Superficie en ha | Nombre de localités | État du couvert forestier | Position géographique |
|----------|---------------------|------------------|---------------------|--|--|
| Classée | Pata | 73 000 | 55 | Forêt à l'épreuve de la déforestation | Dans le département de MYF à la frontière nord-ouest avec la Gambie |
| | Bakor | 18 167 | 0 | Forêt moins dégradée, mais sous influence des activités d'extraction venant de la ville de Kolda | Au sud-ouest de la zone d'étude et près du chef de lieu de région (Kolda) |
| | Dabo | 14 400 | 0 | Forêt relativement conservée | Dans le département de Kolda entre la commune de Dialambéré et de Mampatim |
| | Anambé | 6 158 | 3 | Forêt moins dégradée, mais sous influence de la vallée hydroagricole de l'Anambé | Au centre-est de la zone d'étude |
| | Kantora | 21 125 | 10 | Forêt à l'épreuve de la savanisation et des feux de forêt | Extrémité nord-est du département de Vélingara, non loin de la Gambie et de la région de Tambacounda |
| | Mampaye | 10 750 | 0 | Forêt moins dégradée en zone savanicole | Extrémité sud-est de la zone d'étude à la frontière avec la Guinée Conakry et du PNNK |
| Aménagée | Médina Salam Dingha | 34 000 | 24 | Forêt à l'épreuve de la savanisation et de la fragmentation | Dans le département de Médina Yoro Foulah, précisément dans la commune de Fafacourou. |
| | Saré Bidji | 19 807 | 1 | Forêt bien conservée, mais menacée | Position géostratégique par rapport à la région de Sédhiou à l'ouest et la commune de Kolda un peu plus au Sud-Est |
| | Bonconto | 18 807 | 30 | Forêt en pleine régénération | Dans le département de Vélingara entre les communes de Bonconto, Médina Gounass et Linkering |

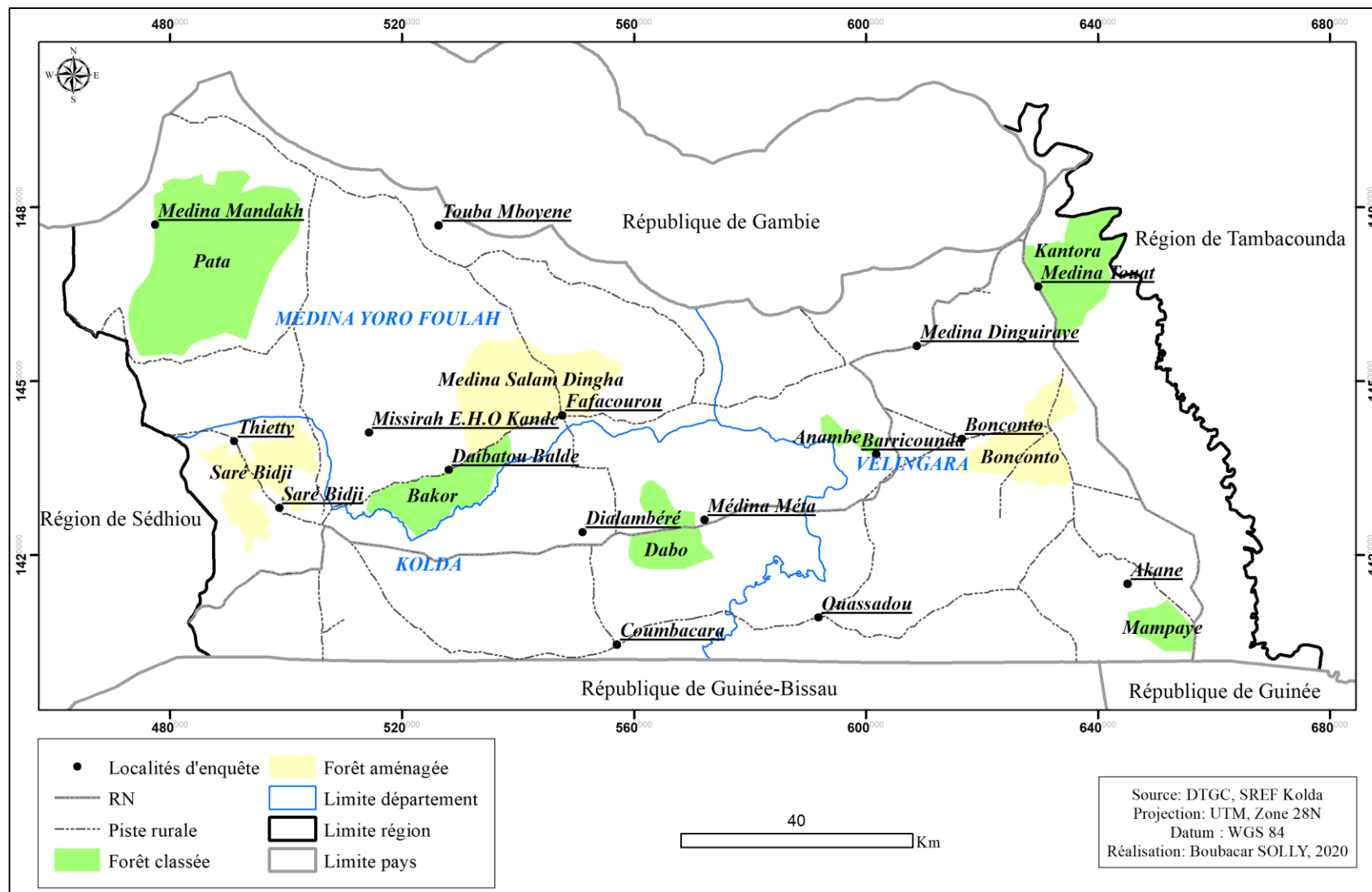
Pour les forêts de terroirs, le choix est basé sur l'état du couvert forestier déterminé à l'aide des pré-entretiens réalisés sur le terrain avec les agents du SREF. C'est ainsi que deux communes par département sont choisies dans l'échantillon. Il s'agit des communes de Dialambéré et Coumbacara dans le département de Kolda, de celles Koulinto et Niaming dans le département de Médina Yoro Foulah, et de celles de Némataba et Ouassadou dans le département de Vélingara (carte 4). Au total, 15 forêts dont 6 classées, 3 aménagées et 6 qui se trouvent hors de ces deux types de périmètres sont choisies.

❖ *Le choix des localités d'enquêtes et des personnes à interroger*

Le choix des localités d'enquêtes est basé principalement sur le poids démographique pour toucher le maximum de personnes possibles. C'est ainsi que la localité ayant le plus grand nombre d'habitants est choisie sur la base des données du dernier recensement général de la population, de l'habitat et de l'élevage de 2013 de l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD). Exceptionnellement, pour les forêts de Mampaye, Bakor et de Dabo, dans lesquelles il n'y a aucune localité dans les périmètres, la localité la plus proche du site est choisie dans l'échantillon. Dans les forêts aménagées, les chefs-lieux de communes gestionnaires sont ciblés. Au total, 16 localités ont été retenues (carte 4).

La méthode d'échantillonnage utilisée pour les enquêtes est de type aléatoire simple. Elle consiste à choisir des individus de sorte que chaque membre de la population ait une chance égale de figurer dans l'échantillon (Diatta et Diouf, 2013). L'unité d'échantillonnage choisie est le ménage. L'unité de sondage retenue est le chef de ménage. Egalement, les plus âgés sont ciblés pour prendre en compte l'aspect temporel de l'étude. Le choix des chefs de ménages et des plus âgés aussi s'explique du fait qu'ils sont la cible qui détient souvent le plus d'informations en milieu rural. Le taux de sondage des ménages enquêtés par localité est de 20 % (tabl. 4).

En règle générale, la taille de l'échantillon d'une enquête est un compromis entre le degré de précision à atteindre, le budget de l'enquête, le temps disponible et toutes les autres contraintes opérationnelles. Toutefois, pour atteindre un certain degré de précision, la taille de l'échantillon repose sur les caractéristiques à étudier, le nombre de ménages et la méthode d'échantillonnage. Selon Dièye (2011), pour un bon échantillonnage, la taille de l'échantillon doit être supérieure à trente individus ; elle doit également prendre en compte le degré d'homogénéité de la population étudiée et varier entre 100 et 1000 individus.



Carte 4: Localisation des localités d'enquêtes

Tableau 4: Nombre de chefs de ménages enquêtés selon les localités choisies

| Domaine | Forêt | Localités choisies | Nombre de ménages | Nombre de chefs de ménages interrogés |
|-----------------------------|---------------------|--|-------------------|---------------------------------------|
| Classé | Pata | Médina Mandakh | 233 | 47 |
| | Bakor | Daibatou Baldé (Daibatou Bacor) | 28 | 6 |
| | Dabo | Médina Méta | 58 | 12 |
| | Anambé | Baricounda | 23 | 5 |
| | Kantora | Médina Touat | 140 | 28 |
| | Mampaye | Akane | 85 | 17 |
| Aménagée | Médina Salam Dingha | Fafacourou | 82 | 16 |
| | Saré Bidji | Saré Bidji | 59 | 12 |
| | | Thietty | 29 | 6 |
| | Bonconto | Bonconto | 113 | 23 |
| Non classée et non aménagée | Dialambéré | Dialambéré | 115 | 23 |
| | Coumbacara | Coumbacara | 155 | 31 |
| | Koulinto | Missirah El Hadji Omar Kande (Diambanouta) | 105 | 21 |
| | Niaming | Touba Mboyene | 106 | 21 |
| | Némabata | Médina Dinguiraye | 142 | 28 |
| | Ouassadou | Ouassadou | 215 | 43 |
| Total | | | 1688 | 339 |

Notre échantillon total est de 339 ménages. Il a été obtenu en appliquant la formule suivante pour chaque localité :

$$\emptyset = \frac{\text{Nombre de ménage par localité}}{100\%} * 20\%$$

Avec : \emptyset le nombre de chefs de ménages à enquêter ; 20 étant le taux de sondage.

En plus des enquêtes ménages, 54 entretiens ont été réalisés avec des autorités locales, des exploitants forestiers, des agriculteurs, des éleveurs et des agents du service des Eaux et Forêts, selon leur disponibilité pour recueillir plus d'informations sur la problématique abordée.

1.2.1.2. Traitement des données socio-économiques

Les données recueillies à travers le questionnaire ont été traitées par tris à plat, et par analyse bivariée et multivariée. Le logiciel de traitement utilisé est Sphinx Plus V5.

Par contre, les entretiens ont été soumis à une analyse lexicométrique pour recueillir le maximum d'informations sur la perception des populations sur les questions soulevées. C'est une méthode de traitement qui est de plus en plus courante dans les études de géographes (Andrieu, 2008 ; Diédhiou, 2019). Avec cette méthode, on peut s'intéresser qu'à l'usage des « mots », des substantifs, de l'environnement, d'un thème générique et des phonèmes (Barthelemy *et al.*, 2003). Son intérêt majeur est de traiter les textes tels qu'ils ont été recueillis ou écrits sans modification du discours. Toutefois, selon Garnier et Guérin-Pace (2010), son application nécessite de procéder à une chaîne de traitements à savoir :

1. sélectionner les mots à analyser à partir du lexique associé au corpus et éventuellement procéder à une lemmatisation du vocabulaire manuelle, assistée ou automatique selon les logiciels ;
2. construire le tableau lexical (entier ou agrégé) à partir duquel on effectuera des analyses statistiques multi variées ;
3. choisir la (les) méthode(s) de traitement (factorielle et/ou de classification) que l'on souhaite appliquer sur le corpus en fonction de l'objectif fixé.

En ce qui nous concerne, nous avons utilisé les méthodes d'aide à l'interprétation à savoir les concordances et inventaires distributionnels, la carte des sections et les segments répétés. Ces méthodes apportent des informations sur le contexte d'utilisation des mots (Salem, 1984 ; Garnier et Guérin-Pace, 2010).

En effet, les concordances consistent à restituer les parties de texte dans lesquelles un mot est utilisé sans modifier son contexte. La carte des sections permet une visualisation globale de la répartition des occurrences qui relèvent d'un type donné dans l'ensemble du corpus. Chacun des carrés de la carte des sections représente un élément particulier du texte découpé en sections. Quant aux segments répétés, ils permettent d'établir la liste de toutes les séquences de formes répétées dans le texte sans changement à différents endroits du corpus dont la fréquence totale dépasse un seuil minimal F préalablement fixé par l'utilisateur (Lafon et Salem, 1983). Ils peuvent représenter soit des locutions fonctionnant comme un seul mot, soit des équivalents en plusieurs mots de formes fléchées, soit les produits d'une rhétorique de la répétition (Salem, 1984).

1.2.2. Reconnaissance des principales formations forestières

La reconnaissance des différentes formations forestières que l'on rencontre dans la zone d'étude est une étape importante pour la cartographie. Cette reconnaissance doit se fonder sur des descriptions précises. Ainsi, en Afrique, particulièrement au Sénégal, plusieurs descriptions ont été élaborées. Il s'agit de celles dites de : Yangambi (Aubréville, 1957, 1965, 1970 ; Trochain, 1957 ; Boughey, 1957 ; Michel, 1973 ; Descoings, 1978), Adam (1956, 1966), Schnell (1970, 1971), White (1986), Fredericksen et Lawesson (1992) et Di Gregorio et Jansen (1998).

Les descriptions issues de la conférence de Yangambi se fondent sur des caractéristiques purement physiologiques à savoir la hauteur et la densité des arbres (Aubréville, 1957 ; Descoings, 1978). Elles permettent de reconnaître dans la nature les types de végétation (Aubréville, 1965). Ces descriptions constituent une référence mondiale, particulièrement adaptée à l'Afrique (Trochain, 1957) et à la cartographie au Sénégal, au point d'avoir été utilisée par plusieurs auteurs (Stancioff *et al.*, 1986 ; CSE, 1996 ; Guèye, 2010 ; CILSS, 2016 ; Sané, 2017 ; Sylla *et al.*, 2019).

Les descriptions d'Adam (1956, 1966) se fondent sur des caractéristiques physiologiques basées essentiellement sur le taux de recouvrement du sol par la couronne des arbres et des arbustes. Elles ne concernent que le Sénégal et trouvent également ses fondements dans les descriptions de Yangambi. Les descriptions d'Adam (1956, 1966) semblent particulièrement adaptées pour l'inventaire des forêts au point d'avoir servi de référence dans plusieurs travaux en Haute-Casamance et dans le Parc National de Niokolo Koba (Traoré, 1997 ; Mbow, 2000 ; Sambou, 2004).

Les descriptions de Schnell (1970, 1971) se basent sur des caractéristiques physiologiques, écologiques et biologiques pour décrire les différentes formations forestières. Elles sont inspirées des propositions de Aubréville (1965).

Les descriptions de White (1986) se fondent sur des caractéristiques physiologiques selon les régions floristiques ou phytocories. Les fondements de ces descriptions sont également issus de celles de Yangambi. Toutefois, selon White (1986), la physiologie couvre tous les aspects de la structure de la végétation ; même si, la plupart des descriptions reposent en grande partie sur un nombre limité de caractères comme la hauteur, la densité, la présence d'épines, la caducité du feuillage, entre autres. Ses descriptions semblent plus adaptées pour les études en rapport avec le climat (Hountondji, 2008 ; Djoufack-Manetsa, 2011).

Les descriptions de Fredericksen et Lawesson (1992) se fondent sur une analyse de plusieurs variables de terrain et d'images satellitaires NOAA-AVHRR. En effet, ces auteurs préconisent une description des paysages végétaux appelés « biozones » en référence aux définitions de Soriano et Paruelo (1992).

Les descriptions de Di Gregorio et Jansen (1998) se basent sur des caractéristiques physiologiques et structurales. Il s'agit en réalité de la classification dite de la FAO ou Land Cover Classification System (LCCS).

À la lumière de cette analyse bibliographique sur les descriptions des formations forestières, nous pouvons noter qu'il n'y a pas un consensus réel sur les critères de description des formations forestières en Afrique. Selon Traoré (1997), la principale difficulté réside sur le fait que quand certains auteurs privilégient les critères physiologiques, d'autres préconisent des critères écologiques, climatiques et biologiques. Diédhiou (2019) ajoute que la plupart de ces définitions n'intègrent pas l'homme. Or, au-delà de leur croissance naturelle qui se fait sur la durée, les forêts sont avant tout une ressource que les hommes ont appris à organiser et à gérer pour répondre à leurs besoins.

Compte tenu de tout cela, la description qui nous semble la plus adaptée pour la cartographie de l'évolution des formations forestières est celle basée sur les caractéristiques physiologiques. En effet, les critères de différenciations des formations forestières à partir des images satellitaires et aériennes sont principalement la densité et la hauteur des arbres. Sur ces supports, ces critères se traduisent sur les images par des différences de couleurs, de formes et de teintes. Ainsi, partant de ces critères, les formations forestières rencontrées dans la zone d'étude peuvent être rangées en quatre types. Il s'agit de la forêt claire, de la forêt-galerie, de la savane boisée et de la savane arborée à arbustive (Trochain, 1940 ; Boudet, 1970 ; Giffard, 1974 ; Stancioff *et al.*, 1986 ; Ndiaye, 1984 ; 2000 ; Sambou, 2004 ; CSE, 2010).

La forêt claire correspond à un « peuplement ouvert avec des arbres de petite et moyenne taille dont les cimes sont plus ou moins jointives, l'ensemble du couvert laissant largement filtrer la lumière ; au sol, les graminées sont peu abondantes et peuvent être mélangées à d'autres plantes suffrutescentes ou herbacées » (Aubréville, 1957) (Photographie 1). La hauteur moyenne des arbres varie de 8 m (White, 1986) à 25 m (Da Lage et Métaillé, 2005). La forêt claire se distingue de la savane boisée par la densité et la taille des arbres avec un recouvrement du sol par les cimes des arbres et des arbustes compris entre 50 % et 75 % (Adam, 1966). Elle se

distingue également de la savane boisée par la strate arborescente qui, sans être forcément continue, apparaît suffisamment dense pour que le peuplement herbacé soit nettement différent d'un point de vue floristique de celle de la savane (Schnell, 1971). Ce type de formation était dominant dans la forêt classée de Mahon-Bacor en 1984 et en 2010 (CSE, 2010). En 1999, elle dominait dans la forêt classée de Kayanga, alors que dans celle de Mahon-Bacor, elle occupait la partie méridionale, non loin du fleuve (Sané, 2003). On l'observe également de manière continue dans le Sud-Ouest de la zone d'étude.



Photographie 1: Forêt claire à Bakor (février 2018)

La forêt-galerie est une formation fermée de forêt dense qui accompagne les cours d'eau dans les régions de formations ouvertes et de savane à la faveur de l'humidité qu'ils entretiennent (Aubréville, 1957) (Photographie 2). Selon, la même source, elle ne désigne pas à proprement parlé une formation forestière, mais un « paysage » topographique forestier qui est constitué de forêt ripicole, et suivant le cas de forêt marécageuse, de forêt périodiquement inondée, et même de forêt dense humide de terre ferme. On l'observe principalement le long de la partie Sud de la forêt classée de Bakor, le long du cours d'eau de la Koulountou et dans certains endroits au Sud-Est de la zone d'étude.



Photographie 2: Forêt-galerie à Ouassadou (mars 2018)

La savane boisée est une formation « d'arbres et arbustes formant un couvert clair laissant largement passer la lumière » (Da Lage et Métaillé, 2005) (Photographie 3). Elle indique, avec la savane arborée, la présence simultanée d'arbres et d'arbustes. Sauf que, dans la savane arborée les ligneux sont disséminés alors que dans la savane boisée, ils forment un couvert généralement clair (Descoings, 1978). Le recouvrement des sols par les cimes des arbres et des arbustes varie entre 25 % et 50 % avec une strate herbacée toujours présente et la taille des arbres pouvant atteindre 12 m de hauteur (Adam, 1966). Cette formation était dominante avec la savane arborée dans le bassin de l'Anambé (Stancioff *et al.*, 1986). De même, elle dominait dans la forêt classée de Mahon-Bacor en 1999 (Sané, 2003), et dans celles de Mampaye et Kantora durant la même année (Sambou, 2004). On l'observe quasiment dans tout le centre de la zone d'étude.



Photographie 3: Savane boisée dans le Parc National du Niokolo Koba (mars 2018)

La savane arborée à arbustive correspond à un peuplement d'arbres et d'arbustes disséminés (Descoings, 1978) (Photographie 4). Il s'agit pour la savane arborée, d'une formation avec des arbres et arbustes disséminés dans le tapis graminée, et pour la savane arbustive, d'une formation caractérisée par la présence d'une strate herbacée continue (Aubréville, 1957). Selon Adam (1966), les arbres sont plus abondants dans la savane arborée que 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 Métaillé (2005) estiment le taux de recouvrement à moins de 30 %. Elles correspondent à l'unité cartographique dominant dans les plaines inondables de la forêt classée de Koulountou dans les années 80 (Stancioff *et al.*, 1986). Selon la même source, elle représente les divers stades de dégradation de la forêt originelle sèche soudanaise. Ces principales caractéristiques sont la diminution de la densité des arbres et la présence d'un étage arbustif dominé par la famille des *Combretaceae*. Associées à la savane boisée, la savane arborée à arbustive était le couvert dominant dans les forêts classées de Guimara, Anambé et Dabo en 1999 (Sané, 2003). De même, ces formations étaient dominantes dans le Parc National de Niokolo Koba (Schneider et Sambou, 1982 ; Traoré, 1997 ; Mbow, 2000) dont 50 000 ha sont occupés par la forêt classée de Koulountou. C'est une formation qui est toujours dominante dans ce domaine classé (ANAT, 2018). On l'observe également le long de la frontière avec la Gambie, entre les surfaces agricoles et la savane boisée.



Photographie 4: Savane arborée à arbustive dans le Sinthiang Coundara (avril 2018)

La reconnaissance des formations forestières sur le terrain s'est faite par le relevé de coordonnées géographiques, avec un GPS de type Garmin eTrex 30x.

1.2.3. Les relevés GPS

En télédétection, les relevés GPS sur les entités à cartographier sont nécessaires pour la validation des cartes. Pour ce faire, un minimum de 10 points, qui nous semble suffisant, a été relevé sur chaque classe d'occupation du sol identifiée sur le terrain, et plus particulièrement sur les formations forestières. Lors des relevés, une fiche d'observation a été mise en place. Celle-ci renseigne les coordonnées géographiques, le type d'occupation des sols et la localité la plus proche. Dans certains sites, nous avons procédé à la mesure de la hauteur des arbres à partir d'un dendromètre SUUNTO et d'une estimation de la densité pour différencier nettement la forêt claire de la savane boisée. Ainsi, connaissant les formations forestières à partir des travaux de terrain, leurs caractéristiques spatiales et spectrales sont relevées à partir des procédures d'analyse d'images de télédétection.

1.3. La télédétection, une approche privilégiée pour la cartographie à l'échelle globale

Pour cartographier et quantifier l'évolution des formations forestières à l'échelle de toute la Haute-Casamance, nous avons eu recours aux données de télédétection. Leur utilisation s'articule autour de leur acquisition et de leur traitement.

1.3.1. La cartographie multidates

La cartographie à plusieurs dates de la dynamique des formations forestières a nécessité l'acquisition et le traitement des données géo-spatiales.

1.3.1.1. L'acquisition des données géo-spatiales

L'acquisition des données géo-spatiales implique le choix du satellite et de la résolution, celui des images ainsi que des dates de prise de vues.

1.3.1.1.1. Le choix du satellite et de la résolution spatiale

En télédétection, plusieurs types d'images sont utilisés en fonction de l'échelle d'analyse et des objectifs que l'on se fixe. À l'échelle continentale ou celle des grandes régions (1/10 000 000 à 1/1 000 000), les images satellitaires NOAA-AVHRR, MODIS, et Spot 4 VÉGÉTATIONS sont privilégiées (Gond *et al.*, 1997 ; Tsayem Demaze, 2002 ; Dessay, 2006 ; Lecerf, 2008 ; Djoufack-Manetsa, 2011). À l'échelle moyenne, c'est-à-dire nationale ou régionale (1/1 000 000 au 1/250 000), les images Landsat et Spot sont privilégiées (Tappan *et al.*, 2004 ; Touré, 2013 ; CSE, 2015 ; CILSS, 2016 ; Cabral et Costa, 2017 ; Sylla *et al.*, 2019 ; Solly *et al.*, 2020a). Leur résolution spatiale allant de 30 à 10 m leur donne l'avantage de fournir des informations sur les caractéristiques phénologiques et physiologiques de la végétation (Janodet et Blasco, 1993). De plus, ces images permettent de couvrir une zone donnée en peu de temps, de réduire les coûts, de décrire visuellement une situation donnée et son évolution, et d'évaluer rétrospectivement les changements (Lenco, 1979 ; Pain-Orcet *et al.*, 1998 ; Koch, 2013). En plus de leur aspect numérique, leur couverture très étendue et leur mode d'acquisition constituent des atouts pour l'extraction de l'information spatiale (Ouerdani, 1993).

Partant de ce constat, nous avons eu recours aux images Landsat. Ce satellite a l'avantage de couvrir notre zone d'étude, avec une disponibilité des images, leur gratuité sur internet (<http://earthexplorer.usgs.gov/>, <http://glovisusgs.gov/>), et présentant une résolution spatiale de 15 m pour les bandes panchromatiques, 30 m pour les bandes multispectrales et 120 m pour les bandes thermiques. Ces résolutions, particulièrement celle des bandes multispectrales, sont suffisantes pour cartographier et quantifier l'évolution spatio-temporelle des formations forestières à l'échelle de la Haute-Casamance.

1.3.1.1.2. Le choix des images et des dates de prise de vue

Pour le choix des images et des dates de prise de vue, quatre critères sont mis en place. Il s'agit de la disponibilité et de la qualité, de l'année d'acquisition et de la saison.

✓ *La disponibilité et la qualité des images*

Deux scènes sont nécessaires pour couvrir la zone d'étude. Il s'agit de la scène p203-r051 et de la scène p204-r051 (fig. 1).

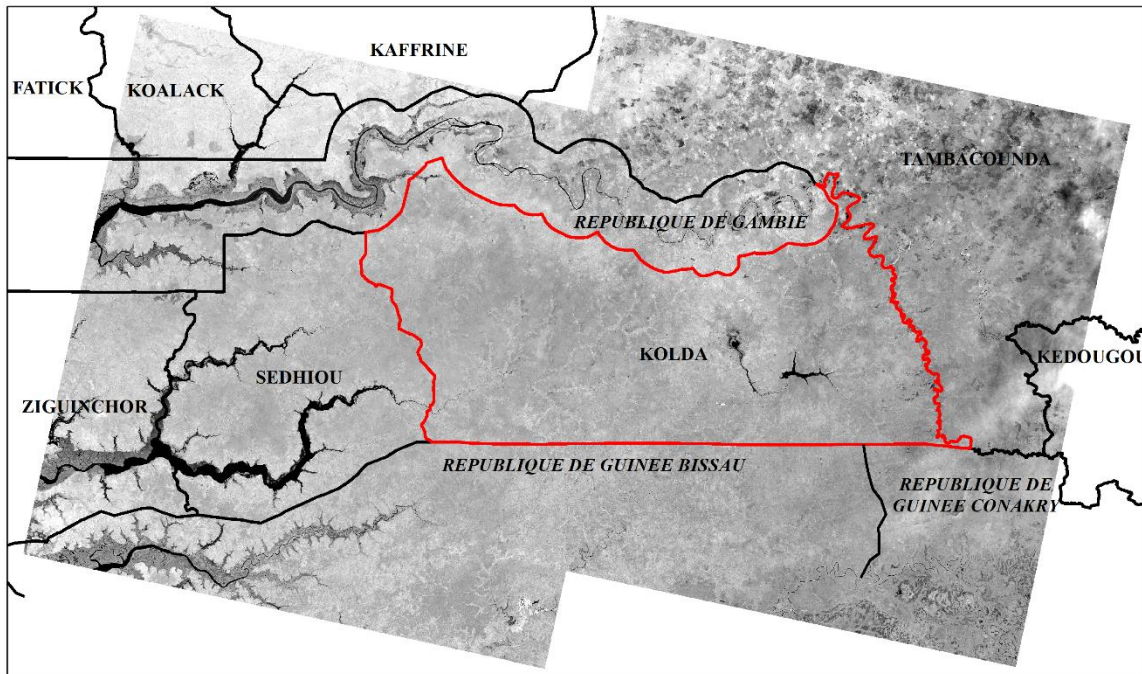


Figure 1 : Images satellitaires Landsat nécessaires pour couvrir la zone d'étude (scènes p204-r051 à gauche et p203-r051 à droite)

Pour la scène p203-r051, entre les périodes 1972-1985, 1991-1998 et 2003-2012, les images disponibles sont parfois couvertes de nuages, de rubanements systématiques, de lignes manquantes ou d'importants brûlis. Or, lorsque l'objet d'étude porte sur la dynamique des ressources ligneuses, la question de la qualité des données est tout aussi inévitable que celle de leur disponibilité, surtout quand elle concerne une région où le contraste saisonnier et la variabilité météorologique sont importants (Diédhiou, 2019). Selon Stancioff *et al.*, (1986), le manque d'image Landsat durant les années 1982-1985 a empêché toute estimation précise des progrès de la désertification au Sénégal durant cette période. Concernant les brûlis, il convient de noter que la scène p203-r051 est très souvent affectée pendant une bonne partie de l'année. Cela peut non seulement conduire à la sous-évaluation des unités paysagères concernées, mais aussi pourrait brouiller les signatures spectrales des objets, notamment les classes de végétation.

Par contre, la scène p204-r051 présente moins de problèmes sauf pour les périodes 1990 à 1998 et 2003 à 2012. En effet, durant la période 1990 à 1998, peu d'images Landsat sont

disponibles. Cette situation peut s'expliquer par l'échec de Landsat 6 juste après son lancement en 1993 et son remplacement par Landsat 7 qu'à partir de 1999. Durant la période 2003-2012, les images disponibles sont soit couvertes de rubanements systématiques, de lignes manquantes, d'importants brûlis ou de nuages. Ce problème de disponibilité des images de bonne qualité a été souligné dans l'étude de la dynamique des ressources naturelles de la région de Sédhiou (Touré, 2013), dont une bonne partie de la scène couvre la région de Kolda.

✓ *L'année d'acquisition des images*

Pour une étude liée à la dynamique, un certain écart temporel entre les images est nécessaire. Dans la présente étude, cet écart est défini en rapport avec les différentes périodes d'évolution de la pluviométrie et des épisodes migratoires enregistrées dans la zone. Il s'agit pour l'évolution de la pluviométrie, de la décennie avant 1970, considérée comme humide, des décennies 1970 à 1990 globalement sèches, et celle à partir de 2000, considérée comme relativement humide (Bodian, 2014 ; Sambou *et al.*, 2018 ; Mballo *et al.*, 2020). Concernant les périodes migratoires, Sidibé (2005) et Fanchette (2011) ont montré qu'ils ont globalement débuté de la fin de la décennie 1970 jusqu'au début de la décennie 2000, et se sont faites en plusieurs phases : avant 1978, 1983-1989 et 1994-1998.

✓ *La saison d'acquisition des images*

La cartographie de la dynamique des formations forestières semble délicate si la saison d'acquisition des images n'est pas bien prise en compte. De plus, notre cartographie repose sur les variations spatiales et temporelles des signatures spectrales. Or, durant la saison des pluies (juin à fin octobre le plus souvent), l'activité photosynthétique est importante. Cette situation pourrait conduire à des erreurs de cartographie entre les formations forestières. De même, les images prises durant cette période sont souvent couvertes de fort taux de nuages ; ce qui conduirait à sous-évaluer certaines unités paysagères. Dès la fin de la saison des pluies (novembre au début du mois de janvier), l'activité photosynthétique devient moins importante ainsi que la présence de nuage sur les images. Les images prises durant cette période sont en général les plus utiles. En réalité, la strate herbacée dégénère avant que la majorité des espèces ligneuses ne perdent leurs feuilles. Cela se traduit par un bon contraste spectral entre les différentes formations forestières. Ce qui n'est pas souvent le cas durant la période allant de la fin du mois de janvier au mois de mai. Parce que, durant cette période, l'activité

photosynthétique devient faible, les feux de brousse deviennent importants et les confusions entre les formations forestières augmentent sur le plan cartographique.

Compte tenu de tout cela, nous avons privilégié les images prises entre le mois de novembre et décembre. Aussi, pour pallier la différence de radiométrie qui peut subsister entre les images des deux scènes pour une même date de prise de vue nécessaire pour couvrir la zone d'étude, il est important que les images soient choisies durant le même mois ou bien durant des mois proches.

Sur la base de l'ensemble de ces critères, quatre dates de prise de vue sont retenues (tabl. 5). Il s'agit de 1987, 1999, 2010 et 2018. Les images sont du capteur TM (Thematic Mapper), ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) et OLI-TIRS (Operational Land Image et Thermal Infrared Sensor) ; et sont produites avec une résolution spatiale de 30 m.

Tableau 5: Images satellites Landsat utilisées

| Année | Date | Path | Row | Satellite | Capteur | Résolution spatiale |
|-------|-------------|------|-----|-----------|----------|---------------------|
| 1987 | 20 Nov 1987 | 204 | 051 | Landsat 5 | TM | 30 m |
| | 15 Déc 1987 | 203 | | | | |
| 1999 | 29 Nov 1999 | 204 | 051 | Landsat 7 | ETM+ | 30 m |
| | 08 Déc 1999 | 203 | | | | |
| 2010 | 16 Nov 2010 | 204 | 051 | Landsat 5 | TM | 30 m |
| | 28 Nov 2010 | 203 | | | | |
| 2018 | 11 Déc 2018 | 204 | 051 | Landsat 8 | OLI-TIRS | 30 m |
| | 04 Déc 2018 | 203 | | | | |

Le capteur TM enregistre 7 bandes spectrales dont 6 dans le visible et une dans l'infrarouge thermique. À la différence des bandes 8 et 6/2 qui s'ajoutent aux images du capteur ETM+, les deux capteurs présentent des bandes au même domaine d'utilisation. Le capteur OLI-TIRS par contre enregistre 11 bandes spectrales, dont 8 multispectrales, 1 panchromatique et 2 thermiques.

Les bandes sont utilisées dans divers domaines suivant leur longueur d'onde. D'une manière générale, les bandes multispectrales (bleu, vert, rouge, PIR et MIR lointain) sont utilisées pour étudier la végétation, les sols et l'eau. La bande du MIR proche est utilisée pour distinguer les terres humides, des terres sèches, et pour la géologie (roches et sols). Les bandes de l'infrarouge

thermique sont utilisées pour étudier le stress de la végétation et l'humidité du sol. Quant à la bande panchromatique, elle est utilisée le plus souvent pour augmenter la qualité des images. Cette connaissance des caractéristiques des bandes est nécessaire pour leur combinaison et utilisation. C'est ce qui nous amène à la phase de prétraitement et de traitement des images.

1.3.1.2. Le prétraitement et traitement des images Landsat

Le prétraitement et le traitement des images Landsat obéissent à des règles spécifiques. Pour le prétraitement, il s'agit d'opérations requises avant d'effectuer les analyses des images satellitaires prises par des capteurs différents et à différentes dates. Il porte souvent sur le redressement des images, le rééchantillonnage, la mosaïque des scènes et la combinaison des bandes. Pour ce qui est du traitement, il peut se faire principalement de deux manières différentes : par photo-interprétation (numérisation) et par classification automatique (classification supervisée ou non supervisée). Généralement, l'utilisation de chacune de ces méthodes tient compte de l'échelle d'analyse. C'est ainsi que, si d'aucuns utilisent la méthode par photo-interprétation (Guèye et Ozer, 2000 ; Sarr, 2009 ; Camara *et al.*, 2012 ; Sylla *et al.*, 2019), d'autres par contre utilisent les méthodes de classifications supervisée (Dibi N'Da *et al.*, 2008 ; Samaali, 2011 ; Touré, 2013 ; Dièye *et al.*, 2013 ; Desclee *et al.*, 2014 ; Mama *et al.*, 2014 ; Cabral et Costa, 2017 ; Kyale Koy *et al.*, 2019) ou non supervisée (Ochao-Gaona et Gonzales-Espinoza, 2000 ; Wang and Tenhunen, 2004 ; Andrieu, 2008 ; Diédhiou, 2019 ; Solly *et al.*, 2020a). Dans certaines études, ces deux types de classifications sont parfois utilisés conjointement (El Garouani *et al.*, 2008 ; Barima *et al.*, 2009 ; Adjonou *et al.*, 2010). De même, d'autres combinent la photo-interprétation à la méthode de classification automatique (Stancioff *et al.*, 1986 ; Blondel *et al.*, 1987 ; Tsayem Demaze, 2002 ; Tappan *et al.*, 2004 ; Mafhoud, 2009 ; Sarr, 2009 ; Bamba, 2010) surtout lorsqu'il s'agit d'une utilisation conjointe d'images satellitaires et aériennes.

Dans notre étude, nous avons utilisé une approche qui s'articule autour de la correction géométrique des images, du mosaïquage et de la combinaison des bandes, de l'interprétation visuelle des unités d'occupation des sols, des classifications et de leur validation.

1.3.1.2.1. La correction géométrique des images

La correction géométrique des images satellitaires est une étape clé qui précède tout traitement numérique d'images de télédétection. En effet, 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 (Joly, 1987 ; Séguis et Puech,

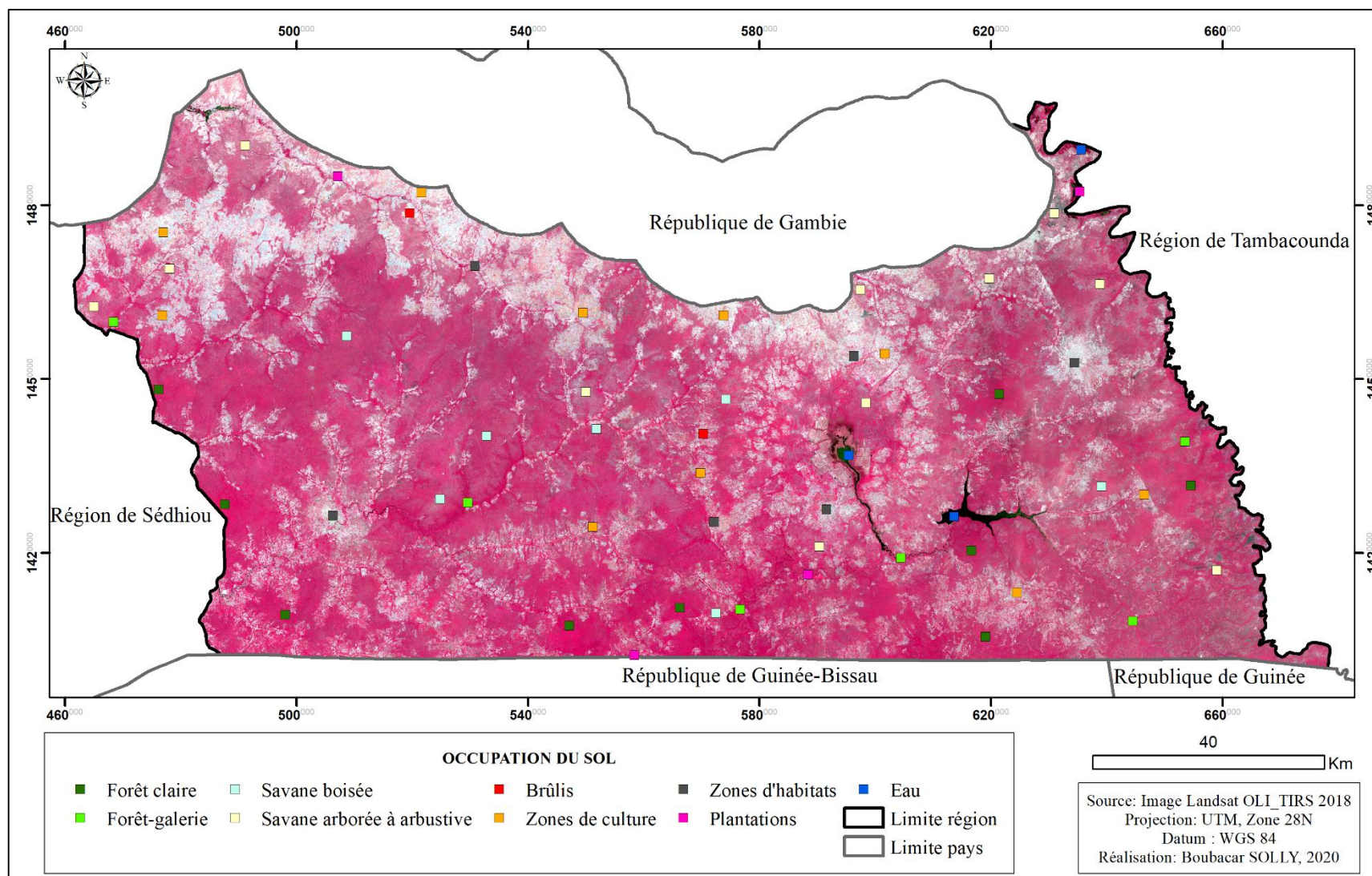
1997 ; Lagabrielle, 2003 ; Dièye, 2007). Pour cela, nous avons utilisé la méthode de géoréférencement image par image avec choix de points amers à partir d'une image de référence. Un polygone de second degré dont le nombre de points de contrôle au sol ou GCP (Ground Control Points) sélectionné est supérieur à $(n+1)^2$ est utilisé pour la correction. L'image de 2018 est utilisée comme référence en raison de son niveau d'ortho rectification réalisé par United States Geological Survey (USGS). Après la correction finale des différentes images, l'erreur résiduelle est inférieure à 0,002 pixel.

1.3.1.2.2. Le mosaïquage et la combinaison des bandes spectrales

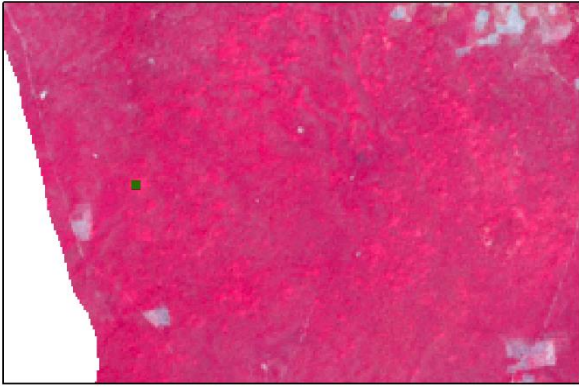
Après avoir ramené les images à la même géométrie, nous avons mosaïqué les bandes des deux scènes téléchargées pour chaque date afin d'obtenir une seule couverture pour toute la zone d'étude. Par la suite, nous avons réalisé une composition colorée en attribuant respectivement aux couleurs RGB les images suivantes : PIR, Rouge et ACP1 (Analyse en Composantes Principales 1) pour chaque date dans le but d'identifier à travers une interprétation visuelle, les unités d'occupation des sols. L'utilisation de l'ACP1 s'explique par le fait qu'elle permet de synthétiser les canaux (variables brutes). Elle permet également d'éliminer la redondance, de réduire le nombre de canaux à afficher et d'accentuer les détails radiométriques des objets.

1.3.1.2.3. L'interprétation visuelle des unités d'occupation des sols

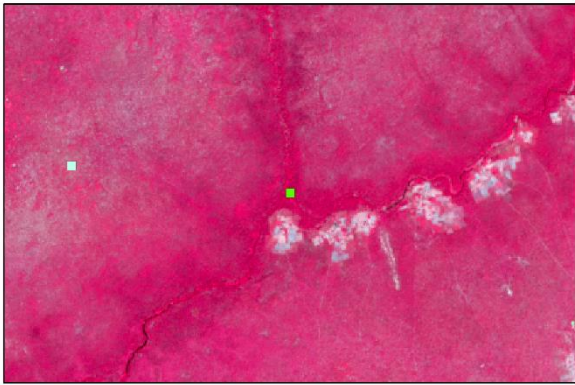
Pour l'interprétation des images, les techniques conventionnelles utilisant les caractéristiques de l'image que sont la couleur, la forme, la teinte et la texture des objets sont utilisées. Cette étape nous a permis d'identifier globalement neuf (9) classes d'occupation des sols, codées de 1 à 9. Il s'agit de la forêt claire, la forêt-galerie, la savane boisée, la savane arborée à arbustive, les brûlis, les zones de culture, les zones d'habitat, les plantations et les surfaces en eau (carte 5 et figure 2). Les brûlis correspondent aux traces de feux de brousse à la date de prise de vue des images. Les plantations correspondent principalement à celles d'anacardes et de bananeraies.



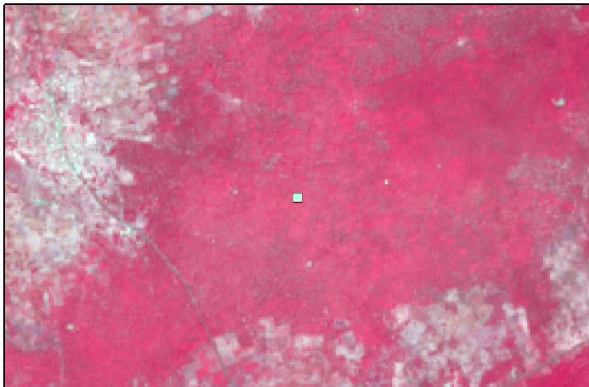
Carte 5: Identification des classes d'occupation des sols sur l'image OLI-TIRS de 2018 à partir de la combinaison de la bande du PIR, du Rouge et de l'ACP 1



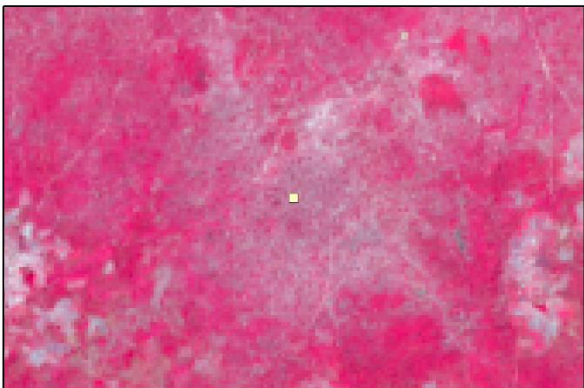
1. Forêt claire



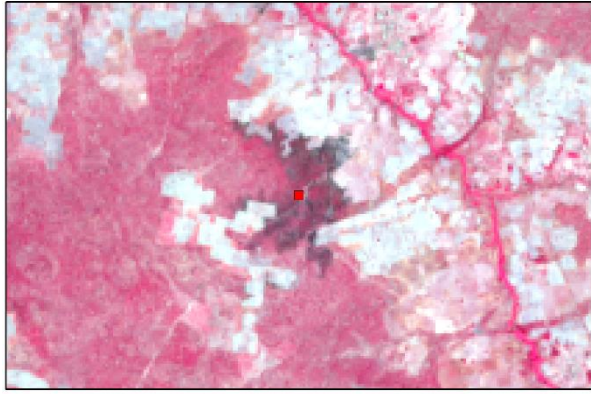
2. Forêt-galerie



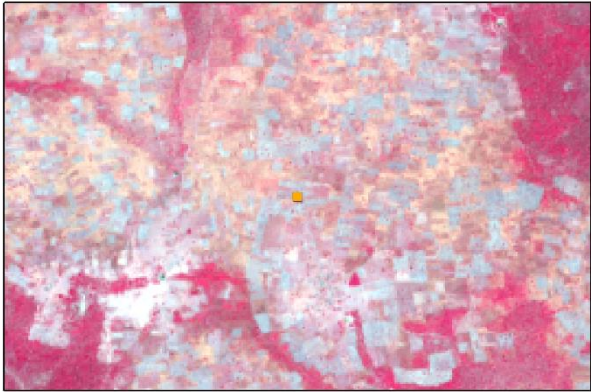
3. Savane boisée



4. Savane arborée à arbustive



5. Brûlis



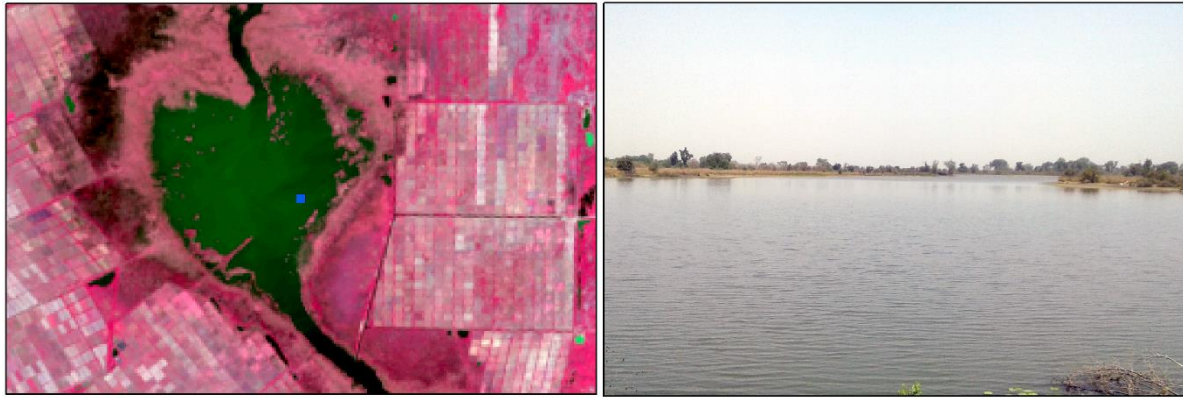
6. Zones de culture



7. Zones d'habitats



8. Plantations



9. Eau

Figure 2: Zoom sur les classes d'occupation des sols identifiées à partir de l'image Landsat OLI-TIRS 2018

1.3.1.2.4. La classification des images satellitaires Landsat

La classification est l'une des formes de traitement des images multispectrales qui consiste à effectuer la correspondance entre les éléments d'une scène de l'image matérialisés par des pixels et représentés par des valeurs radiométriques et un ensemble de classes thématiques connues a priori ou non (Joly, 1987). En télédétection spatiale, la réalisation des cartes de la végétation repose sur la possibilité de reconnaître les formations forestières à partir de leurs caractéristiques radiométriques selon les critères de classification (Janodet et Blasco, 1993). Ce qui fait que le choix du type de classification reste une étape clé.

1.3.1.2.4.1. Le choix du type et de l'algorithme de classification des images satellitaires Landsat

Il existe deux types de classification des pixels des images satellites : la classification supervisée et la classification non supervisée. 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. Ce qui n'est pas le cas de la classification non supervisée. Selon Masse (2013), la principale différence entre ces deux classifications réside principalement sur la disponibilité et l'utilisation faite de la donnée de référence.

Ainsi, nous avons choisi la classification par la méthode non supervisée en plusieurs étapes ; car ne disposant pas de vérités de terrain adaptées et nécessaires pour la classification supervisée des images de 1987, 1999 et 2010. Cette méthode de classification s'appuie uniquement sur les informations contenues dans l'image. Elle a l'avantage de regrouper les pixels d'une image en classes spectrales suivant leurs signatures et de leur assigner une signification thématique

(Idbraim, 2009). Toutefois, il est nécessaire de faire suivre ce type de classification par une étape d'interprétation des courbes radiométriques afin d'attribuer une sémantique aux classes.

Les algorithmes de classification par la méthode non supervisée sont nombreux (Karoui, 2012 ; Zullo, 2016 ; Rodes Arnau, 2016). Cependant, les plus utilisés sont *ISODATA* (Ball et Hall, 1965) et *K-means* (MacQueen, 1967). L'algorithme *K-means* est basé sur l'analyse agrégative de pixels. Il requiert la fixation du nombre de classes à extraire des données, la localisation arbitraire du nombre de noyaux et leur repositionnement par itérations successives jusqu'à leur séparation spectrale optimale. L'algorithme *ISODATA* calcule les moyennes de N classes, régulièrement distribuées dans l'espace des données. Il autorise, au cours des itérations, la fusion entre nuages proches, la division d'un nuage à variance élevée et la suppression de nuage de petite taille.

Les résultats qu'ils fournissent sont quasiment similaires (Idbraim, 2009) dans le sens où le nombre de classes doit être donné pour initialiser le processus, mais pas nécessairement leurs paramètres (Masse, 2013). Toutefois, nous avons privilégié l'algorithme K-means dans la mesure où il a l'avantage de classer chaque pixel à la classe la plus proche (Ducrot, 2005).

1.3.1.2.4.2. Les étapes de la classification des images satellitaires Landsat

❖ *La première classification sur quinze classes*

Pour une meilleure discrimination des classes, nous avons lancé la première classification sur quinze classes en utilisant l'ensemble des bandes multispectrales allant du bleu au moyen infrarouge. Les courbes de réflectance des classes résultantes sont présentées à la figure 3.

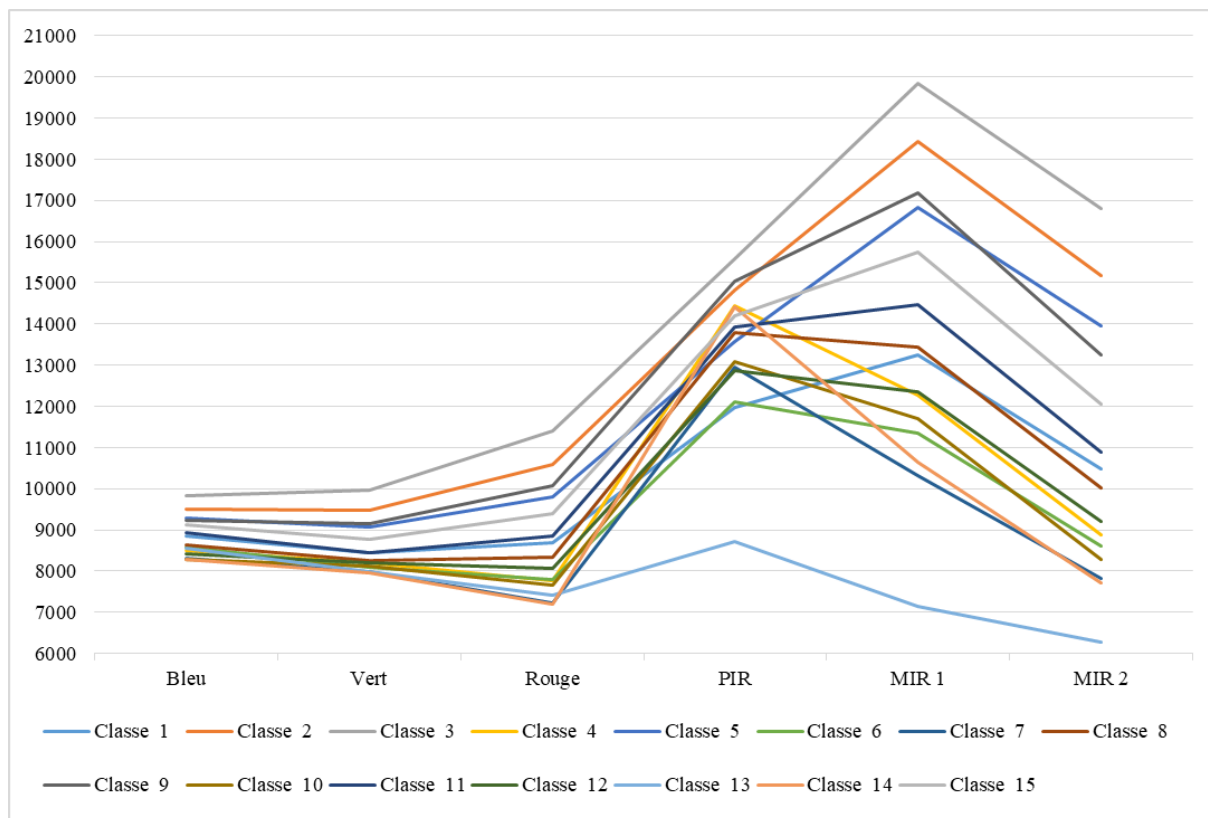


Figure 3: Histogrammes des signatures spectrales de la classification non supervisée de l'image Landsat OLI-TIRS de 2018

❖ *Règles d'interprétation des histogrammes des signatures spectrales des surfaces végétales et des sols*

Les clés d'interprétation des signatures spectrales des classes d'occupation des sols, plus particulièrement de la végétation, sont largement abordées dans la littérature (Guyot et Saint, 1982 ; Chaume et Combeau, 1983 ; Courel, 1984 ; Chamard *et al.*, 1993 ; Janodet et Blasco, 1993 ; CSE, 1996 ; Chatelain *et al.*, 2000 ; Boulogne, 2016 ; Diédhiou, 2019). Il ressort de ces travaux que les surfaces naturelles se caractérisent par de très importantes variations de la réflectance selon la longueur d'onde. En effet, la réponse spectrale de la végétation dépend, entre autres, de la pigmentation, de la structure physiologique et du contenu en eau de la plante (Guyot, 1989). Les pigments dans les feuilles des plantes absorbent la lumière du visible tandis qu'une structure dense des plantes reflète fortement la lumière infrarouge. C'est ce qui fait que la végétation en période d'activité chlorophyllienne réfléchit fortement dans le proche infrarouge (Girard et Girard, 2010). En outre, plus elle est dense, plus sa réflectance dans le vert et dans le proche infrarouge est forte. Par contre, sa réflectance reste faible dans le bleu et dans le rouge.

Lorsqu'elle connaît un stress hydrique, son contenu en chlorophylle diminue, entraînant une augmentation de sa réflectance dans le visible, avec des valeurs proches de celles de l'infrarouge (Dessay, 2006). Dans le moyen infrarouge, c'est-à-dire au-delà de 1,4 μm , le comportement spectral des végétaux est fonction de leur teneur en eau (Janodet et Blasco, 1993). En effet, un couvert végétal en bon état sanitaire présente de fortes diminutions de sa réflectance autour de 1,45 μm et de 1,9 μm . Plus la teneur en eau de la couverture au sol est importante, plus la réflectance devient faible (Andrieu, 2008). La figure 4 donne une idée du comportement spectral de certaines végétations particulièrement dans le visible et dans le proche infrarouge.

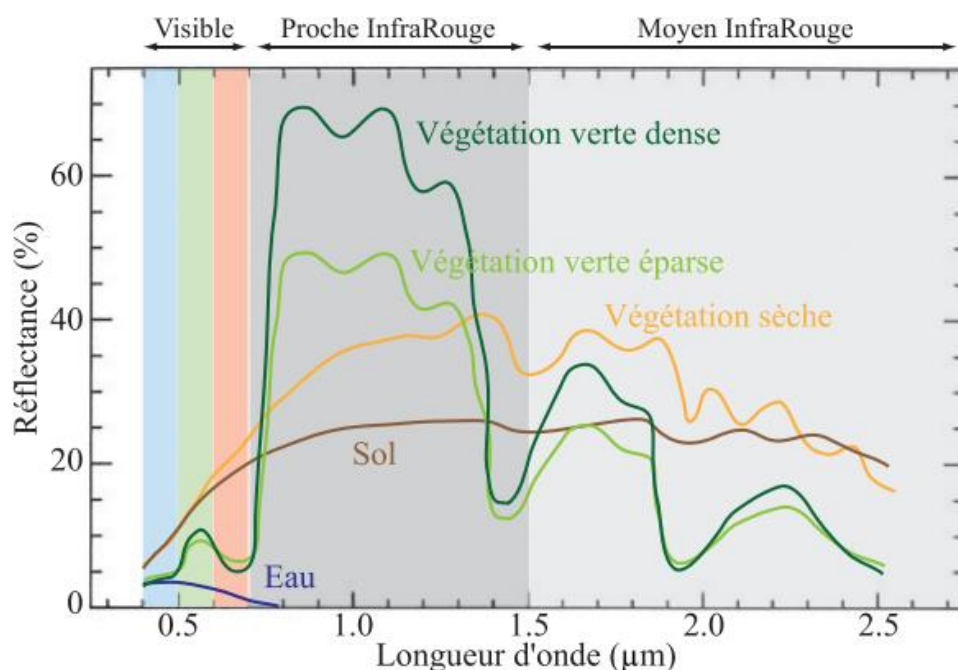


Figure 4: Signatures spectrales de la végétation [Source : Dusseux, 2014]

Quant au sol, il a une forte réflectance du visible au moyen infrarouge (Courel, 1984). Selon la même source, dans le visible, particulièrement dans le rouge qui correspond à l'intervalle 0,63-0,69 μm , ses valeurs de réflectance sont habituellement plus élevées que celles de la végétation. Par contre, dans le proche infrarouge, elles sont couramment plus faibles (Chaume et Combeau, 1983). Concernant l'eau, elle a une forte réflectance dans les longueurs d'ondes du visible particulièrement dans le bleu, et une réflectance quasi nulle dans l'infrarouge.

❖ *L'interprétation des courbes spectrales de la classification de l'image Landsat OLI-TIRS de 2018 et regroupement des classes*

L'analyse des histogrammes des courbes spectrales de la classification de l'image Landsat OLI-TIRS de 2018 (fig. 3) montre une faible réflectance dans le rouge et dans le moyen infrarouge lointain (MIR 2) pour les courbes 7 et 14 et une forte réflectance dans le proche infrarouge (PIR) surtout pour la courbe 14. Elles ont l'allure d'une végétation saine assimilable à la forêt claire. Leur principale différence avec les courbes 4, 6 et 10 se trouve sur le niveau de réflectance dans le PIR, relativement moins élevée. En plus, du PIR au moyen infrarouge proche (MIR 1), ces dernières ont une faible tendance à la baisse. Elles ont l'allure de la végétation saine cette fois-ci assimilable à la savane particulièrement celle boisée.

Pour les courbes 8, 11 et 12, nous constatons une faible réflectance dans le rouge, et une forte réflectance dans le PIR qui dépasse très peu celles des courbes assimilables à la savane boisée. En revanche, dans le MIR leur réflectance est encore plus élevée que celles des autres courbes de végétation ; ce qui s'explique par leur faible teneur en eau. Leur allure est celle de la végétation moins saine, assimilable à la savane arborée à arbustive.

Pour ce qui est des courbes 2, 3, 5, 9 et 15, elles ont une forte réflectance du vert au MIR ; ce qui fait penser aux zones de culture. La courbe 13 a une réflectance relativement faible du bleu au rouge, relativement forte dans le PIR, et quasi nulle dans le MIR ; ce qui correspondrait à l'eau. Toutefois, sa réflectance dans le PIR indique la présence de pixels de végétation en son sein. Quant à la courbe 1, elle a une faible réflectance dans le vert et dans le rouge, et une réflectance relativement faible dans le PIR et le MIR 2. Par contre, dans le moyen infrarouge proche (MIR 1), sa réflectance est relativement importante ; ce qui laisse penser aux brûlis.

Il ressort de cette présente interprétation, six tendances (fig. 5). Les différentes classes aux signatures spectrales semblables ont été regroupées, et la nomenclature retenue leur a été assignées (fig. 6).

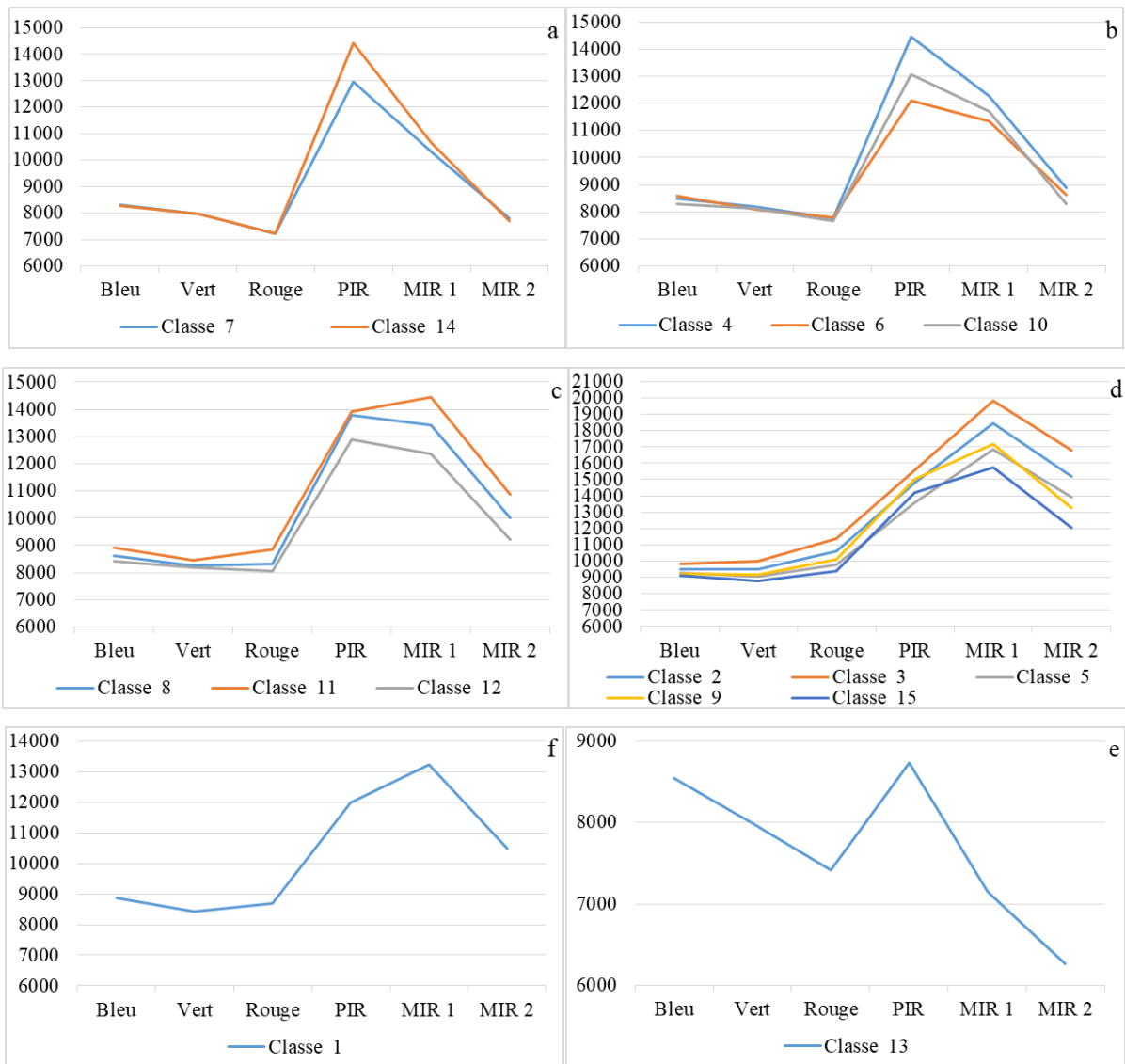
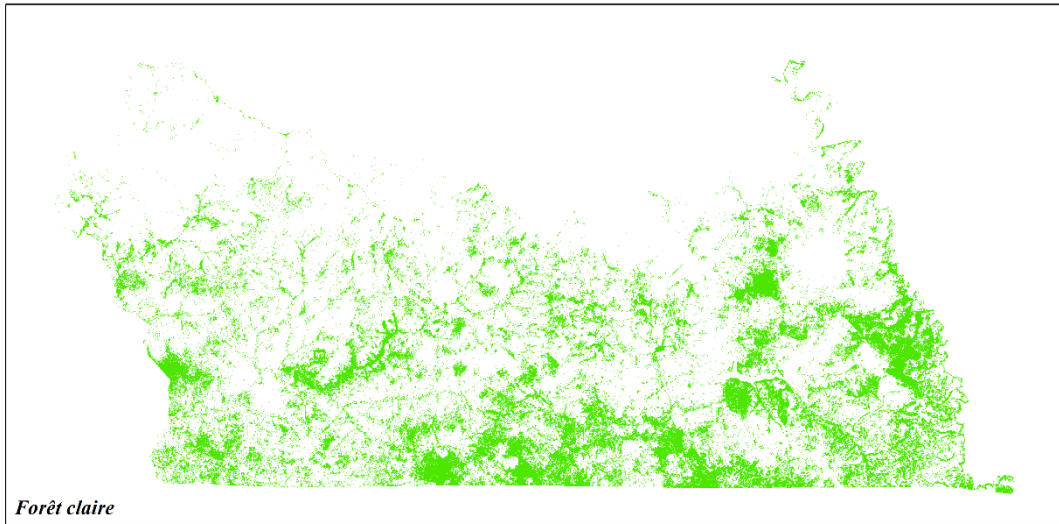
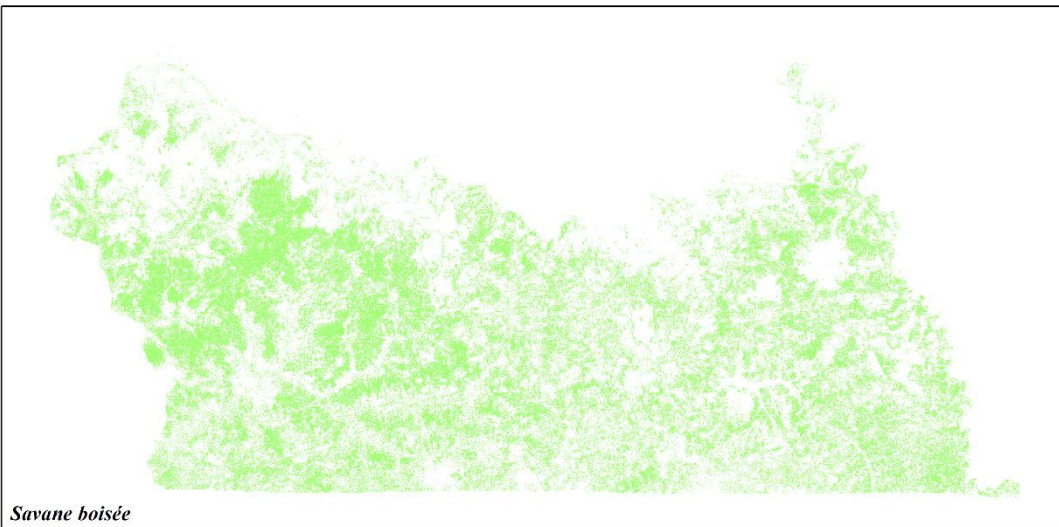


Figure 5: Profils spectraux des groupes de classes

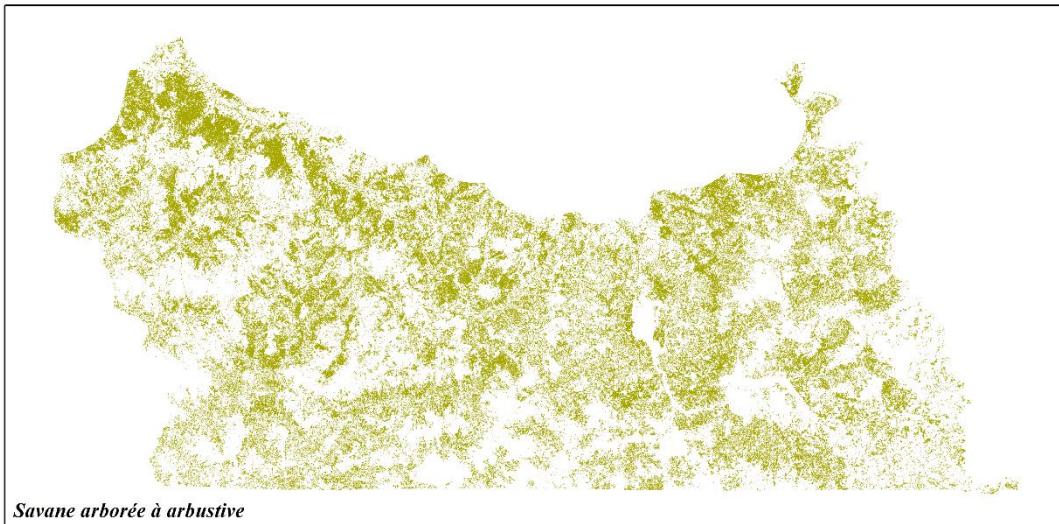
Il convient de souligner que sur les neuf (9) classes identifiées par interprétation visuelle, deux classes n'ont pu être séparées à partir de cette première classification. Il s'agit de la forêt-galerie et des plantations.



Forêt claire



Savane boisée



Savane arborée à arbustive

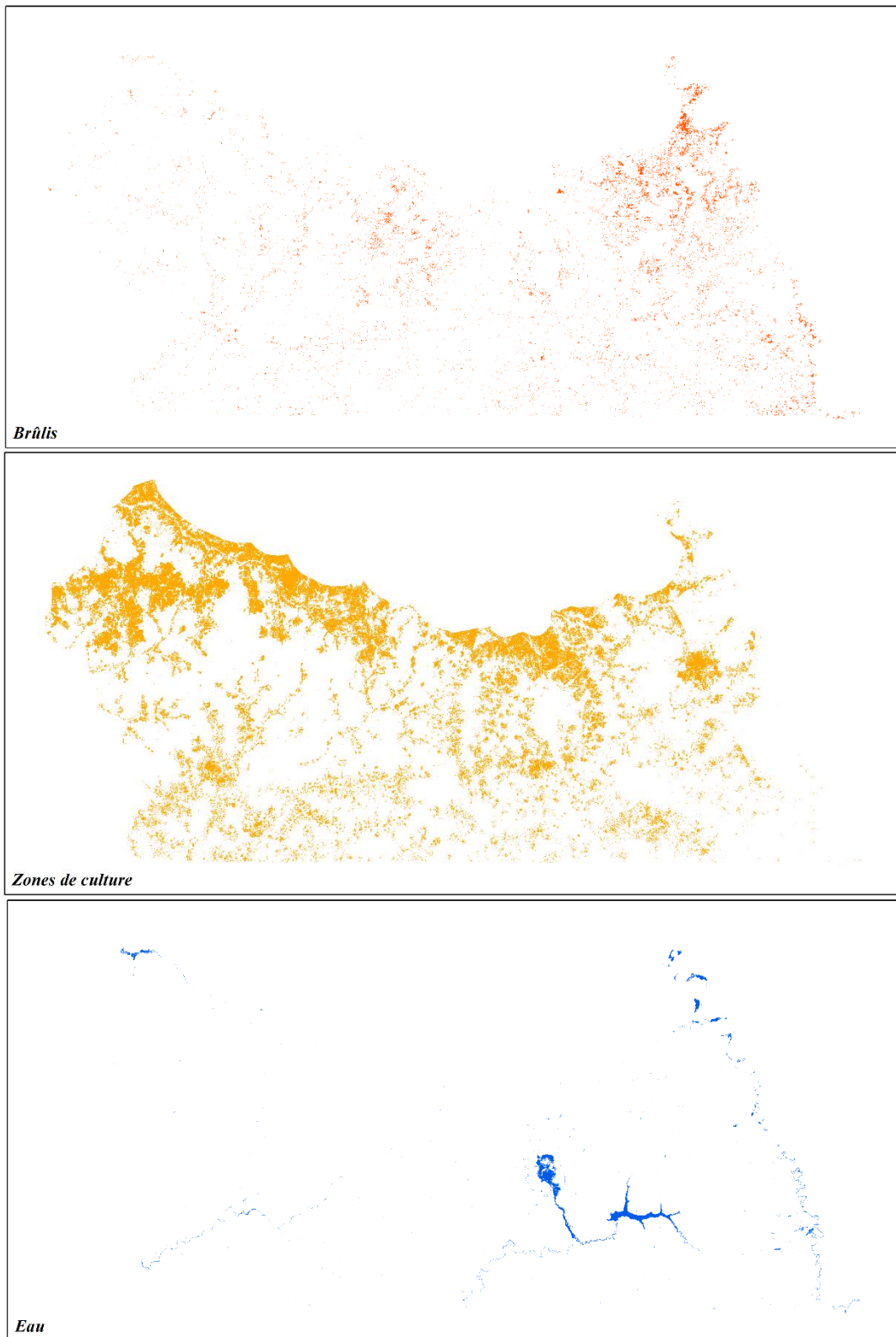


Figure 6: Regroupement des classes issues de la classification de l'image Landsat OLI-TIRS 2018

❖ *La vérification et la correction des classes par classification emboîtée*

Généralement, la première classification des images en télédétection présente toujours des erreurs qu'il faut corriger pour aller vers une cartographie précise. Pour le compte de cette étude, nous avons réalisé une classification non supervisée par emboîtement sur les classes déjà séparées à partir de la première classification (Andrieu, 2008 ; Andrieu et Mering, 2008 ; Diédhiou, 2020). Dans cette étape, ces classes sont considérées comme étant des masques. Un masque désigne a priori, le regroupement de pixels d'une même entité. Ainsi, l'objectif visé à travers la classification sur chaque masque sera de vérifier l'existence de groupes de pixels ne faisant pas partie de la classe, puis de les affecter à la bonne classe thématique. Pour ce faire, nous avons procédé comme suit : classification sur 10 classes en utilisant le masque, interprétation des signatures spectrales des courbes, regroupement des courbes suivant leurs signatures semblables et assignation de la nomenclature retenue. Cette opération s'est multipliée jusqu'à ce qu'il ne soit pas possible d'identifier un pixel n'appartenant pas au masque thématique.

- *Classification sur le masque forêt claire de l'image Landsat OLI-TIRS 2018*

Quatre allures se dessinent à partir de la classification sur le masque forêt claire (fig. 7). D'abord, nous avons les courbes 1, 2, 5, 6, 7 et 8 qui ont une faible réflectance dans le rouge, une forte réflectance dans le PIR, et un pic entrant entre le PIR et MIR, ce qui laisse suggérer la forêt claire. Ensuite, nous avons la courbe 3, dont la principale différence avec celles précédentes est sa très forte réflectance dans le PIR. Son allure laisse penser aux plantations constituées principalement dans la zone d'étude par des vergers d'*Anacardium occidentale* et de bananeraies. Puis, nous avons les courbes 4 et 10 qui présentent dans le PIR, une réflectance moins importante que celle des autres courbes, suivi d'un très léger pic (sortant) entre le PIR et le MIR1. Elles sont assimilables à la savane boisée. Enfin, nous avons la courbe 9 qui se caractérise par une forte réflectance dans le PIR avec une valeur de réflectance qui n'atteint pas celle des courbes assimilées à la forêt claire ; et une très faible réflectance dans le MIR à cause de sa forte teneur en eau. Son allure laisse visiblement penser à la forêt-galerie.

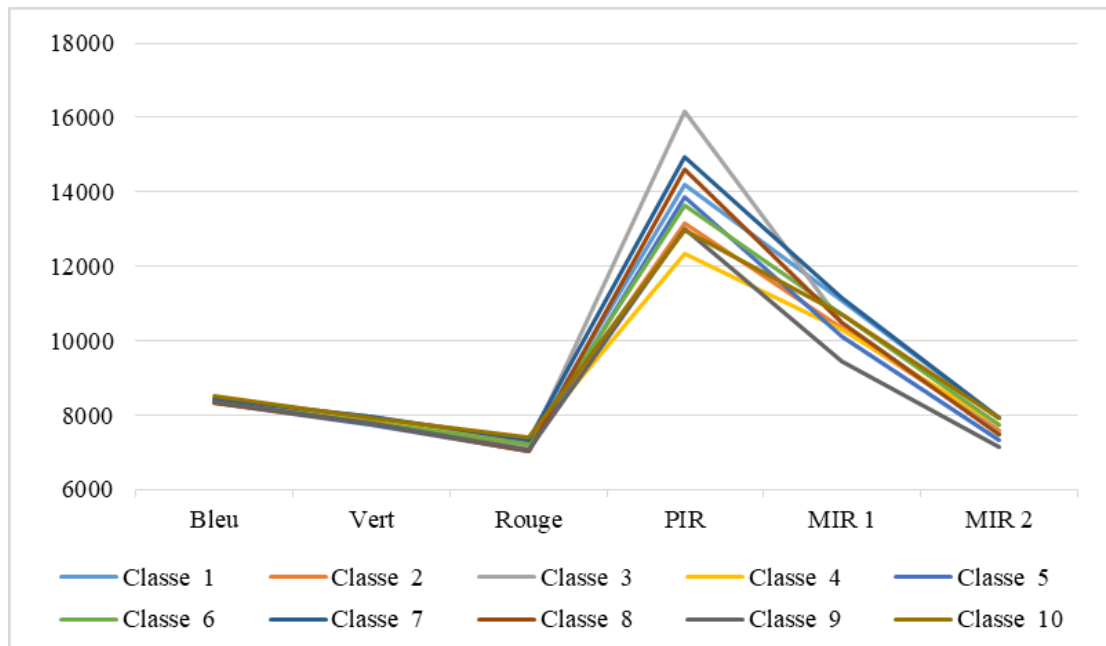


Figure 7: Histogrammes des signatures spectrales de la classification sur le masque forêt claire

- Classification sur le masque savane boisée de l'image Landsat OLI-TIRS 2018

La classification sur le masque savane boisée fait ressortir deux groupes de classes aux profils différents (fig. 8). Il s'agit d'abord des classes 1, 2, 3, 5, 8, 9 et 10 qui correspondent effectivement à la savane boisée. Ensuite, nous avons les profils des classes : 4 (qui ressemble aux brûlis), 6 (qui ressemble à la savane arborée à arbustive) et 7 (qui laisse penser aux plantations). En effet, la principale différence pour les courbes 4 et 6 réside dans le MIR 1 ; où leur allure continue d'augmenter avant de chuter dans le MIR 2. De plus pour la courbe 4, une faible réflectance est notée dans le PIR. Quant à la courbe 7, elle se différencie par sa très forte réflectance dans le PIR et un pic entrant à partir du MIR 1.

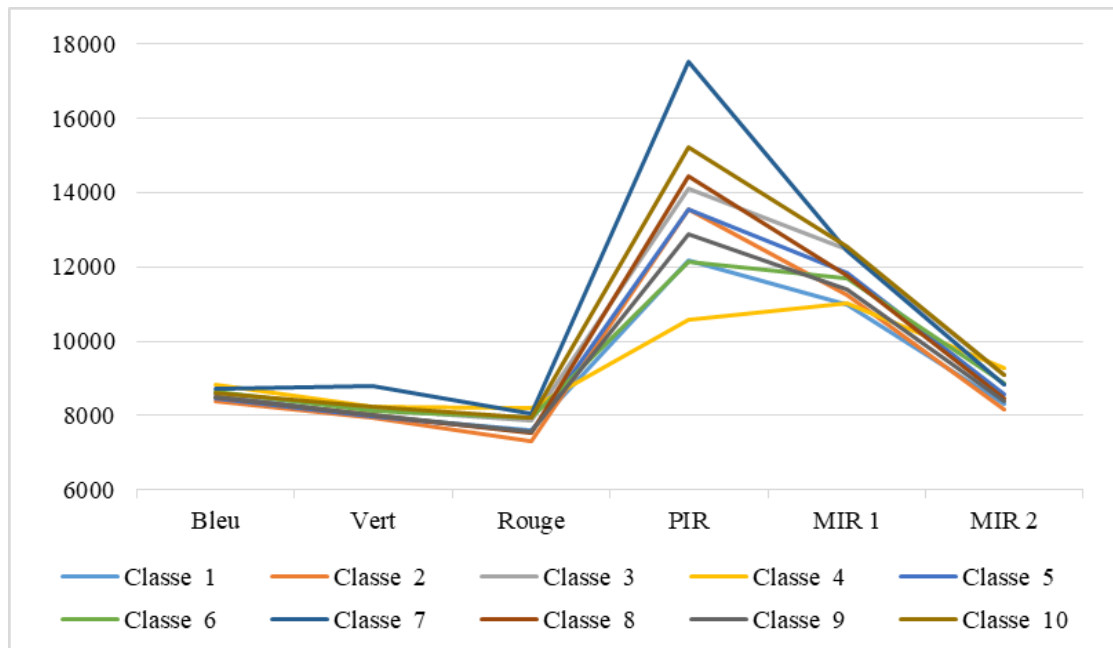


Figure 8: Histogrammes des signatures spectrales de la classification sur le masque savane boisée

- Classification sur le masque savane arborée à arbustive de l'image Landsat OLI-TIRS 2018

La classification sur le masque savane arborée à arbustive semble indiquer trois courbes différentes de celle de cette classe (fig. 9). Il s'agit des courbes 1, 9 et 10. Les courbes 1 et 10, aux allures de sols (zones de culture), se distinguent par leur réflectance élevée dans le rouge et dans le MIR 1. Pour ce qui est du profil 9, il a une faible réflectance dans le rouge et dans le MIR, et une forte réflectance dans le PIR ; soit l'allure des courbes de la savane boisée.

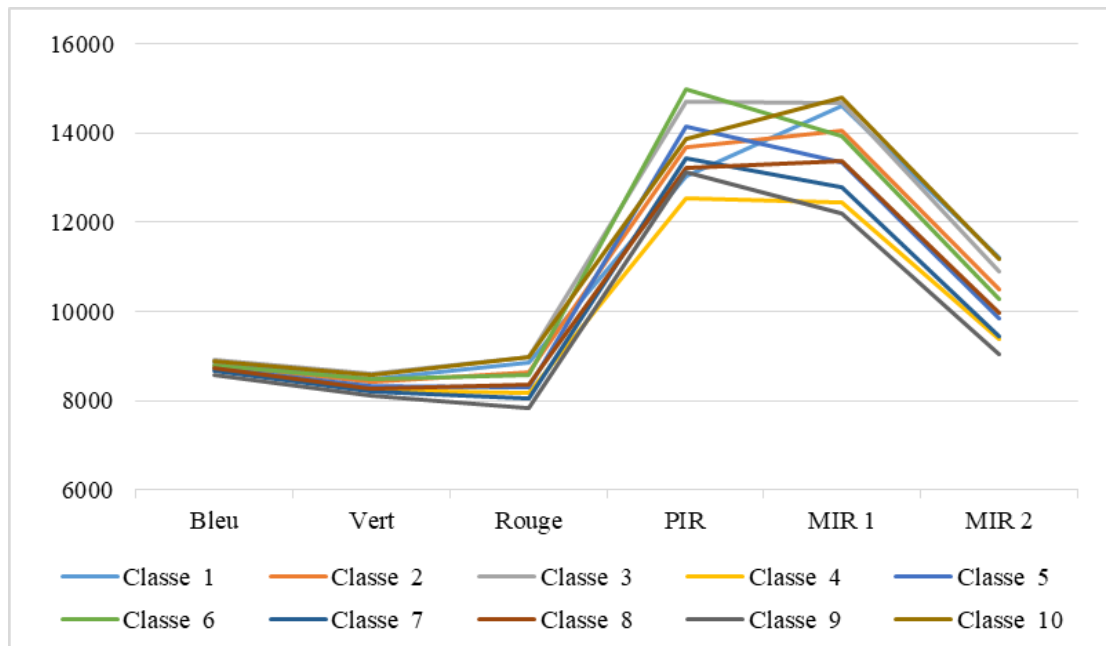


Figure 9: Histogrammes des signatures spectrales de la classification sur le masque savane arborée à arbustive

- *Classification sur le masque brûlis de l'image Landsat OLI-TIRS 2018*

L'historgramme des classes issues de la classification sur le masque brûlis indique que cinq courbes ont un comportement différent (fig. 10). Il s'agit des courbes 1, 4 et 5 qui ont toutes l'allure des zones de culture ; et celles 7 et 9 qui ont l'allure de la savane arborée à arbustive.

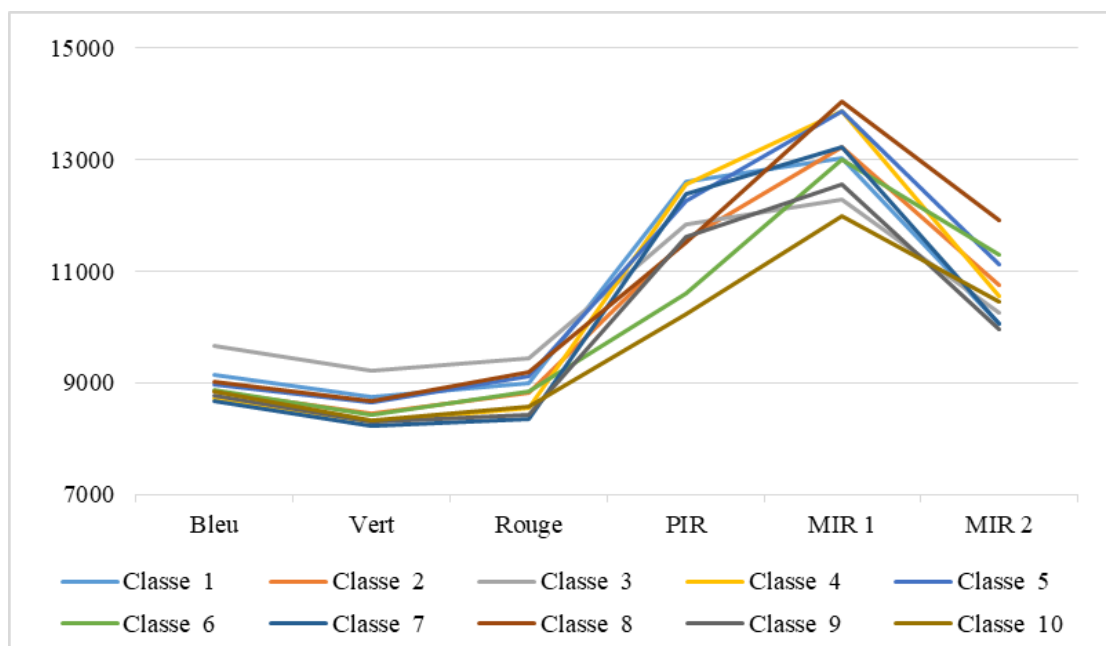


Figure 10: Histogrammes des signatures spectrales de la classification sur le masque brûlis

- Classification sur le masque zone de culture de l'image Landsat OLI-TIRS 2018

La classification sur le masque zone de culture indique que toutes les classes correspondent aux sols. Toutefois, l'allure des courbes 4 et 5 entre le PIR et le MIR, laisse entrevoir la présence de pixels appartenant, soit à la savane arborée à arbustive, soit aux zones d'habitats (fig. 11).

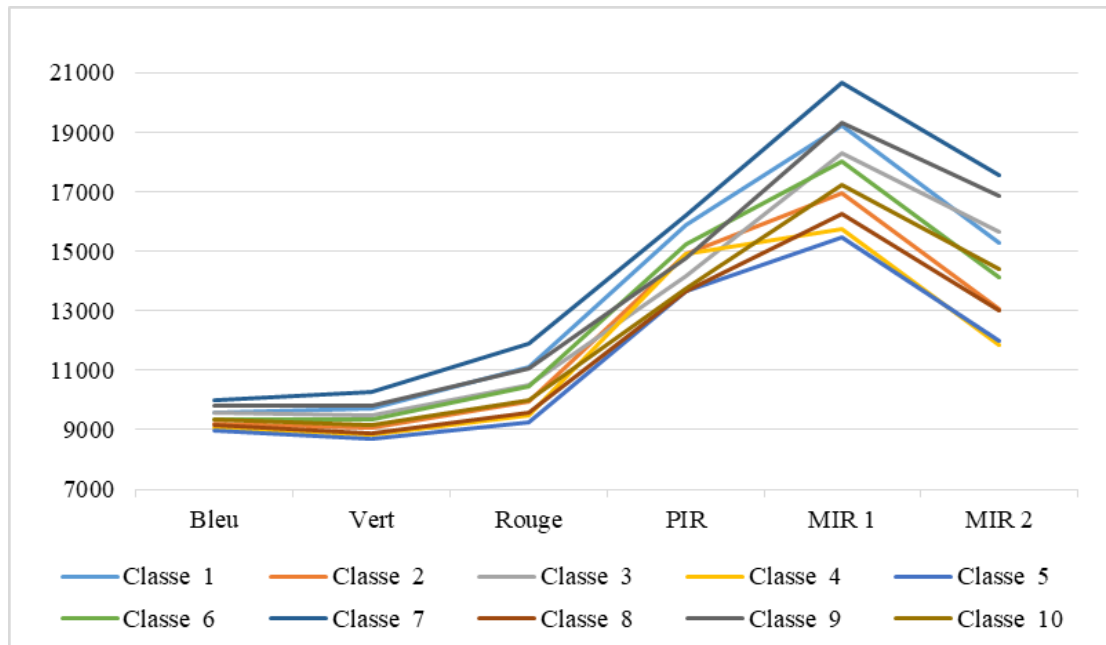


Figure 11: Histogrammes des signatures spectrales de la classification sur le masque « zones de culture »

- Classification sur le masque eau de l'image Landsat OLI-TIRS 2018

La classification sur le masque eau laisse apparaître une différence nette entre les courbes 1, 3, 5 et 10 d'une part ; 2, 4, 6, 7 et 8 d'autre part, et celle 9 (fig. 12). Le premier groupe est assimilable à l'eau ; tandis que le second à la forêt-galerie. La courbe 9 a quant à elle l'allure des brûlis.



Figure 12: Histogrammes des signatures spectrales de la classification sur le masque eau

❖ *La synthèse des profils spectraux des classes d'occupation des sols de l'image Landsat OLI-TIRS 2018*

La classification non supervisée par emboîtement nous a permis de mieux connaître les profils spectraux des classes d'occupation des sols dans les différents canaux utilisés (fig. 13).

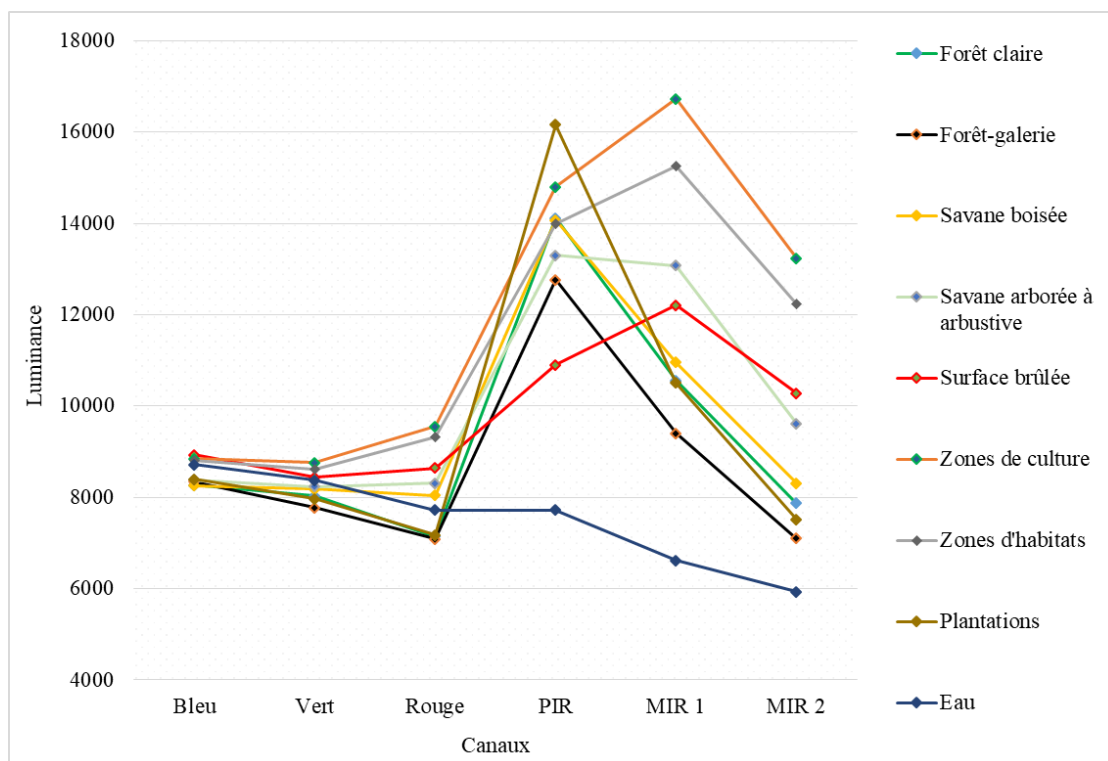


Figure 13: Profil spectral des classes d'occupation des sols en 2018

D'une manière générale, nous pouvons retenir que comparé aux savanes, les forêts se caractérisent par une faible réflectance dans le rouge, une plus forte réflectance dans le PIR et une plus faible réflectance dans le MIR. Dans le PIR, plus la végétation est dense, plus les valeurs de réflectance sont élevées. Ainsi, la forêt claire se distingue de la forêt-galerie par son pic qui y est plus important. Par contre, dans le MIR, sa réflectance est plus élevée que celle de la forêt-galerie en raison de la forte teneur en eau de celle-ci. Quant à la savane boisée, elle se distingue de la savane arborée à arbustive par sa réflectance dans le PIR qui est plus importante. Par contre, dans le MIR 2, sa réflectance est plus faible que celle de la savane arborée à arbustive.

Les brûlis ont d'une manière générale une faible réflectance dans le vert, le rouge, le PIR et le MIR 2. Cependant dans le MIR 1, ils ont une forte réflectance. Les zones de culture, ainsi que les zones d'habitats ont une très forte réflectance dans le visible et dans l'infrarouge. Toutefois, dans le PIR, les valeurs de réflectance des habitats sont généralement plus faibles que celles de la forêt.

Les plantations constituées principalement de vergers d'anacardes et de bananeraies dans notre zone d'étude ont une faible réflectance dans le vert et dans le rouge. Dans le PIR, elles ont une très forte réflectance. Dans le MIR 2, leur réflectance est encore plus faible que celles des autres classes de végétation, excepté la forêt-galerie. Quant à l'eau, elle se caractérise par une forte réflectance dans le bleu, et une réflectance faible du vert au moyen infrarouge.

Il convient de noter que les valeurs de luminance varient en fonction des dates de prise de vue (année et mois), de la nature de la couverture au sol, de leur intensité et de leur teneur en eau ; d'où l'impossibilité de caractériser un boisement par une signature spectrale standard sans tenir compte de la saison (Muller, 2000).

1.3.1.2.5. La validation des cartes

La validation des résultats cartographiques permet de s'assurer de leur qualité et de leur précision. Pour cela, nous avons utilisé le contrôle-terrain pour l'année la plus récente et par interpolation pour les années antérieures.

Aussi, nous avons fait une interprétation visuelle sur *Google Earth* et mis à contribution des cartes d'occupation et d'utilisation des sols existantes. Il s'agit :

1. de la carte des grands domaines de peuplements végétaux produite à l'échelle de 1/50 000 (ANAT, 2018) ;

2. de la base de données cartographiques de 1999 du PROGEDE au niveau du SREF de Kolda ;
3. de la carte d'occupation et d'utilisation des sols du Sénégal au 1/3 000 000 de Tappan *et al.*, de 2004 ;
4. de la carte de la végétation du Sénégal au 1/500 000^e, réalisée à partir des images Landsat acquises entre 1972 et 1981, des survols aériens effectués entre 1983 et 1985 ainsi que des missions de terrain et des documents disponibles de Stancioff *et al.*, produit en 1986 ;
5. et des cartes d'occupation des terres du Sénégal produites en 1975, 2000 et 2013 à l'échelle de 1/50 000 par le CILSS (2016).

1.3.2. La cartographie des changements dans les formations forestières de la Haute-Casamance

Pour réaliser les cartes de changement, nous avons regroupé les classes en cinq catégories. En d'autres termes, nous sommes passés d'un premier niveau de stratification à un second niveau (tabl. 6). Le but de ce regroupement est d'accentuer l'analyse sur les ensembles de classes.

Tableau 6: Regroupement des classes de l'occupation des sols

| Code | 1 ^{er} niveau de stratification | Code | 2 ^e niveau de stratification |
|------|--|------|---|
| 1 | Forêt claire | 1 | Forêt |
| 2 | Forêt-galerie | | |
| 3 | Savane boisée | 2 | Savane |
| 4 | Savane arborée à arbustive | | |
| 5 | Brûlis | 3 | Surface brûlée |
| 6 | Zones de culture | 4 | Zone anthropique |
| 7 | Zones d'habitats | | |
| 8 | Plantations | | |
| 9 | Eau | 5 | Surface en eau |

Ensuite, un même code a été attribué aux différentes classes pour chaque date, de sorte à pouvoir les croiser par addition. L'addition a été faite à partir de l'algorithme « Intersect » de l'extension « Geoprocessing » du logiciel Arc GIS 10.5. 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.

Par ailleurs, nous avons considéré le passage de la forêt à la savane ou aux surfaces anthropiques, et de la savane aux surfaces anthropiques, comme étant de la dégradation. Inversement, le passage des surfaces anthropiques à la forêt ou à la savane, et de la savane à la forêt, est considéré comme étant de la régénération.

En plus de la dimension spatiale des changements, l'analyse de leur superficie est aussi un critère important dans l'interprétation. Pour cela, nous avons réalisé un traitement statistique des changements pour avoir les superficies des différents changements ; à partir desquelles nous avons également calculé le taux de déforestation en pourcentage en utilisant la formule suivante (Caloz et Collet, 2001) :

$$\text{Taux de déforestation (\%)} = \frac{S_2 - S_1}{S_1} - 100$$

Avec :

S_1 la superficie de l'année de départ ;

S_2 la superficie de l'année d'arrivée.

1.3.3. La détection de la dégradation et de la régénération de la couverture végétale à travers l'analyse des tendances de séries temporelles MODIS NDVI et des changements d'occupation des sols entre 1999 et 2018

La dégradation du couvert végétal naturel, considérée comme une perte de productivité végétale (réduction de la biomasse), constitue une préoccupation environnementale pressante (Yengoh *et al.*, 2015). Ainsi, pour détecter et cartographier la dégradation et la régénération de la couverture végétale en Haute-Casamance, nous nous sommes appuyés sur une analyse des tendances de séries temporelles d'images MODIS NDVI acquises sur la période 2000-2018 et sur les changements d'occupation des sols entre 1999-2018.

1.3.3.1. La collecte et les caractéristiques des données MODIS NDVI

Pour détecter les différentes tendances de la productivité de la végétation, les données les plus couramment utilisées sont les images satellitaires NOAA-AVHRR ou MODIS (Gond *et al.*, 1997 ; Scanlon *et al.*, 2002 ; Dessay, 2006 ; Anyamba et Tucher, 2005 ; Hountoudji, 2008 ; Djoufack-Manetsa, 2011 ; Neeti et Eastman, 2011 ; San Emeterio *et al.*, 2011 ; Sow *et al.*, 2013 ; Zewdie *et al.*, 2017 ; Andrieu, 2018).

Le satellite NOAA a l'avantage de fournir des images pour l'étude du NDVI sur un pas de temps plus long (1981-2016). Toutefois, les images sont fournies avec une résolution spatiale grossière de 8 km. Par contre, le satellite MODIS fournit des images sur 16 jours depuis 2000 avec une résolution spatiale de 250 m. En termes de longue série temporelle NDVI (>10 ans), c'est la série la mieux résolue spatialement qui existe à l'heure actuelle. Comparées aux données NOAA AVHRR, elles ont montré leur performance pour une telle étude au Sénégal (Fensholt, 2004). C'est tout cela qui justifie son choix dans cette étude. La série temporelle utilisée s'étend de 2000 à 2018. Elle est de la version 6 des indices de végétation du spectromètre imageur à résolution moyenne Terra (MOD13Q1). Elle est téléchargée sur le site <https://search.earthdata.nasa.gov> sous la forme de granules. Les produits sont fournis au format HDF-EOS (Hierarchical Data Format for NASA's Earth Observing System), et sont par conséquent composés de plusieurs données, dont le NDVI.

1.3.3.2. La cartographie des tendances de la couverture végétale entre 2000-2018 à partir de la corrélation de Man-Kendall

La démarche a débuté par la création d'une série temporelle (TSF), à partir du module « Earth Trends Modeler » sur Idrisi TerrSet, en utilisant l'ensemble de la série (2000-2018). Puis, nous avons procédé au filtre des images à partir de l'onglet « Preprocess », et du volet « Denoise ». Cela permet le lissage des données. Autrement, ce procédé permet de remplacer les valeurs erratiques notamment liées aux nuages par des valeurs interpolées (fig. 14).

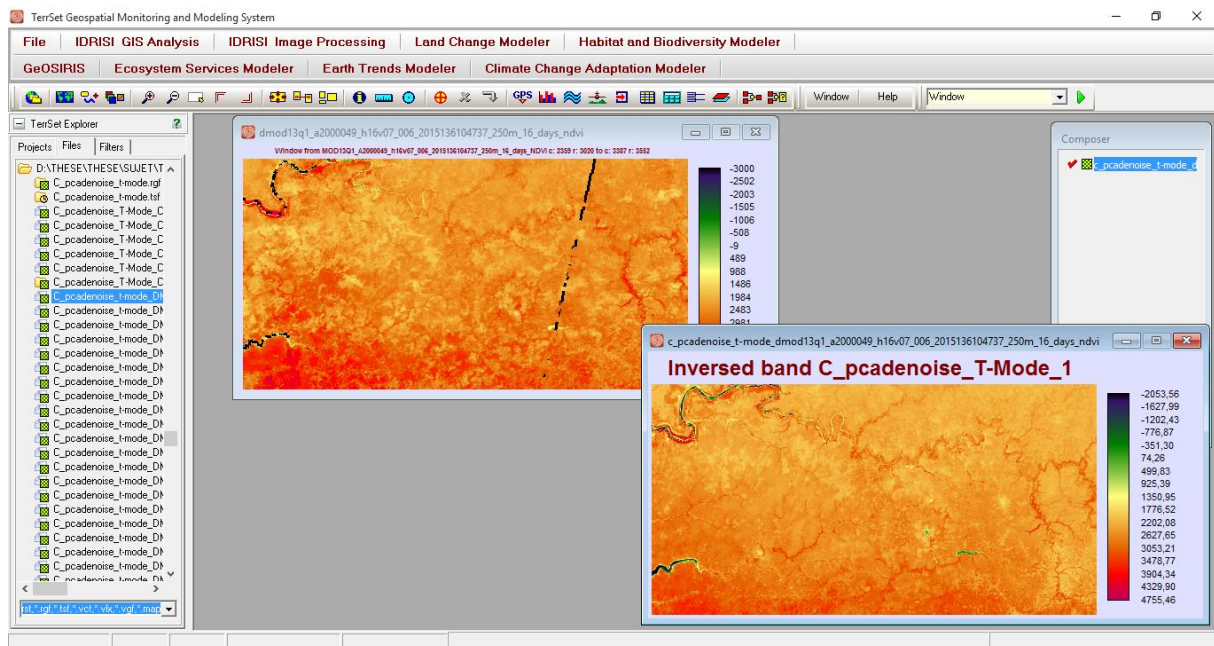


Figure 14: Image avant et après correction sur TerrSet

Par la suite, nous avons déterminé les différentes tendances de la couverture végétale. Pour cela, il faut rappeler qu'il existe plusieurs approches. En effet, si d'aucuns ont utilisé le test contextuel de Mann-Kendall (Neeti et Eastman, 2011 ; Zewdie *et al.*, 2017), d'autres par contre ont privilégié le test de tendance monotone de Mann-Kendall (Zoungrana *et al.*, 2018), la corrélation ou « tau » de Kendall (τ) (Andrieu, 2018 ; Noël Gansaonré *et al.*, 2020), ou plusieurs de ces tendances (Teferi *et al.*, 2015). Au fait, il n'existe pas encore de consensus à propos de la méthode la plus efficace pour analyser les tendances de la couverture végétale en utilisant les données NDVI (San Emeterio *et al.*, 2011).

C'est ainsi qu'en ce qui nous concerne, nous avons utilisé la corrélation de Kendall (τ) ou « tau » de Kendall. Il s'agit du calcul de la régression sur les 437 valeurs de NDVI (23/an x 19 ans). Deux paramètres ont été considérés ici. Il s'agit du coefficient de corrélation « tau » et de la significativité « p ». Le coefficient de corrélation varie entre -1 et +1, et mesure la relation entre deux séries de variables pour déterminer le degré auquel une tendance augmente, diminue ou reste inchangée (Wessels *et al.*, 2012). Tandis que la valeur de signification met en évidence l'importance de la tendance (Neeti et Eastman, 2011) et représente la mesure de la nécessité de rejeter une hypothèse nulle ($p=0$). Pour ce qui est du test de significativité de p, le seuil utilisé ici est de 0,1, soit 10 %. Il peut varier selon les auteurs de 0,1 (Andrieu, 2018) à 0,001 (Neeti et Eastman, 2011) en passant par 0,05 (Zewdie *et al.*, 2017), et selon l'estimateur utilisé (p ou pente TS). La statistique de Mann-Kendall (S) est donnée par l'équation 1 et 2, le tau et le test de significativité par l'équation 3 et 4 :

$$S = \sum_{i=1}^{x-1} \sum_{j=i+1}^x \text{signe}(x_i - x_{1j}) \quad 1$$

Et

$$\text{signe}(x_i - x_j) = \begin{cases} 1 & \text{si } x_i - x_j < 0 \\ 0 & \text{si } x_i - x_j = 0 \\ -1 & \text{si } x_i - x_j > 0 \end{cases} \quad 2$$

où x_i et x_j sont les observations respectivement aux temps i et j .

$$\tau = \frac{2s}{n(n-1)} \quad 3$$

Et

$$p=2[1 - \Phi(|Z|)] \quad 4$$

où n est la longueur de la série temporelle ;

Z suit ici une distribution normale standard, et une valeur positive (négative) de Z signifie une tendance à la hausse (à la baisse).

Le résultat a permis de détecter les différentes tendances (positive, négative et nulle) du NDVI et la significativité.

1.3.3.3. Analyse croisée des tendances NDVI et des changements de la couverture végétale

Pour quantifier l'accord ou le désaccord entre les changements observés via le NDVI et l'occupation des sols, nous avons croisé les deux résultats. C'est-à-dire les tendances NDVI entre 2000-2018 et les changements d'occupation des sols entre 1999-2018. Mais avant, nous avons d'abord rééchantillonné la carte des changements d'occupation des sols (Landsat) à la résolution de 250 m (MODIS) en choisissant la classe majoritaire. Ensuite, nous avons recodé les classes en trois. Pour le NDVI, nous avons attribué aux tendances significatives négatives le code 1, aux tendances non significatives le code 2, et aux tendances significatives positives le code 3. De même pour les changements d'occupation des sols, nous avons attribué à la dégradation le code 1, aux surfaces sans changement ou autres changements le code 2, et à la régénération le code 3.

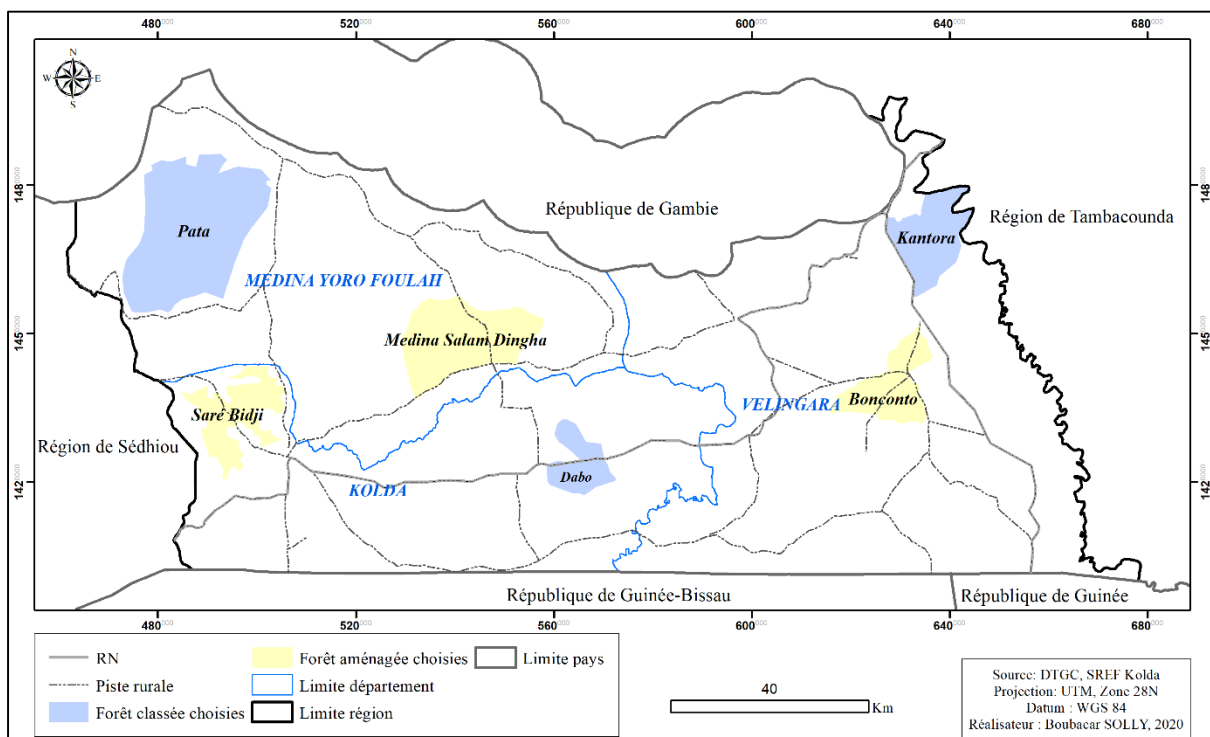
Après la cartographie de l'occupation des sols à l'échelle de toute la Haute-Casamance, nous avons fait un focus sur des forêts classées et celles aménagées.

1.4. La cartographie à l'échelle des forêts classées et celles aménagées

L'étude de l'évolution des formations forestières à l'échelle des forêts classées et celles aménagées prend une dimension plus intéressante à travers l'identification, la description et l'analyse des processus en cours. Elle est plus intéressante avec la disponibilité des images aériennes d'une très haute résolution spatiale qui couvrent les années 1960. Pour ce faire, des forêts ont été choisies et une méthodologie de cartographie a été adoptée.

1.4.1. Les forêts classées et celles aménagées choisies

L'étude de la dynamique des formations forestières à l'échelle des forêts classées et celles aménagées a porté sur six forêts témoins choisies sur la base de critères décrit précédemment. Il s'agit de trois forêts classées (Pata, Dabo et Kantora) et trois forêts aménagées (Saré Bidji, Médina Salam Dingha et Bonconto), dont deux par département (carte 6). Ces périmètres forestiers couvrent une superficie totale de 181 139 ha. Comparées à la superficie totale de la Haute-Casamance, elles représentent 13,15%.



Carte 6: Localisation des forêts classées et aménagées choisies

1.4.2. Choix et acquisition des images

À l'échelle des forêts classées et aménagées, nous avons privilégié les images aériennes et satellitaires à très haute résolution spatiale. Trois parmi les quatre dates de prise de vue de l'étude réalisée à l'échelle globale sont retenues. Il s'agit de 1987, 1999 et 2018. En plus de ces

trois dates, nous avons cherché à avoir l'image la plus ancienne disponible dans la zone d'étude (tabl. 7).

Tableau 7: Images aériennes et satellitaires utilisées

| Type d'image | Période | Date d'acquisition | Scène | Résolution spatiale |
|--------------|---------|--------------------|--|---------------------|
| Corona | 1965 | 26 décembre | 034_a/ 034_b 035_b/ 035_c/ 035_d 036_b/ 036_c/ 036_d 037_b/ 037_c/ 037_d 038_b/ 038_c/ 038_d | 1 m |
| Landsat 5 | 1987 | 20 novembre | P204_R051 | 30 m |
| | | 15 décembre | P203_R051 | |
| Landsat 7 | 1999 | 29 novembre | P204_R051 | 30 m à |
| | | 08 décembre | P203_R051 | 15 m |
| Sentinel 2 A | 2018 | 16 décembre | N0207_R037 | 10 m |
| Sentinel 2 B | | 18 décembre | N0207_R137 | |

1.4.3. La démarche par photo-interprétation

La méthode de cartographie a nécessité une étape de géoréférencement des images. Pour cela, nous avons d'abord défini le système de coordonnées géographiques (UTM, WGS 84, Zone 28N) sur Arc GIS 10.5. Ensuite, nous avons trouvé les mêmes points remarquables à la fois sur les images utilisées et sur *Google Earth*. Enfin, dans le souci d'un bon géoréférencement, nous avons veillé à ce que l'erreur résiduelle soit inférieure à 0,5 m.

À la suite, nous avons réalisé une composition colorée infrarouge fausse couleur pour les images satellitaires. Les images du capteur ETM+ de 1999 présentant une bande panchromatique d'une résolution de 15 m, celle-ci a été fusionnée à la composition colorée afin d'améliorer sa résolution. Cette fusion a permis de ramener la résolution de cette image à 15 m. À partir des différentes compositions, nous avons réalisé l'interprétation visuelle qui nous a permis de mettre en place une légende commune, composée des classes forêt (forêt claire et forêt-galerie), savane (savane boisée et savane arborée à arbustive), brûlis, zone de culture (ZC), habitat, mare, cours d'eau, plantations et sol nu. Ces classes ont été par la suite numérisées selon la couleur et la forme des objets pour avoir la carte d'occupation des sols pour chaque date. Les limites utilisées pour la numérisation des unités paysagères sont issues de la Direction des

Travaux Géographiques et Cartographiques (DTGC) pour les forêts classées et du SREF Kolda pour les forêts aménagées. La validation des résultats s'est faite à l'aide de *Google Earth*, de la cartographie de l'occupation des sols réalisée à l'échelle globale et des points de contrôle au sol.

1.4.4. Les étapes de la cartographie des changements

Pour réaliser les cartes des changements entre 1965 et 2018, nous avons additionné les deux cartes à partir de l'algorithme « Intersect » de l'extension « Geoprocessing » du logiciel Arc GIS 10.5. Le traitement statistique nous a permis d'avoir les différents changements que sont : les modifications (qui correspondent dans cette partie aux changements intervenus à l'intérieur d'une même catégorie, la végétation par exemple avec le passage de forêt à la savane ou de la savane à la forêt), les conversions (qui correspondent au passage d'une catégorie à une autre, par exemple le passage de la forêt ou de la savane aux zones de culture), et les situations sans changement (stabilité).

Conclusion chapitre 1

L'approche méthodologique utilisée pour analyser la dynamique des formations forestières de la Haute-Casamance inclut à la fois les travaux de terrain (collecte des données socio-économiques, reconnaissance des principales formations forestières et relevés GPS), le choix des forêts classées et celles aménagées, témoins pour l'analyse à une échelle plus fine, la collecte et le traitement des images satellitaires et aériennes. La méthode utilisée pour la cartographie à l'échelle de toute la zone d'étude a permis d'avoir une meilleure connaissance des profils spectraux des classes d'occupation des sols surtout des formations forestières rencontrées dans la zone d'étude.

De même, l'analyse conjointe des tendances NDVI et des changements d'occupation des sols permet de localiser avec plus de précision, les zones de dégradation et de régénération de la couverture végétale. De plus, elle constitue une contribution à la cartographie de la dégradation et de la régénération de la couverture végétale dans le monde d'une manière générale et à l'atteinte de l'objectif 15 des Nations Unies sur les Objectifs du Développement Durable. La méthode utilisée dans cette étude peut contribuer à une surveillance plus efficace des changements de la couverture végétale et à une meilleure gestion environnementale.

Toutefois, malgré les avantages de la télédétection, son utilisation dans cette étude présente deux limites qu'il convient de souligner. Il s'agit :

1. de l'insuffisance d'images satellitaires Landsat de bonne qualité produites durant la période 1972 à 1986 ;
2. des erreurs d'affectation des pixels au moment de la classification à cause des signatures spectrales des formations forestières qui sont parfois proches ; d'où, la notion de limite de la classification. Cette situation nous a amenés à réaliser un filtre minoritaire afin de corriger les pixels isolés.

Les différents traitements effectués sur les images satellitaires Landsat et aériennes et les choix opérés ont abouti à la cartographie et à la quantification de l'évolution de l'occupation des sols et des changements de la couverture végétale entre 1965 et 2018 en Haute-Casamance.

CHAPITRE 2 : ANALYSE CARTOGRAPHIQUE DE L'OCCUPATION DES SOLS ET DÉTECTION DES CHANGEMENTS DANS LES FORMATIONS FORESTIÈRES DE LA HAUTE CASAMANCE ENTRE 1965 ET 2018

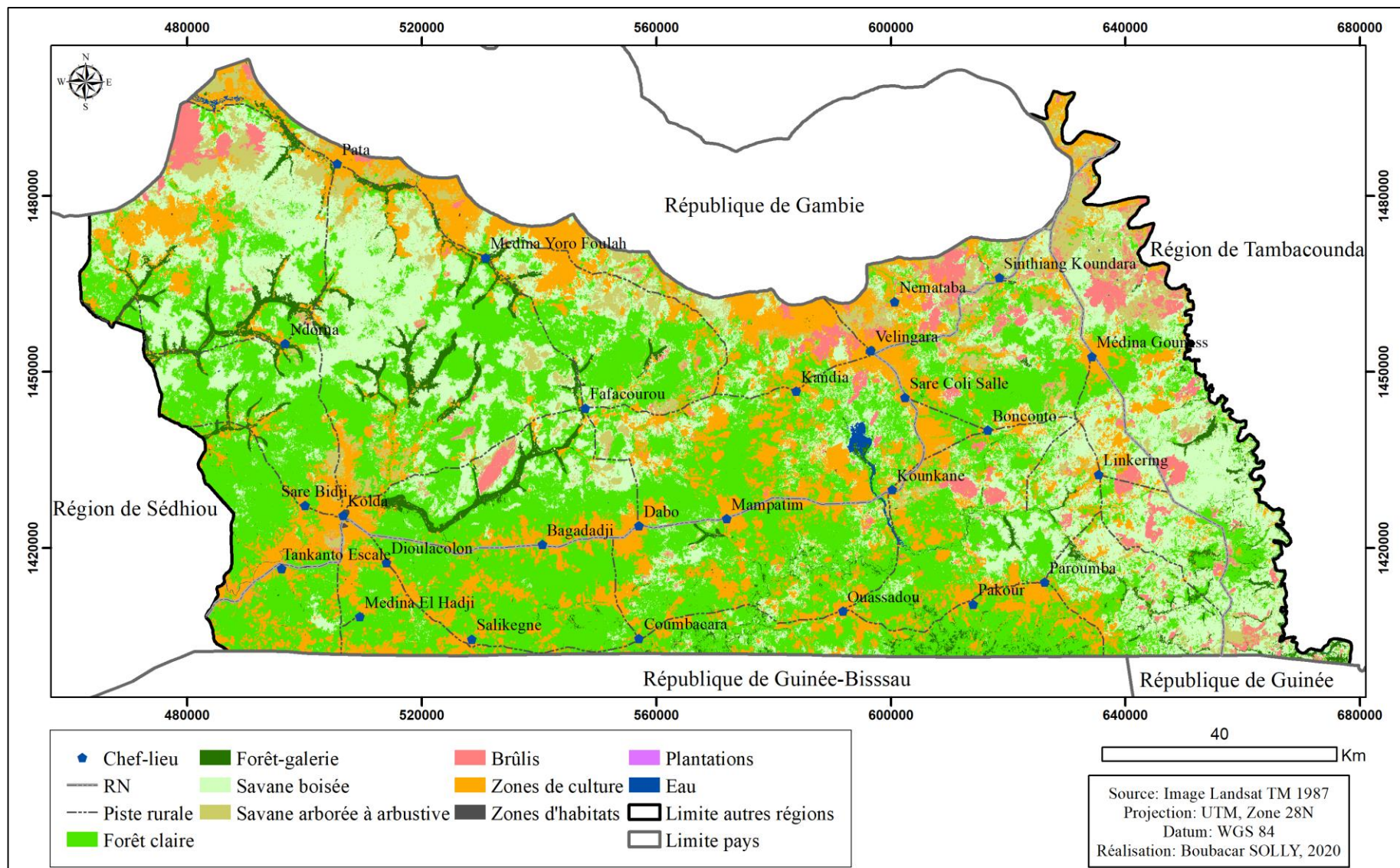
La cartographie de l'occupation des sols et des changements intervenus dans les formations forestières est importante pour une analyse rétrospective des dynamiques spatiales. Elle permet d'avoir des informations essentielles à la mise en œuvre et au suivi de politiques environnementales. Cette cartographie s'inscrit également dans la production de connaissances pour mieux atteindre l'objectif 15 des Nations Unies sur les Objectifs du Développement Durable (ODD), sur la préservation et la restauration des écosystèmes terrestres.

Dans ce chapitre, nous allons analyser les résultats cartographiques obtenus aux différentes dates et les changements intervenus dans les formations forestières, d'abord à l'échelle de toute la Haute-Casamance, et ensuite à l'échelle des forêts classées et celles aménagées.

2.1. La cartographie et l'analyse de l'occupation des sols et des changements dans les formations forestières de la Haute-Casamance entre 1987 et 2018

2.1.1. L'analyse diachronique de l'occupation des sols de la Haute-Casamance en 1987, 1999, 2010 et 2018

Les différents traitements effectués sur les images satellitaires Landsat ont permis de cartographier l'état des surfaces dans les formations forestières de la Haute-Casamance aux dates retenues. En 1987, nous remarquons que la Haute-Casamance était quasiment couverte par la forêt claire (carte 7). Les résultats statistiques (tabl. 8) indiquent qu'elle occupait 40,5 % de l'occupation des sols.



Carte 7: État de l'occupation des sols en 1987 en Haute-Casamance

Il s'en suit, la savane boisée qui représente 24,7 % de la surface cartographiée et qui occupait la partie sud-est et nord-ouest. Le Nord, c'est-à-dire le long de la frontière avec la Gambie, est dominé par les surfaces agricoles et par la savane arborée à arbustive. Elles occupaient respectivement une superficie totale de 279 499 ha, soit 20,3 % et 93 762 ha, soit 6,8 %.

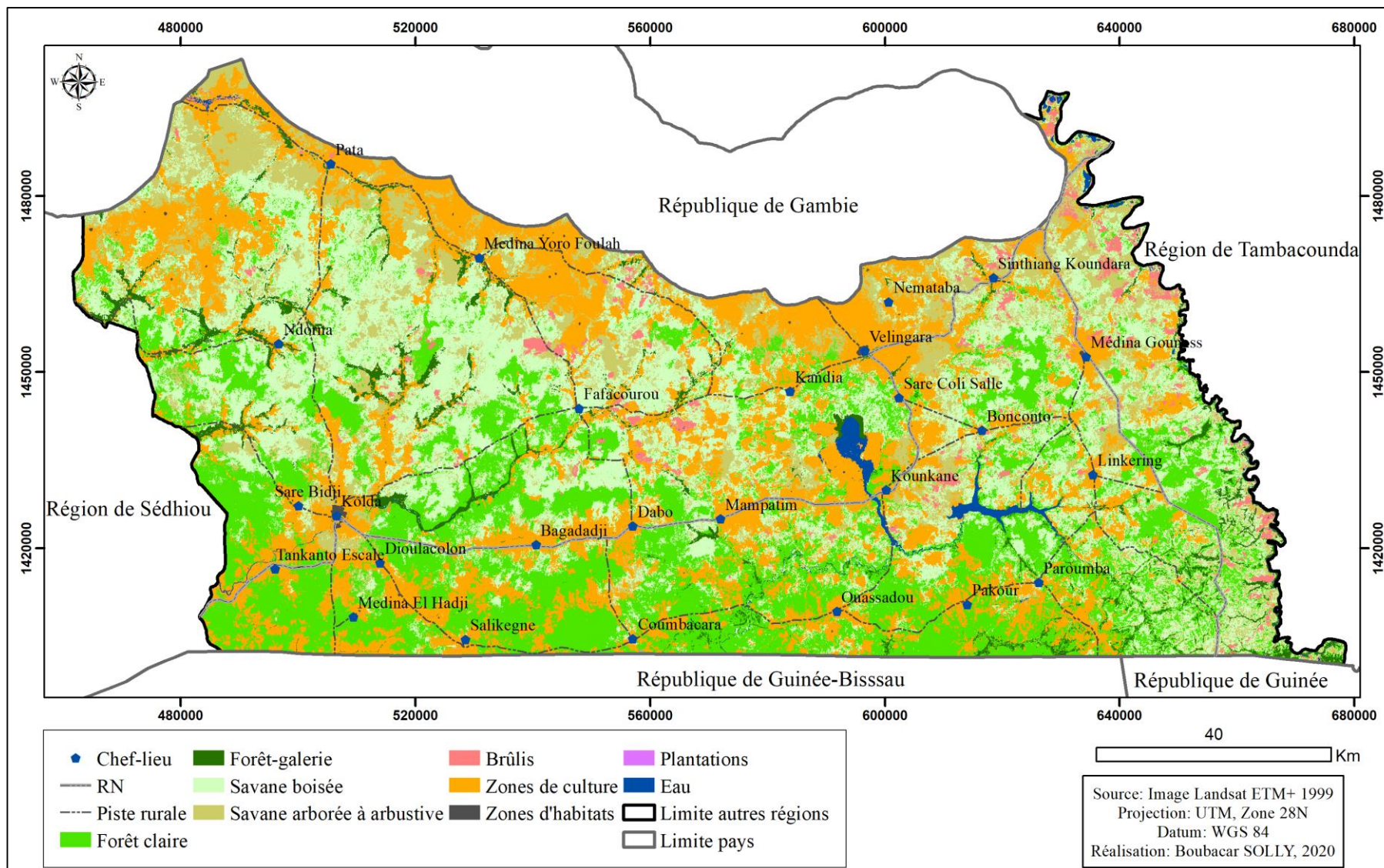
Cette partie, le long de la frontière avec la Gambie, est aussi affectée par les feux (classe thématique brûlis) à la date de prise de vue. Ils ont également touché une partie du Sud-Est (où se trouve la forêt classée de Koulountou), et du Centre-Ouest (dans la forêt classée de Bakor), soit une superficie de 52 106 ha.

Le reste de l'occupation des sols est dominé par la forêt-galerie, les surfaces en eau, les zones d'habitats et les plantations. Pour ce qui est de la forêt-galerie, elle est présente principalement dans le Centre-Ouest et occupe une superficie de 49 935 ha (soit 3,6 %). Les surfaces en eau sont présentes dans le centre de la région (précisément autour du bassin de l'Anambé), et occupent une superficie de 3 145 ha, soit 0,2 %. Les zones d'habitats et les plantations représentent 0,1 %.

Tableau 8: Superficie en hectare et en pourcentage de l'occupation des sols en 1987

| Classe d'ensemble | Ha | Classes thématiques | Ha | % |
|-------------------------|------------------|----------------------------|------------------|------------|
| Forêts | 607 844 | Forêt claire | 557 909 | 40,5 |
| | | Forêt-galerie | 49 935 | 3,6 |
| Savanes | 433 510 | Savane boisée | 339 748 | 24,7 |
| | | Savane arborée à arbustive | 93 762 | 6,8 |
| Surfaces brûlées | 52 106 | Brûlis | 52 106 | 3,8 |
| | | Zones de culture | 279 499 | 20,3 |
| Zone anthropique | 280 490 | Zones d'habitats | 786 | 0,1 |
| | | Plantations | 205 | 0,0 |
| Surface en eau | 3 145 | Eau | 3 145 | 0,2 |
| Total | 1 377 095 | | 1 377 095 | 100 |

En 1999, l'occupation des sols est dominée par la savane particulièrement celle boisée, suivie de la forêt à savoir celle claire (carte 8).



Carte 8: État de l'occupation des sols en 1999 en Haute-Casamance

Les savanes occupent une bonne partie du Centre-Ouest et Nord-Est de la zone d'étude. Quant à la forêt claire, elle occupe principalement le long de la partie sud et centre-est (dans la forêt aménagée de Bonconto et la forêt classée de la Kayanga). En termes de superficie, la savane occupe 569 054 ha, soit 41,4 % dont, 28 % sont couverts par la savane boisée, et 13,4 % par la savane arborée à arbustive (tabl. 9). La forêt claire occupe 356 849 ha (soit 25,9 %), et la forêt-galerie 43 172 ha (soit 3,1 %). La forêt-galerie a rétréci ; alors que les surfaces en eau se sont élargies pour couvrir 11 447 ha.

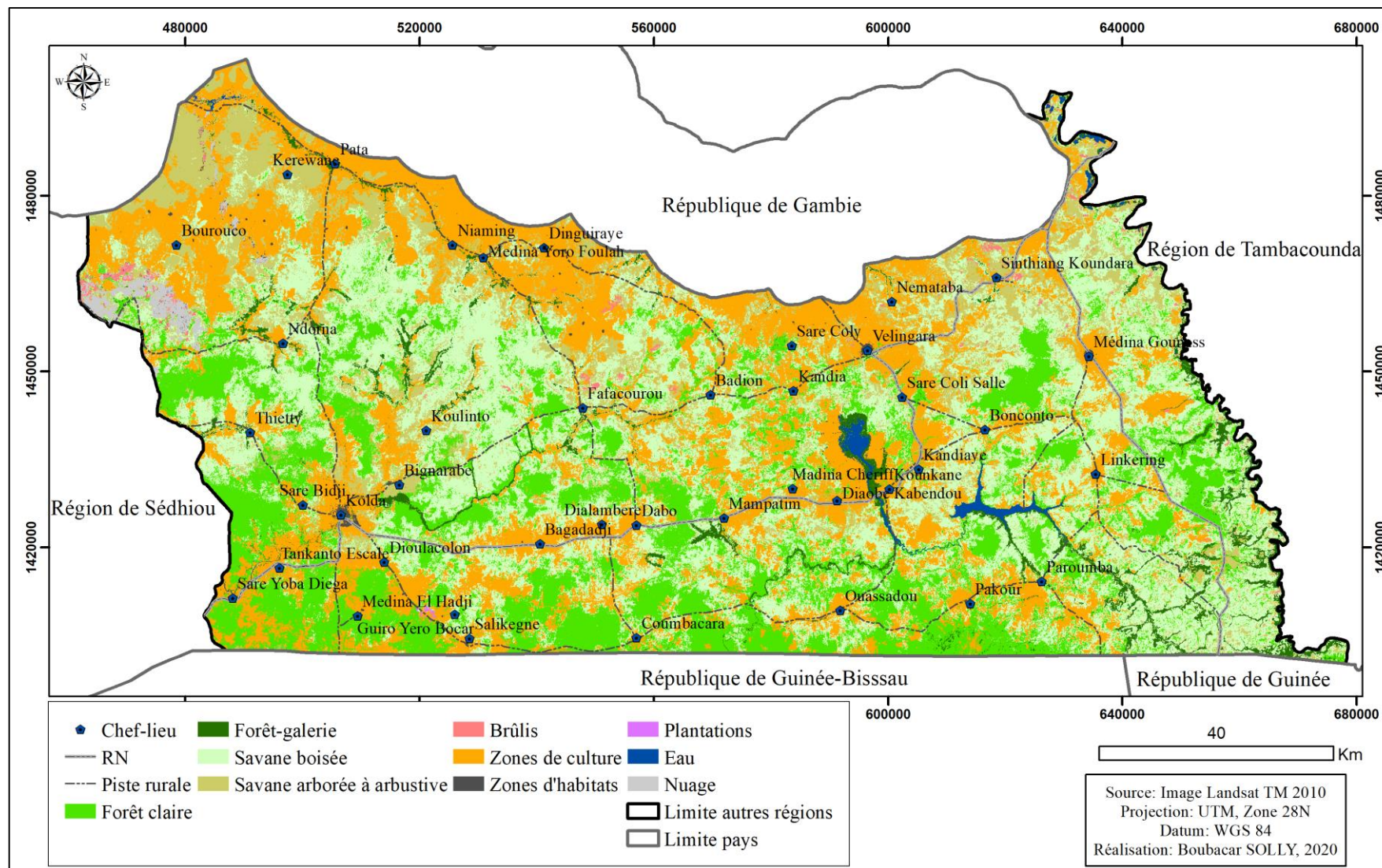
Les zones de culture ont augmenté le long de la frontière avec la Gambie (plus précisément au Nord-Ouest où se trouve la forêt classée de Pata), vers le Centre où se trouve le bassin hydroagricole de l'Anambé et au Sud, notamment aux alentours de la commune de Bagadadji et de Pakour. En 1999, elles occupaient 368 717 ha, soit 26,8 %.

Les zones d'habitats et les plantations couvraient, quant à elles, respectivement 1 721 ha et 339 ha. Les surfaces affectées par le feu à la date de prise de vue de l'image étaient de 25 796 ha.

Tableau 9: Superficie en hectare et en pourcentage de l'occupation des sols en 1999

| Classe d'ensemble | Ha | Classes thématiques | Ha | % |
|-------------------|------------------|----------------------------|------------------|------------|
| Forêts | 400 021 | Forêt claire | 356 849 | 25,9 |
| | | Forêt-galerie | 43 172 | 3,1 |
| Savanes | 569 054 | Savane boisée | 385 040 | 28 |
| | | Savane arborée à arbustive | 184 014 | 13,4 |
| Surfaces brûlées | 25 796 | Brûlis | 25 796 | 1,9 |
| Zone anthropique | 370 777 | Zones de culture | 368 717 | 26,8 |
| | | Zones d'habitats | 1 721 | 0,1 |
| | | Plantations | 339 | 0,0 |
| Surface en eau | 11 447 | Eau | 11 447 | 0,8 |
| Total | 1 377 095 | | 1 377 095 | 100 |

En 2010, nous remarquons que la Haute-Casamance est quasiment couverte par la savane boisée et les zones de culture (carte 9). Ces deux classes occupaient à elles seules 60,1 % du sol, soit 32 % et 28,1 % respectivement (tabl. 10).



Carte 9: État de l'occupation des sols en 2010 en Haute-Casamance

Dans le Centre et le long de la partie est, la savane boisée était le couvert dominant. Tout le long de la frontière avec la Gambie, les zones de culture dominaient. Elles se sont également étendues au Nord-Ouest et dans le centre de la zone d'étude.

La forêt claire a diminué et occupe le long de la partie sud. Durant cette année, elle couvrait une superficie de 300 437 ha (soit 21,8 %). L'autre constat est relatif à la diminution de la forêt-galerie dans la partie centre-ouest, et son augmentation dans le Sud-Est et dans le bassin de la Kayanga ; d'où d'ailleurs la diminution des surfaces en eau.

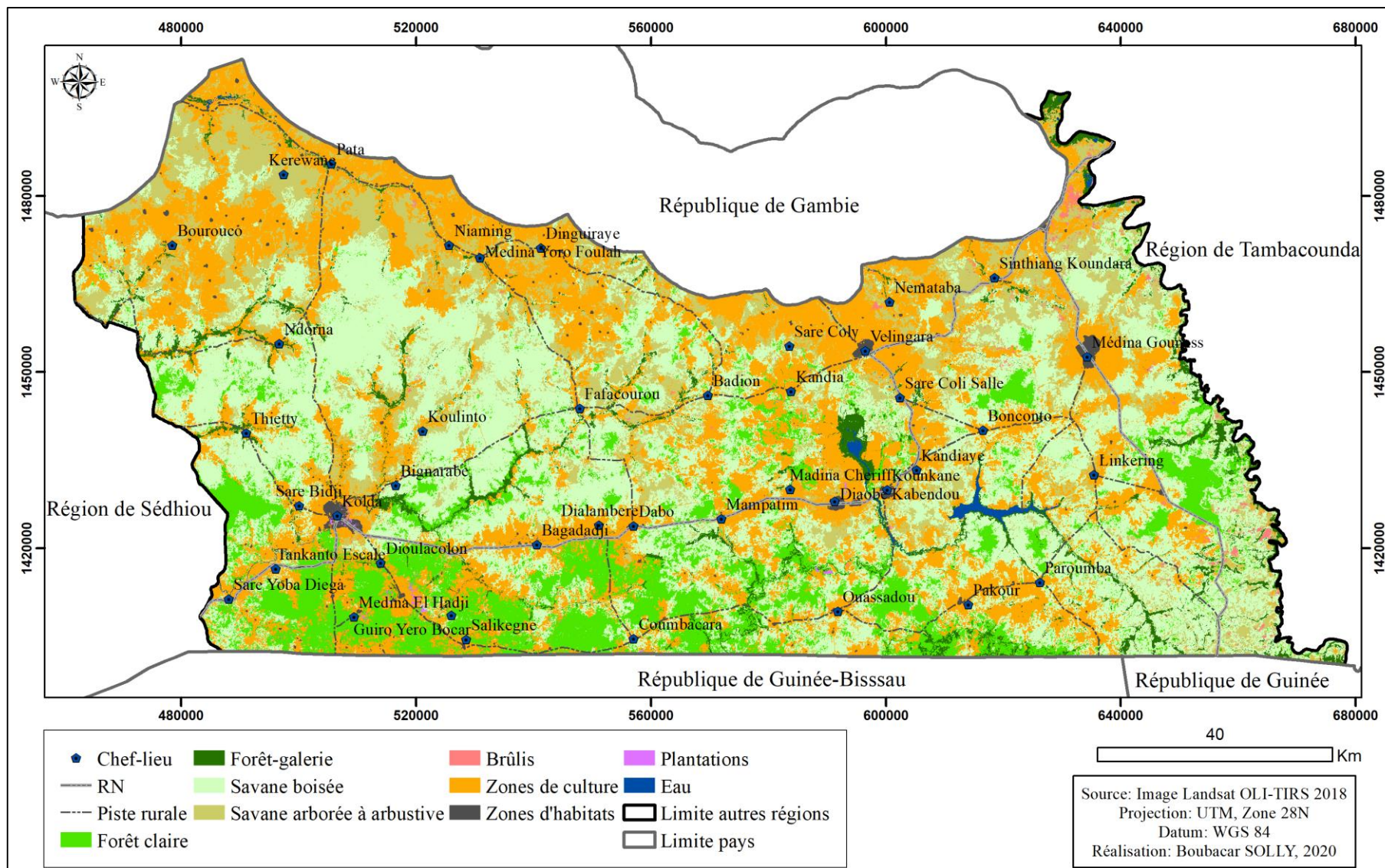
Quant à la savane arborée à arbustive, elle s'est étendue dans la partie nord-ouest et couvre 13,1 % du sol. De même, les zones d'habitats se sont élargies et multipliées autour des grandes villes que sont Kolda, Vélingara, Diaobé et Médina Gounass.

L'ampleur des surfaces affectées par les feux était minimale à la date de prise de vue de l'image. Ces superficies sont évaluées à 6 818 ha. La couverture nuageuse notée sur l'image a affecté 9 089,2 ha.

Tableau 10: Superficie en hectare et en pourcentage de l'occupation des sols en 2010

| Type de surface | Ha | Classes thématiques | Ha | % |
|------------------|------------------|----------------------------|------------------|------------|
| Forêts | 341 426 | Forêt claire | 300 437 | 21,8 |
| | | Forêt-galerie | 40 989 | 3 |
| Savanes | 621 413 | Savane boisée | 440 280 | 32 |
| | | Savane arborée à arbustive | 181 133 | 13,1 |
| Surfaces brûlées | 6 818 | Brûlis | 6 818 | 0,5 |
| | | Zones de culture | 386 956 | 28,1 |
| Zone anthropique | 390 581 | Zones d'habitats | 3 018 | 0,2 |
| | | Plantations | 607 | 0,0 |
| | | | | |
| Surface en eau | 7 768 | Eau | 7 768 | 0,6 |
| Masque | 9 089 | Nuage | 9 089 | 0,7 |
| Total | 1 377 095 | | 1 377 095 | 100 |

En 2018, nous remarquons également que la savane boisée et les zones de culture constituaient le couvert dominant en Haute-Casamance (carte 10).



Carte 10: État de l'occupation des sols en 2018 en Haute-Casamance

Les savanes s'étendaient sur 696 682 ha, soit 50,6 % de l'occupation des sols ; dont 36,2 % étaient occupés par la savane boisée (tabl. 11). Les zones de culture couvraient 426 678 ha (soit 31 %). Elles se sont étalées vers le Centre (autour du bassin de l'Anambé) et le Sud (vers la localité de Pakour).

Quant à la forêt claire, elle couvrait une superficie de 178 272 ha, soit 12,9 % de la couverture terrestre. Elle a sensiblement diminué par rapport à 2010 et ne s'observe quasiment que le long de la partie sud.

Les zones d'habitats et les plantations occupaient respectivement 9 683 ha et 2 469 ha. Les surfaces occupées par l'eau sont de 4 562 ha ; et celles affectées par les feux, de 6 296 ha.

Tableau 11: Superficie en hectare et en pourcentage de l'occupation des sols en 2018

| Type de surface | Ha | Classes thématiques | Ha | % |
|------------------|------------------|----------------------------|------------------|------------|
| Forêts | 230 726 | Forêt claire | 178 272 | 12,9 |
| | | Forêt-galerie | 52 454 | 3,8 |
| Savanes | 696 682 | Savane boisée | 498 154 | 36,2 |
| | | Savane arborée à arbustive | 198 528 | 14,4 |
| Surfaces brûlées | 6 296 | Brûlis | 6 296 | 0,5 |
| Zone anthropique | 438 829 | Zones de culture | 426 678 | 31 |
| | | Zones d'habitats | 9 683 | 0,7 |
| | | Plantations | 2 468 | 0,2 |
| Surface en eau | 4 562 | Eau | 4 562 | 0,3 |
| Total | 1 377 095 | | 1 377 095 | 100 |

La synthèse de l'évolution de l'occupation des sols en 1987, 1999, 2010 et 2018 permet de voir qu'au moment où la forêt claire diminue, les savanes, à la fois boisées ainsi que celles arborées à arbustives et les surfaces agricoles, augmentent (fig. 15).

En effet, entre 1987-1999, les savanes ont augmenté de 135 544 ha. Par contre, les forêts ont perdu 207 823 ha de leur superficie (soit 15,1 %). Quant aux zones anthropiques (zones de culture, zones d'habitats et plantations), elles ont augmenté respectivement de 89 218 ha, 935 ha et 134 ha, soit 90 287 ha (6,5 %) au total. Les surfaces occupées par l'eau ont également connu une hausse de 8 303 ha par rapport à l'année 1987.

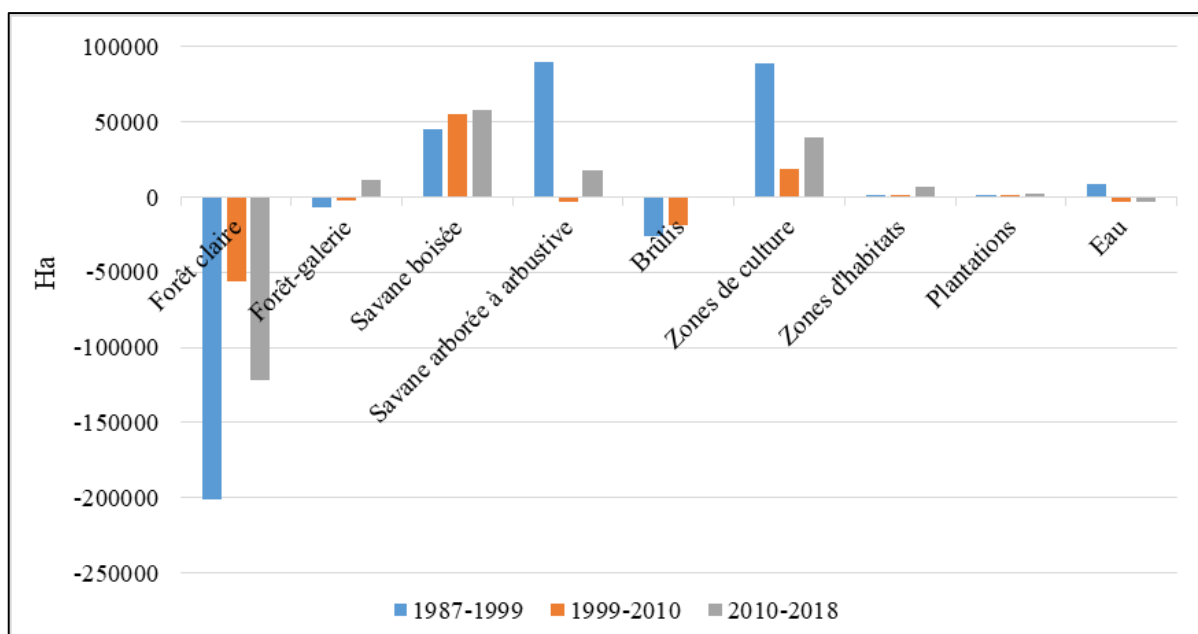


Figure 15: Evolution de l'occupation des sols en 1987, 1999, 2010 et 2018 en Haute-Casamance

Entre 1999-2010, la savane boisée a augmenté de 55 240 ha ; tandis que celle arborée à arbustive a diminué de 2 880 ha. Les zones anthropiques se sont accrues de 19 804 ha. Cette hausse concerne principalement les zones de culture (soit 18 238 ha). Quant aux forêts, elles ont perdu 58 595 ha de leur superficie. La superficie de la forêt claire a diminué de 4,1 % ; et la forêt-galerie 0,1 %. Les surfaces en eau ont baissé de 3 679,8 ha.

Entre 2010-2018, les savanes se sont élargies de 75 269 ha (soit 57 874 ha pour la savane boisée et 17 395 ha pour la savane arborée à arbustive) ; et les zones anthropiques de 48 247,5 ha. Les zones de culture ont également augmenté de 39 722 ha. Quant aux zones d'habitats, elles ont triplé en passant de 3 018,4 ha en 2010 à 9 683,4 ha en 2018. Il en est de même pour les plantations. Par contre, les surfaces occupées par l'eau ont diminué par rapport à 2010, principalement en faveur de la forêt-galerie qui a augmenté de 11 464 ha. Quant à la forêt claire, elle a diminué de 122 165 ha.

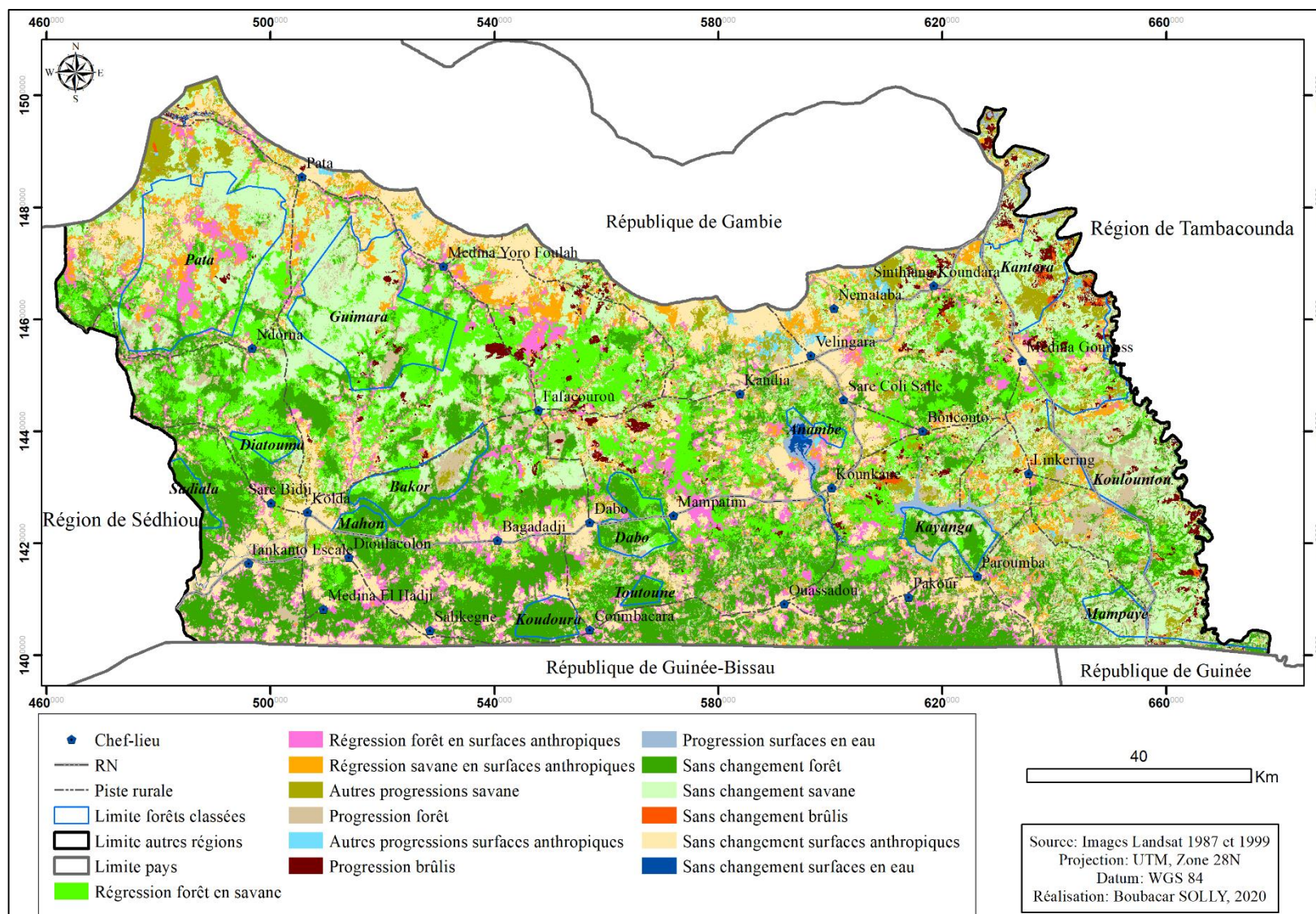
2.1.2. L'analyse des changements des formations forestières et détection de la dégradation et de la régénération de la couverture végétale

L'élaboration et l'analyse des cartes des changements d'occupation des sols et la détection des zones de dégradation et de régénération de la couverture végétale sont importantes pour une meilleure compréhension des dynamiques en cours.

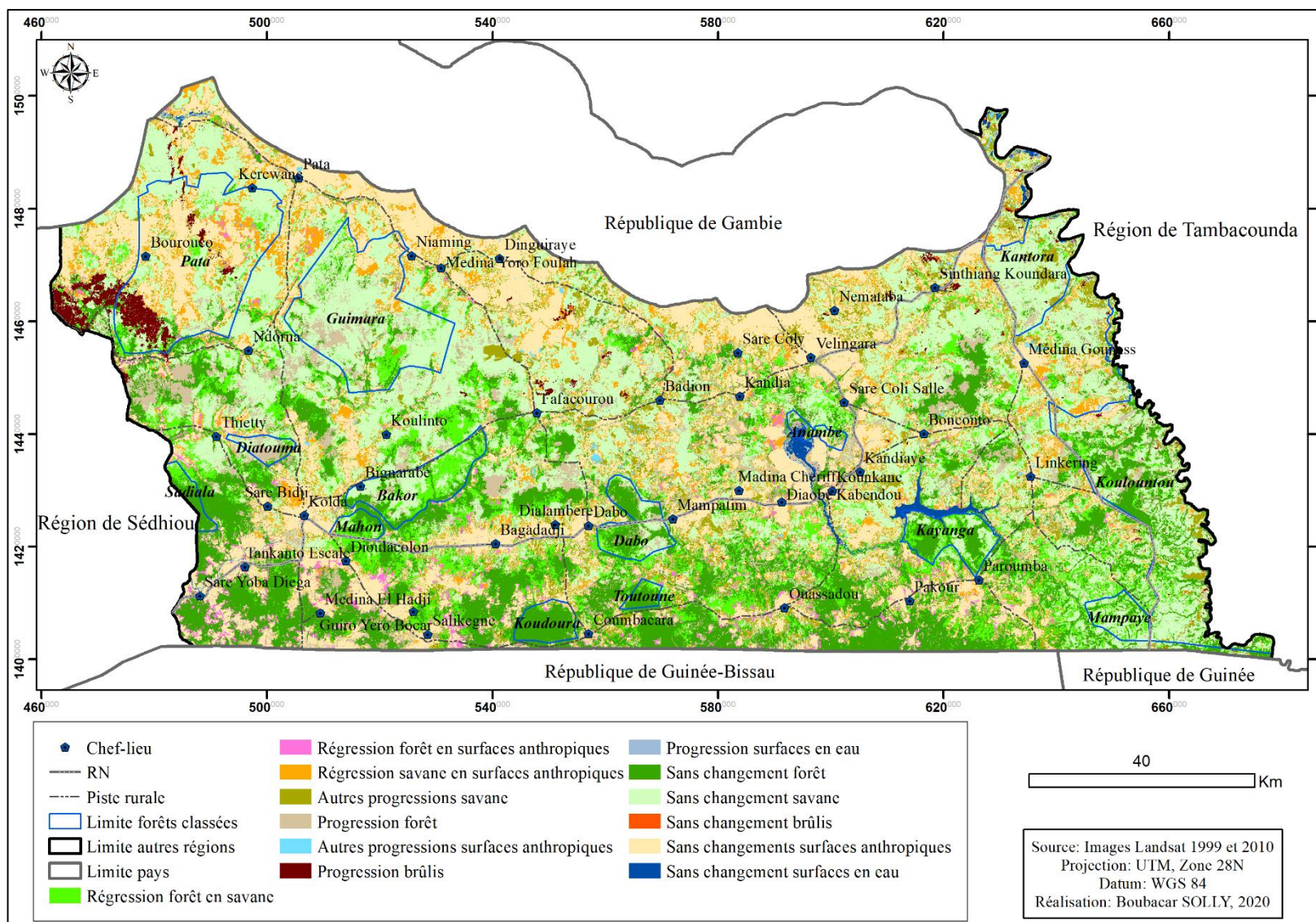
2.1.2.1. La cartographie et l'analyse des changements entre 1987-1999, 1999-2010, 2010-2018 et 1987-2018

La cartographie et l'analyse des changements d'occupation des sols aux différentes périodes indiquent cinq grandes modifications suivant un gradient nord-sud (carte 11, 12 et 13). Il s'agit principalement de :

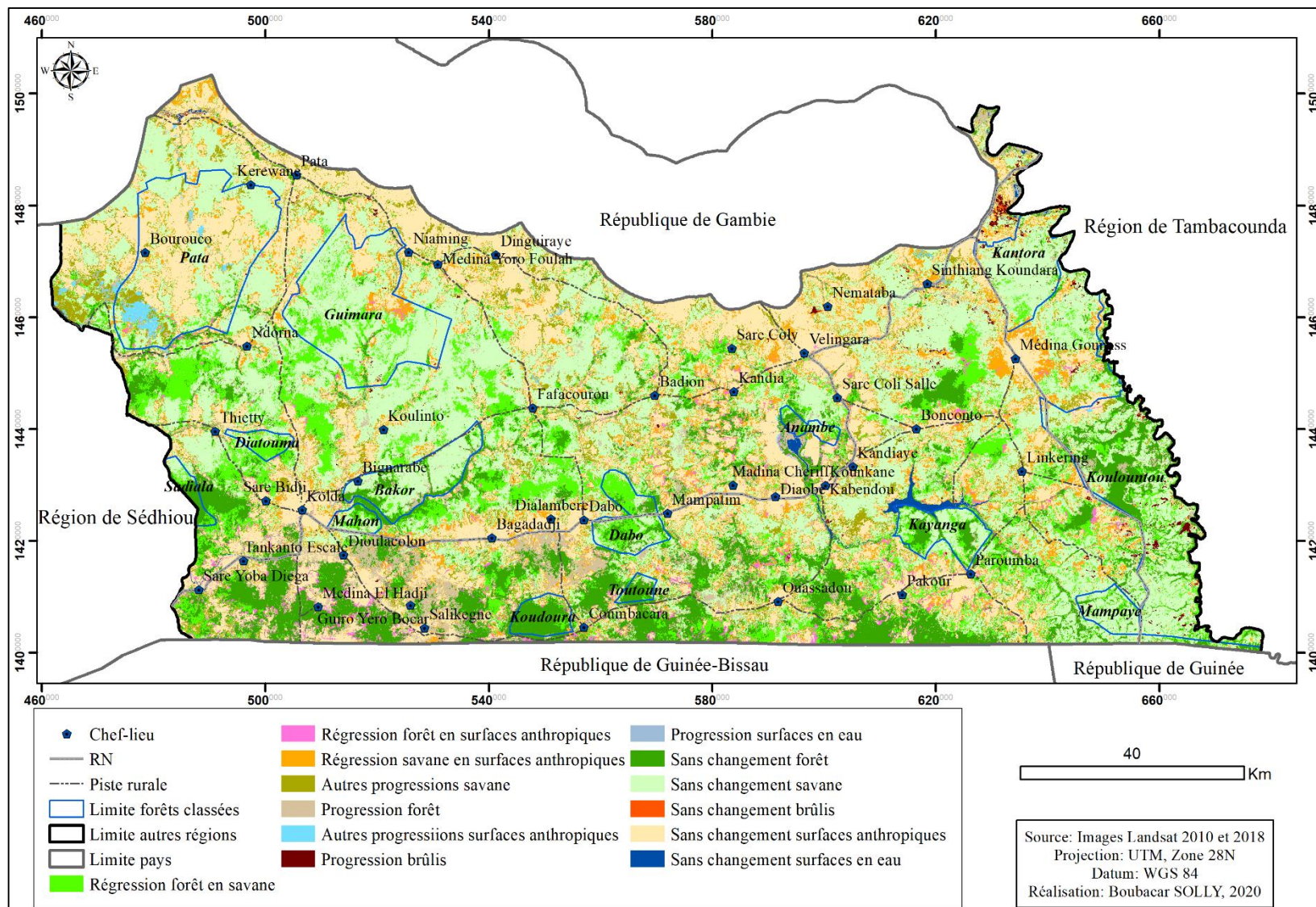
1. la régression de la forêt en faveur des surfaces anthropiques. Cette situation peut être qualifiée de déforestation, de dégradation de la forêt ou d'anthropisation ;
2. la régression de la forêt en faveur de la savane ; ce que l'on peut également qualifier de déforestation, de dégradation de la forêt ou de savanisation ;
3. la régression de la savane en faveur des surfaces anthropiques ; que l'on peut aussi qualifier de dégradation ou d'anthropisation ;
4. la progression de la forêt au détriment de la savane ou des surfaces anthropiques ; qui peut être qualifiée de régénération ;
5. la progression de la savane sur les surfaces anthropiques ; que l'on peut qualifier de régénération du couvert végétal.



Carte 11: Changements d'occupation des sols entre 1987 et 1999 en Haute-Casamance



Carte 12: Changements d'occupation des sols entre 1999 et 2010 en Haute-Casamance



Carte 13: Changements d'occupation des sols entre 2010 et 2018 en Haute-Casamance

En termes de superficie, nous avons noté qu'entre 1987 et 1999, la classe forêt a régressé de 15,3 % en faveur de la savane et de 7,1 % en faveur des surfaces anthropiques (composées principalement de zones de culture). Ces dernières ont progressé de 4,7 % au détriment de la savane (tabl. 12). Durant la période 1987-1999, la forêt classée de Pata était la plus touchée par l'anthropisation. En effet, cette forêt a fait l'objet d'une occupation humaine depuis la fin des années 1970, notamment par des migrants agropasteurs venus du Saloum et du Sénégal Oriental. C'est d'ailleurs ce qui explique en partie la forte régression des surfaces végétales en faveur des zones de culture.

Par ailleurs, les forêts ont connu une progression de 7,9 %. Cette progression a porté principalement sur les savanes (dans la forêt classée de Koulountou et de Guimara) et les surfaces initialement touchées par le feu à la date de prise de vue de l'image de 1987 (dans la forêt classée de Bakor). Les surfaces inchangées représentent respectivement 21,1 %, 19,9 % et 14,5 % pour la forêt, la savane et les surfaces anthropiques.

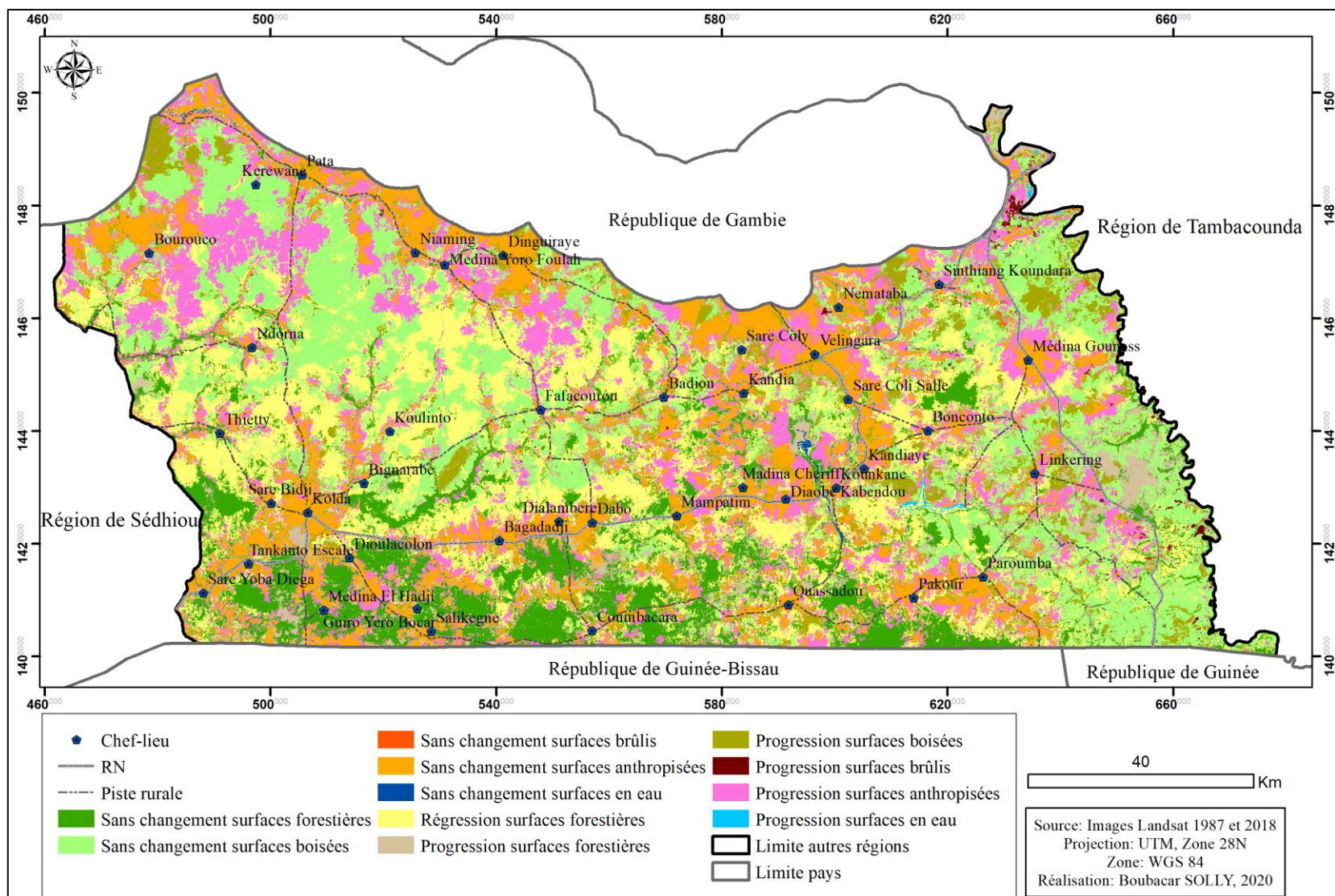
Tableau 12: Bilan en hectare des changements d'occupation des sols en Haute-Casamance entre 1987 et 2018

| Types de changement | Période | 1987-1999 | | 1999-2010 | | 2010-2018 | |
|---------------------|---------------------------------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|
| | Classes | Ha | % | Ha | % | Ha | % |
| Régression | Forêt en savane | 210274 | 15,3 | 127247 | 9,2 | 144013 | 10,5 |
| | Forêt en surfaces anthropiques | 97407 | 7,1 | 30207 | 2,2 | 27664 | 2 |
| | Savane en surfaces anthropiques | 65390 | 4,7 | 80473 | 5,8 | 96681 | 7 |
| Progression | Autres surfaces de savanes | 84934 | 6,2 | 91221 | 6,6 | 75149 | 5,5 |
| | Forêt | 109224 | 7,9 | 102901 | 7,5 | 61483 | 4,5 |
| | Autres surfaces anthropiques | 8769 | 0,6 | 5124 | 0,4 | 6004 | 0,4 |
| | Surface en eau | 8855 | 0,6 | 983 | 0,1 | 739 | 0,1 |
| | Brûlis | 22631 | 1,6 | 15188 | 1,1 | 5865 | 0,4 |
| Sans changement | Forêt | 290499 | 21,1 | 238419 | 17,3 | 169203 | 12,3 |
| | Savane | 274232 | 19,9 | 403549 | 29,3 | 477597 | 34,7 |
| | Brûlis | 3157 | 0,2 | 312 | 0 | 430 | 0 |
| | Surfaces anthropiques | 199142 | 14,5 | 274695 | 19,9 | 308446 | 22,4 |
| | Surfaces en eau | 2580 | 0,2 | 6777 | 0,5 | 3822 | 0,3 |
| Total | | 1377095 | 100 | 1377095 | 100 | 1377095 | 100 |

Entre 1999 et 2010, la forêt a régressé de 9,2 % en faveur de la savane. Cette régression concerne quasiment tout le Centre de la zone d'étude. La forêt a également régressé de 2,2 % en faveur des surfaces anthropiques. De plus, ces dernières ont connu une progression de 5,8 % sur les surfaces initialement occupées par la savane. En effet, durant cette période, la progression des surfaces anthropiques s'est faite principalement sur celles boisées et faiblement sur celles forestières. Les superficies sans changement sont de 17,3 % ha pour la forêt, 29,3 % pour la savane et de 19,9 % pour les surfaces anthropiques.

Durant la période 2010 à 2018, les surfaces stables représentaient 12,3 % pour la forêt, 34,7 % pour la savane et 22,4 % pour les surfaces anthropiques. Les surfaces de forêts sans changement concernent quasiment toute la partie sud-ouest où l'on trouve également la forêt classée de Koudoura. La progression des surfaces anthropiques s'est faite également sur les surfaces initialement occupées par la savane (7 %) et faiblement sur la forêt. Cette progression s'est faite principalement autour des localités de Ndorna, Vélingara (chef-lieu de département), Sare Coli, Médina Gounass, Dioulacolon, Bagadadji, Diaobé, Pakour, Coumbacara et de la vallée hydroagricole de l'Anambé. Quant à la forêt, elle a régressé de 10,5 % au détriment de la savane ; contre une régénération par endroits de 4,5 %.

Le bilan des changements entre 1987 et 2018 (carte 14) indique que les forêts ont connu une très forte régression de 437 872 ha, contre une progression par endroits de 60 923 ha. Les surfaces stables sont de 169 699 ha. Le taux de déforestation est de 62,04 %, soit une disparition de la forêt de 2 % par an. Les savanes ont connu une progression de 405 946 ha. Toutefois, elles ont régressé de 142 857 ha principalement en faveur des surfaces anthropiques (agricoles), principalement sur le long de la frontière avec la Gambie. Les surfaces sans changement sont de 290 628 ha.



Carte 14: Bilan des changements d'occupation des sols entre 1987 et 2018 en Haute-Casamance

Les surfaces anthropiques, ont connu une progression de 243 013 ha. Par ailleurs, elles ont régressé par endroits de 84 762 ha en faveur des savanes, particulièrement celles arborées à arbustives. En effet, laissées en jachère pendant certaines périodes, les zones de cultures retrouvent souvent leur situation initiale, comme cela a pu être noté au Sénégal d'une manière générale (CILSS, 2016) et en Casamance en particulier (Diédhiou, 2019). Les superficies sans changement sont de 197 706 ha.

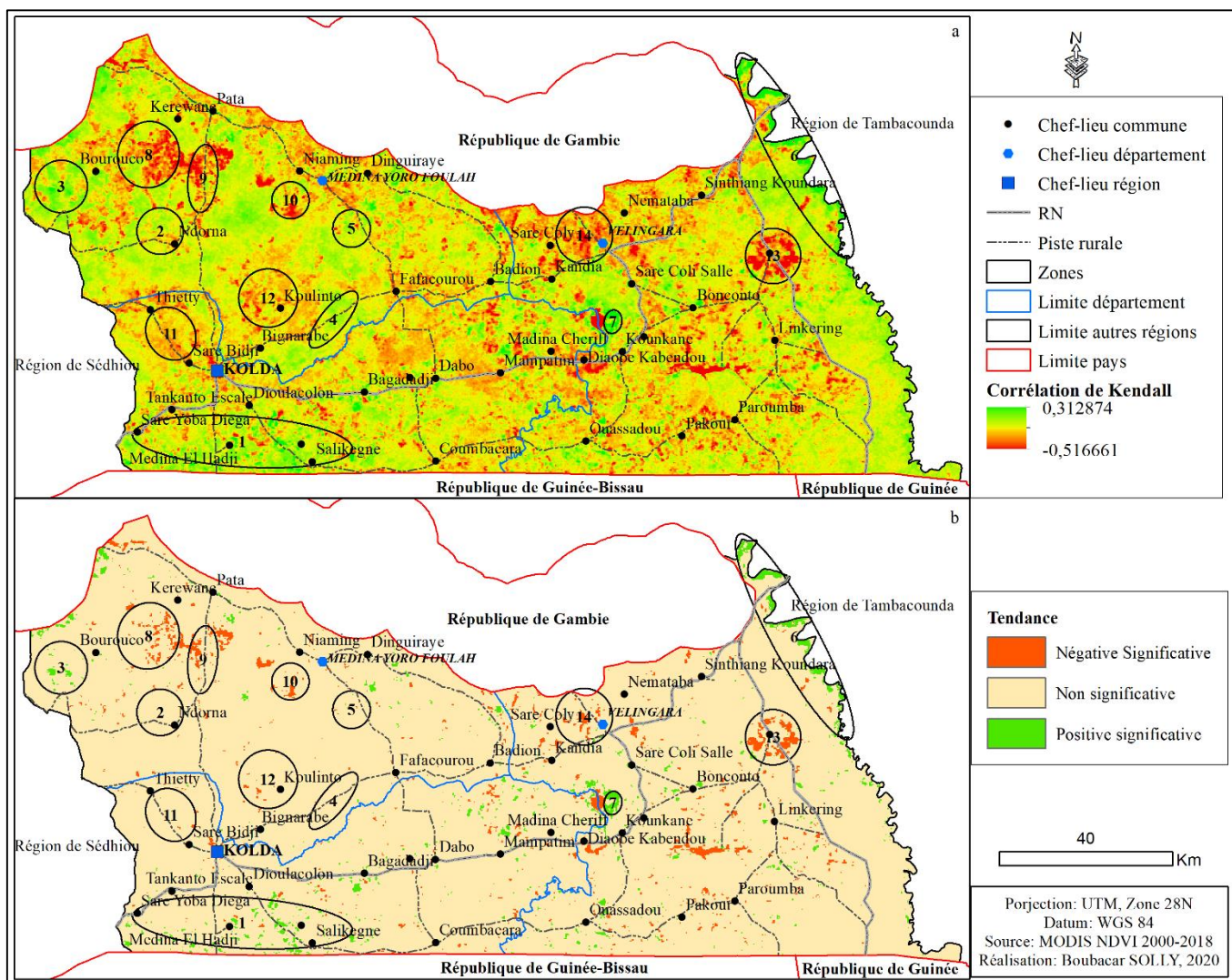
2.1.2.2. Analyse de la dégradation et de la régénération de la couverture végétale à travers l'analyse des tendances de séries temporelles MODIS NDVI et des changements d'occupation des sols entre 1999 et 2018

La détection et l'analyse de la dégradation et de la régénération de la couverture végétale permettent de localiser avec plus de précision ces modifications ; ce qui est nécessaire pour l'élaboration de politiques efficaces de sauvegarde des forêts. Elle apporte également de nouvelles connaissances aux décideurs sur la dynamique de la couverture végétale en Haute-Casamance surtout avec l'analyse des tendances du NDVI.

2.1.2.2.1. L'analyse des tendances du NDVI de 2000 à 2018 en Haute-Casamance

La corrélation de Kendall entre 2000-2018 indique, dans sa globalité, une forte variation spatiale du NDVI en Haute-Casamance, avec une tendance non significative (carte 15). Les valeurs de corrélation varient entre 0,31 et -0,52.

Plusieurs zones marquées par une tendance à l'augmentation du NDVI ont été détectées. Ainsi, nous avons le Sud-Ouest, entre Salikégné, Médina El Hadji, Guiro Yéro Bocar, Saré Yoba Diega, et entre Bagadadji et Dabo (zone 1), qui est principalement occupée par la classe forêt. Il en est de même dans la partie ouest (dans le département de Médina Yoro Foulah), précisément aux alentours de Ndorna (2) et au sud-ouest de Bouroucou (3), ainsi qu'au sud de l'axe Bignarabé-Fafacourou (4) et dans la partie ouest de l'axe Fafacourou-Médina Yoro Foulah (5). Le long de la partie est du département de Vélingara, où l'on retrouve de vastes étendues de savanes, est également marquée par une tendance à l'augmentation de la productivité de la végétation. Dans cette partie de la région, les plus fortes tendances, d'ailleurs significatives, sont notées à l'extrémité nord-est (6). De même, au nord de Diaobé Kabendou (7) (où se trouve le bassin hydroagricole de l'Anambé), nous notons des pixels de tendances positives significatives. Cette tendance positive du NDVI représente 63,6% de la zone d'étude.



Carte 15: (a) Tendances du NDVI entre 2000 et 2018 en Haute-Casamance. Et (b) significativité au seuil de 10 %

Par contre, le long de la frontière avec la Gambie, le centre de la zone d'étude et le sud-est sont marqués par une tendance à la baisse du NDVI. Cette tendance témoigne de la dégradation de la couverture végétale naturelle transformée pour l'essentiel en zones de culture et d'habitats. C'est le cas entre Bouroucou et Kerewane (8), sur l'axe Pata-Ndorna (9), et au sud de Niaming (10) où la tendance est négative significative au seuil de 10 %. À l'Est également, autour de Médina Gounass (13), de Vélingara (14), et aux alentours de Koulinto (12), la même situation est notée. À l'Ouest, c'est-à-dire entre Saré Bidji et Thietty (11) nous notons la même tendance à la diminution du NDVI toutefois non significative au seuil de 10 %. Cette tendance négative représente 36,4% de la zone d'étude.

Le pourcentage de tendance positive significative (au seuil de 10 %) est de 1,8 % ; celle négative significative est de 2,1 %.

2.1.2.2.2. L'analyse des changements de la couverture végétale entre 1999 et 2018 en Haute-Casamance

La cartographie des changements de la couverture végétale indique une forte dégradation. Cette dégradation est beaucoup plus marquée dans le Centre-Ouest et dans le sud de la zone d'étude pour ce qui est du passage de la forêt à la savane (carte 16). Elle concerne 13,5 % des changements (tabl. 13). Pour ce qui est du passage de la forêt aux zones de culture et d'habitats (conversion totale de 3,4 %) et de la savane aux zones de culture et d'habitats (conversion totale de 7,9 %), la dégradation est plus marquée dans le Nord-Ouest, le Centre et le Sud. Dans le département de Médina Yoro Foulah, plus précisément au sud de Kerewane (zone 8) et de Niaming (10), et sur l'axe Ndorna-Pata (9), une importante conversion de la savane en zones de culture et d'habitats est notée. La corrélation de Kendall a d'ailleurs montré une tendance à la diminution de la productivité de la végétation dans cette même zone. À l'Ouest également, précisément autour de Médina Gounass (13), et dans la zone de Sinthiang Koundara (15), d'importantes surfaces sont concernées par la dégradation de la couverture végétale avec une tendance négative toutefois non significative au test de p.

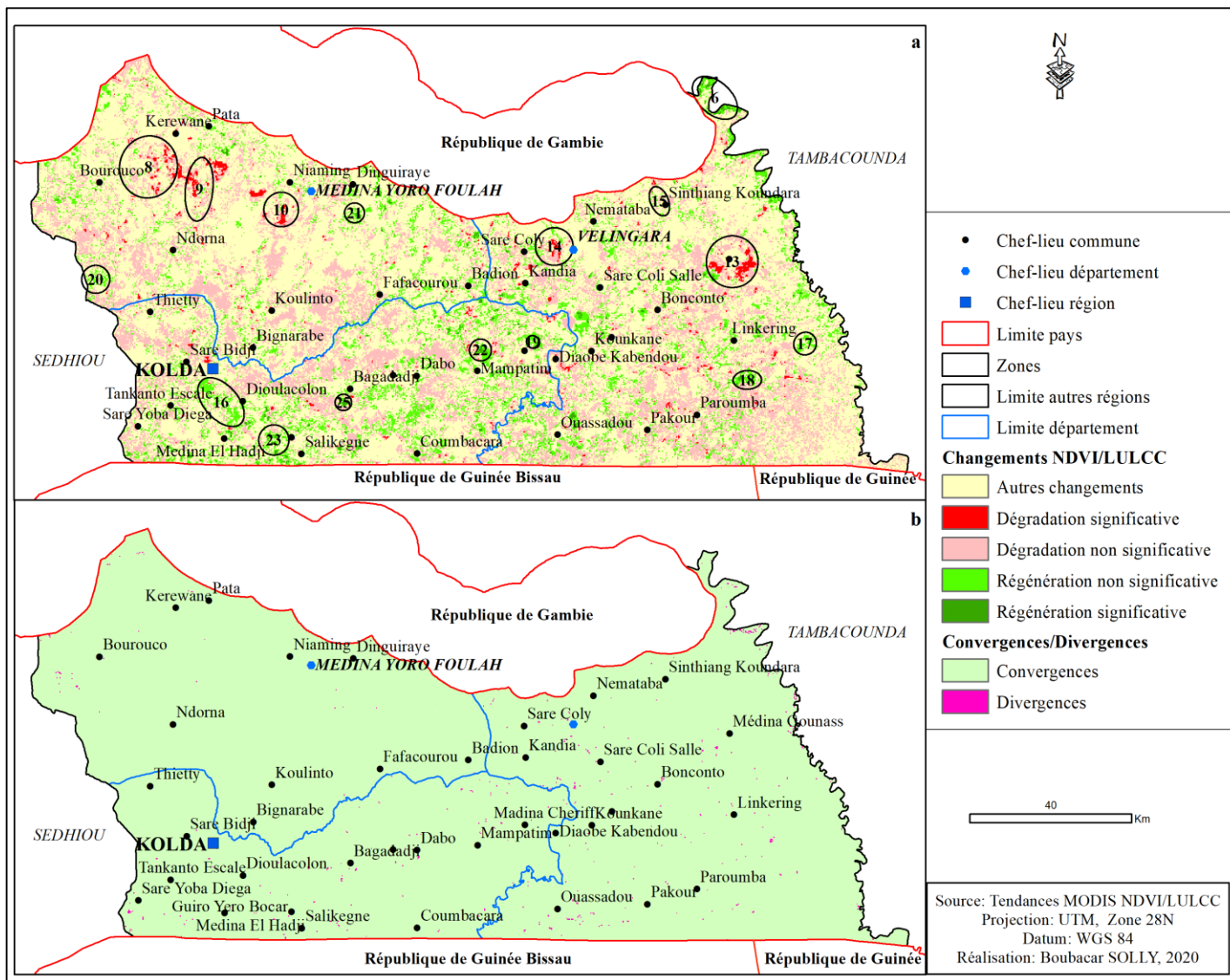
Tableau 13: Bilan des changements de la couverture végétale entre 1999-2018 (en hectare et en pourcentage)

| Changements | | Ha | % |
|--------------------|------------------------------|-----------|------|
| Dégradation | Forêt-Savane | 185 845 | 13,5 |
| | Forêt-Surfaces anthropiques | 47 120 | 3,4 |
| | Savane-Surfaces anthropiques | 108 879 | 7,9 |
| Régénération | Surfaces anthropiques-Forêt | 20 470 | 1,5 |
| | Surfaces anthropiques-Savane | 72 247 | 5,2 |
| | Savane-Forêt | 36 306 | 2,6 |
| Autres changements | Autres changements | 906 228 | 65,9 |
| Total | | 1 377 095 | 100 |

Pour ce qui est des zones de régénération, elles concernent plus particulièrement la partie sud de la Haute-Casamance. Elles concernent 9,3 % des changements, dont 5,2 % correspondent à la progression de la savane sur les zones de culture et d'habitats. Il s'agit en effet, d'une transition avec le passage des zones de culture à la savane (particulièrement celle arborée à arbustive puis boisée), puis de la savane à la forêt. D'ailleurs, 20 470 ha sont concernés par cette situation. Quant à la conversion de la savane en forêt, la situation est beaucoup plus marquée dans la partie sud-ouest de la zone d'étude, entre les communes de Dioulacolon, Médina El Hadji et de Tankanto Escale (16). Des surfaces situées dans l'extrémité Est (sur l'axe Linkering-Guinée) (17) et entre Linkering-Paroumba (18), au centre (au nord de Médina Cherif) (19), et au nord-ouest de Thiétty (à l'extrémité ouest de la région) (20) sont également concernées. Une tendance positive à l'augmentation du NDVI y est notée. La conversion de la savane en forêt porte sur 36 306 ha.

2.1.2.2.3. L'analyse des tendances NDVI et des changements de la couverture végétale entre 1999 et 2018 en Haute-Casamance

Pour voir la cohérence entre les zones de changements de la couverture végétale et les zones de tendances significatives et non significatives détectées, nous avons additionné le NDVI et le LULCC. Le résultat de cette opération indique plusieurs zones de concordance de la dégradation et de la régénération de la végétation (carte 17). Pour la dégradation, les zones significatives sont : le sud de Kerewane (zone 8) et de Niaming (10), l'axe Ndorna-Pata (9), autour de Médina Gounass (13), et au nord vers Saré Coly (14).



Carte 17: Changements entre le NDVI/LULCC entre 1999-2018 en Haute-Casamance (a), Convergence/Divergence entre le NDVI/LULCC (b)

Pour la régénération, les zones de tendances significatives se trouvent principalement : au nord vers Médina Yoro Foulah (zone 21) et à l'extrémité nord-est (6) dans la zone de Sinthiang Koundara, au nord de Mampatim (22), au sud vers Bagadadji (25) et Médina El Hadji (23), et entre Linkering-Paroumba (18).

Cette concordance des changements entre les deux jeux de données représente 99,76% de la zone d'étude. Ce qui indique également la qualité et la complémentarité des deux jeux de données pour détecter les changements de la couverture végétale. Toutefois, des pixels représentant une divergence sont notés de manière dispersée. Ils représentent 0,24%. Ces divergences pourraient être liées au rééchantillonnage de la carte des changements d'occupation des sols, issue de l'image Landsat à la résolution de 250m.

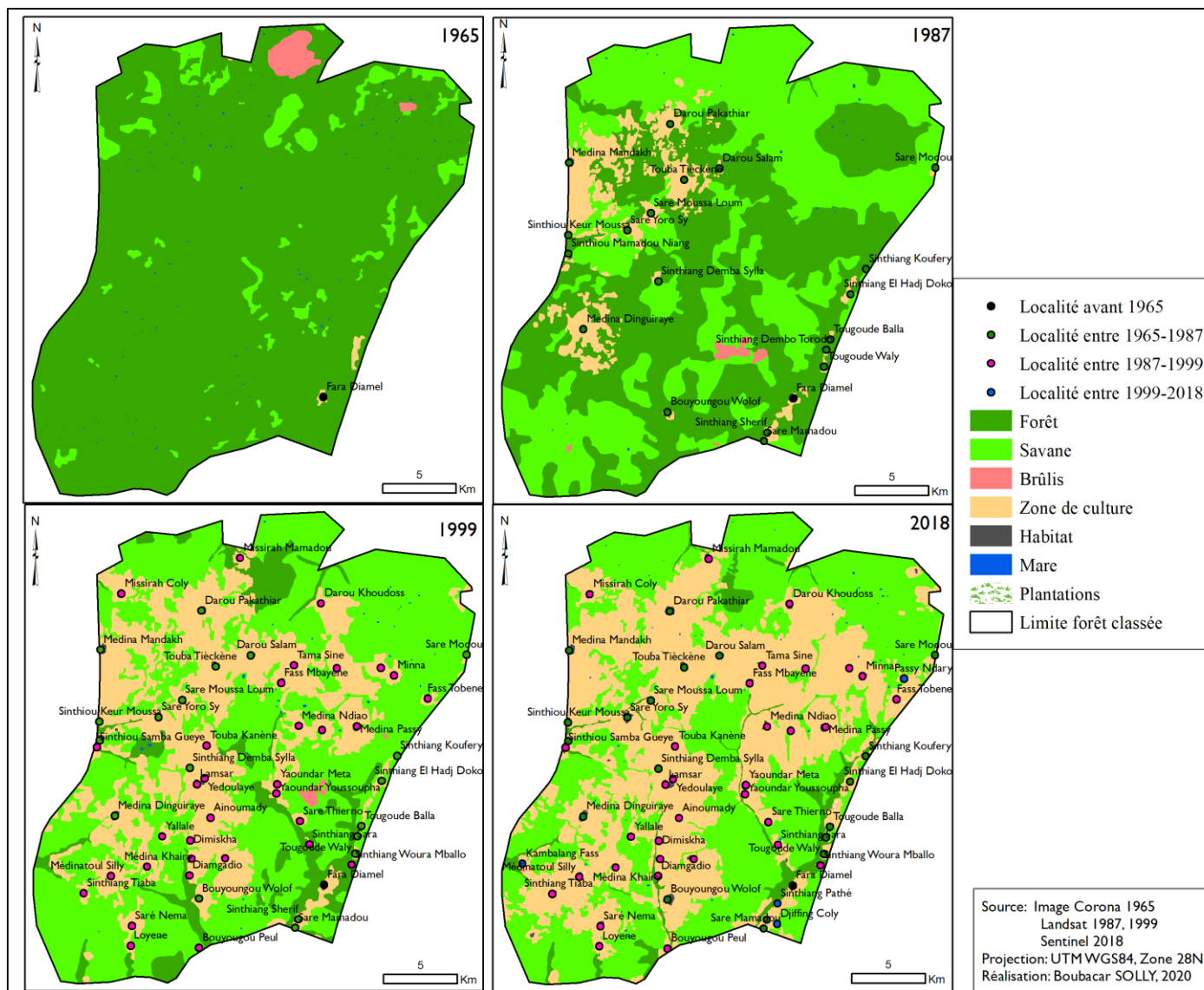
2.2. Analyse de la dynamique de l'occupation des sols et des formations forestières dans les forêts classées et les forêts aménagées de la Haute-Casamance entre 1965 et 2018

À l'échelle des forêts classées et aménagées, l'analyse de la dynamique de l'occupation des sols a porté sur Pata, Dabo, Kantora, Saré Bidji, Médina Salam Dingha et Bonconto. Cette analyse est importante pour une meilleure gestion des ressources et pour une meilleure prise en compte de la question du classement et de l'aménagement des forêts.

2.2.1. La forêt classée de Pata : une forêt à l'épreuve de la déforestation

La forêt de Pata est classée par arrêté N° 4398 du 04-08-1950 avec une superficie de 73 000 ha (SREF Kolda, 2014). Elle se situe dans le département de Médina Yoro Foulah entre les communes de Kerewane, Bourouco et Ndorna. À l'image des autres forêts classées du Sénégal, elle a été classée dans le but de conserver un équilibre entre les forêts et les cultures, en raison de la progression de la culture de l'arachide (Bellouard, 1955). À son classement, les populations n'avaient le droit de l'utiliser que pour leur besoin de subsistance (Ribot, 2001). Malheureusement, 26 ans après, elle a fait l'objet d'une occupation rapide par les agriculteurs et éleveurs originaires du nord du Sénégal (Sidibé, 2005). Celle-ci s'est faite au vu de l'administration régionale et nationale, au point d'avoir remis en cause la responsabilité de l'État qui est le principal gestionnaire (Fanchette, 1999), et modifié la structure originelle de l'écosystème. Les principales activités des populations sont l'agriculture, l'élevage, le commerce, la collecte du bois de chauffe et de service et la coupe illicite du bois.

Les résultats cartographiques traduisent une évolution de l'occupation des sols marquée par une régression importante de la forêt et de la savane en faveur des surfaces agricoles (carte 18).



Carte 18: Evolution de l'occupation des sols dans la forêt classée de Pata en 1965, 1987, 1999 et 2018

En 1965, l'occupation des sols était dominée par la classe forêt. En 1987, la forêt et la savane étaient le couvert dominant. En 1999, la savane et les surfaces agricoles dominaient. En 2018, les surfaces agricoles sont devenues le couvert dominant. Le processus est tel que la forêt classée est passée d'une zone forestière à une zone anthropique à cause des installations humaines. En effet, à l'image des forêts classées du Pays Akyé situé dans le Sud-Est ivoirien (Yao, 1990), et de Tiogo situé au Burkina Faso (Tankoano *et al.*, 2015), la course à l'appropriation des terres dans la forêt classée de Pata a entraîné une perte importante du couvert végétal. Ce processus s'est fait à travers une transition forêt-savane et savane-zones de culture.

En termes de superficie, la classe forêt couvrait 59 183,9 ha, soit 92,2 % de l'occupation des sols en 1965 ; alors que la savane ne représentait que 3 920,1 ha, soit 6,1 % (fig. 16). A cette date, il n'existait qu'une seule localité dans la forêt classée, à savoir Fana Diamel. Les surfaces agricoles ne couvraient que 152 ha, soit moins de 1 % et les brûlis ont touché 816,8 ha.

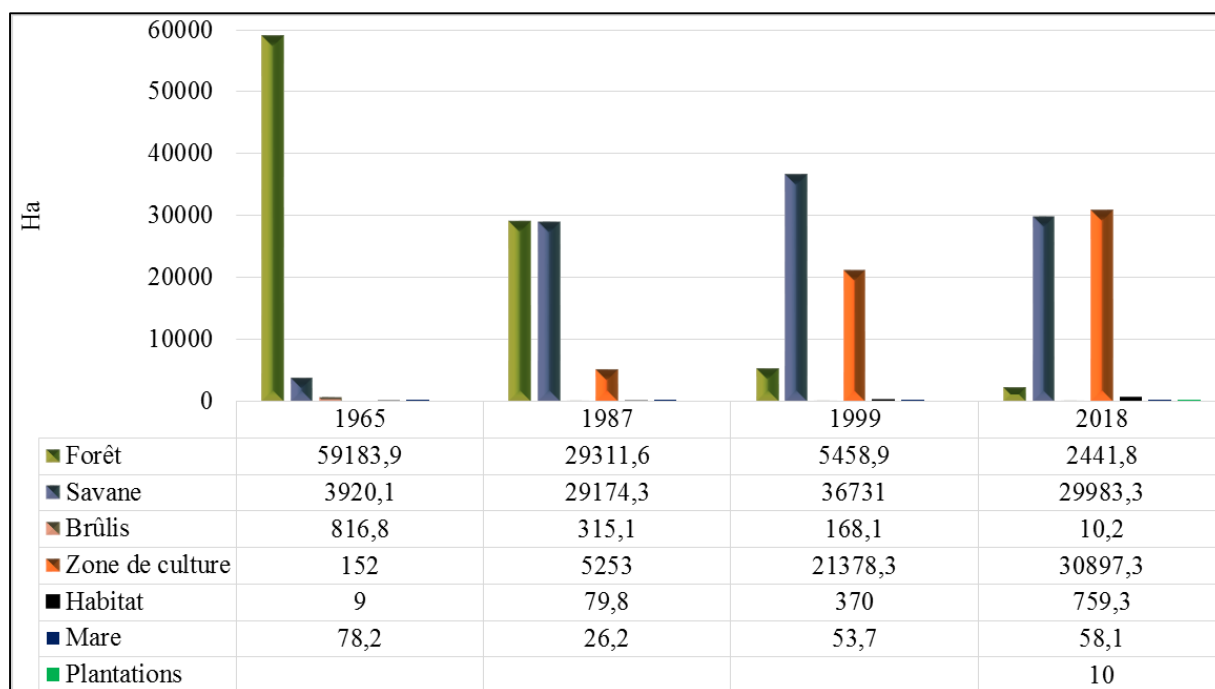


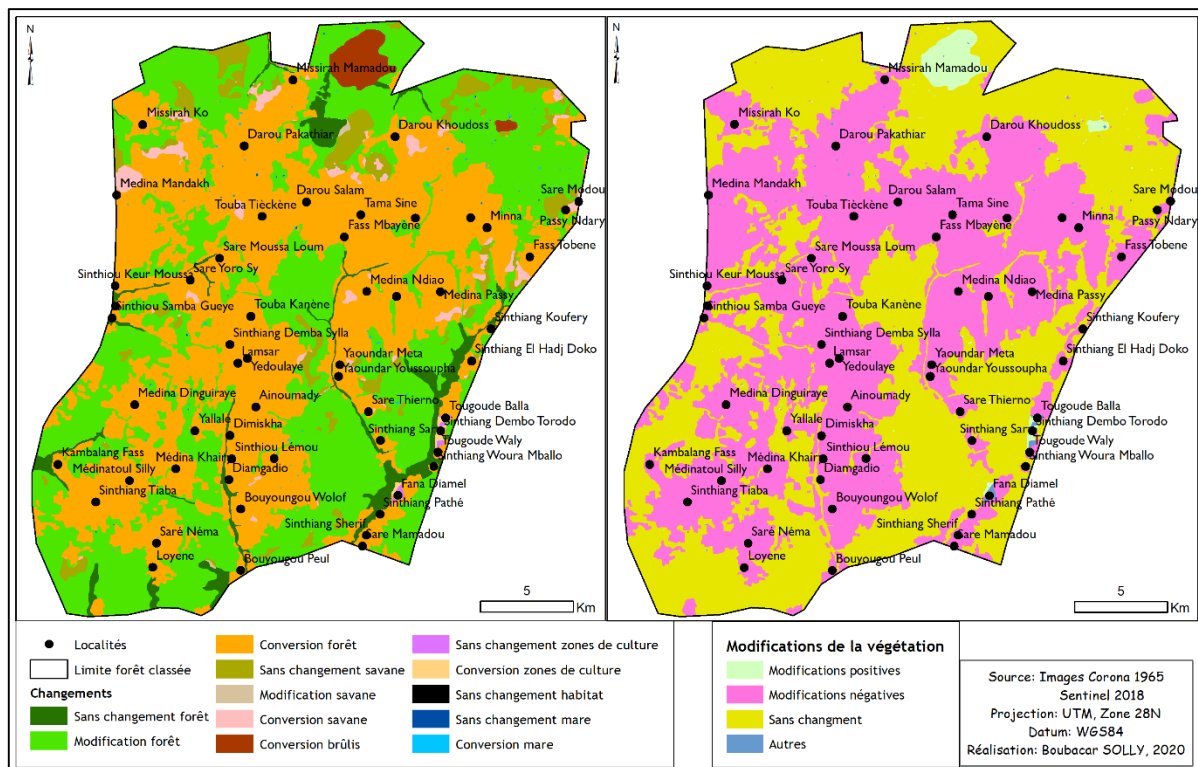
Figure 16: Evolution en hectare de l'occupation des sols dans la forêt classée de Pata en 1965, 1987, 1999 et 2018

En 1987, la forêt couvrait 29 312 ha, soit 45,7 % et la savane, 29 174 ha, soit 45,5 %. Comparée à la situation de 1965, la forêt a connu une perte importante de 29 872,3 ha en faveur des savanes et des surfaces agricoles principalement. Ces dernières ont augmenté de 5 101 ha. Les zones d'habitats quant à elles, sont marquées par la création de 19 nouvelles localités dont 12 créées par les migrants. La pression humaine est telle qu'entre 1987-1999, la forêt a perdu plus de 23 852,7 ha de sa superficie. La savane a augmenté de 7 557 ha. Il en est de même pour les

surfaces agricoles dont la superficie a triplé. À cette date déjà (1999), 28 % de la forêt claire avaient été défrichés rien que pour faire place aux cultures, alimentant ainsi les tensions entre les agriculteurs locaux et les immigrants (Tappan *et al.*, 2004). En effet, cette augmentation des surfaces agricoles s'explique par les besoins en terres agricoles à la suite de l'arrivée de nouveaux migrants et la création de 31 nouvelles localités dont 26 correspondent à des installations de migrants (Sidibé, 2005).

En 2018, les surfaces agricoles occupaient 30 897 ha. Elles ont augmenté de 9 519 ha, soit 14,9 % par rapport à 1999 et représentent 48,2 % de l'occupation des sols. La végétation est dominée par la savane qui représente 46,7 %. Les zones d'habitats occupaient 759 ha. Entre 1999 et 2018, 4 nouvelles localités que sont Sinthiang Pathé, Kambalang Fass, Passy Ndary, et Djiffing Coly ont été créées. De même, il apparaît la présence de vergers d'anacarde. En 2018, la forêt classée polarise 55 localités, avec une population estimée à 22 656 habitants (ANSD, 2014).

Le bilan des changements indique une évolution de l'occupation des sols marquée par une conversion importante de la forêt en surfaces agricoles (carte 19).



Carte 19: Changements de l'occupation des sols et modifications de la végétation dans la forêt classée de Pata entre 1965 et 2018

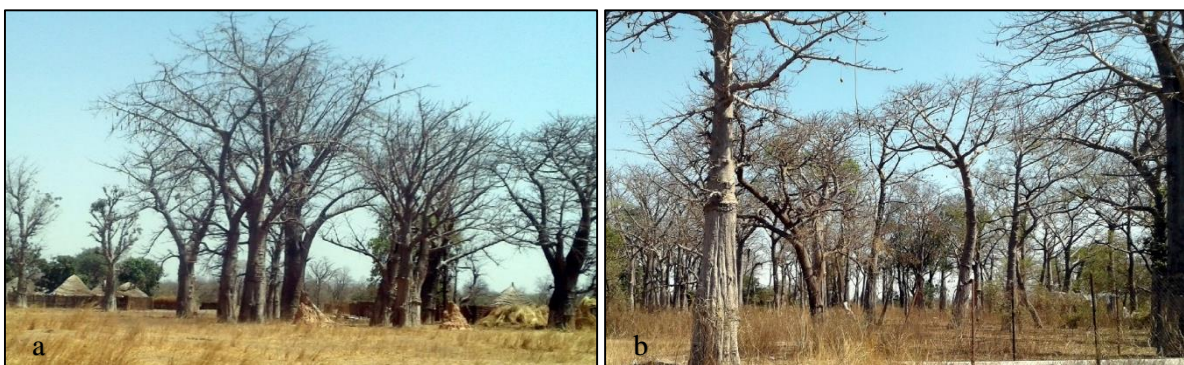
En termes de superficie, la classe forêt a perdu 56 902 ha dont 26 382 ha correspondent à une modification en savane et 29 733 ha à une conversion en zones de culture (tabl. 14). Les surfaces sans changement sont respectivement de 2 300 ha, 2 777 ha et 76 ha pour ces trois classes. Par ailleurs, la savane a connu une conversion de 1 078 ha en zones de culture. Ces dernières représentent 48,2% du périmètre classé en 2018. La végétation (forêt et savane) représente 50,5%.

Tableau 14: Bilan des changements en hectare de l'occupation des sols dans la forêt classée de Pata entre 1965 et 2018

| Classes | Forêt | Savane | Brûlis | Z.C | Habitat | Mare | Verger | Perte |
|------------------|-------|--------|--------|--------|---------|------|--------|--------|
| Forêt | 2 334 | 26 350 | 10 | 29 729 | 719 | 40 | 10 | 56 858 |
| Savane | 45 | 2 778 | 0 | 1 076 | 16 | 4 | 0 | 1 141 |
| Brûlis | 16 | 798 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 817 |
| Zones de culture | 47 | 12 | 0 | 81 | 12 | 0 | 0 | 71 |
| Habitat | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Mare | 0 | 45 | 0 | 21 | 1 | 11 | 0 | 67 |
| Gain | 108 | 27 205 | 10 | 30 826 | 748 | 47 | 10 | |

En gris, les surfaces sans changement ; en vert, les modifications ; en orange, les conversions

L'évolution de l'occupation des sols est telle que les espèces ligneuses que sont *Pterocarpus erinaceus*, *Oxytenanthera abyssinica*, *Khaya senegalensis*, *Combretum micranthum*, *Parkia biglobosa*, *Sclerocarya birrea*, *Ximenia americana*, *Heeria insignis*, *Adansonia digitata*, et *Psorospermum senegalense* sont devenues peu abondantes dans les périmètres de la forêt classée, selon les populations interrogées. *Adansonia digitata* n'est quant à elle présente que sous la forme de parc (Photographie 5).



Photographie 5: Parc à *Adansonia digitata* à Darou Khoudoss 2 (a) et derrière la mairie de Bourouco (b) (mars 2018)

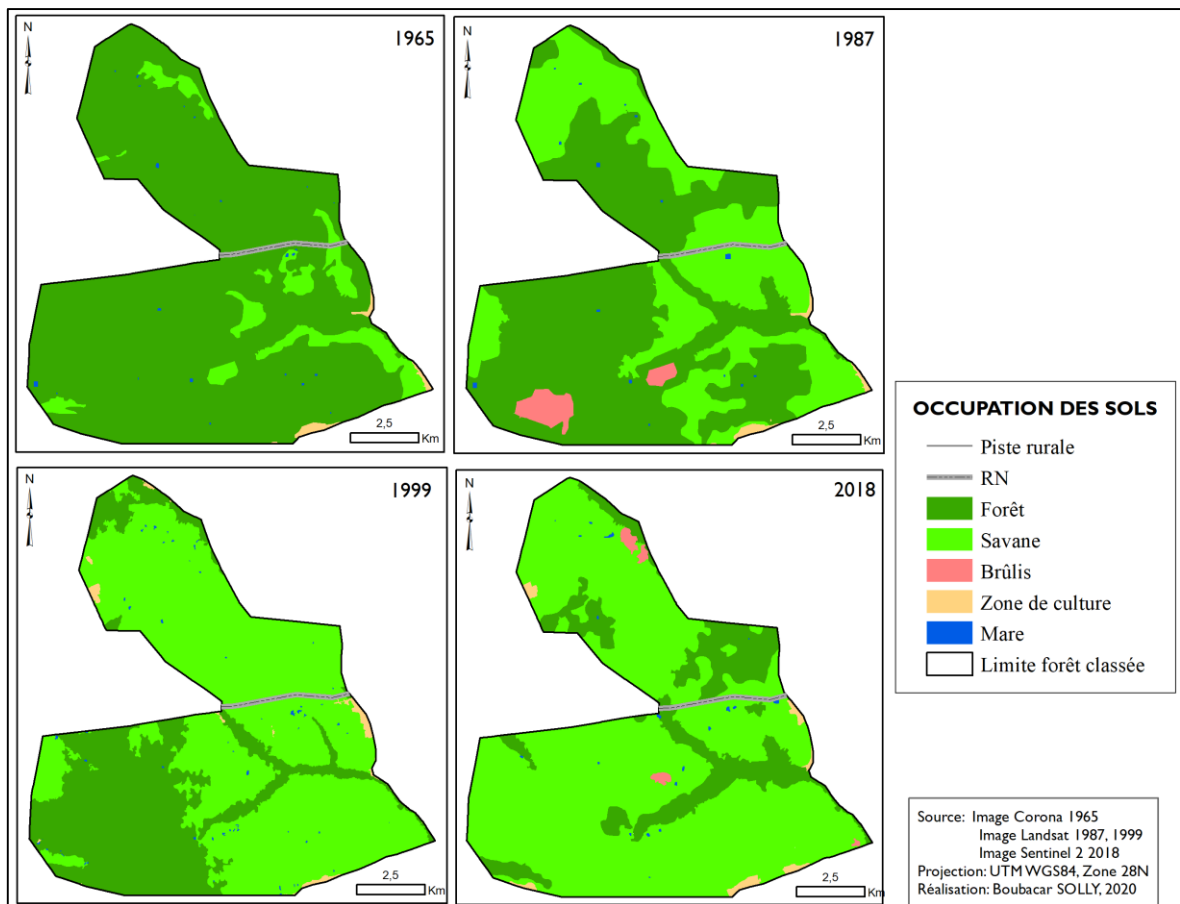
Parmi ces espèces, *Cordyla pinnata*, *Pterocarpus erinaceus*, *Erythrophleum africana* et *Terminalia macroptera* font l'objet d'une exploitation abusive en direction de la Chine par le biais du port de Banjul depuis 2010. Il en est de même pour *Bombax costatum*, bien qu'elle soit listée parmi les espèces ligneuses les plus couramment rencontrées par les populations au côté de *Combretum glutinosum*, *Acacia macrostachya*, *Lannea acida*, *Cordyla pinnata*, *Terminalia macroptera*, *Azelia africana*, *Terminalia avicennioides*, *Sterculia setigera*, *Combretum nigricans* et *Cassia sieberiana*.

2.2.2. La forêt classée de Dabo : une forêt relativement bien conservée

La forêt classée de Dabo est située dans le département de Kolda entre la commune de Dialambéré et de Mampatim. Elle a été classée par arrêté N° 6182 du 12.11.1951 avec une superficie de 14 400 ha ; soit 2 065 ha de plus que les limites officielles utilisées pour la cartographie.

La végétation ligneuse est dominée par *Terminalia macroptera*, *Parkia biglobosa*, *Bombax costatum*, *Zizyphus mauritiana*, *Cassia sieberiana*, *Holarrhena floribunda*, *Combretum glutinosum*, *Sterculia setigera*, *Ficus glumosa*, *Piliostigma thonningii*, *Combretum glutinosum*, *Terminalia avicennioides* et *Cola cordifolia*. Les espèces devenues peu abondantes dans le périmètre classé selon les populations interrogées sont *Borassus aethiopum*, *Ceiba pentandra*, *Azelia africana*, *Oxytenanthera abyssinica*, *Saba senegalensis*, *Pterocarpus erinaceus*, *Daniella oliveri*, *Landolphia heudelotii*, *Ximenia americana*, *Vitex madiensis*, *Neocarya macrophylla*, *Pericopsis laxiflorus* et *Khaya senegalensis*.

L'évolution de l'occupation des sols y est caractérisée par une savanisation, c'est-à-dire la progression de la savane (carte 20). En effet, contrairement à la forêt classée de Pata, celle de Dabo semble non affectée directement par les actions anthropiques. L'absence de localité dans le périmètre classé depuis sa création en témoigne. Entre 1965 et 1987, la classe forêt était le couvert dominant. Puis, elle a régressé progressivement à travers une transition forêt-savane en 1999 et en 2018.



Carte 20: Evolution de l'occupation des sols dans la forêt classée de Dabo en 1965, 1987, 1999 et 2018

En termes de superficie, nous notons que la forêt couvrait plus de 90 % des sols en 1965 (fig. 17). En 1987, elle occupait 58,7 %. Elle a connu une régression de 3 977 ha, soit 32,2 % par rapport à 1965 en faveur de la savane. Cette dernière a augmenté en 1999 pour occuper 8 308,1 ha, soit 67,4 % du domaine classé. En 2018, elle couvre 10 031,7 ha, soit 81,3 %. Les surfaces agricoles ont quant à elles très peu évolué. En effet, d'une superficie de 79,3 ha en 1965, elles occupent 129,7 ha en 2018, soit une augmentation de 50,4 ha en un demi-siècle. Quant aux feux, ils ne semblent pas trop affecter cette forêt qui, à tout point de vue, reste relativement bien protégée des actions de l'homme.

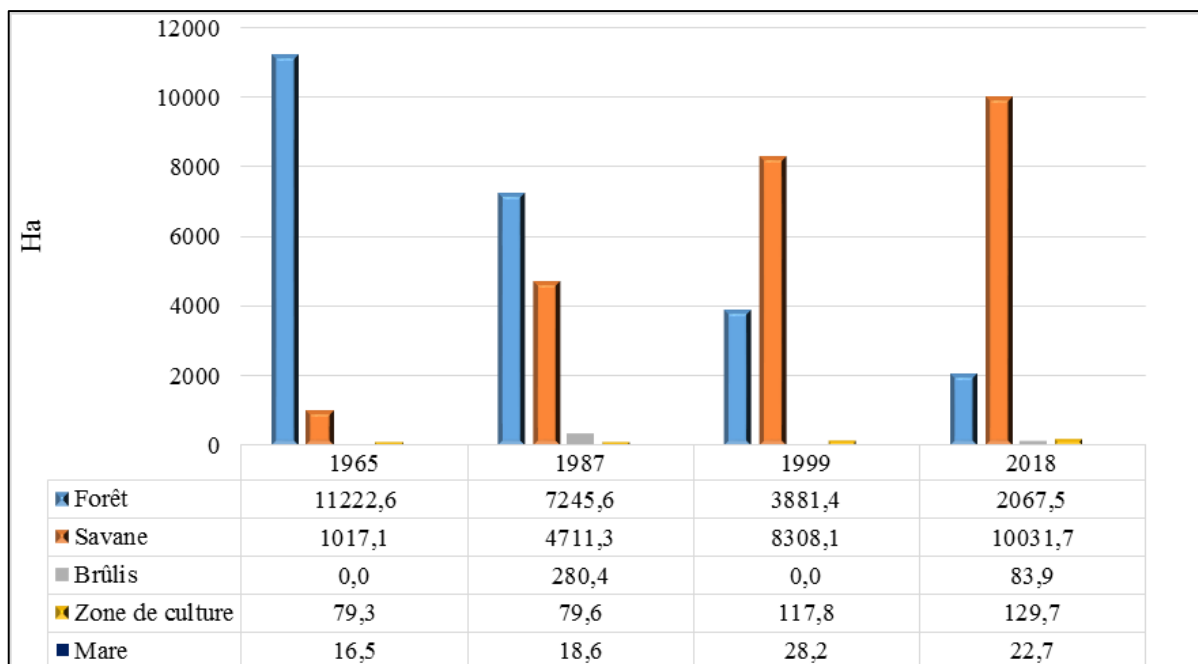
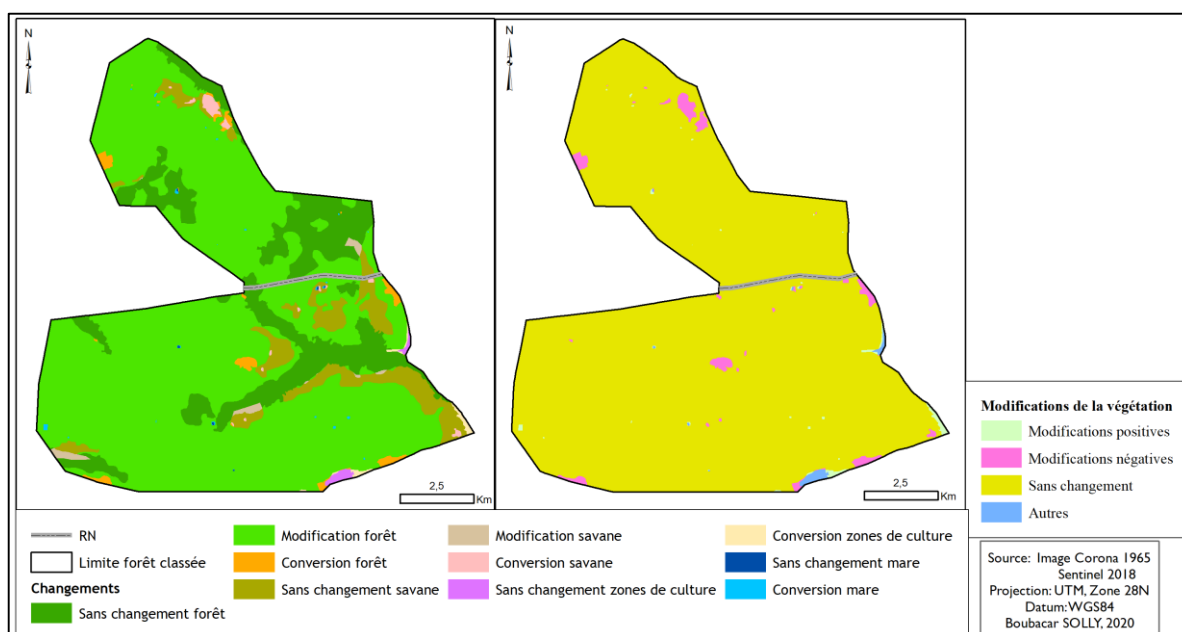


Figure 17: Evolution en hectare de l'occupation des sols dans la forêt classée de Dabo en 1965, 1987, 1999 et 2018

En termes de changements paysagers, la carte 21 montre une forte progression de la savane entre 1965 et 2018 même si la classe forêt occupe toujours une place relativement importante dans le périmètre classé.



Carte 21: Changements de l'occupation des sols et modifications de la végétation dans la forêt classée de Dabo entre 1965 et 2018

Le bilan des changements indique une modification de 9 108 ha de forêt en savane (tabl. 15). Par contre, les surfaces sans changement sont de 1 916 ha, soit le double de celles occupées par la savane en 1965. En effet, d'une superficie de 1 017 ha en 1965, la savane est passée à 10 032 ha en 2018 au point de couvrir 81,3% du périmètre classé. Les zones de culture ont quant à elles très peu évolué (90 ha).

Tableau 15: Bilan des changements en hectare de l'occupation des sols dans la forêt classée de Dabo entre 1965 et 2018

| Classes | Forêt | Savane | Brûlis | Z.C | Mare | Perte |
|------------------|-------|--------|--------|-----|------|-------|
| Forêt | 1 982 | 9 104 | 43 | 90 | 5 | 9 241 |
| Savane | 68 | 893 | 41 | 0 | 14 | 123 |
| Zones de culture | 17 | 23 | 0 | 39 | 0 | 40 |
| Mare | 2 | 12 | 0 | 0 | 3 | 14 |
| Gain | 87 | 9 139 | 84 | 90 | 19 | |

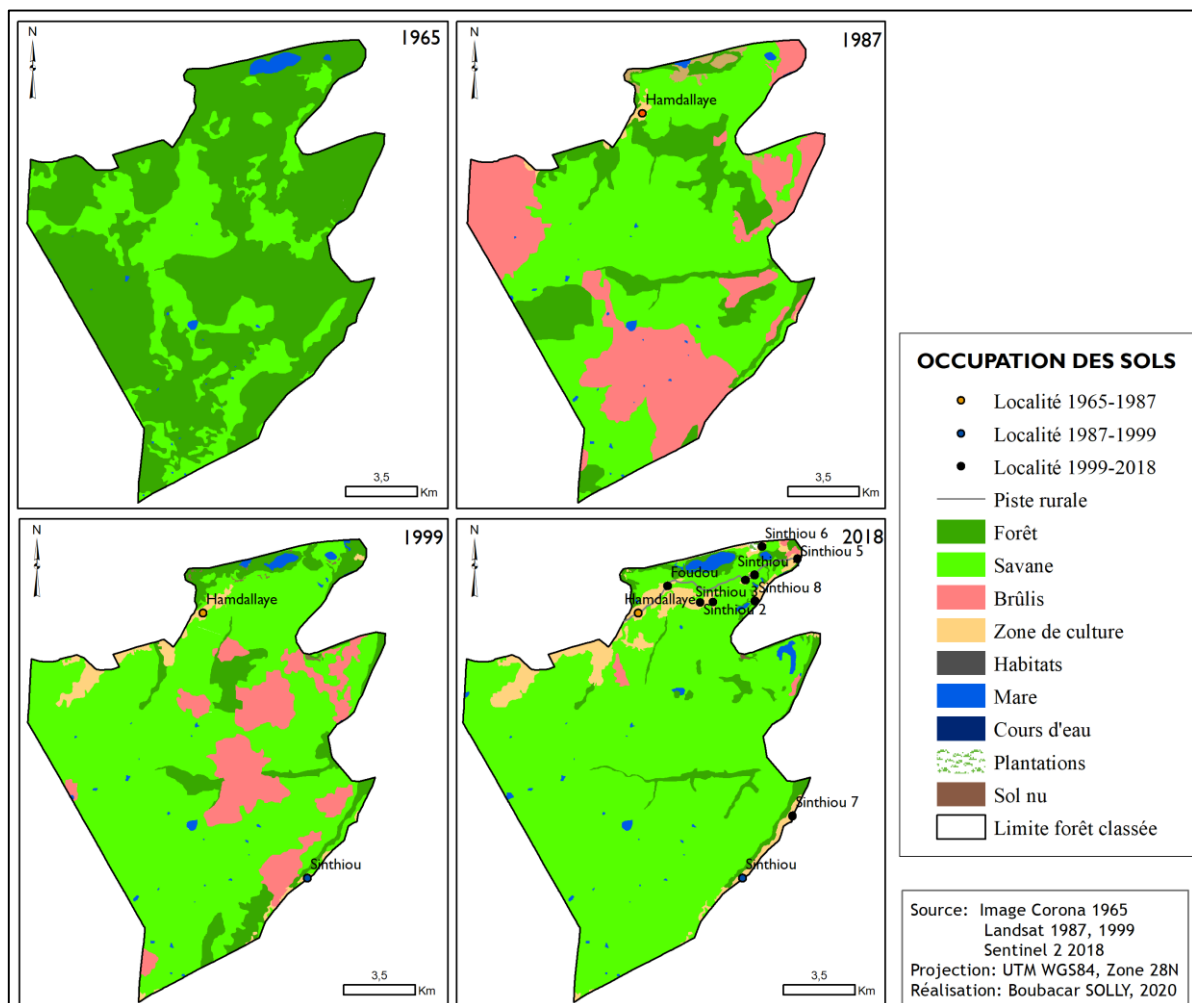
En gris, les surfaces sans changement ; en vert, les modifications ; en orange, les conversions

2.2.3. La forêt classée de Kantora : une forêt à l'épreuve de la savanisation et des feux de brousse

La forêt classée de Kantora est située à l'extrémité nord-est du département de Vélingara, non loin de la Gambie et de la région de Tambacounda. Elle se trouve entre les communes de Sinthiang Coundara et de Médina Gounass. Elle a été classée par arrêté N° 5830 du 24.10.1950 sur une superficie de 21 125 ha. Depuis le début des années 2000, elle fait l'objet d'une occupation humaine importante. Elle compte dix localités au sein de son périmètre dont huit sont créées entre 1999 et 2018. Les principales activités réalisées à l'intérieur du périmètre classé sont l'agriculture, le pâturage, la chasse, la coupe et la commercialisation illicite du bois. Elle est marquée aussi par l'apparition assez fréquente de feux de brousse provoqués par les éleveurs et les trafiquants de marchandise.

À l'image de la forêt classée de Dabo, la cartographie de l'occupation des sols révèle une forte tendance à la progression de la savane (carte 22). Cette situation serait liée principalement aux feux de brousse qui affecte fortement cette partie de la Haute-Casamance. En effet, en 1987 et en 1999, les surfaces affectées par le feu ont augmenté, et la plupart des mares se sont asséchées. En plus de cela, nous avons noté une augmentation des zones d'habitations dans le périmètre classé. De deux localités avant 1999, on en dénombre 10 en 2018. Cette situation nous laisse

prédire qu'à ce rythme, cette forêt classée risque de devenir comme celle de Pata en termes d'installations humaines.



Carte 22: Evolution de l'occupation des sols dans la forêt classée de Kantora en 1965, 1987, 1999 et 2018

En termes de statistique, les résultats indiquent que la classe forêt est passée de 15 978,8 ha (72,4 %) en 1965 à 1 124,1 ha (5,1 %) en 2018 (fig. 18). Durant la même période, la savane a augmenté de 13 241,2 ha en passant de 5 874,7 ha au triple. Les feux ont affecté respectivement 6 067,5 ha en 1987, 3 042,7 ha en 1999, et 120,7 ha en 2018, à la date de prise de vue des images. En ce qui concerne les surfaces agricoles, elles sont passées de 110,3 ha en 1987 à 537,4 ha en 1999, puis à 1 308,4 ha en 2018. La surface des mares est passée de 212 ha en 1965 à 96 ha en 1987, soit une diminution importante de 116 ha. Par contre, entre 1987 et 2018, leur surface a augmenté de 231,7 ha.

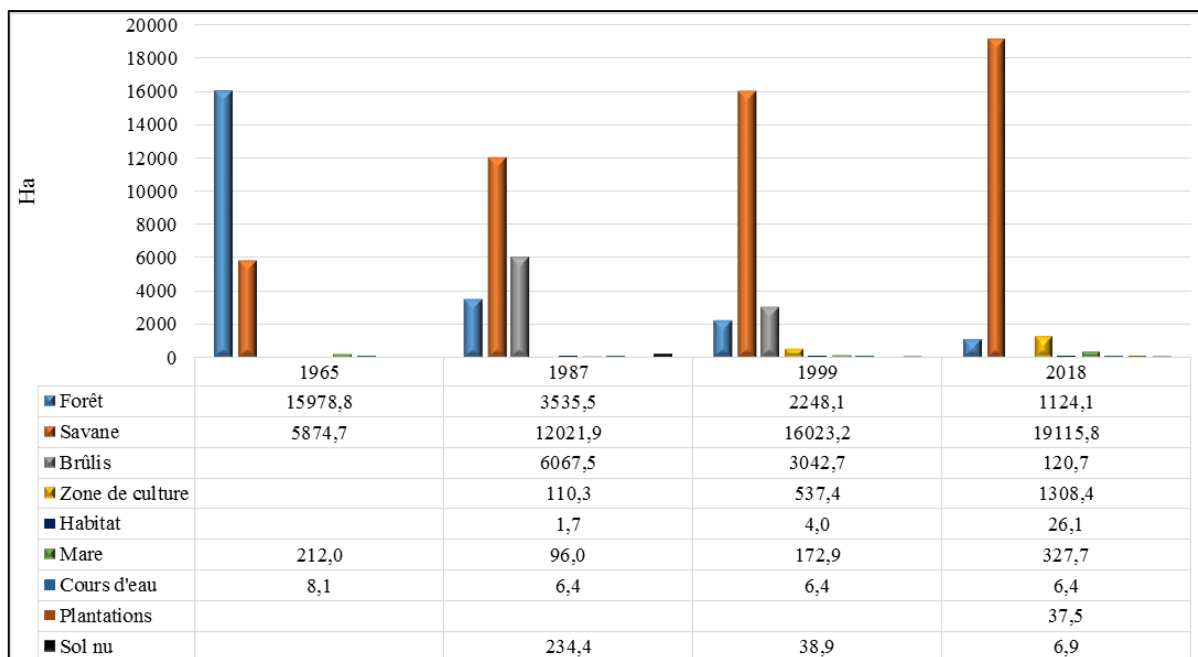
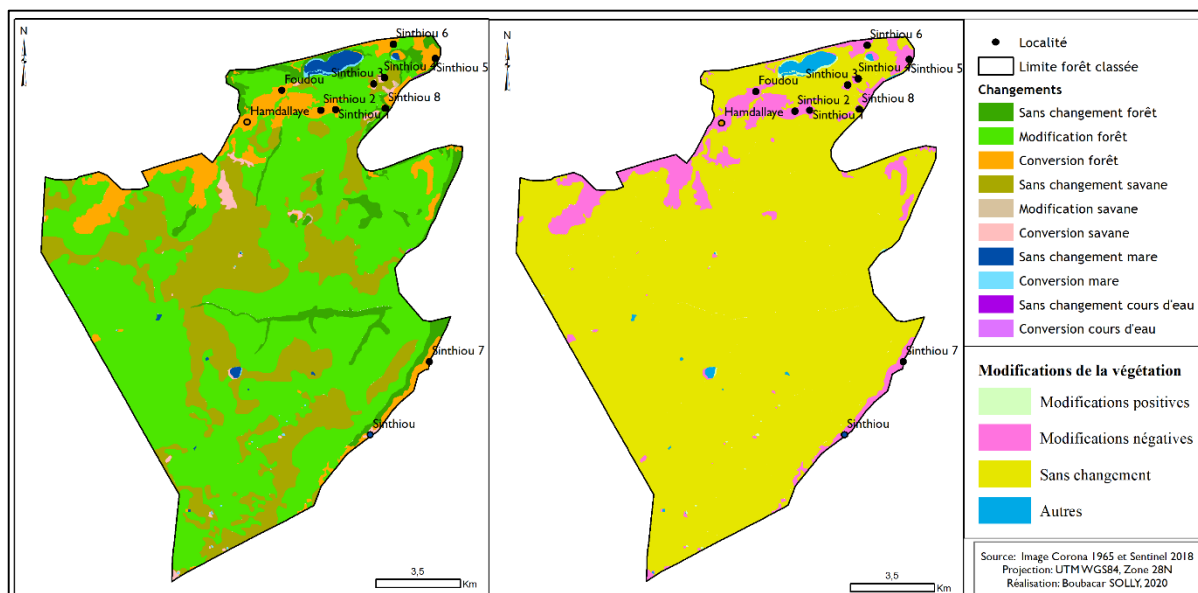


Figure 18: Evolution en hectare de l'occupation des sols dans la forêt classée de Kantora en 1965, 1987, 1999 et 2018

La cartographie des changements entre 1965 et 2018 a indiqué une forte extension de la savane au détriment de la forêt (carte 23).



Carte 23: Changements de l'occupation des sols et modifications de la végétation dans la forêt classée de Kantora entre 1965 et 2018

Une modification de 13 432 ha de forêt en savane a été notée (tabl. 16). En effet, de 15 978,8 ha (72,4%) en 1965, la classe forêt est passée à 1 124,1 ha (5,1 %) en 2018. Par contre, 1 249

ha ont été convertis en surfaces agricoles, et 110 ha sont occupés par les mares. Les surfaces de savanes restées intactes entre ces deux dates sont également importantes (5 679 ha).

Tableau 16: Bilan des changements en hectare de l'occupation des sols dans la forêt classée de Kantora entre 1965 et 2018

| Classes | Forêt | Savane | Brûlis | Z.C | Habitat | Mare | Cours d'eau | Verger | Sol nu | Perte |
|-------------|-------|--------|--------|------|---------|------|-------------|--------|--------|-------|
| Forêt | 1077 | 13423 | 55 | 1246 | 21 | 113 | 0 | 38 | 7 | 14903 |
| Savane | 14 | 5679 | 65 | 62 | 5 | 49 | 0 | 0 | 0 | 196 |
| Mare | 34 | 12 | 0 | 1 | 0 | 164 | 0 | 0 | 0 | 47 |
| Cours d'eau | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 2 |
| Gain | 48 | 13437 | 120 | 1309 | 26 | 162 | 0 | 38 | 7 | |

En gris, les surfaces sans changement ; en vert, les modifications ; en orange, les conversions

Les relevés de végétation réalisés par Sambou (2004) avaient révélé que les arbres représentaient 43 % de la végétation et les arbustes 57 %, soit une dominance de la savane boisée à celle arbustive. La végétation était dominée par une espèce arbustive de 6,5 m de haut ; notamment *Combretum glutinosum* et de deux espèces arborées de 10 et 10,5 m de haut ; à savoir *Pterocarpus erinaceus* et *Bombax costatum*.

Parmi ces espèces, *Pterocarpus erinaceus* est devenue l'une des plus rares selon les populations. À elle s'ajoute des espèces peu abondantes telles que : *Cordyla pinnata*, *Vitex madiensis*, *Oxytenanthera abyssinica*, *Khaya senegalensis*, *Crossepterix febrifuga*, *Dichrostachys cinerea*, *Parkia biglobosa*, *Heeria insignis*, *Detarium microcarpum*, *Annona senegalensis*, *Cassia sieberiana*, *Terminalia avicennioides* et *Zizyphus mauritiana*. Aujourd'hui, les espèces les plus couramment rencontrées par les populations sont *Mitragyna inermis*, *Hymenocardia acida*, *Combretum glutinosum*, *Terminalia macroptera*, *Sterculia setigera*, *Hexalobus monopetalus*, *Piliostigma thonningii*, *Prosopis africana*, *Bombax costatum*, *Hymenocardia acida*, *Landolphia heudelotii* et *Acacia macrostachya*.

2.2.4. La forêt aménagée de Saré Bidji : une forêt bien conservée, mais menacée

La forêt de Saré Bidji est aménagée par l'ONG USAID/WULA-NAFAA en 2007. Depuis lors, elle est ouverte à la production du bois énergie. Elle couvre une superficie de 19 807 ha répartie entre les communes de Thiétty et de Saré Bidji qui sont les principales communes gestionnaires. La forêt aménagée occupe une position géostratégique par rapport à la région de Sédhiou à l'Ouest et la commune de Kolda un peu plus au Sud-Est. Elle couvre aussi une bonne partie de la forêt classée de Diatouma qui est d'une superficie de 4 170 ha. Elle compte une seule localité

(Sinthiou Samba Koudora) au sein de son périmètre. Les principales activités pratiquées dans la forêt aménagée sont l'agriculture, le pâturage, la production du bois énergie, le braconnage et la coupe du bois. Il s'agit de l'une des forêts aménagées les mieux gérées en Haute-Casamance. Le couvert forestier y occupe une place importante.

Selon les populations, la végétation est dominée par les espèces telles que *Combretum glutinosum*, *Combretum nigricans*, *Combretum sp*, *Hexalobus monopetalus*, *Terminalia macroptera*, *Khaya senegalensis*, *Piliostigma thonningii*, *Prosopis africana*, *Annona senegalensis*, *Ficus glumosa*, *Sclerocarya birrea*, *Cola cordifolia*, *Terminalia avicennioides* et *Neocarya macrophylla*. Parmi ces espèces, trois contribuent pour plus de 76 % au potentiel de production du bois énergie (USAID et SREF Kolda, 2007). Il s'agit de *Combretum glutinosum*, *Combretum nigricans* et *Terminalia macroptera*. À elles, s'ajoute *Terminalia avicennioides*. Ces espèces sont les essences les plus ciblées pour la production de bois énergie dans cette forêt.

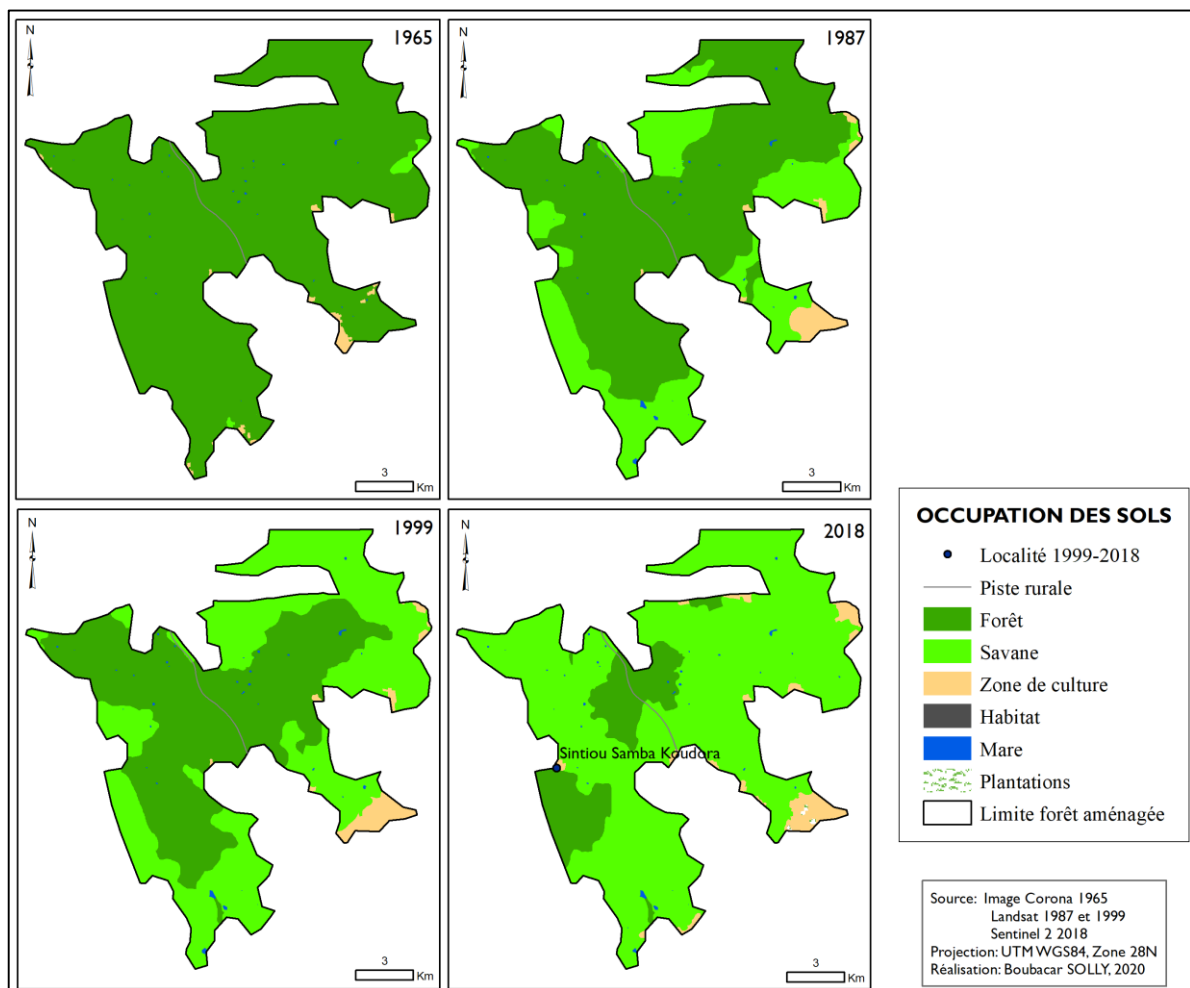
Les espèces devenues peu abondantes sont *Afzelia africana*, *Detarium microcarpum*, *Pterocarpus erinaceus*, *Cordyla pinnata*, *Bombax costatum*, *Parkia biglobosa*, *Borassus aethiopum*, *Vitex madiensis*, *Landolphia heudelotii*, *Daniella oliveri*, *Detarium senegalense*, *Syzygium guineense*, *Elaeis guineensis* et *Sterculia setigera*.

Pour les besoins de la production du bois énergie dite également bois de chauffe, la forêt a été subdivisée en cinq blocs d'environ 4 000 ha. Chaque bloc est divisé en huit parcelles telles qu'inscrites dans le plan d'aménagement. La première phase d'exploitation a commencé en 2007 et s'est terminée en 2014. La seconde phase a démarré en 2015 et devra prendre fin en 2023.

Contrairement aux forêts classées, la forêt aménagée de Saré Bidji connaît une faible diminution de sa couverture végétale. De 1965 à 1999, le couvert végétal était dominé par la classe forêt (carte 24). Cette situation pourrait s'expliquer non seulement par la faible anthropisation, mais également par les apports d'eaux. En effet, ces derniers étaient plus importantes dans la partie sud de la Haute-Casamance que dans la partie nord (Mballo *et al.*, 2020). Le non-assèchement des mares en est une parfaite illustration.

C'est entre 1999 et 2018 que la savane a progressé. Cette situation s'expliquerait principalement par la production de bois énergie qui a commencé depuis 2007. En effet, au début de son aménagement, la forêt claire disposait du plus important volume de bois énergie à l'hectare et

occupait la plus grande superficie avec 44 % de l'occupation des sols (USAID et SREF Kolda, 2007).



Carte 24: Evolution de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Saré Bidji en 1965, 1987, 1999 et 2018

En termes de superficie, les résultats indiquent que la forêt couvrait 19 470,1 ha en 1965 (98,3 %), 13 285,6 ha en 1987 (67,1 %), 9 688,6 ha en 1999 (48,9 %) et 2 740,4 ha en 2018 (13,8 %). Jusqu'en 1999, elle était le couvert dominant (fig. 19). Quant à la savane, elle est passée de 130 ha en 1965, soit -1 % à 6 025 ha en 1987, soit 30,4 %. Entre 1999 et 2018, elle est passée de 9 550,9 ha, soit 48,2 % à 16 287,6 ha, soit 82,2%.

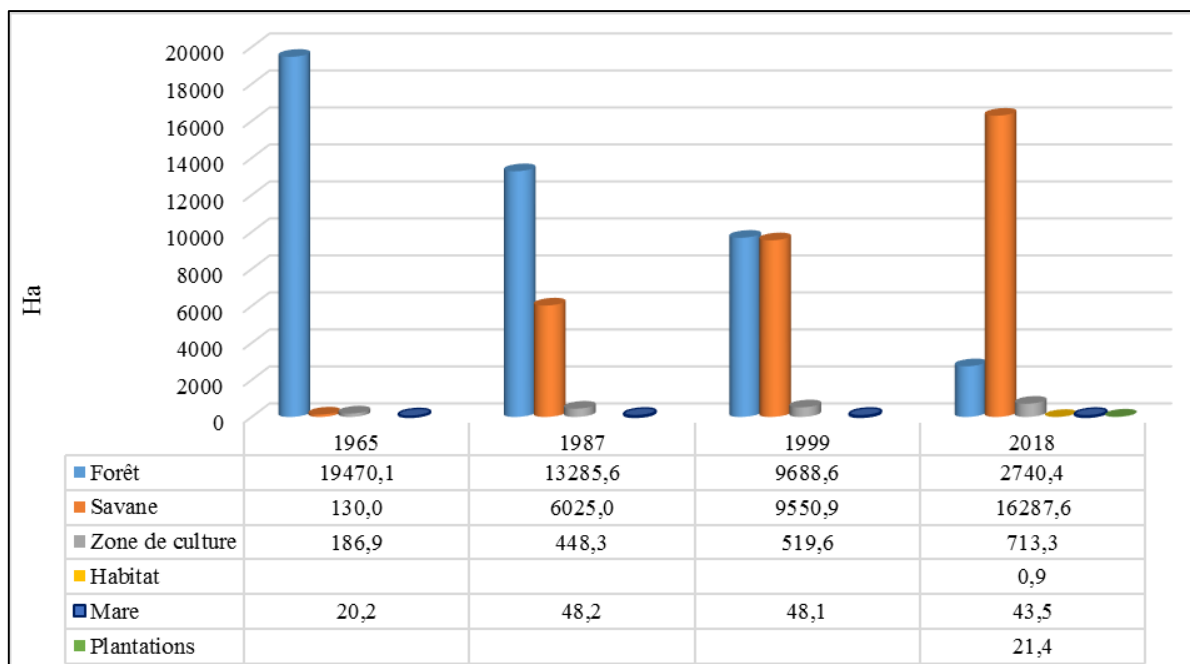
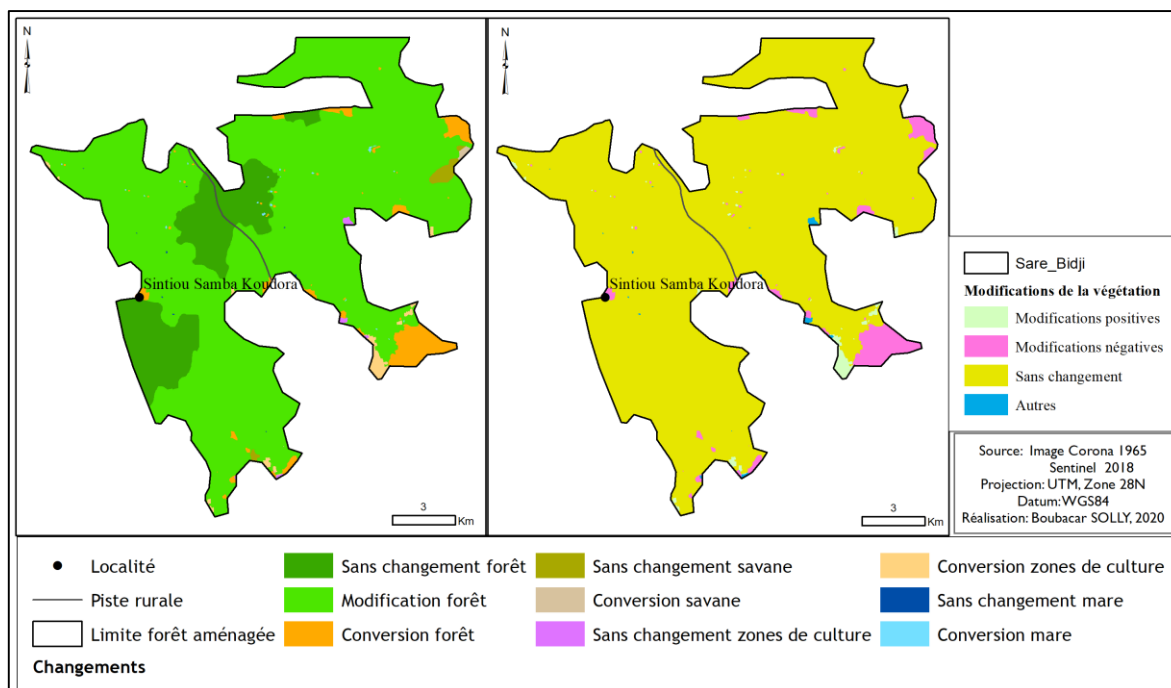


Figure 19: Évolution en hectare de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Saré Bidji en 1965, 1987, 1999 et 2018

Concernant les surfaces agricoles, elles sont passées de 186,9 ha en 1965 à 713,3 ha en 2018. Plus de 90% de ces surfaces sont situées dans la partie sud-est de la forêt aménagée et sont sous influence de la commune de Kolda qui est par ailleurs le chef-lieu de région.

L'étalement spatial de la ville sur sa périphérie particulièrement vers la commune de Saré Bidji (Solly *et al.*, 2020b), pourrait entraîner d'ici quelques décennies voire quelques années, une forte progression des surfaces agricoles au détriment de la savane.

Pour ce qui est des changements intervenus entre 1965 et 2018, nous constatons globalement une modification avec le passage de la forêt à la savane (carte 25).



Carte 25: Changements de l'occupation des sols et modifications de la végétation dans la forêt aménagée de Saré Bidji entre 1965 et 2018

Le bilan des changements indique une modification de 16 077 ha de forêt en savane (soit plus de 80% du périmètre), et une conversion de 655 ha en zones de culture (tabl. 17). En effet, d'une superficie de 19 470,1 ha en 1965, soit 98,3%, la classe forêt occupe 2 740,4 ha en 2018 (13,8%). Toutefois, la superficie stable reste importante (2 679 ha).

Tableau 17: Bilan des changements en hectare de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Saré Bidji entre 1965 et 2018

| Classe | Forêt | Savane | Z.C | Habitat | Mare | Verger | Perte |
|------------------|-------|--------|-----|---------|------|--------|--------|
| Forêt | 2 679 | 16 077 | 655 | 1 | 42 | 20 | 16 795 |
| Savane | 0 | 107 | 23 | 0 | 0 | 0 | 23 |
| Zones de culture | 0 | 156 | 33 | 0 | 0 | 0 | 156 |
| Mare | 2 | 11 | 0 | 0 | 3 | 0 | 13 |
| Gain | 2 | 1 6243 | 678 | 1 | 42 | 20 | |

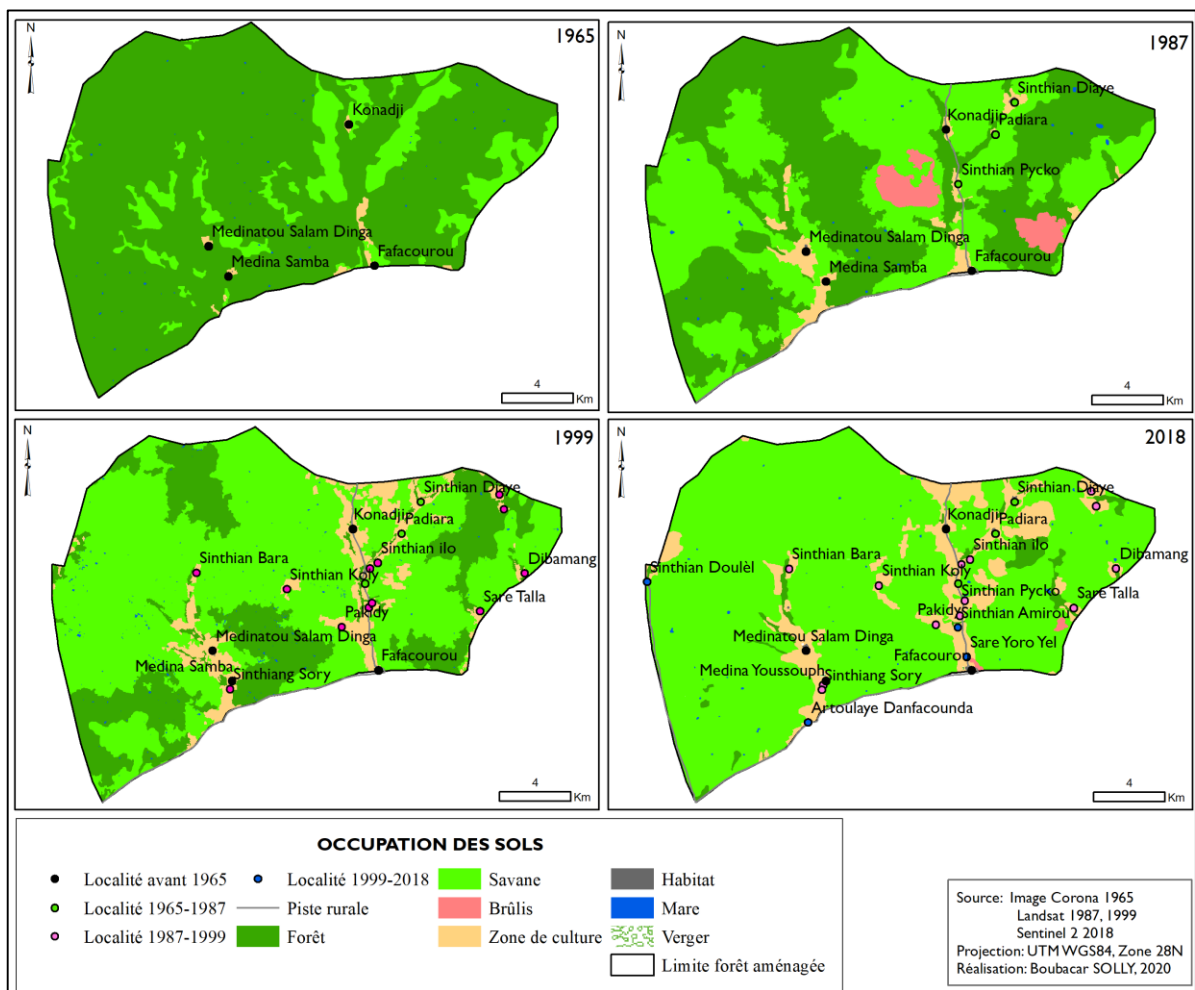
En gris, les surfaces sans changement ; en vert, les modifications ; en orange, les conversions

2.2.5. La forêt aménagée de Médina Salam Dingha : vers une savanisation / une fragmentation

La forêt de Médina Salam Dingha est l'une des sept forêts aménagées par le PROGEDE. Elle est aménagée en 2013 sur une superficie de 34 000 ha. Elle se situe dans le département de

Médina Yoro Foulah, précisément dans la commune de Fafacourou. C'est la deuxième plus grande forêt aménagée de la région après celle de Kandiator. Elle a connu une occupation humaine importante bien avant son aménagement. La population y est estimée à 3 522 habitants répartie dans 24 localités (ANSD, 2014). Les principales activités qui y sont pratiquées sont : l'agriculture, le pâturage, la production de charbon de bois et la coupe illicite du bois.

La carte d'occupation des sols aux quatre dates (carte 26) indique une forte progression des savanes.



Carte 26: Evolution de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Médina Salam Dingha en 1965, 1987, 1999 et 2018

En effet, la classe forêt qui était le couvert dominant jusqu'en 1987 a très fortement diminué en faveur de la savane (particulièrement celle arborée à arbustive) par rapport à l'année 1999 et 2018. Cette situation serait liée non seulement à la production du bois énergie, mais aussi à la coupe abusive et illicite du bois pour alimenter les marchés situés le long de la frontière avec la

Gambie. Par ailleurs, la forêt est peu affectée par les feux de brousse durant les différentes dates de prise de vue des images.

En termes de superficie, la forêt est passée respectivement de 29 733,8 ha en 1965, à 16 785,7 ha en 1987, 8 576,7 ha en 1999 et 828,3 ha en 2018 (fig. 20). Elle a perdu 545,4 ha de sa superficie en moyenne par an depuis 1965. La savane a connu aussi la même progression soit 471,2 ha en moyenne par an en passant de 4 740,6 ha en 1965 à 29 714,9 ha en 2018.

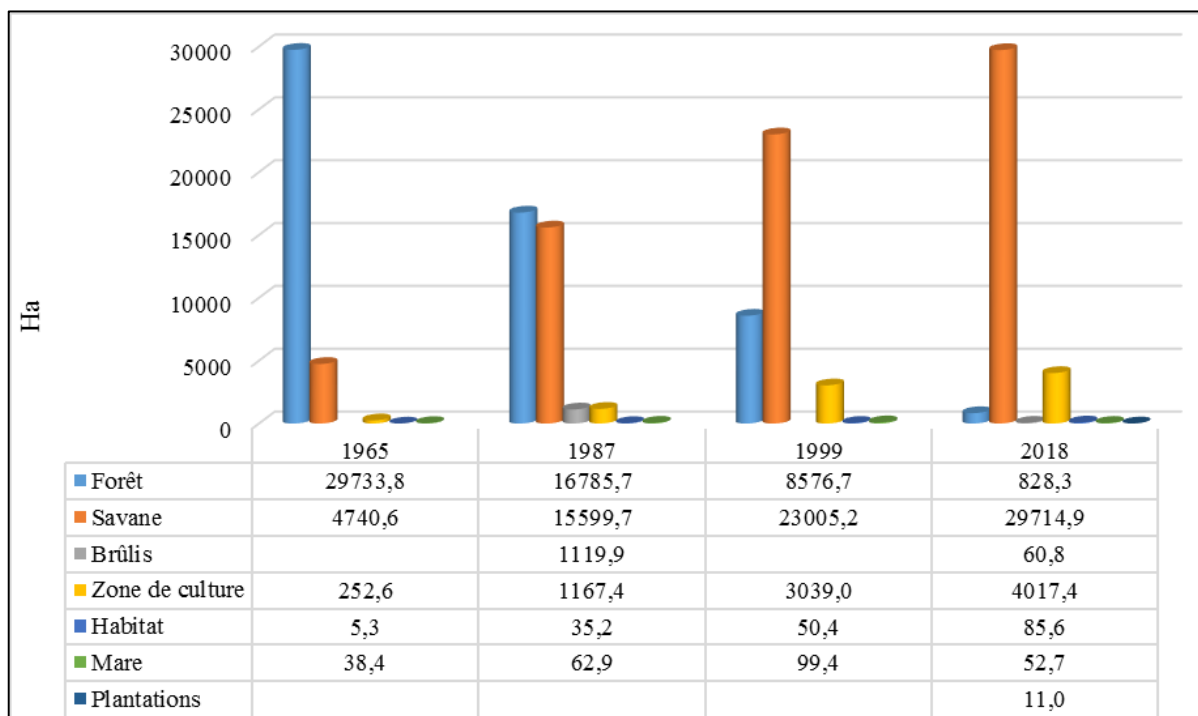
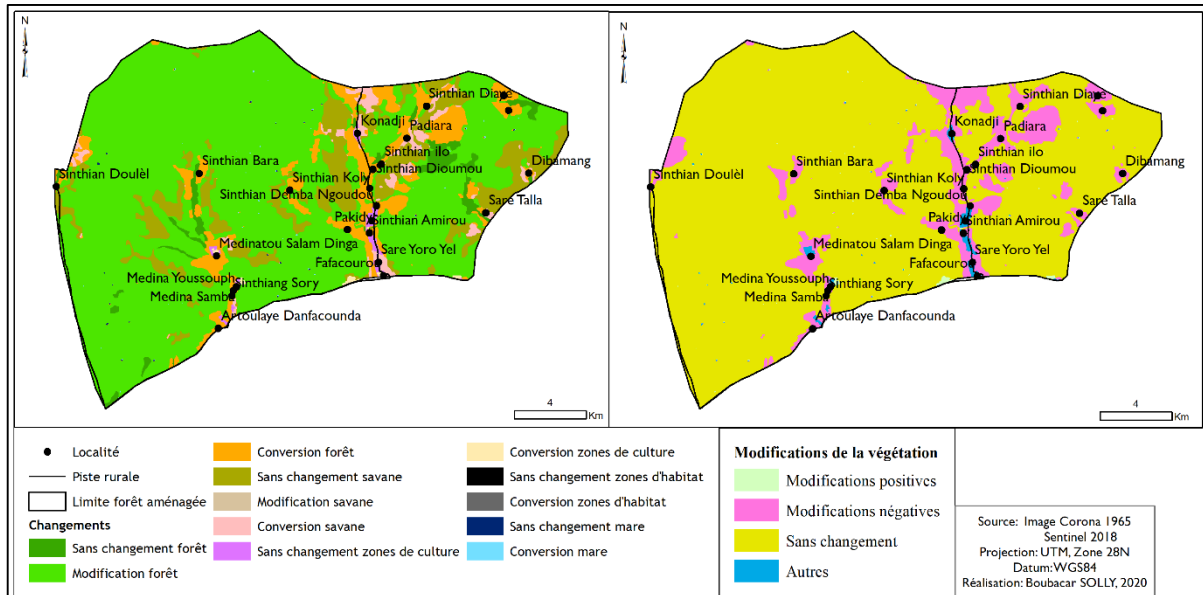


Figure 20: Évolution en hectare de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Médina Salam Dingha en 1965, 1987, 1999 et 2018

Quant aux surfaces agricoles, elles sont passées de 252,6 en 1965 à 4 017,4 ha en 2018. Leur progression s'est faite au détriment de la forêt durant la période 1965-1987, puis de la savane durant la période 1999-2018. Elles ont augmenté respectivement de 914,8 ha entre 1965 et 1987, 1 871,6 ha entre 1987 et 1999, et 978,4 ha entre 1999 et 2018. Leur forte augmentation durant la période 1987-1999 s'explique par l'accroissement des zones d'habitats. En effet, durant cette courte période, 13 nouvelles localités ont été créées dans le périmètre qui jusque-là n'était pas encore aménagé. Elles se sont ajoutées aux sept (7) localités existantes en 1987. En 2018, le périmètre aménagé compte 24 localités, soit 4 autres localités créées depuis 1999. Quant aux feux de brousse, ils n'ont été manifestes qu'en 1987 avec 1 119,9 ha affectés.

Les changements de l'occupation des sols et les modifications de la végétation entre 1965 et 2018 montrent une très forte modification de la forêt en savane suivie d'une conversion en zones de culture. En effet, la classe forêt qui était le couvert dominant en 1965, n'est présente que sous la forme de relique (carte 27).



Carte 27: Changements de l'occupation des sols et modifications de la végétation dans la forêt aménagée de Médina Salam Dingha entre 1965 et 2018

Ainsi, 25 851 ha de forêt sont modifiés en savanes entre 1965 et 2018 contre une stabilité de 849 ha (tabl. 18). De plus, une conversion de 2 951 ha en zones de culture s'est opérée. En effet, entre ces deux dates, la classe forêt a perdu 545,4 ha de sa superficie en moyenne par an. La savane a connu elle aussi la même progression, soit 471,2 ha en moyenne par an, en passant de 4 740,6 ha en 1965 à 29 714,9 ha en 2018.

Tableau 18: Bilan des changements en hectare de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Médina Salam Dingha entre 1965 et 2018

| Classes | Forêt | Savane | Brûlis | Z.C | Habitat | Mare | Verger | Perte |
|------------------|-------|--------|--------|------|---------|------|--------|-------|
| Forêt | 849 | 25851 | 4 | 2951 | 53 | 20 | 6 | 28885 |
| Savane | 4 | 3984 | 57 | 679 | 1 | 14 | 2 | 757 |
| Zones de culture | 1 | 44 | 0 | 178 | 26 | 0 | 2 | 73 |
| Zones d'habitat | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| Mare | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 21 |
| Gain | 5 | 25916 | 61 | 3630 | 80 | 34 | 10 | |

En gris, les surfaces sans changement ; en vert, les modifications ; en orange, les conversions

Quant aux surfaces agricoles, elles sont passées de 252,6 en 1965 à 4 017,4 ha en 2018. Malgré leur augmentation, le couvert végétal reste encore très largement dominant, mais de plus en plus fragmenté.

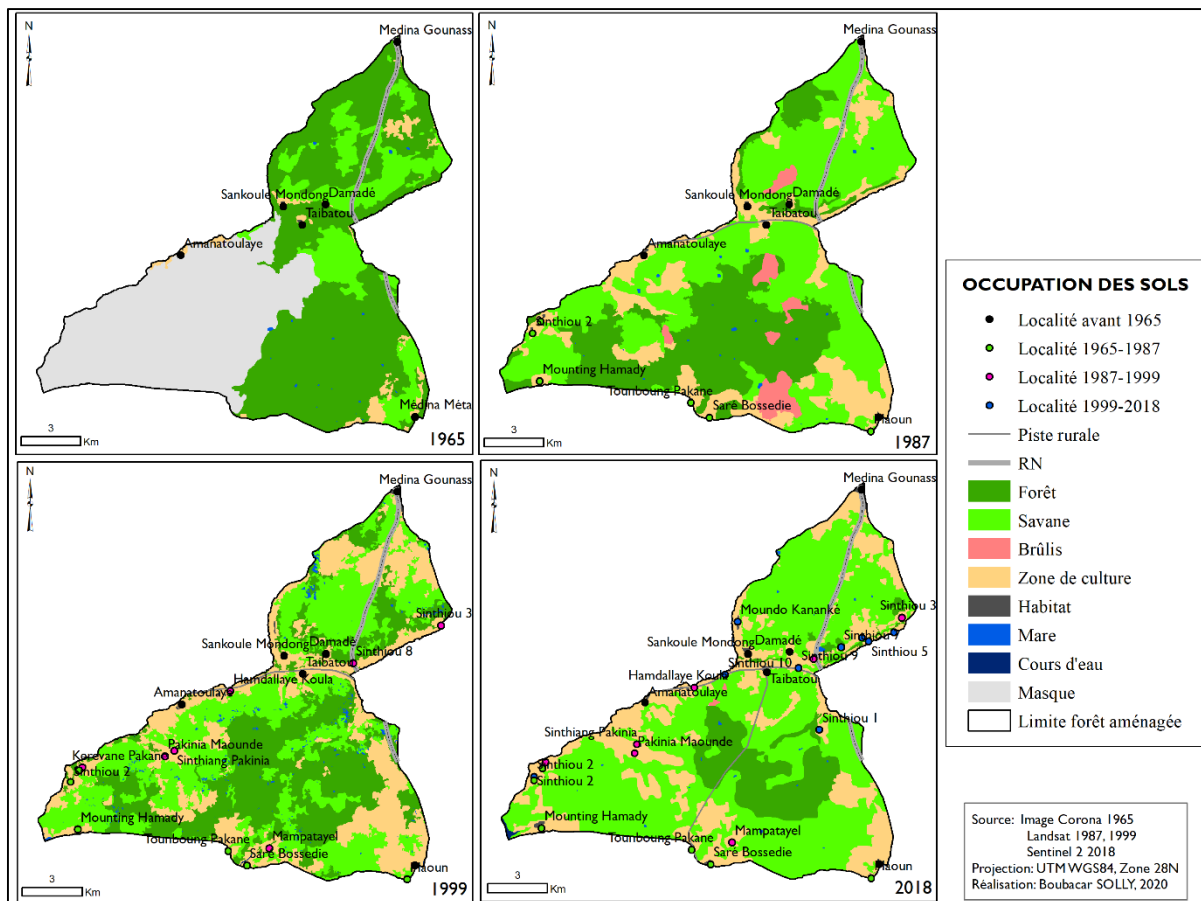
Les espèces ligneuses que l'on rencontre le plus dans la forêt aménagée selon les populations interrogées sont *Khaya senegalensis*, *Parkia biglobosa*, *Terminalia macroptera*, *Hexalobus monopetalus*, *Combretum glutinosum*, *Cordyla pinnata*, *Ficus glumosa*, *Tamarindus indica*, *Piliostigma thonningii*, *Adansonia digitata*, *Acacia macrostachya*, *Dichrostachys glomerata*, *Terminalia avicennioides* et *Combretum micranthum*. Les espèces devenues peu abondantes sont *Pterocarpus erinaceus*, *Elaeis guineensis*, *Vitex madiensis*, *Zizyphus mauritiana*, *Bombax costatum*, *Detarium microcarpum*, *Saba senegalensis* et *Heeria insignis*.

2.2.6. La forêt aménagée de Bonconto : une forêt en pleine régénération

La forêt de Bonconto est aussi aménagée par le PROGEDE en 2007. Elle couvre une superficie de 18 807 ha. Elle se situe dans le département de Vélingara entre les communes de Bonconto, Médina Gounass et Linkering qui sont les communes gestionnaires. Cette forêt est aussi l'une des forêts aménagées les mieux gérées malgré la présence humaine dans le périmètre. Elle compte 30 localités pour 42 598 habitants (ANSD, 2014). Leurs principales activités sont l'agriculture, le pâturage et la production de charbon. La forêt aménagée est à sa seconde phase d'exploitation comme celle de Saré Bidji. Selon le plan d'aménagement, elle est répartie en deux blocs, soit 16 parcelles.

Les espèces ligneuses couramment rencontrées par les populations sont *Combretum glutinosum*, *Terminalia macroptera*, *Combretum micranthum*, *Hexalobus monopetalus*, *Ficus glumosa*, *Piliostigma thonningii*, *Acacia macrostachya*, *Dichrostachys glomerata* et *Terminalia avicennioides*. Les espèces devenues peu abondantes sont *Pterocarpus erinaceus*, *Saba senegalensis*, *Cordyla pinnata*, *Parkia biglobosa*, *Landolphia heudelotii*, *Daniella oliveri*, *Detarium senegalense*, *Elaeis guineensis*, *Zizyphus mauritiana*, *Detarium microcarpum* et *Heeria insignis*.

L'évolution de l'occupation des sols dans la forêt aménagée indique une dynamique importante de la végétation depuis 1965 (carte 28). En effet, contrairement aux autres forêts classées et aménagées, celle de Bonconto semble connaître une tendance à la régénération depuis 1999.



Carte 28: Evolution de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Bonconto en 1965, 1987, 1999 et 2018

De 1965 à 1999, il est noté une régression du couvert végétal, surtout de la forêt en faveur de la savane. De même, les surfaces agricoles ont connu une augmentation importante. Mais depuis son aménagement en 2007, la végétation connaît une tendance à la régénération sur les surfaces initialement destinées à l'agriculture. Ces surfaces, pour la plupart laissées en jachère ou correspondant à des agroforêts, c'est-à-dire des surfaces agricoles avec une forte dominance des arbres, sont converties par endroits en savane, particulièrement celle arborée à arbustive. De plus, au bout de six à huit ans de jachère, les arbres, particulièrement les *Combretaceae* atteignent un diamètre de 10 cm à 1,30 m de hauteur (Arbonnier, 1990). En outre, l'étude menée par Barry (2015) dans la forêt aménagée de Saré Gardi indique que les rejets atteignant un diamètre de 10 cm (nécessaire dans le cadre de la production de bois énergie) restent souvent faibles.

Les statistiques indiquent une grande variation selon les années et les périodes (fig. 21). En 1965, la forêt était le couvert dominant avec 8 349,9 ha soit 44,4%. Elle est passée de 5 479,6 ha en 1987 à 5 952,4 ha en 1999, puis 2 246,8 ha en 2018. Entre 1965 et 1987, elle a régressé

de 2 870,3 ha, soit 15,3%. Cette régression pourrait s'expliquer par les feux de brousse mais aussi, par la baisse drastique de la pluviométrie notée durant cette période. Par contre, entre 1987 et 1999, elle a connu une timide augmentation de 472,8 ha qui pourrait s'expliquer par l'absence de brûlis mais aussi par le retour à des conditions pluviométriques favorables.

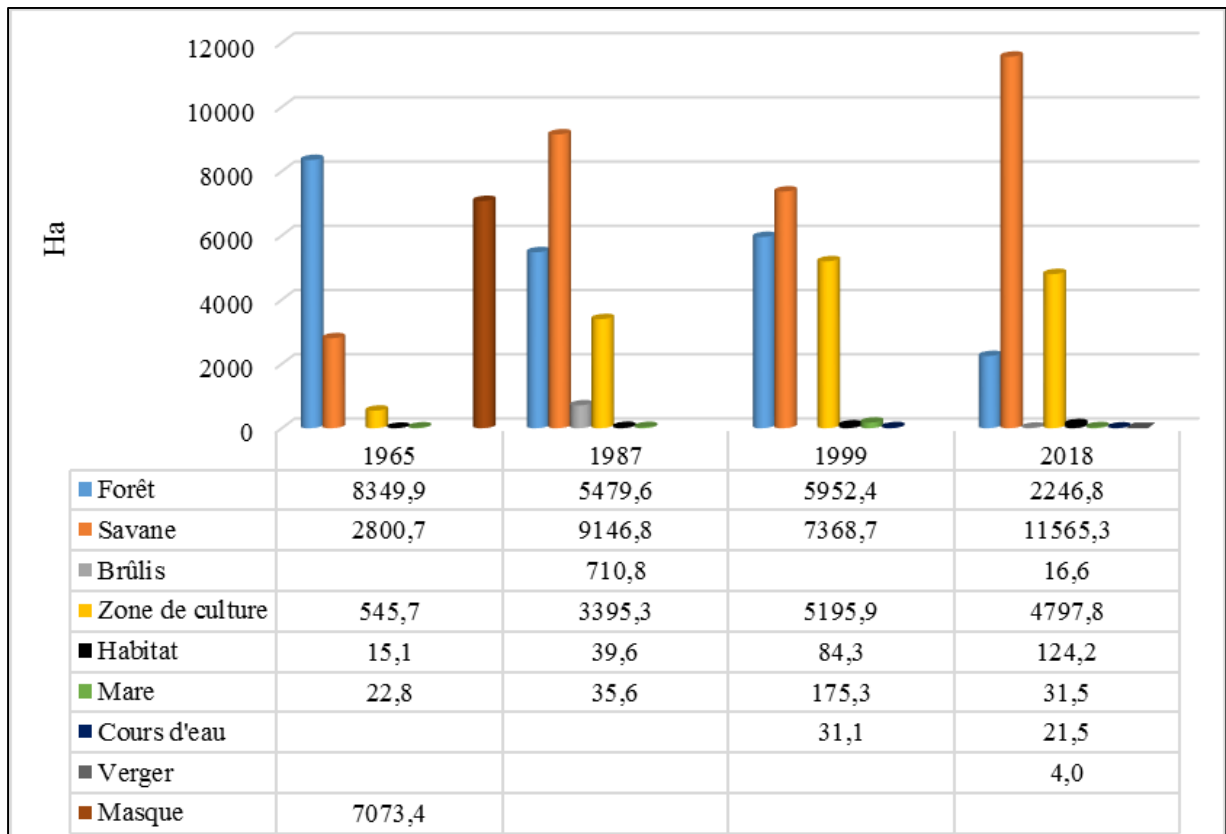
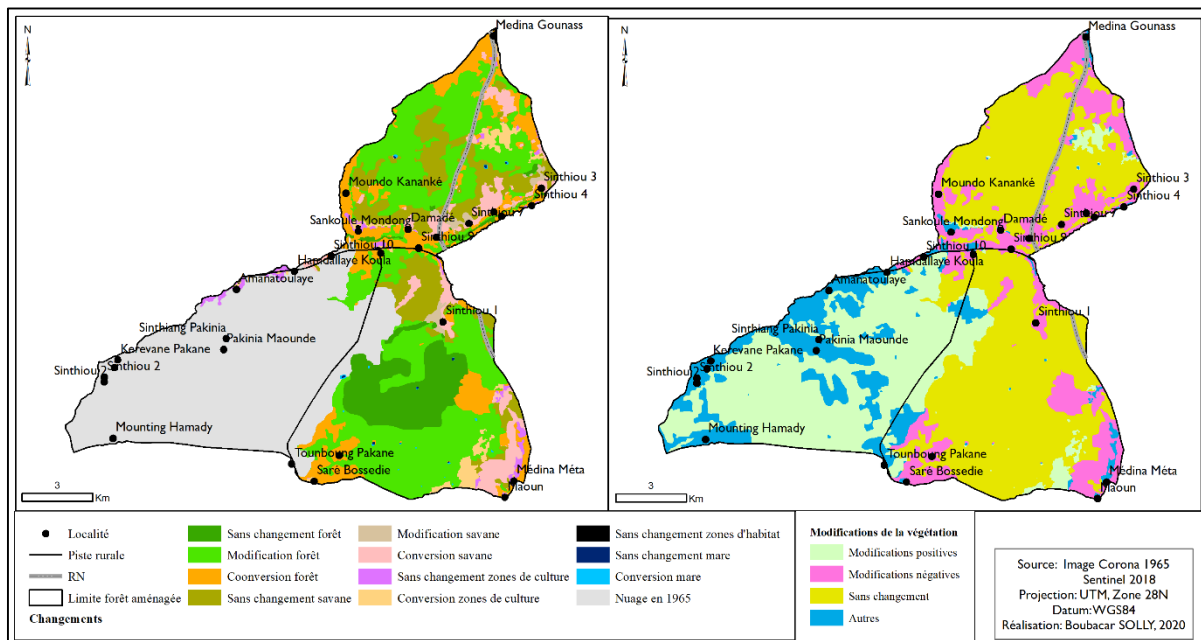


Figure 21: Évolution en hectare de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Bonconto en 1965, 1987, 1999 et 2018

Contrairement à la forêt, la savane est passée de 2 800,7 ha en 1965 à 9 146,8 ha en 1987, puis à 7 368,7 ha en 1999. Elle occupe 11 565,3 ha, soit plus de 60% du domaine aménagé en 2018. Toutefois, entre 1987 et 1999, elle a perdu 1 778,1 ha de sa superficie au profit de la forêt et des surfaces agricoles principalement. Ces dernières sont passées de 545,7 ha en 1965 à 3 395,3 ha en 1987, puis 5 195,9 ha en 1999. La présence de Médina Gounass explique déjà l'importance des surfaces agricoles en 1965 ; contrairement à ce que nous avons pu constater dans les autres forêts classées et aménagées à cette même date. En effet, cette localité est l'une des plus anciennes de la Haute-Casamance. Elle est connue pour sa vocation religieuse avec la présence de nombreux disciples qui vivent principalement de l'agriculture et de l'élevage. Par ailleurs, cette augmentation des surfaces agricoles s'explique aussi par l'augmentation des zones d'habitats, de 6 localités avant 1965 on est passé à 12 en 1987 puis à 22 en 1999. En

2018, le nombre de localités dans le domaine aménagé est de 30. Les surfaces agricoles occupent 4 801,8 ha. Malgré l'augmentation des zones d'habitats, les surfaces agricoles ont connu une régression de 394,1 ha entre 1999 et 2018 en faveur de la savane, particulièrement celle arborée à arbustive. Cette situation serait le fruit de la mise en jachère des parcelles pendant plusieurs années, de l'aménagement de la forêt, mais surtout d'une bonne gestion.

En termes de changement, les résultats montrent une dynamique progressive importante de la végétation (carte 29).



Carte 29: Changements de l'occupation des sols et modifications de la végétation dans la forêt aménagée de Bonconto entre 1965 et 2018

Les statistiques indiquent que bien qu'une bonne partie de l'image de 1965 soit couverte par les nuages et qu'une forte modification de la forêt (5 125 ha) en savane soit notée, les surfaces de forêt sans changement restent importantes (1 388 ha) (tabl. 19).

Tableau 19: Bilan des changements en hectare de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Bonconto entre 1965 et 2018

| Classes | Forêt | Savane | Brûlis | Z.C | Habitat | Mare | Cours d'eau | Verger | Perte |
|------------------|-------|--------|--------|-------|---------|------|-------------|--------|-------|
| Forêt | 1 388 | 5 125 | 0 | 1 794 | 31 | 8 | 0 | 3 | 6 961 |
| Savane | 120 | 1799 | 0 | 870 | 3 | 9 | 0 | 0 | 1 002 |
| Zones de culture | 0 | 293 | 0 | 217 | 35 | 0 | 0 | 1 | 329 |
| Zones d'habitat | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mare | 2 | 13 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 15 |
| Nuage | 737 | 4 334 | 17 | 1 915 | 42 | 7 | 21 | 0 | 7 073 |
| Gain | 859 | 9 765 | 17 | 4 579 | 111 | 24 | 21 | 4 | |

En gris, les surfaces sans changement ; en vert, les modifications ; en orange, les conversions

De plus, parmi les périmètres forestiers étudiés, elle est la seule où la transition inverse c'est-à-dire le passage des zones de culture à la savane (293 ha) et de savane à la forêt (120 ha) est aussi importante.

2.2.7. Analyse comparative des dynamiques de l'évolution de l'occupation des sols et des formations forestières à l'échelle des forêts classées et aménagées

L'analyse des résultats indique une grande variation du couvert végétal selon les forêts, la position géographique et la pression anthropique (tabl. 20).

En effet, à l'exception de la forêt classée de Dabo, les forêts classées semblent plus affectées par les actions anthropiques. Entre 1965-1987 et 1987-1999, les surfaces agricoles ont connu une progression dans les deux domaines (classé et aménagé). Par contre, entre 1999-2018, les surfaces agricoles ont connu une progression plus importante dans les forêts classées que dans les forêts aménagées. En effet, c'est durant cette période que l'aménagement des forêts pour la production du bois de chauffe a commencé. Les forêts ainsi aménagées ont bénéficié de la surveillance des communes gestionnaires, empêchant également les défrichements à des fins agricoles.

Tableau 20: Évolution comparée des superficies (en pourcentage) de l'occupation des sols entre 1965 et 2018 selon le domaine

| Domaine classé | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------|------|------|------|---------------------|------|------|------|----------|------|------|------|
| Classes | Pata | | | | Dabo | | | | Kantora | | | |
| | 1965 | 1987 | 1999 | 2018 | 1965 | 1987 | 1999 | 2018 | 1965 | 1987 | 1999 | 2018 |
| Forêt | 92,2 | 45,7 | 8,5 | 3,8 | 91 | 58,7 | 31,4 | 16,7 | 72,4 | 16 | 10,2 | 5,1 |
| Savane | 6,1 | 45,5 | 57,2 | 46,7 | 8,2 | 38,2 | 67,4 | 81,3 | 26,6 | 54,5 | 72,6 | 86,6 |
| Brûlis | 1,3 | 0,5 | 0,3 | - | - | 2,3 | - | 0,7 | - | 27,5 | 13,8 | 0,5 |
| Z.C | 0,2 | 8,2 | 33,3 | 48,2 | 0,6 | 0,6 | 1 | 1,1 | - | 0,5 | 2,4 | 5,9 |
| Autres | 0,2 | 0,1 | 0,7 | 1,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 1 | 1,5 | 1 | 1,9 |
| Domaine aménagé | | | | | | | | | | | | |
| Classe | Saré Bidji | | | | Médina Salam Dingha | | | | Bonconto | | | |
| Forêt | 98,3 | 67,1 | 48,9 | 13,8 | 85,5 | 48,3 | 24,7 | 2,4 | 44,4 | 29,1 | 31,6 | 11,9 |
| Savane | 0,7 | 30,4 | 48,2 | 82,2 | 13,6 | 44,9 | 66,2 | 85,4 | 14,9 | 48,6 | 39,2 | 61,5 |
| Brûlis | - | - | - | - | - | 3,1 | - | 0,2 | - | 3,8 | - | 0,1 |
| Z.C | 0,9 | 2,3 | 2,6 | 3,6 | 0,7 | 3,4 | 8,7 | 11,6 | 2,9 | 18,1 | 27,6 | 25,5 |
| Autres | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 37,8 | 0,4 | 1,6 | 1 |

En vert : Couvert dominant ; Bleu : En progression ; Rouge : Superficie faible (critique) ; Z.C : Zone de culture.

Les surfaces agricoles ont même connu une régression en faveur de la savane dans certaines forêts aménagées comme celle de Bonconto. Il en est de même pour les zones d'habitats qui ont connu une augmentation plus importante dans les forêts classées que dans les forêts aménagées depuis 1999. En effet, comme l'ont observé Green et Sussman (1990) à Madagascar, la mise en aire protégée de certains milieux forestiers ne garantit pas efficacement leur protection du fait de la pression liée à leur exploitation. Cette situation amène à poser la problématique de la gestion forestière et du statut des forêts classées.

Concernant la progression de la savane au détriment de la forêt, le principal facteur explicatif dans les forêts classées est la variation des conditions pluviométriques, les feux de brousse et les coupes illicites de bois. Alors que dans le domaine aménagé, la production du bois énergie reste le principal facteur explicatif. En réalité, ce sont les grands arbres, particulièrement les

Combretaceae, dont les diamètres sont compris entre 10 à 25 cm qui sont autorisés pour la coupe. Or, elles font partie des principales espèces que l'on rencontre dans ces forêts. C'est ce qui explique d'ailleurs que les savanes ont plus augmenté dans le domaine aménagé que classé entre 1999 et 2018. De surcroît, l'exploitation des forêts pour la production du bois de chauffe a débuté au Sénégal depuis la fin des années 1990 dans les régions de Kolda et de Tambacounda. Dans la région de Kolda, la production est passée de 3,9 à 66,6 % rien qu'entre 1990 et 1999 (Guèye, 2000).

À la lumière de ce qui précède, nous pouvons admettre que comparée aux autres forêts classées et aménagées, celle de Dabo reste la moins affectée par les actions de l'homme et les facteurs naturels avec une superficie de 2 067,5 ha occupée par la classe forêt en 2018, soit 16,7% du périmètre classé. Il s'en suit les forêts aménagées de Saré Bidji et de Bonconto. Dans la forêt de Saré Bidji, le couvert forestier couvre 2 740,4 ha en 2018, soit 13,8% du périmètre aménagé. Dans la forêt de Bonconto, il couvre 2 246,8 ha en 2018, soit 11,9% du périmètre.

Ces périmètres forestiers, de par leur position géographique dans le sud de la Haute-Casamance, témoignent de l'importance de la pluviométrie dans l'évolution des formations forestières. En effet, elles bénéficient des apports d'eaux plus importants que ceux situés un peu au Nord, à savoir Pata, Médina Salam Dingha et Kantora où les apports d'eaux restent relativement faibles (Sambou *et al.*, 2018 ; Mballo *et al.*, 2020).

Concernant la forêt de Pata, elle est la plus dégradée de toutes les forêts étudiées. La superficie du couvert forestier est de 2 441,8 ha en 2018, soit 3,8% ; alors que celle boisée et agricole occupe respectivement 46,7% et 48,2%. Il en est de même de la forêt classée de Kantora dont le couvert forestier n'occupe que 1 124,1 ha, soit 5,1% du périmètre classé contre 19 115,8 ha, soit 86,6 % pour le couvert boisé et 1 308,4 ha, soit 5,9% pour les surfaces agricoles. Quant à la forêt aménagée de Médina Salam Dingha, elle présente une évolution similaire à celle de Kantora.

Conclusion chapitre 2

La cartographie et la quantification de l'évolution de l'occupation des sols d'une manière générale, et des formations forestières en particulier, ont révélé plusieurs tendances et des modifications importantes. À l'échelle de la Haute-Casamance, les résultats ont indiqué qu'entre 1987 et 2018, les surfaces occupées par la forêt ont diminué de 377 118,7 ha, soit 27,4 % de la superficie totale, alors que les savanes et les zones de culture ont augmenté respectivement de 263 172,4 ha, soit 19,1 %, et 147 178,2 ha, soit 10,7 %. En termes de

changement, trois grandes modifications sont notées suivant un gradient nord-sud. Il s'agit de la déforestation par progression des surfaces agricoles dans le Nord, d'une savanisation et anthropisation dans le Centre et de la stabilité des surfaces occupées par la forêt à une relative savanisation et anthropisation dans le Sud. Toutefois, une régénération a été notée par endroits. D'ailleurs, grâce à l'utilisation conjointe d'une série temporelle d'images MODIS NDVI acquises sur la période 2000-2018 et des cartes de changements d'occupation des sols entre 1999-2018, l'étude a permis de détecter et de cartographier la dégradation et la régénération de la couverture végétale en Haute-Casamance durant ces deux dernières décennies. Les zones de tendances positives reflètent en termes de changements de couverture du sol, la stabilité et la régénération de la couverture végétale. Toutefois, le long de la frontière avec la Gambie, sur l'axe Pata-Ndorna, autour de Médina Gounass et dans le centre-est de la zone d'étude, les tendances négatives notées démontrent une dégradation du couvert végétal. Le pourcentage de tendance positive significative (au seuil de 10 %) est de 1,8 % ; celle négative significative est de 2,1 %.

À l'échelle des forêts classées et celles aménagées, les résultats ont révélé une grande variabilité selon le domaine, la position géographique et le niveau d'anthropisation. En effet, à l'exception de la forêt classée de Dabo, les forêts du domaine classé (Pata et Kantora) paraissent plus affectées par les actions anthropiques, que les forêts du domaine aménagé (Saré Bidji, Médina Salam Dingha et Bonconto). Dans certaines forêts aménagées comme celle de Bonconto, la tendance est à la régénération. De même, en fonction de leur position géographique, les forêts situées un peu plus au Nord (Pata, Médina Salam Dingha et Kantora) ont connu une savanisation plus rapide que celles situées un peu plus au Sud (Saré Bidji, Dabo et Bonconto).

Ces résultats confirment notre première hypothèse selon laquelle l'évolution spatio-temporelle des formations forestières entre 1965 et 2018 se caractérise par une forte déforestation, à travers l'extension des surfaces agricoles et des savanes et la fragmentation des paysages, suivant un gradient nord à sud.

Face à cette situation, l'analyse des principaux déterminants des dynamiques et des changements s'avère nécessaire pour une meilleure compréhension de l'évolution des formations forestières.

Conclusion de la première partie

L'objectif premier de cette étude a été de quantifier, à partir de la cartographie, l'évolution spatio-temporelle des formations forestières et des changements intervenus entre 1965 et 2018. Pour cela, nous avons commencé par présenter l'approche méthodologique utilisée. Celle-ci combine les travaux de terrain, le choix des forêts classées et celles aménagées pour la cartographie à l'échelle plus fine, et la collecte et le traitement des images satellitaires et aériennes. Cette approche se devait la plus cohérente, généralisable et reproductible possible.

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 forestières en particulier. L'analyse conjointe des changements d'occupation des sols et des tendances NDVI a permis de détecter les zones de dégradation et de régénération de la couverture végétale. Elle a donné plus de détails sur la significativité des changements qui n'a pu être obtenue à partir de l'une ou l'autre analyse.

Les résultats obtenus permettent également d'affirmer que l'utilisation de différentes images satellitaires et aériennes fournies à des résolutions spatiales différentes permettent de mieux 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. Ces résultats et les connaissances acquises sont nécessaires pour une gestion plus rationnelle et durable des ressources forestières.

Toutefois, en plus de l'analyse spatiale, l'étude cherche aussi à déterminer les facteurs à l'origine des dynamiques observées. C'est ce qui nous amène à la seconde partie de cette étude où nous traitons du rôle de l'homme et de la variabilité climatique sur l'évolution des formations forestières et les changements intervenus.

DEUXIÈME PARTIE : LE RÔLE DE L'HOMME ET DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE SUR LA DYNAMIQUE DES FORMATIONS FORESTIÈRES DE LA HAUTE-CASAMANCE

La cartographie et l'analyse de l'évolution et des changements dans les formations forestières de la Haute-Casamance ont indiqué d'importantes modifications entre 1965 et 2018. Cependant, il convient en plus d'interpréter les résultats en identifiant l'emplacement et la quantité des changements, de déterminer les causes de ces changements.

C'est ce qui nous amène à cette seconde partie de la thèse, où nous avons tenté de déterminer le rôle de l'homme et de la variabilité climatique sur les changements intervenus. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur les informations recueillies sur le terrain à travers le questionnaire et les guides d'entretiens, et sur l'analyse des données de précipitations, de températures, et des ressources en eaux de surfaces et en eaux souterraines.

Cette partie se scinde en deux chapitres :

1. dans le premier chapitre, nous avons montré que l'homme, à travers ses actions, est le principal facteur de la dynamique des paysages forestiers. Il est particulièrement le principal agent de la savanisation, de l'anthropisation et de la fragmentation des paysages ;
2. dans le second chapitre, nous avons tenté de déterminer le rôle de la variabilité des conditions climatiques et hydrologiques sur les changements observés plus précisément sur la savanisation et la régénération par endroits.

CHAPITRE 3 : L'HOMME, PRINCIPAL FACTEUR DES DYNAMIQUES DES FORMATIONS FORESTIÈRES DE LA HAUTE-CASAMANCE

Depuis longtemps, la végétation en Afrique a été profondément altérée par les actions de l'homme à des fins d'exploitation pour l'agriculture, l'élevage, la production de bois de chauffe ou de service, le commerce, etc. (White, 1986 ; Chave, 2000 ; PNUE, 2002 ; FAO, 2012). En Haute-Casamance, les actions de l'homme sont considérées comme étant les causes primaires de la dégradation de la végétation (Stancioff *et al.*, 1986 ; CILSS, 2016 ; Solly *et al.*, 2020c).

Ces actions ont pour nom : défrichements agricoles, feux de brousse, coupes du bois effectuées pour diverses raisons, augmentation de la population et des besoins et élevage extensif. Par contre, la mise en jachère et l'aménagement de certaines forêts s'avèrent être un facteur de régénération important.

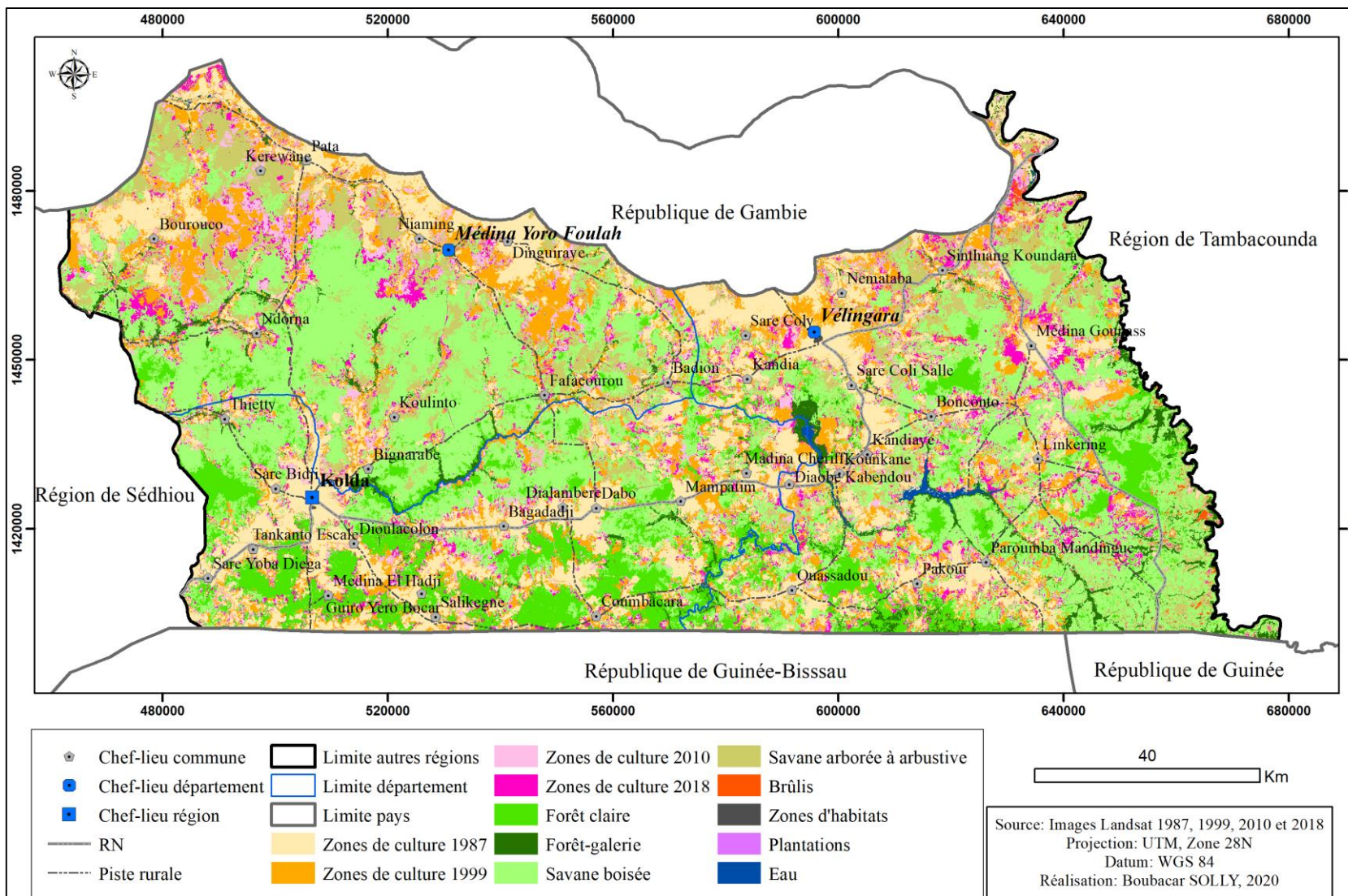
Dans ce chapitre, nous cherchons à déterminer le rôle de ces différentes actions sur les modifications intervenues dans l'occupation des sols et dans les formations forestières de la Haute-Casamance.

3.1. Les défrichements : principaux facteurs de la déforestation et de la fragmentation

Les défrichements désignent tous les procédés techniques utilisés pour éliminer la végétation spontanée primitive (usage de la houe, de la hache, du feu, etc.) ou débarrasser le champ d'éléments minéraux gênants pour la mise en culture (Wackermann, 2005 ; Baud *et al.*, 2008). Ils sont de deux types : les défrichements agricoles (agriculture paysanne et aménagement hydroagricole) qui sont consécutifs aux besoins en alimentation, et les défrichements effectués à des fins d'aménagement (transformation de la forêt en plantations).

3.1.1. L'évolution et la sévérité des défrichements agricoles sur les formations forestières

La cartographie de l'évolution de l'occupation des sols entre 1987 et 2018 à l'échelle de toute la Haute-Casamance a révélé que l'extension des terres agricoles est la principale cause de la déforestation (carte 30).



Carte 30: Évolution des surfaces agricoles en 1987, 1999, 2010 et 2018

En effet, pour des besoins en terres agricoles, 147 178 ha de forêts et de savanes ont été défrichés entre 1987 et 2018. Rien que durant la période 1987 à 1999, environ 89 218 ha de forêts et de savanes ont été convertis en surfaces agricoles. Les formations forestières qui jouxtent la frontière avec la Gambie, plus particulièrement dans le département de Médina Yoro Foulah, sont les plus affectées par ce phénomène. Cette situation est en grande partie liée à l'arrivée massive d'agro-pasteurs venant du nord du pays et du Sénégal Oriental (de la fin des années 1970 jusqu'au début des années 2000) à la recherche de nouvelles terres agricoles et de pâturage (Sidibé, 2005 ; Fanchette, 2011). Entre 1999 et 2010, 18 238 ha ont été convertis et 39 722 ha entre 2010-2018.

Dans ces défrichements, l'aménagement hydroagricole de la vallée de l'Anambé depuis 1978 par la Société de Développement Agricole (SODAGRI) occupe sans doute une place importante. En effet, les superficies emblavées sont passées d'environ 1 250 ha en 1987 à 5 200 ha en 2018, soit une augmentation de 3 950 ha au détriment des surfaces à l'origine forestières et boisées (fig. 22).

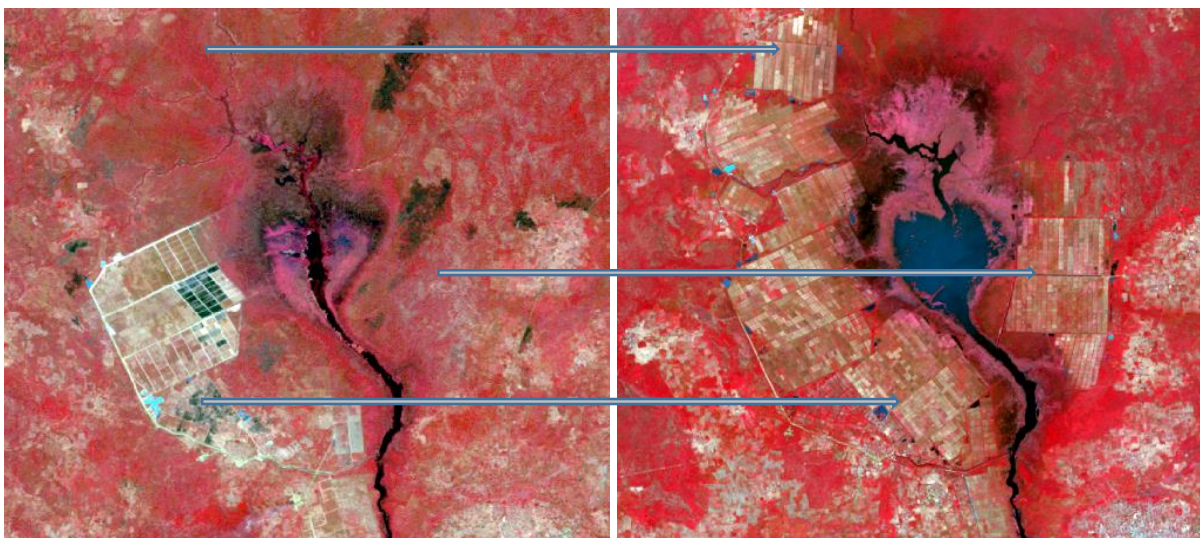
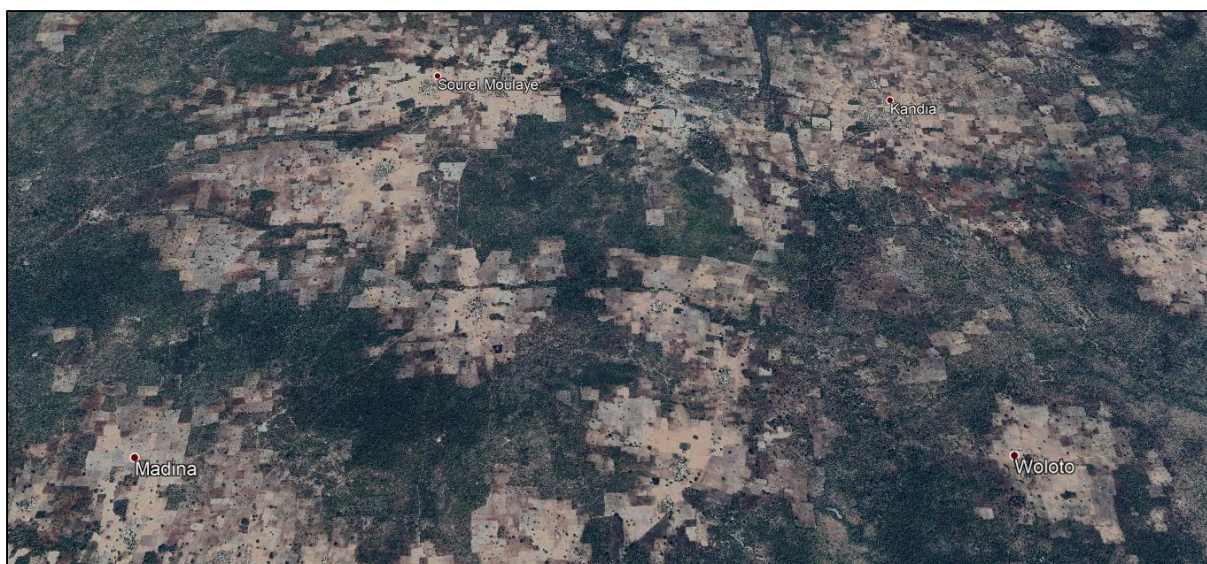


Figure 22: Surfaces emblavées dans le bassin de l'Anambé en 1987 et 2018 (Source : Compositions colorées infrarouges fausses couleur de l'image Landsat TM 1987 et OLI-TIRS 2018)

Les défrichements agricoles ont ainsi entraîné une perte importante du couvert végétal, en particulier celui forestier, au point que les surfaces agricoles occupent 31 % de la superficie totale de la Haute-Casamance en 2018. Elles ont également entraîné une fragmentation importante des paysages (Photographie 6).



Photographie 6: Vue aérienne des paysages boisés fragmentés par l’expansion agricole dans le centre de la Haute-Casamance (Source : Imagerie Google Earth du 02 janvier 2014)

Les enquêtes réalisées auprès des populations ont révélé que la taille moyenne des zones de culture des ménages est de 8,8 ha dans le département de Médina Yoro Foulah (tabl. 21). Tandis que dans le département de Kolda et celui de Vélingara, elle est respectivement de 5 ha et 4,8 ha. Cette situation explique également l’importance des surfaces agricoles dans le département de Médina Yoro Foulah, par rapport aux autres départements.

Tableau 21: Superficie moyenne en hectare des surfaces agricoles des ménages par département

| Départements | Superficie en ha des zones de culture |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Kolda | 5 |
| Médina Yoro Foulah | 8,8 |
| Vélingara | 4,8 |
| Moyenne générale | 6,3 |

Source : Enquêtes de terrain 2018

Nous avons également constaté que les défrichements sont effectués sur les terres des zones classées (à vocation forestière ou protégée ayant fait l’objet d’un classement) comme c’est le cas des forêts classées de Pata et Guimara, et dans les zones de terroirs (terres régulièrement exploitées pour l’habitat rural, la culture ou l’élevage).

Dans la forêt classée de Pata par exemple où les surfaces agricoles sont passées de 152 ha en 1965 à 30 897 ha en 2018 (soit 48,2 % du périmètre classé), c’est en 1978 que les empiètements

ont commencé avec l'arrivée des premiers migrants venant du Saloum. Ce processus migratoire a continué jusqu'en 1998 avec la création de 31 nouveaux villages, entraînant ainsi une importante déforestation, et la présence de vastes surfaces agricoles. En effet, contrairement aux autochtones qui pratiquaient l'agriculture intensive (N'Gaïde, 1997), les migrants installés en Haute-Casamance étaient spécialisés dans l'agriculture extensive, c'est-à-dire celle pourvoyeur d'espaces (Fanchette, 2011). C'est l'une des raisons qui justifient d'ailleurs la seconde position qu'occupe la région dans la production agricole du pays. En plus de cela, le défrichage était le principal moyen d'accès à la terre (Photographie 7).



Photographie 7: État de surfaces agricoles dans la forêt classée de Pata (mars 2018)

Cependant, il convient de souligner que les défrichements de grandes étendues commencent à diminuer depuis que le service forestier de la région et certaines collectivités locales ont commencé à prendre des mesures d'interdiction pour toutes formes de défrichage illégal dans ces forêts. En effet, pour défricher un nouveau champ, il faut une autorisation comme le stipule la loi 98.03 du 8 janvier 1998 (ancien code forestier). Or, la procédure étant jugée très longue par les populations, et son aboutissement aléatoire, certaines personnes affirment cultiver les

mêmes terres depuis des décennies en pratiquant, soit la rotation ou la jachère, ou en utilisant des fertilisants. Mais, cela n'a pas empêché l'augmentation des surfaces agricoles dans la mesure où, d'autres défrichent en cachette pour augmenter leurs périmètres agricoles ou pour se procurer de nouvelles terres. 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'année en année le long des routes et dans les zones de pâturage de manière spontanée et non planifiée jusqu'à se transformer en de grandes surfaces. C'est compte tenu de tout cela que la loi n° 2018-15 du 12 novembre 2018 a durci les amendes dans son article 65. Selon cet article, « quiconque, sans autorisation, défriche ou cultive à l'intérieur du domaine forestier de l'État ou dans les zones du domaine national mises en défens dans un but de protection ou d'aménagement, à l'exclusion des dispositions relatives aux réserves sylvo-pastorales, est puni d'une amende de cent-mille (100 000) francs CFA à un million (1 000 000) de francs CFA et d'un emprisonnement d'un mois à deux ans, sans préjudice, en cas de destruction d'arbres visés à l'article 56 du présent Code, des peines prévues audit article ». Aussi, ceux qui parviennent à avoir l'autorisation de défrichement ont tendance à dépasser la superficie qui leur est souvent autorisée.

3.1.2. Les défrichements à des fins d'aménagements

À l'instar des défrichements à des fins agricoles, les défrichements à des fins d'aménagement (plantations de bananeraies) ont joué un rôle important dans la déforestation. Ces derniers sont de plus en plus courants en Haute-Casamance. Ces défrichements concernent une partie de la commune de Sinthiang Coundara (à la frontière avec la région de Tambacounda) et de Ouassadou (fig. 23).

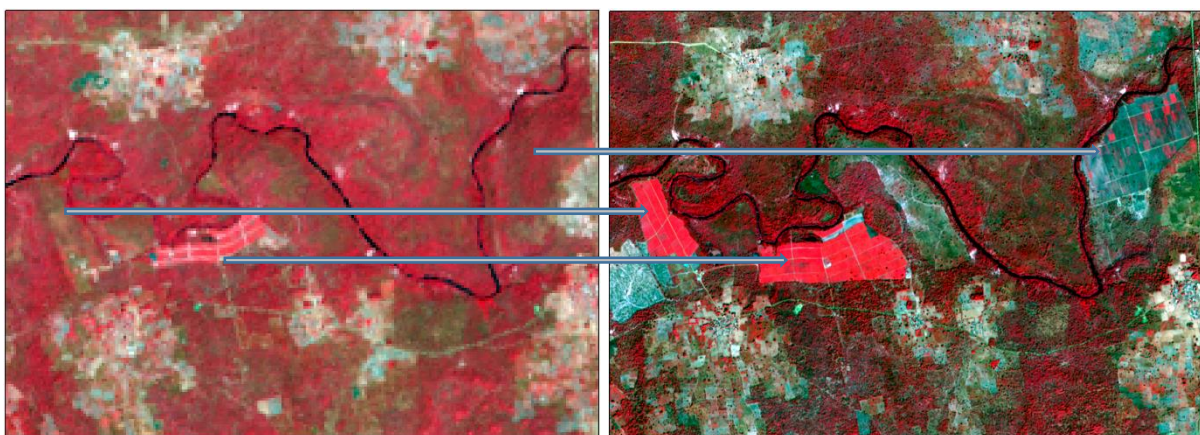


Figure 23: Défrichement à des fins de plantations de bananeraies dans la commune de Ouassadou (Source : Compositions colorées infrarouges fausses couleur de l'image Landsat OLI-TIRS 2013 et Sentinel 2B de 2018)

Dans la commune de Ouassadou, les plantations occupent 224,5 ha et contribuent à la réduction du couvert végétal naturel (forêt et savane) depuis 2013 dans les terroirs villageois de Boya, Gambissara, Keneba Demba et Saharicounda.

Aussi, depuis 2017, un projet de défrichement de 700 ha est en cours de prospection dans la commune de Pakour. Cette situation met non seulement les populations de cette commune dans le désarroi dans la mesure où c'est les zones de pâturage qui sont ciblées, mais elle va renforcer la dégradation des formations forestières dans la zone. Face à l'ampleur que prennent ces types de défrichements, la question de l'avenir des formations forestières dans certains terroirs villageois de la Haute-Casamance se pose.

3.2. Les feux de brousse : un agent déterminant de la savanisation

Le rôle des feux de brousse dans la progression des savanes a été largement abordé dans la littérature. Déjà en 1949, Aubréville les considérait comme étant les principaux agents de la constitution des savanes aux dépens de la forêt soudanaise. Selon Chave (2000), ils sont l'une des causes principales de la relative lenteur de la progression forestière au Sénégal. Dans le Parc National de Niokolo Koba (PNNK) dont 50 000 ha se trouvent en Haute-Casamance, Mbow (2002) a montré que les feux de brousse sont les principaux facteurs anthropiques de la dégradation de la végétation. En effet, à travers l'exploitation des images NOAA-AVHRR, d'une synthèse NDVI croisée aux données de terrain, et des scènes SPOT-XS, il a étudié l'évolution spatio-temporelle des feux actifs entre 1989 et 1997. Pour lui, les effets des feux de brousse sur la végétation sont nombreux et se manifestent, entre autres, sur la diversité des espèces, l'évolution des types de végétation et la qualité des sols. Mayaux *et al.*, (2003) affirment que si, sans conteste, les feux de brousse représentent une cause de destruction des milieux forestiers tropicaux humides, la majorité des scientifiques reconnaît qu'ils ne détruisent pas les savanes, mais qu'ils sont au contraire le principal facteur de leur maintien. En étudiant l'importance et le rôle du feu dans la dynamique de la végétation sur le bassin versant de Marovoay au Nord-Ouest de Madagascar, Jacquin (2010) a tiré la conclusion selon laquelle le feu est un facteur de maintien des savanes. Et que, par la fréquence de son usage, il est un facteur déterminant de la dynamique de la végétation dans les situations où la pression liée aux activités anthropiques est faible.

Dans notre zone d'étude, la quantification de l'évolution des formations forestières aux différentes dates a révélé que les feux sont l'un des principaux facteurs anthropiques de la progression des savanes. De plus, les données du service forestier régional indiquent que

280 514 ha de forêts ont été affectés entre 2002 et 2018 et particulièrement entre 2002 et 2007 (fig. 24).

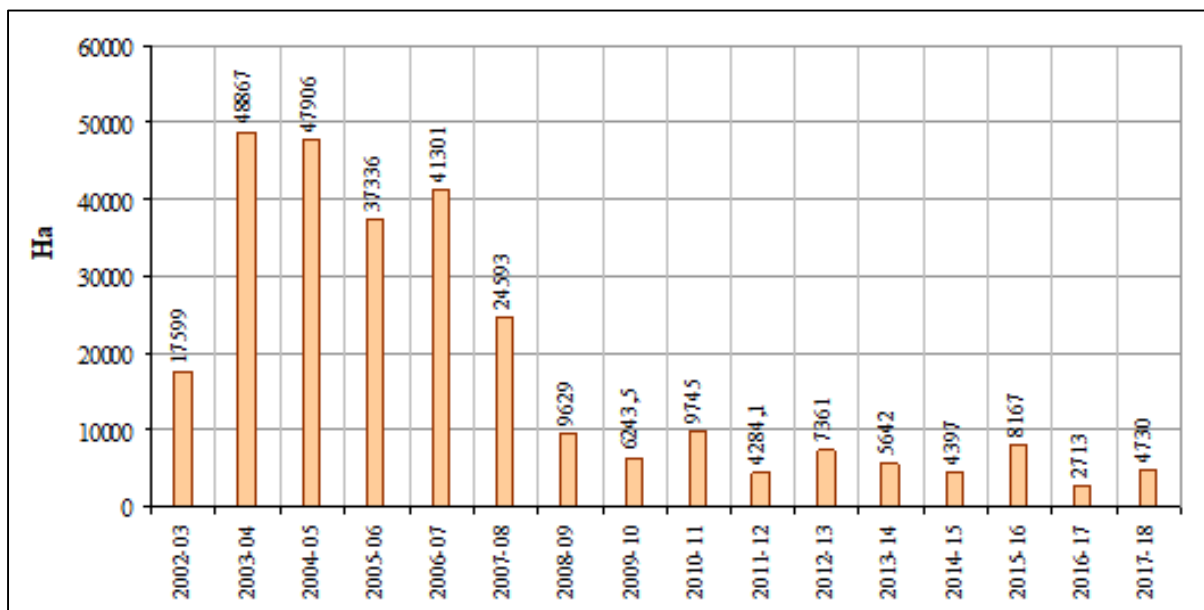


Figure 24: Superficies touchées chaque année par les feux de brousse de 2002-03 à 2017-18 (Source : SREF Kolda, 2013 et 2018)

Il est ressorti également de la cartographie de l'occupation des sols en 1987 que les feux sont beaucoup plus importants dans le département de Vélingara, suivi du département de Médina Yoro Foulah. Ils sont considérés par les populations comme étant le principal facteur de la dynamique globale des formations forestières dans ces deux départements (fig. 25).

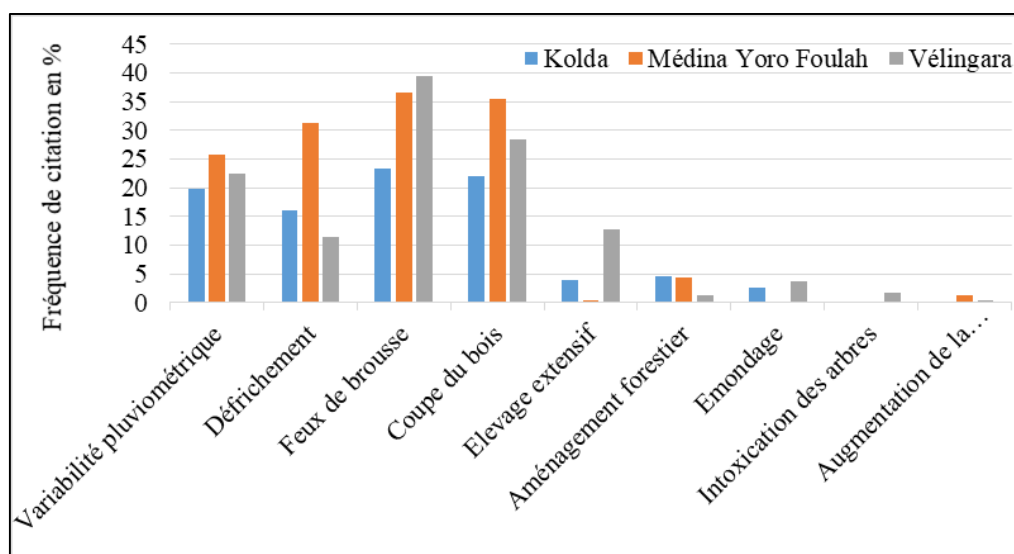
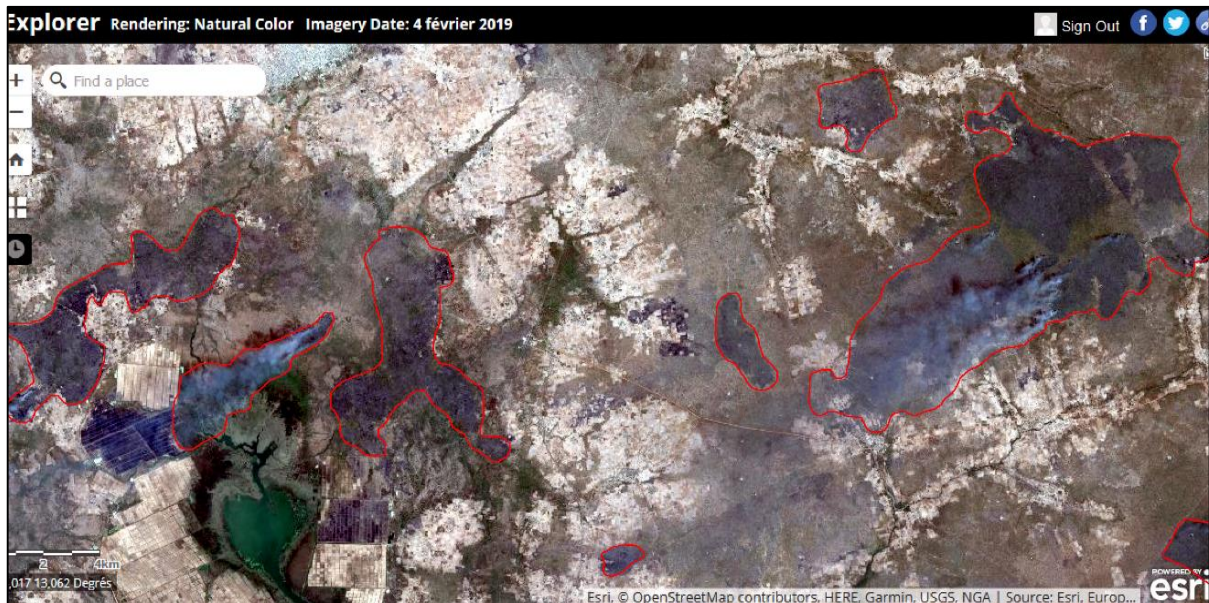


Figure 25: Perception des populations sur les facteurs de la dynamique globale des formations forestières

Ils se manifestent le plus souvent entre la fin du mois de décembre et le début du mois de juin pour plusieurs raisons. D'abord, durant cette période, l'herbe est non seulement sèche, mais aussi les arbres ont tendance à perdre leurs feuilles. Ensuite, cette période correspond à l'ouverture de la campagne de production du bois énergie dans les forêts aménagées. C'est également la période durant laquelle les producteurs clandestins, cités parmi les trois acteurs principaux à l'origine des feux, s'adonnent le plus à la production. Enfin, c'est la période des vents forts. Tous ces paramètres font qu'avec l'arrivée du feu, le tapis herbacé est souvent décimé sur de grandes distances (Photographie 8) exposant ainsi le sol à l'érosion.



Photographie 8: Vue aérienne des traces de feux au-dessus de la forêt classée de Anambé à gauche et dans la forêt aménagée de Bonkonto à droite (Cliché : Imagerie Sentinel du 04 février 2019)

Les feux ont différentes causes mais sont essentiellement anthropiques. Parmi les plus grands responsables, ceux qui sont le plus cités par la population sont les fumeurs qui jettent les mégots le long des routes (feux accidentels), les apiculteurs, les exploitants clandestins de charbon et les agriculteurs (fig. 26).

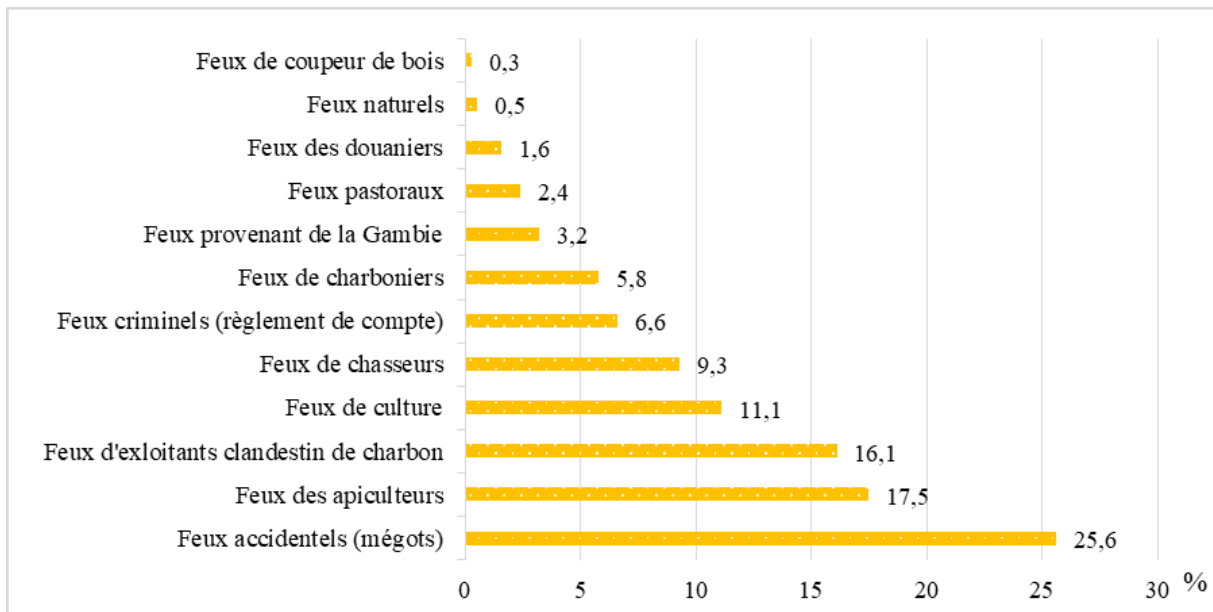


Figure 26: Type de feux les plus destructeurs de la forêt selon les populations

Entre la fin du mois de décembre et de mars, les feux accidentels (mégots), d'apiculteurs, d'exploitants clandestins de charbon, de chasseurs et d'éleveurs sont les plus fréquents et destructeurs selon les populations. Entre le mois d'avril et de juin, les feux de culture sont plus fréquents et destructeurs. Ils apparaissent le plus dans le département de Médina Yoro Foulah où les surfaces agricoles et les jachères occupent à elles seules 150 257 ha. Toutefois, il est important de souligner que les feux de culture diminuent de plus en plus à cause des amendes dressées par le service forestier de la région et les municipalités.

En plus de ces types de feux, il est ressorti du discours des populations situées le long de la frontière avec la Gambie, deux autres origines de feux. Il s'agit des feux provoqués par les douaniers, et ceux provenant de la Gambie. Le premier s'inscrit dans le cadre de la lutte contre la fraude au niveau de la frontière. Cette situation amène souvent le service de la douane à mettre du feu en a croire les populations. La seconde origine est liée au fait qu'entre le mois de novembre et de décembre, l'État gambien donne l'autorisation de la mise à feu précoce pour permettre la régénération naturelle de la végétation. Et très souvent, ces feux traversent les frontières entre les deux pays.

Les effets des feux de brousse sur les formations forestières en Haute-Casamance sont nombreux et se manifestent de différentes manières. En plus de participer à la progression de la savane, ils compromettent la régénération naturelle de la strate arbustive et la repousse des rejets, surtout dans les forêts aménagées. Ils brûlent le tapis herbacé et certains arbres appréciés par le bétail, compromettant ainsi leur survie durant la saison sèche. De même, ils endommagent

les arbres. Ils portent ainsi atteinte aux habitations (surtout dans le département de Médina Yoro Foulah), appauvrissent le sol et tuent ses microorganismes, détruisent le sous-bois et participent à la rareté de certaines espèces animales.

L'expression «les feux de brousse» est revenue très fréquemment dans le discours des populations lors de nos entretiens pour indiquer, soit les conséquences sur la végétation et les écosystèmes d'une manière générale, soit pour indiquer la gestion qui en est faite (fig. 27).

| |
|---|
| <p>Partie : coumbacara, Nombre de contextes : 9</p> <p>t l'assèchement de ces branches favorise les feux de brousse . c'est des sénégalais qui dessus . avant la forêt était belle mais les feux de brousse détruisent la forêt souvent la forêt est menacée par 4 phénomènes : les feux de brousse , les transhumants , les , car c'est l'abreuvoir des vaches . si les feux de brousse sont nombreux , les vaches s , la pluie va diminuer . on n'aime pas les feux de brousse . s'il y'a pas de feu de . mais nous les éleveurs on lutte contre les feux de brousse . on se rend dans les lieux eveur qui n'apprécie la déforestation ni les feux de brousse . pour ceux qui viennent nt peu à peu leur droit sur la forêt . \$ les feux de brousse sont aussi en réduction e dans la brousse et on surveille contre les feux de brousse . \$ le nom de dialambéré</p> <p>Partie : dabo, Nombre de contextes : 2</p> <p>llage , on a des comités de lutte contre les feux de brousse . avec l'argent qu'on verse namiser pour vraiment se préparer contre les feux de brousse . la lutte se fait en 2</p> <p>Partie : daybatoul-bacor, Nombre de contextes : 2</p> <p>de culture en outre la déforestation et les feux de brousse ont causé la migration de bitat dû au manque d'herbe sec causé par les feux de brousse . \$ la rapidité de la destruction</p> <p>Partie : dialambéré, Nombre de contextes : 7</p> <p>is ça n'a pas d'impact potentiel . \$ ici les feux de brousse ne sont pas récurrents . rbres , mais d'autres sont morts . c'est les feux de brousse qui commanditent certaines acardiens qui sont un peu plantés . pour les feux de brousse , on n'a pas de matériels attention à dialambéré . c'est seulement les feux de brousse qui dérangent . là on a peurs de tronc viennent de la gambie . \$ les feux de brousse sont le chef de la dégradation , pour servir doit être protégée contre les feux de brousse et la déforestation . il ent du miel et les gens l'exploitaient . les feux de brousse ont décimé les abeilles</p> |
|---|

Figure 27: Concordance du groupe de mot «les feux de brousse» extrait des entretiens réalisés dans les localités de Coumbacara, Dabo, Daybatoul Bacor et Dialambéré

Cependant, l'ampleur des feux semble diminuer de plus en plus pour trois raisons principalement : le développement de la plantation d'anacarde, la diminution des arbres et la prise de conscience des populations (surtout les éleveurs) grâce aux actions de sensibilisation. Dans la commune de Coumbacara par exemple, leur diminution est liée principalement à l'aménagement des champs d'anacarde ; car ces vergers d'anacardes assurent la survie de la plupart des ménages. Le témoignage d'un des interlocuteurs en est une parfaite illustration (fig. 28).

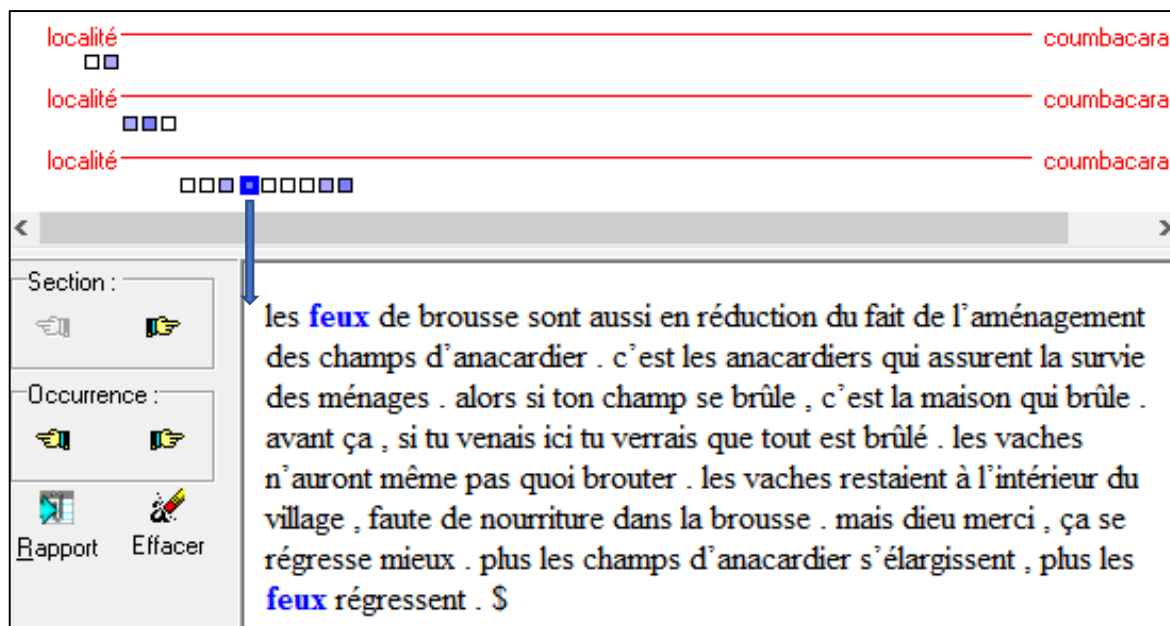


Figure 28: Distribution et utilisation du mot « feux » extrait des entretiens réalisés à Coumbacara

À l'opposé des feux de brousse, il y a les feux dits précoces appelés aussi feux de prévention. Ces types de feu sont effectués par le service forestier avec l'appui des populations et les partenaires au développement tels que le Projet de Développement de l'Élevage au Sénégal Oriental et en Haute-Casamance (PDESOC), le Projet Régional de Gestion Durable du Bétail ruminant Endémique (PROGEBE), le PROGEDE et le Projet d'Appui à la Petite Irrigation Locale (PAPIL). Ils sont réalisés juste à la fin de l'hivernage (fin décembre voire début du mois de janvier) pour atténuer les effets des feux tardifs qui sont les plus destructeurs. C'est l'une des stratégies effectuées, en plus de l'ouverture des pare-feu, pour atténuer ou lutter contre la destruction de la forêt par le feu. Selon Bellouard (1955), les feux précoces sont certes importants, mais il faut les remplacer par une protection totale tant que c'est possible. En effet, en région de savane, la protection totale permet de recréer lentement un milieu forestier dont l'existence est absolument nécessaire. Mayaux *et al.*, (2003) affirment que la suppression totale des feux ou la pratique des feux précoces ferait évoluer les savanes vers des milieux plus fermés, et modifierait la physionomie et la composition de la végétation ainsi que l'équilibre de l'écosystème dans son ensemble. Dans le Parc National de Niokolo Koba, ils sont considérés par les responsables comme un moindre mal devant un manque d'alternatives économiquement viables visant à atténuer les effets des feux tardifs (Mbow, 2002). Dans les zones d'intervention du WULA-NAFAA (régions de Tambacounda, de Kolda et de Sédhiou), la gestion traditionnelle des feux précoces reste vivace, malgré quelques obstacles issus de contraintes

réglementaires (Arbonnier et Guèye, 2010). Ainsi, pour mieux protéger la forêt des feux, il serait pertinent de pérenniser les feux précoces, de promouvoir l'ouverture de pare-feu, et de renforcer surtout la sensibilisation et la protection.

3.3. Le rôle des coupes de bois dans la déforestation et la savanisation

En Haute-Casamance, le bois est coupé pour plusieurs raisons que sont : la vente, la production du bois énergie, la production du bois d'artisanat et du bois de chauffe, la fabrication de clé de bambou, la construction et l'ameublement (fig. 29).

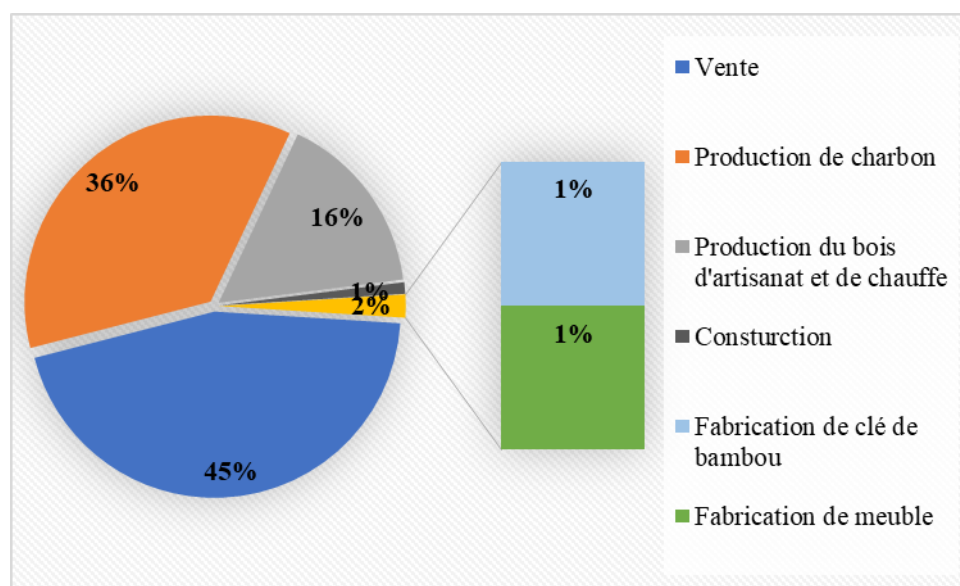


Figure 29: Les raisons de la coupe du bois selon les populations

Parmi ces raisons évoquées par les populations, les coupes pour la vente (en direction de la Chine via la Gambie), pour la production du bois énergie et pour la production du bois d'artisanat et de chauffe sont les plus déterminantes dans la déforestation et la progression des savanes.

3.3.1. La coupe illicite du bois pour la vente : un trafic devenu international

La coupe illicite du bois pour la vente est une activité qui a commencé en Haute-Casamance depuis le début de la décennie 2000 selon les populations. Elle a pris une ampleur plus importante le long de la frontière avec la Gambie depuis 2010 avec la coupe de certaines espèces acheminées en Chine via le port de Banjul (Gambie) en passant par des « marchés de bois » installés le long de la frontière (https://www.lemonde.fr/afrique/article/2016/05/26/un-drone-filme-le-pillage-pour-la-chine-des-dernieres-forets-du-senegal_4926989_3212.html). C'est un

trafic qui est bien organisé et qui est devenu le quotidien de certaines personnes natives de la région, provenant de la Gambie et des autres régions du Sénégal.

Dans ce trafic, plusieurs espèces sont ciblées. Il s'agit de : *Pterocarpus erinaceus*, *Cordyla pinnata*, *Bombax costatum*, *Khaya senegalensis*, *Oxytenanthera abyssinica*, *Lannea velutiina*, *Sarcocephalus latifolius*, *Terminalia macroptera*, *Azelia africana*, *Daniella oliveri* et *Sterculia setigera* (fig. 30). Parmi ces espèces, *Pterocarpus erinaceus*, *Azelia africana*, *Cordyla pinnata* et *Khaya senegalensis* sont partiellement protégées par le code forestier de 1998 (MEPN, 1998).

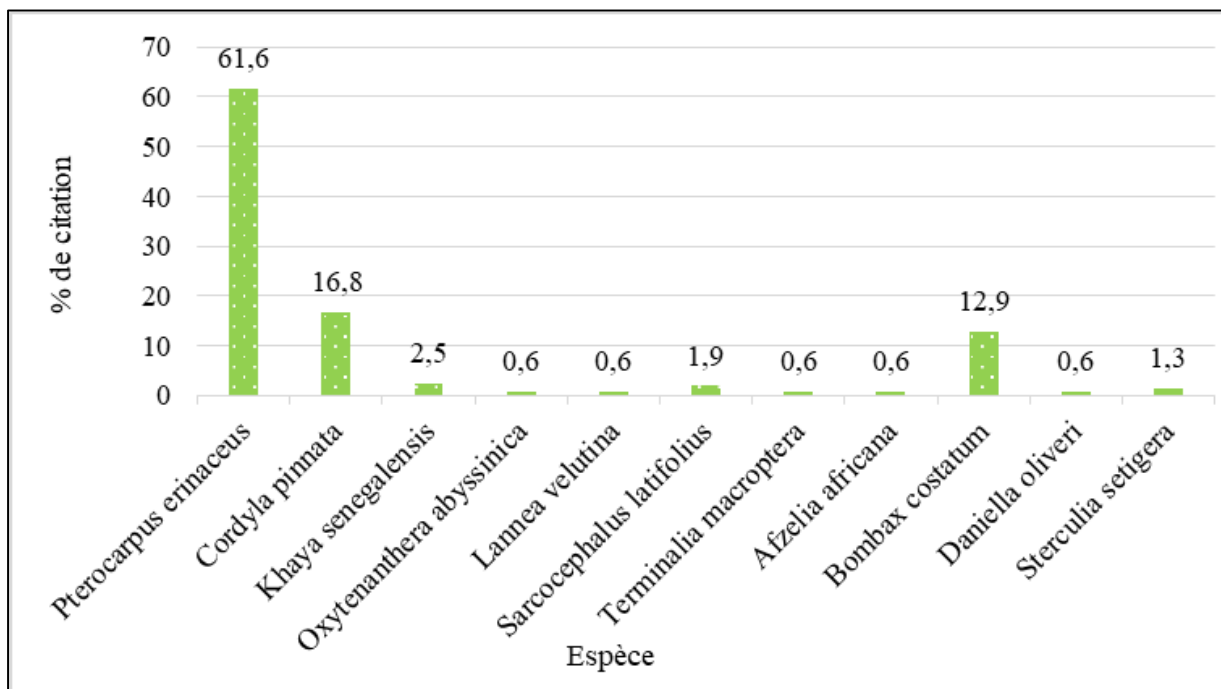


Figure 30: Principales espèces ciblées pour la vente selon la fréquence de citation des populations

Étant difficiles pour nous d'estimer les quantités de bois coupés, nous avons eu recours aux données issues de trois enquêtes exclusivement réservées à ce trafic. La première est d'Interpol publiée dans le journal *Le Monde* du 23 mai 2016 (https://www.lemonde.fr/afrique/article/2016/05/26/les-saigneurs-du-vene_4926559_3212.html). La seconde est de l'ancien ministre de l'Environnement et écologiste du Sénégal, Haidar El Ali, publiée dans le journal *Le Monde* le 25 mai 2016 (https://www.lemonde.fr/afrique/article/2016/05/26/un-drone-filme-le-pillage-pour-la-chine-des-dernieres-forets-du-senegal_4926989_3212.html). La troisième enquête est réalisée par la chaîne BBC (Africa Eye), et est publiée le 9 mars 2020 (<https://www.bbc.com/afrique/region-51801317>).

L'enquête réalisée par Interpol a révélé qu'en 2015, les industriels chinois ont acheté 58 000 m³ de bois en provenance de la Gambie, pour un montant de 41 millions de dollars (36,7 millions d'euros) selon les statistiques des douanes chinoises. Ceci représenterait l'équivalent de 140 000 arbres.

L'enquête de l'ancien ministre de l'Environnement et écologiste a révélé à travers une photo prise par un drone à 50 mètres d'altitude à hauteur du village de Saré Bodjo (situé à la frontière), des milliers de troncs alignés et prêts à être chargés dans des camions de gros tonnages (Photographie. 9). En effet, comme le fait-il souligner dans son enquête, ces troncs proviennent d'arbres illégalement coupés dans le département du Médina Yoro Foulah.



Photographie 9: Marché de bois du village de Saré Bodjo (Cliché : Haidar El Ali, Journal Le Monde, le 25 mai 2016)

En ce qui concerne *Pterocarpus erinaceus* (espèce la plus convoitée, et appelé également vène, ou bois rose ou « timba »), les données recueillies par l'ancien ministre de l'Environnement auprès de la douane chinoise, lui ont permis de conclure que 9 982 ha de la forêt casamançaise d'une manière générale sont affectés par le trafic de cette espèce. Il a été évalué à 1 006 182 le nombre de troncs coupés entre 2010 et 2015 puis exportés à partir du port de Banjul. 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 (CITES).

L'enquête réalisée par la chaîne BBC 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.

L'enquête a également mentionné que la plus grande partie de ce bois provient de la Casamance d'une manière générale malgré la protection de l'espèce par la CITES.

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 cm de diamètre, qui sont ciblés (Photographie 10).



Photographie 10: Taille et diamètre des espèces les plus exploitées (octobre 2016)

Également, la tronçonneuse est l'outil le plus utilisé pour terrasser les arbres. Or, son utilisation empêche la régénération de la souche après coupe, car l'huile de la machine pénètre et décolle l'écorce.

Selon les populations la pauvreté et le manque d'emploi sont les principaux facteurs explicatifs. En effet, la région de Kolda occupe la cinquième position des régions ayant le plus grand taux de chômage au Sénégal après la région de Dakar, de Thiès, de Diourbel et de Louga (ANSD, 2014). Environ, 74 483 personnes, soit 7,4 % de l'effectif national, sont touchées par le chômage. Dès lors, ce trafic leur permet de pouvoir subvenir à leurs besoins dans la mesure où, un billon est vendu entre 12 000 F CFA et 100 000 F CFA selon la taille et le diamètre. À défaut de les monnayer, 5 billons sont souvent échangés avec une moto.

L'ensemble de ces situations font que la coupe illicite du bois pour la vente a joué un rôle important dans la savanisation. Elles ont également rendu la gestion des ressources forestières très délicate en Haute-Casamance, malgré les efforts consentis par le service forestier (Photographie 11, 12 et 13) et l'État pour lutter contre ce fléau.



Photographie 11: Saisie de billons et de charrettes par la brigade de Dabo (mars 2018)



Photographie 12: Saisie de billons par la brigade de Pata (octobre 2016)



Photographie 13: Interpellation d'un suspect par le service forestier de Sinthiang Coundara dans la forêt du village de PK 12 (octobre 2016)

3.3.2. Le rôle de la coupe du bois pour la production du bois énergie

La production du bois de chauffe est considérée par le PNUE (2002) comme étant le deuxième facteur de réduction du couvert forestier et de la qualité des forêts après l'exploitation forestière à des fins commerciales. Elle se fait de deux manières différentes en Haute-Casamance : dans le cadre de l'aménagement des forêts, et de manière clandestine.

3.3.2.1. La production du bois énergie à travers l'aménagement des forêts : un couteau à double tranchant

Selon le PROGEDE (2009), l'objectif général visé à travers l'aménagement des forêts est de contribuer à l'approvisionnement des ménages en combustibles domestiques de manière régulière et durable, tout en préservant l'environnement et en offrant des possibilités élargies de choix et de confort aux consommateurs. De manière spécifique, l'aménagement des forêts vise à assurer la production durable de bois énergie (bois / charbon) et de produits non ligneux, la protection et la conservation des zones sensibles, et la production du bois d'œuvre et d'artisanat.

En guise de rappel, la région de Kolda compte 12 forêts aménagées d'une superficie totale de 251 860,06 ha dont 11 sont ouvertes à la production du bois énergie. Conformément aux plans d'aménagement, chaque forêt est subdivisée en blocs. Chaque bloc est subdivisé en 8 parcelles dont chacune est exploitée une seule fois durant les 8 ans. Dans chaque parcelle, seuls 50 % des espèces autorisées de coupes doivent être exploitées. La campagne d'exploitation est régie chaque année par un arrêté qui fixe les modalités d'organisation et qui inclut la période d'ouverture (de janvier à fin juillet le plus souvent). Selon Chesneau (2002), c'est un mode de gestion durable qui permet de limiter la dégradation des forêts au Sénégal et d'assurer un approvisionnement soutenable en bois énergie des villes. Parce qu'en plus du système de rotation, les techniques de coupe autorisées devraient permettre une bonne régénération des arbres après coupe. Mais, c'est à ce niveau que se situe le véritable problème.

En effet, plusieurs facteurs et pratiques sur le terrain empêchent la régénération des arbres après coupe. Les feux de brousse sont les principaux facteurs qui empêchent la repousse des rejets. En plus de cela, les rares reboisements réalisés après coupe, comme le stipulent les plans d'aménagement, ne font souvent pas l'objet de suivi selon les exploitants forestiers interrogés. Ainsi, ces reboisements échouent à cause d'un manque d'eau et après le passage des feux de

brousse. Il y a également le fait qu'aux alentours des meules, les arbres ne résistent pas et aucune régénération n'y est possible.

À ces contraintes s'ajoutent celles liées directement aux normes et règles d'exploitation. Il s'agit du non-respect des quotas de coupe par les coupeurs dits « surghas », du diamètre minimal et maximal d'exploitabilité, de la technique de coupe, et des espèces à couper. En ce qui concerne les quotas, il est ressorti de nos entretiens que les « surghas » ont tendance à produire aussi de manière clandestine pour leur propre compte en plus de produire pour le propriétaire du bloc. Ce même constat a été fait par Manga (2006), dans les forêts de Maka-Colibantang et de Missirah situées dans la région de Tambacounda. Dans ces deux forêts, il a été noté la coupe d'espèces partiellement protégées et le dépassement des quotas liés au libre arbitre des « surghas », à leur ignorance de certaines règles (espèces protégées, textes officiels, ...), et à une carence de contrôle dans le chantier. Cette situation fait que le quota des 50 % des arbres à couper dans une parcelle est souvent dépassé.

Mbaye (2009) a noté que dans la forêt de Saré Gardi (aménagée par le PROGEDE), les coupes étaient prioritairement portées sur les classes de diamètre 3-6 cm (49 %), 0-3 cm (31 %), 6-9 cm (11 %). Alors que, les coupes devaient normalement se faire dans l'intervalle comprises entre 10-25 cm. De plus, il a noté que plus le diamètre d'exploitation augmente, moins les populations sont enclines à exploiter dans ces classes.

Aussi, au lieu d'utiliser la hache, certains « surghas » utilisent les tronçonneuses. Or, l'utilisation de la tronçonneuse empêche la régénération de l'arbre après coupe et entraîne sa mortalité dans la mesure où, l'huile reste quelque temps sur le tronc avant de pénétrer et de décoller l'écorce.

Pour les populations, les espèces ciblées pour la coupe sont principalement *Combretum glutinosum*, *Terminalia macroptera*, *Cordyla pinnata*, *Bauhinia rufescens*, *Erythrophleum africanum* et *Pterocarpus erinaceus*. Pourtant, dans les plans d'aménagement, les espèces protégées telles que *Cordyla pinnata* et *Pterocarpus erinaceus*, ainsi que les arbres fruitiers, sont interdits systématiquement de coupe. Cette situation a également été notée par Manga *et al.*, (2012), dans le village de Sinthian Samba Courou situé à l'intérieur de la forêt aménagée de Sita Niaoulé dans la région de Tambacounda.

Entre autres contraintes, il nous paraît important de souligner que dans le cadre de l'aménagement, c'est le bois humide qui est coupé. Cela constitue de prime abord une action déterminante qui conduit à la réduction du couvert végétal si l'on tient pour vrai le fait que la

production de charbon de bois nécessite la coupe de 18 000 ha/an, soit un rayon de 75 m coupé autour d'une meule pour produire 10 tonnes, soit 200 sacs (Bergeret et Ribot, 1990). Or, chaque année, des milliers de sacs de charbon sont produits dans la région pour approvisionner tout le pays (Photographie 14). Rien que pour la campagne de 2018, 84 021 sacs de charbon ont été déposés (SREF Kolda, 2018).



Photographie 14: Chargement de charbon produit dans la forêt aménagée de Kandiator (septembre 2018)

Toutes ces situations font que la production du bois de chauffe pose déjà la problématique de l'impact réel des aménagements forestiers sur la dynamique des formations forestières. Parce qu'en réalité, telle que réalisée dans certaines forêts aménagées, elle participe (certes de manière lente) à la diminution du couvert végétal.

Ce constat est d'ailleurs largement partagé par Hamel *et al.*, (2011) qui affirment que « la satisfaction des besoins énergétiques des populations du Sénégal, à travers l'exploitation des ressources naturelles ligneuses, est naturellement un facteur important de dégradation des écosystèmes forestiers ». C'est ce que nous avons noté dans la forêt aménagée de Saré Bidji et de Médina Salam Dingha à travers la savanisation. De plus, il faut souligner que le marché du bois de chauffe est non négligeable dans l'économie nationale. Puisque, le service forestier perçoit une taxe fixée à 140 000 F CFA pour chaque permis de circulation. À cela s'ajoutent, les redevances que reçoivent les collectivités locales gestionnaires, les Comités Inter-Villageois de Gestion de la Forêt (CIVGF), et les Groupes de Contact Villageois (GCV).

Néanmoins, l'aménagement des forêts a permis de mettre en place un système d'exploitation qui peut s'inscrire dans la durabilité à condition de respecter et d'appliquer strictement les règles, procédures et méthodes de coupe, de carbonisation, et de gestion, inscrites dans les plans d'aménagement. Elle a aussi permis une régénération de la couverture végétale dans la forêt de Bonconto.

3.3.2.2. La carbonisation clandestine : une activité qui n'obéit à aucune règle

La carbonisation clandestine est réalisée dans les zones non aménagées (Photographie 15).



Photographie 15: Empreinte de la production clandestine du charbon de bois dans la forêt de Manda Douane (octobre 2016)

Cette carbonisation n'obéit à aucune règle. La manière de couper, les espèces à couper ainsi que leur taille et diamètre importent peu pour ceux qui s'y activent. En plus, aucun contrôle efficace ne semble possible. Ces situations la rendent également très importante dans le processus. Dans la zone non aménagée de la forêt de Saré Gardi, Mbaye (2009) a noté que les diamètres situés entre 0-3 cm (63 %) ont été les plus exploités. Les raisons souvent avancées par les charbonniers sont que les petites tiges permettent de diminuer le temps de fabrication du charbon (Manga, 2006). Or, c'est ce qui devrait permettre la restauration de la forêt. Cette situation empêche non seulement la régénération, mais amplifie le déboisement.

3.3.3. Le rôle de la coupe du bois d'artisanat et du bois de chauffe dans la déforestation

La coupe du bois d'artisanat est organisée chaque année par un arrêté. Elle est autorisée aux détenteurs de la carte professionnelle d'exploitants forestiers, aux populations riveraines des forêts aménagées, aux détenteurs d'une autorisation spéciale concernant les produits de

défrichage et aux personnes physiques et morales, répondant aux dispositions des cahiers de charge relatifs à l'adjudication des produits forestiers ou ayant une concession. Dans les permis délivrés par le service forestier de la région, seul le bois mort est autorisé à la coupe. Mais en réalité, il en est autrement sur le terrain.

En effet, il ressort du discours des populations interrogées à Coumbacara et à Médina Touat qu'en plus de couper le bois mort, les exploitants coupent également le bois humide qu'ils déposent aux fonds des camions pour échapper aux contrôles des services forestiers (fig. 31).

| |
|--|
| <p>Partie : coumbacara, Nombre de contextes : 3</p> <p>oupeurs de bois coupent les bois secs et humides or dans les autorisations tout est précisé une fois en brousse ils coupent les bois humides , les mettent en bas et le bois sec en haut uis qu'on a su qu'ils coupaient les bois humides qu'on a suspendu leur activité . que ça</p> <p>Partie : médina-touat, Nombre de contextes : 1</p> <p>t . ils ont même volé et coupé des venes humides . il y'a beaucoup qui ont fait le constat</p> |
|--|

Figure 31: Concordance du mot « humide » extrait des entretiens réalisés dans les localités de Coumbacara et Médina Touat

De plus, ils n'épargnent aucune espèce de valeur. Les plus coupés sont *Pterocarpus erinaceus*, *Cordyla pinnata*, *Khaya senegalensis* et *Azelia africana*. Or, dans le cadre de la production du bois d'artisanat, l'exploitation du *Pterocarpus erinaceus* porte exclusivement sur les sujets morts. Les populations affirment que si d'aucuns déposent au fond des camions le bois humide, d'autres par contre pratiquent un système d'intoxication qui entraîne la mortalité rapide des arbres afin de les couper par la suite. Il s'agit en effet de l'utilisation d'un produit chimique qui provoque l'assèchement rapide de l'arbre.

Cette activité de coupe du bois d'artisanat est la plus flagrante mais reste la moins contrôlée du fait qu'elle soit autorisée. Aussi, chaque année, plusieurs chargements de camions quittent la région de Kolda en direction des grandes villes du nord du pays (Photographie 16).



Photographie 16: Type de chargement de bois d'artisanat transporté vers les grandes villes du Nord du pays (septembre 2018)

Cette situation a fait que dans certaines localités, les chefs de villages sont de plus en plus vigilants et cherchent à refuser toutes formes de coupe avec ou sans autorisation comme en témoigne l'entretien réalisé avec le chef de village de Coumbacara (fig. 32).

gouvernement . maintenant aucune camionnette ne se procure du bois ici . peut - être dans d'autres parties , mais plus jamais ici . et même là - bas , ils se cachent pour couper . ou bien , ils partent dans les petits villages donnent des pots - de - vin au chef et coupent en catimini . la mairie aussi touche des pots - de - vin parce que c'est elle qui autorise la **coupe** à ces migrants . mais l'autorité du maire s'arrête sur ses conseillers . chaque chef de village est responsable de son terroir . si un feu survient , ce n'est pas le maire et ses conseillers qui vont l'éteindre . c'est les habitants des villages . pour coumbacara , même si les coupeurs ont une autorisation du maire , ils n'osent pas venir ici couper comme ils veulent . c'est les villageois d'ici qui vont les autoriser la **coupe** . s'ils payent à la mairie , ils vont payer ici encore . mais y'a des villages où ils intimident les habitants en disant tout simplement que c'est le maire qui les a autorisés . mais puisqu'il y'a des sensibilisations , les habitants comprennent peu à peu leur droit sur la forêt . \$

Figure 32: Utilisation du mot « coupe » extrait de l'entretien réalisé avec le chef de village de Coumbacara

3.4. Le peuplement, les modes d'utilisation des sols et la croissance démographique, facteurs de la déforestation et de la fragmentation

Le peuplement, les modes d'utilisation des sols et la croissance démographique sont également au rang des facteurs explicatifs de la dynamique des formations forestières.

3.4.1. Le peuplement et les modes d'utilisation du sol très diversifiés

Le peuplement de la région de Kolda est façonné par une longue suite d'invasions, de colonisations et de batailles d'occupation et d'utilisation de l'espace ; ce qui a contribué de manière significative à la dynamique des formations forestières. L'histoire du peuplement a fait l'objet de nombreuses études parmi lesquelles nous pouvons citer les travaux de N'Gaïde (1998, 1997), Sidibé (2005), et Fanchette (1999 et 2011). Elle peut être résumée en quatre périodes d'inégale importance.

La première période est caractérisée par la domination Manding, du début du XIV^e siècle à la première moitié du XIX^e siècle. Cette période est marquée par l'arrivée de migrants Peul en provenance de la zone sahélienne, puis de ceux du Fuuta Jalon et de la Guinée portugaise (Guinée Bissau), et enfin des Bambaras, Jallonke, Manding, Joola, Bainuk. Toutefois, il est admis la difficulté de dater avec exactitude les premières vagues de Peul (N'Gaïde, 1998) ; sauf si l'on tient pour recevable l'affirmation assez souvent renouvelée par des notables Mandingues, selon laquelle l'infiltration Peul aurait commencé « trois-cent-trente-quatre ans avant le soulèvement d'Alfa-Molo », soit vers le milieu du XVI^e siècle (Pélissier, 1966).

La seconde période a commencé dans la seconde moitié du XIX^e siècle avec la révolte des Peuls contre les Mandingues. Celle-ci symbolise la chute de l'Empire du GaaBu et les règnes d'Alfa et de Mousa Molo jusqu'en 1910 (N'Gaïde, 1998). Durant cette période et jusqu'au début du XX^e siècle, des populations Peul ou d'origine servile ont quitté en grand nombre le Fuuta Jalon et la Guinée portugaise pour se réfugier en Haute-Casamance. Selon Pélissier (1966), c'est de la Guinée Conakry et de la Guinée « Portugaise » que sont venus les immigrants attirés par les vastes surfaces disponibles et l'activité économique commerciale du Sénégal, particulièrement celle de la Moyenne et de la Haute-Casamance.

La troisième période a duré jusqu'en 1960 et correspond à l'occupation coloniale du Sénégal méridional. Par contre, la dernière période, quant à elle, a commencé avec l'indépendance. Pendant cette période, la Haute-Casamance a joué le rôle d'une région refuge pour les Peul

originaires du Fuuta Jalon et de la Guinée-Bissau. C'est aussi durant cette période que des populations Wolof et Sarakhole ont migré en vagues successives pour s'installer le long de la frontière sénégal-gambienne.

Ces études ont également montré que la dynamique de l'agriculture est au cœur du peuplement de la Haute-Casamance. Selon Fanchette (2011), du nord au sud de la région, la migration a été massive. En effet, le long de la frontière gambienne, les gros villages ont subi une pression foncière très élevée de la part des exploitants qui ont fini par occuper les espaces « vacants » non cultivés, au détriment des parcours de bétail. La frontière sud se singularise par ses plus fortes densités démographiques (plus de 40 habitants au km²) avec plus du tiers de la population, à majorité Peul, qui vit dans des villages de plus de 500 habitants. Dans la partie orientale, les migrations ont accéléré le processus d'agglomération de la population en de gros villages avec l'installation des populations Sarakhole, Bajaranke, Manding et Jiyaabe, attirées par les perspectives commerciales transfrontalières et la sécurité politique de la région. Jusque dans les années 1970, ces localités ont enregistré des taux d'accroissement de la population très élevés de 6,4 % par an (Fanchette, 2011).

Dans le département de Kolda, de nombreux villages ont vu le jour à partir du village mère de Madina El Hadji tout au long de la première moitié du XX^e siècle (N'Gaïde, 1997). À l'époque de l'arrondissement de Médina Yoro Foulah, le nombre de villages créé est passé de 250 en 1960 à 506 en 1988 et une moitié des villages a été édifiée sur d'anciennes jachères villageoises et l'autre dans des forêts gérées principalement par les autorités locales (Fanchette, 2011). À partir de la fin des années 1970, la forêt classée de Pata a commencé à être envahie par des paysans venus du Saloum à la recherche de terres fertiles et de pâturage, et des éleveurs toucouleurs issus aussi du nord du pays et de la Gambie (Sidibé, 2005). Entre 1984 et 1989, vingt-deux villages ont été créés dans cette forêt suite aux conditions de production difficiles dans le Saloum et de l'abandon des politiques publiques.

Ces vagues migratoires attestent l'importance de la région en tant que refuge, mais aussi en tant que zone de production agricole et de pâturage. Ce peuplement s'est accompagné d'une évolution démographique importante et des besoins, confirmés par l'augmentation des surfaces agricoles depuis plusieurs décennies, des coupes illicites du bois, et une production illégale du bois d'énergie.

3.4.2. Une croissance démographique assez remarquable

Depuis ses origines jusqu'à nos jours, la population de la Haute-Casamance n'a cessé d'augmenter. Selon le SRSD Kolda (2009) et l'ANSD (2014), la population est passée de 226 246 hab. en 1976, à 310 938 hab. en 1988 puis à 476 608 hab. en 2002 et à 662 455 hab. en 2013 (tabl. 22).

Tableau 22: Évolution de la population de la région de Kolda entre 1976 et 2013

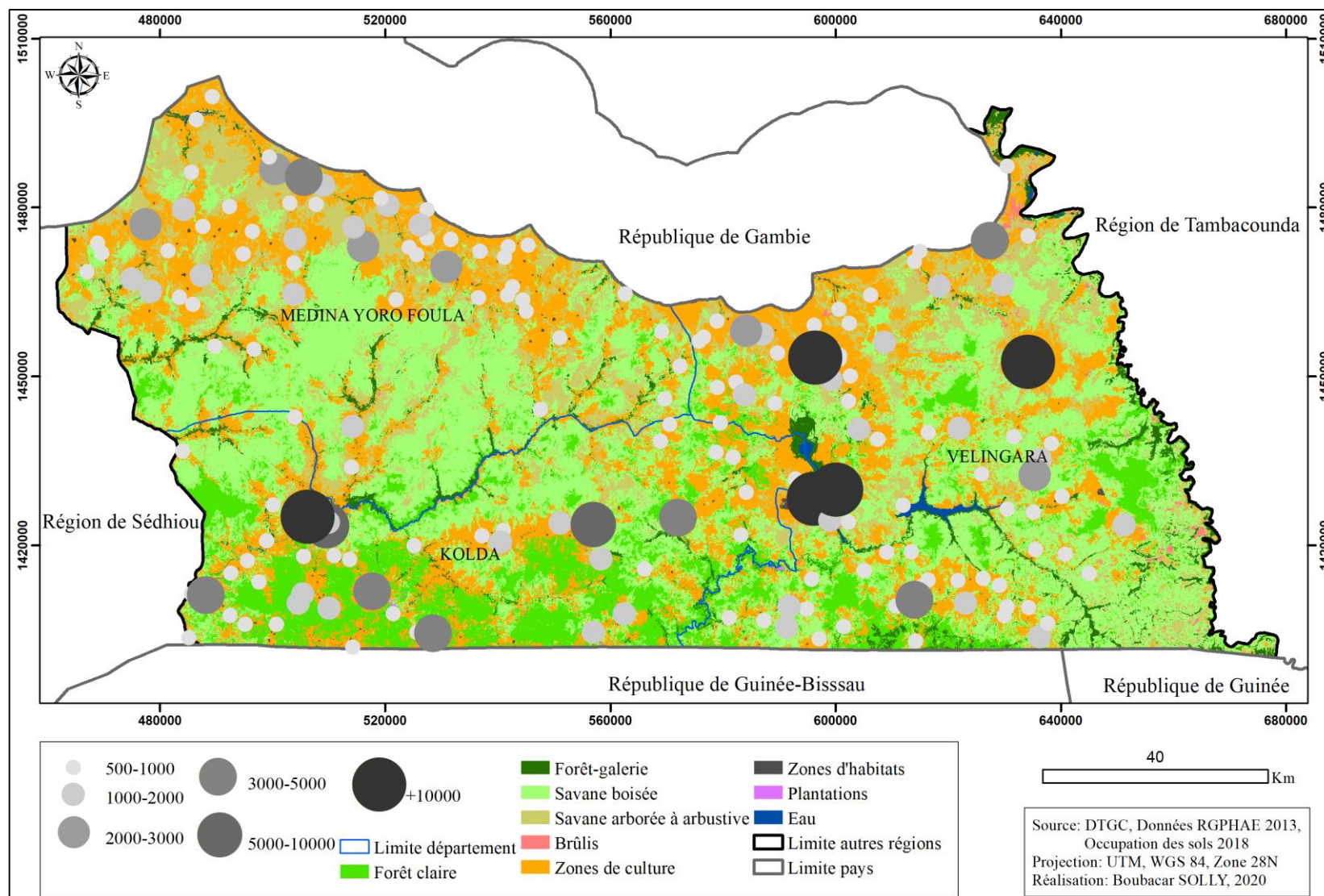
| Effectif par année | | | | Évolution en pourcentage | | |
|--------------------|---------|---------|---------|--------------------------|-----------|-----------|
| 1976 | 1988 | 2002 | 2013 | 1976-1988 | 1988-2002 | 2002-2013 |
| 226 246 | 310 938 | 476 608 | 662 455 | 37 | 53 | 39 |

Source : SRSD Kolda, 2009 ; ANSD, 2014

L'évolution de la population a été très importante, notamment durant la période 1988-2002, avec une croissance de 53 %, contre 37 % entre les recensements de 1976 et 1988, et 39 % entre celles de 2002 et 2013. La forte augmentation de la population durant la période 1988-2002 s'explique par l'arrivée massive de migrants venant du Saloum et du Sénégal Oriental à la recherche de terres agricoles. Elle explique également la forte progression des savanes et des surfaces agricoles.

L'augmentation de la population est-telle qu'aujourd'hui, Kolda est la neuvième région la plus peuplée du Sénégal. La population est répartie dans les 15 communes du département de Kolda (245 990 hab.), les 10 communes du département de Médina Yoro Foulah (138 084 hab.), et les 15 communes du département de Vélingara (278 381 hab.) (ANSD, 2014). Le département de Vélingara, avec une superficie de 5 434 km², couvre 42,02 % de la population totale de la région, suivie du département de Kolda pour 37,14 % de la population répartie sur une superficie de 3 597 km². Le département de Médina Yoro Foulah couvre 20,84 % de la population répartie sur une superficie de 4 687 km².

De même, nous pouvons remarquer sur la carte 31 que plus de 40 % des localités de plus de 500 habitants de la région de Kolda sont situés essentiellement dans le département de Vélingara, puis dans celui de Kolda, et au Nord-Ouest du département de Médina Yoro Foulah.



Carte 31: Spatiatisation des grands foyers de peuplement de la région de Kolda

Selon Fanchette (2011), dans les villages frontaliers de plus de 500 habitants, le taux de croissance moyen annuel a été de 3,8 % entre 1960 et 1988. À la frontière avec la Guinée Conakry et la Guinée Bissau, les taux de croissance annuels entre 1960 et 1976 des communautés rurales ont été respectivement de 4,9 % et de 2,9 %. Dans la partie orientale, les localités ont enregistré des taux d'accroissement de la population très élevés (6,4 % par an) jusque dans les années 1970.

Le poids démographique semble refléter ainsi certaines dynamiques notées, à savoir la déforestation par progression des surfaces de savanes et des surfaces anthropiques. Cette situation est à l'image de ce qui se passe dans le Parc National de la Marahoué en Côte d'Ivoire (Dibi N'Da *et al.*, 2008), en République Démocratique du Congo (Bamba, 2010), à Kotoudéni au Burkina Faso (Bene et Fournier, 2014), dans la zone de transition entre le bassin sédimentaire et le socle cristallin au Centre du Bénin (Tchibozo et Toundoh, 2014), au Gabon (Desclee *et al.*, 2014), et au Sud-Est du Togo (Kpedenou *et al.*, 2016). En effet, dans ces zones, l'évolution du couvert végétal et les changements observés sont dus essentiellement à la pression humaine tant rurale qu'urbaine traduite par l'augmentation de la population et les activités agricoles. En République Démocratique du Congo, l'impact humain de cette pression démographique se traduit par une déstabilisation et un dysfonctionnement des écosystèmes forestiers, entraînant la dégradation, la fragmentation et la déforestation (Bamba, 2010). Dans la région de Kolda, cette situation pose une autre problématique, celle liée à la gouvernance des territoires. Elle interpelle non seulement les aménagistes mais et surtout les décideurs, principalement l'État et les collectivités locales.

3.5. L'élevage extensif et ses effets collatéraux

L'histoire du peuplement a montré que parmi les facteurs de convoitises de la Haute-Casamance, l'élevage, particulièrement celui des bovins, occupe une place importante. En effet, l'effectif du cheptel n'a cessé d'augmenter depuis les années 1960. Selon Boudet (1970), 128 400 bœufs sont recensés en 1960 contre 175 000 en 1968, soit un taux moyen de croissance annuelle de 4,5 %. Cette situation a fait que dès les années 1970, certains arrondissements à l'époque (Dioulacolon, Kounkané et Dabo) étaient saturés en bétail. Lors de la campagne de 2015-2016, 467 840 sont recensés (SRSD Kolda, 2018). Ce qui fait que la région de Kolda occupe la troisième place des ménages pratiquant l'élevage des bovins au Sénégal, avec un taux de 17,3 %, derrière la région de Kédougou qui compte 26,4 % et celle de Saint-Louis qui compte 17,9 % (ANSD, 2014).

Avec l'augmentation du bétail, la diminution du couvert végétal et des zones de pâturages qui sont de plus en plus transformées en zones de cultures, les populations sont obligées de s'adonner davantage à l'élevage extensif. Or, elles ont elles-mêmes souligné que cette forme d'élevage constitue un obstacle à la régénération des arbres à cause du piétinement des petits arbustes par le bétail et l'arrachage des souches. De plus, l'émondage, tel qu'il est pratiqué par les éleveurs nomades venant du nord du pays chaque année (connus sous le nom de « walankos » en langue locale peule), reste un facteur relativement déterminant de la progression des savanes. En effet, leur technique consiste à couper quasiment toutes les branches de l'arbre (Photographie 17) au point que celui-ci finit par mourir par stress hydrique et à cause de la chaleur.



Photographie 17: Méthode d'émondage pratiquée par les « walankos » (mars 2018)

De surcroît, les résidus des feuilles et les branches abandonnées au pied des arbres amplifient les feux de brousse, et par ricochet la progression des savanes.

Conclusion chapitre 3

À travers ce chapitre, nous avons montré que les actions de l'homme sont des facteurs importants dans l'explication des dynamiques des formations forestières de la Haute-Casamance.

Même si dans la perception des populations, les feux de brousse constituent le principal facteur de la dynamique globale, il ressort de notre analyse que spécifiquement, les défrichements sont les principaux facteurs de la déforestation et de la fragmentation des formations forestières. Les feux de brousse sont des agents déterminants de la progression des savanes. Les coupes du bois effectuées pour diverses raisons jouent également un important rôle dans la déforestation par progression de la savane. L'augmentation de la population consécutive à celle des besoins et l'élevage extensif sont autant de facteurs à l'origine des changements notés dans l'évolution des formations forestières en Haute-Casamance.

Néanmoins, tout porte à constater que ces actions n'expliquent pas à elles seules les dynamiques notamment la progression des savanes durant la période 1965-1999 et plus particulièrement la régénération. Dès lors, il nous revient de déterminer le rôle de la variabilité climatique sur ces deux aspects.

CHAPITRE 4 : LE RÔLE DE LA VARIABILITÉ DES CONDITIONS CLIMATIQUES ET HYDROLOGIQUES SUR LES CHANGEMENTS INTERVENUS DANS LES FORMATIONS FORESTIÈRES DE LA HAUTE- CASAMANCE

Ce chapitre cherche à déterminer le rôle de la variabilité climatique sur l'évolution des formations forestières de la Haute-Casamance à partir de l'analyse des deux paramètres les plus déterminants du climat tropical, la pluviométrie et la température. En effet, ces deux paramètres sont des éléments de premier ordre par les effets directs et indirects qu'ils exercent dans le milieu naturel en général, et sur la végétation forestière en particulier (Giffard, 1974 ; Le Borgne, 1990).

En plus de ces deux paramètres, nous avons étudié la variabilité des ressources en eaux de surfaces et celles souterraines ; étant entendu que ces ressources jouent un rôle déterminant dans le développement des formations forestières à travers le système racinaire des arbres.

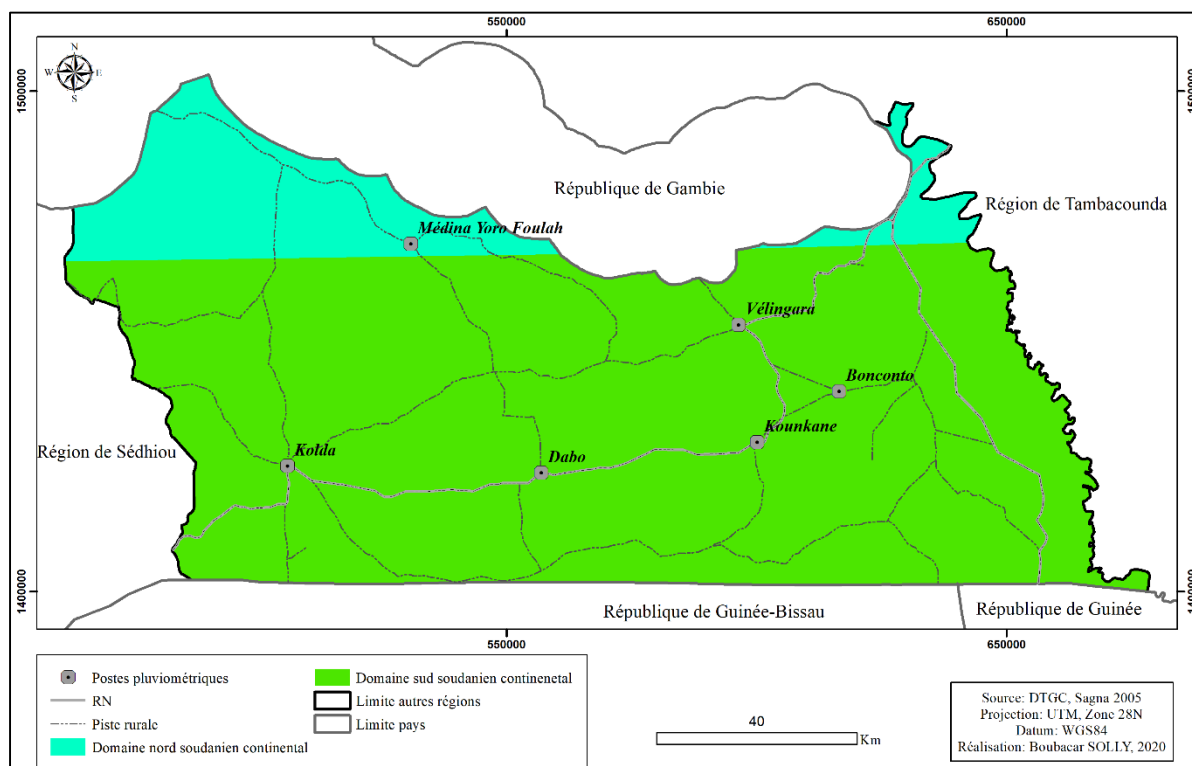
La démarche a consisté à analyser dans un premier temps l'évolution de ces différents paramètres. Par la suite, nous avons tenté de déterminer leurs rôles sur les changements intervenus, notamment sur la savanisation et sur la régénération par endroits.

4.1. La variabilité mensuelle et interannuelle de la pluviométrie de 1951 à 2018

Pour étudier la variabilité mensuelle et interannuelle de la pluviométrie, nous avons utilisé les données de stations synoptique (Kolda) et climatique (Vélingara) et des postes (Kounkané, Médina Yoro Foulah, Dabo et Bonconto) (carte 25). Ces stations et postes ont été créés respectivement en 1922, 1932, 1965, 1973 et 1975 pour les deux derniers. La série de données annuelles utilisée s'étend de 1951 à 2018 pour les stations de Kolda et Vélingara. Ces données sont obtenues auprès de l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM). Pour les postes pluviométriques, la série a été complétée par les données homogénéisées et reconstituées par Dacosta (1989) à travers la méthode du vecteur régional.

L'analyse de ces données a été faite sur la base du test de Pettitt (1979), de l'analyse de la variabilité saisonnière, et du calcul de l'Indice Standardisé des Précipitations (McKee *et al.*, 1993) annuelles selon les domaines climatiques dégagés dans la classification de Sagna (2005). Le test de Pettitt (1979) permet de détecter une rupture dans une série. Le logiciel XLSTAT a été utilisé pour cela. La variabilité mensuelle de la pluviométrie correspond aux fluctuations

durant l'année. L'analyse de l'évolution mensuelle de la pluviométrie est particulièrement intéressante dans la mesure où elle donne une idée sur les périodes de fortes activités photosynthétiques. Pour cela, nous avons utilisé les données mensuelles des stations de Kolda et de Vélingara. L'Indice Standardisé des Précipitations (ISP) permet de mesurer les sécheresses météorologiques et de quantifier le déficit des précipitations à de multiples échelles de temps qui traduit les incidences sur la disponibilité des différents types de ressources en eau (Sané, 2017). Cet indice est utilisé par plusieurs auteurs pour caractériser la pluviométrie dans de nombreuses régions d'Afrique de l'Ouest (Bodian, 2014 ; Faye *et al.*, 2015 ; Descroix *et al.*, 2015 ; Diédhiou, 2019). La classification de Sagna (2005), permet d'analyser les résultats des deux domaines climatiques bien distincts : le domaine nord-soudanien continental, et le domaine sud-soudanien continental. En effet, selon cette classification, le Sénégal se subdivise en trois domaines climatiques. Il s'agit du domaine semi-aride (zone sahélienne ou zone de la steppe), du domaine sec à subhumide (zone nord-soudanienne ou zone de la savane arbustive), et du domaine subhumide à humide (zone sud-soudanienne où on retrouve la forêt claire). Une partie de la Haute-Casamance se situe dans le domaine nord-soudanien, et une autre dans le domaine sud-soudanien (carte 32).



Carte 32: Localisation des stations climatiques selon les domaines climatiques en Haute-Casamance

Selon Sagna (2005), ces deux domaines se différencient du point de vue des précipitations par des apports plus importants dans le domaine sud (supérieure à 1000 mm) que dans le domaine nord (apports compris entre 500 et 1000 mm).

4.1.1. La détection de l'année de rupture au sein des séries chronologiques

Le résultat du test de Pettitt a indiqué que 1967 correspond à la dernière année la plus pluvieuse avant la sécheresse dont le signal a été donné en 1968 dans les deux domaines (fig. 33 et 34). C'est l'année durant laquelle les précipitations ont commencé à fortement diminuer. Ce résultat est confirmé par Sambou *et al.*, (2018), Mballo *et al.*, (2020).

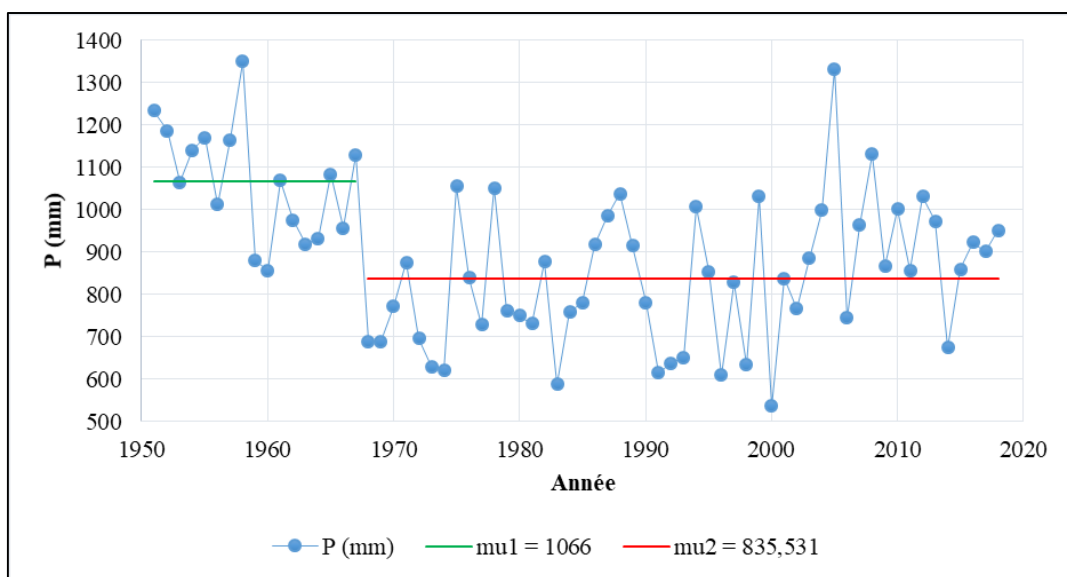


Figure 33: Evolution interannuelle de la pluviométrie et année de rupture dans le domaine nord-soudanien

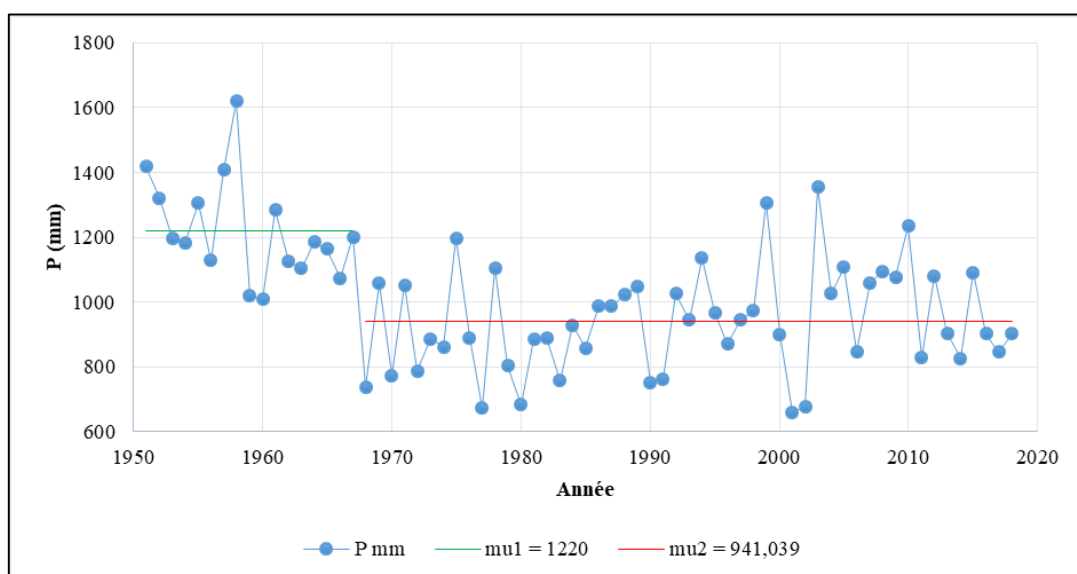


Figure 34: Evolution interannuelle de la pluviométrie et année de rupture dans le domaine sud-soudanien

La moyenne avant rupture (1951-1967) est de 1220 mm dans le domaine sud-soudanien. Dans le domaine nord-soudanien, elle est de 1066 mm durant la même période 1951-1967. Le déficit est respectivement de 279 mm et 232 mm dans les deux domaines.

4.1.2. L'analyse de la variabilité mensuelle de la pluviométrie entre 1951 et 2018

En Haute-Casamance, la saison des pluies démarre au mois de mai et se termine habituellement au mois d'octobre. Toutefois, quelques pluies sont parfois notées au mois de novembre. Entre le mois de décembre et d'avril, il arrive également des pluies hors saison appelées pluies de « heug » (tabl. 23). Selon Sagna (2005), ces pluies sont liées à des « invasions polaires » c'est-à-dire à des intrusions d'air des moyennes latitudes vers les basses latitudes. Au niveau des stations de Kolda et de Vélingara respectivement, ces pluies varient en moyenne entre 0,1 mm et 0,7 mm entre 1951 et 2018.

Tableau 23: Précipitation hors saison en Haute-Casamance (en mm) entre 1951 et 2018

| Poste | Décembre | Janvier | Février | Mars | Avril |
|-----------|----------|---------|---------|------|-------|
| Kolda | 0,1 | 0,1 | 0,4 | 0,1 | 0,4 |
| Vélingara | 0,4 | 0 | 0,4 | 0 | 0,7 |

En saison pluvieuse, les pluies commencent au mois de mai. L'analyse de la figure 35 indique que la station de Vélingara reçoit plus de précipitations au mois de mai que celle de Kolda. Si l'on se réfère à Aubréville (1949), ce mois peut être considéré comme écologiquement sec. En effet, selon lui, un mois est considéré comme écologiquement sec quand il reçoit moins de 30 mm de pluie ; et se manifeste par le flétrissement et la chute des feuilles. Après le mois de mai, on note l'arrivée des précipitations qui avoisinent 100 mm voire plus. Cette situation se poursuit jusqu'à la fin de la saison pluvieuse. Il faut également noter que ces précipitations sont plus importantes à la station de Kolda qu'à la station de Vélingara. Toutefois, le maximum de précipitations tombe au mois d'août.

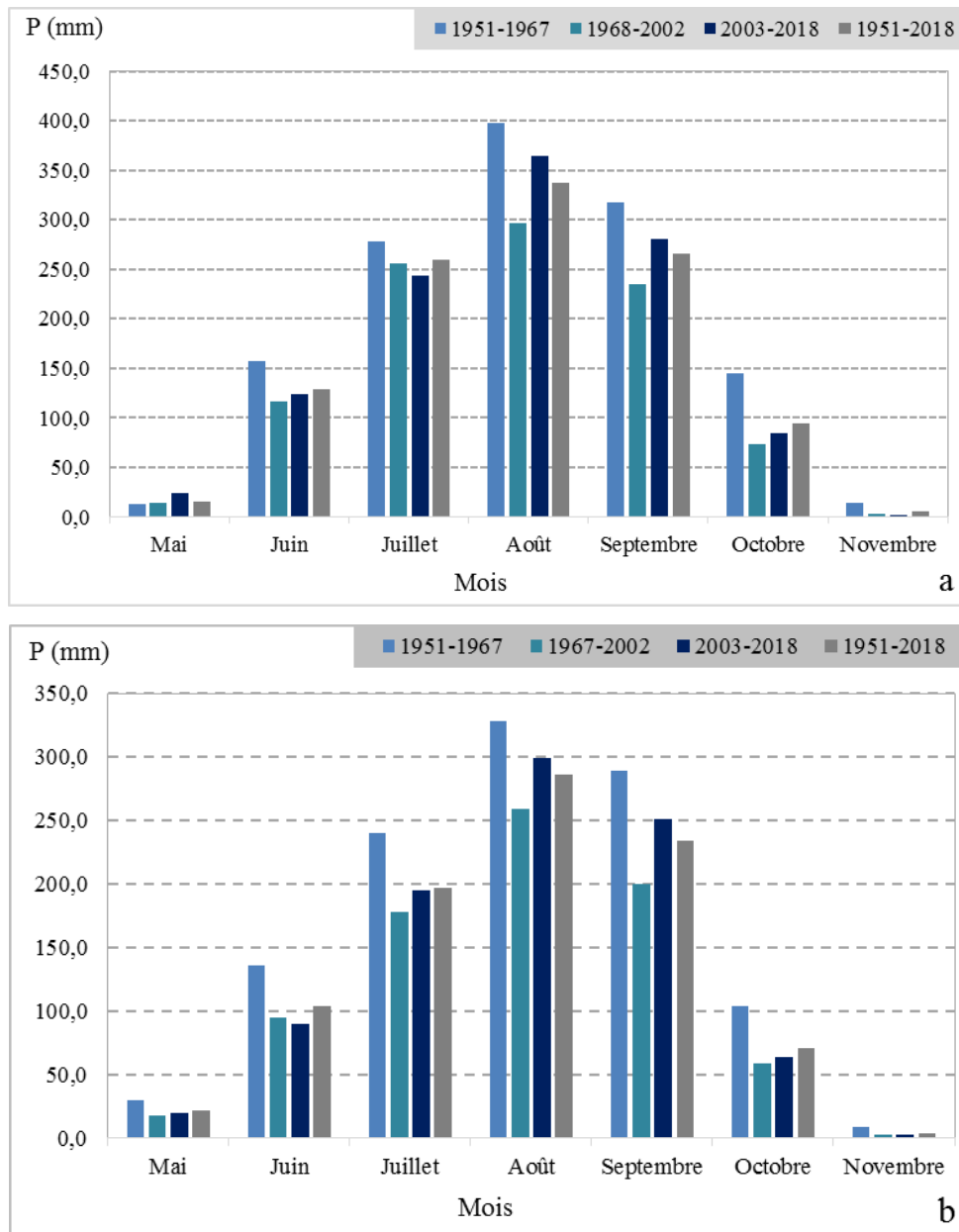


Figure 35: Évolution des précipitations moyennes mensuelles à Kolda (a) et à Vélingara durant les périodes 1951-1967, 1968-2002 et 2003-2018

L'analyse de l'évolution des précipitations révèle que la période 1951-1967 a enregistré globalement plus de pluies par mois que les périodes 1968-2002 et 2003-2018. Au mois de juin de la période 1968-2002 et 2003-2018, les mêmes quantités de pluies sont quasiment enregistrées à la station de Vélingara. Au mois de juillet, les précipitations ont été plus importantes durant la période sèche que durant la dernière période à la station de Kolda. Au mois d'août, septembre et octobre, la période 2003-2018 a enregistré plus de pluies que celle sèche au niveau des deux stations.

4.1.3. L'analyse de la variabilité interannuelle de la pluviométrie à l'aide de l'Indice Standardisé des Précipitations (ISP) entre 1951 et 2018

L'indice standardisé des précipitations est obtenu sur la base de l'écart entre la précipitation durant une année et la moyenne de la série, sur l'écart-type de la série, soit la formule :

$$ISP(a) = (P_a - P_m) / \sigma_P$$

Où ; P_a = pluviométrie de l'année (a) ;

P_m = pluviométrie annuelle moyenne sur la période de référence ;

σ_P = Écart-type de la pluviométrie sur la même période de référence

Selon l'OMM (2012), l'interprétation des valeurs de l'ISP se fait suivant sept caractéristiques (tabl. 24). Les valeurs positives indiquent les précipitations supérieures à la moyenne, et les valeurs négatives, celles inférieures.

Tableau 24: Caractéristiques de l'Indice Standardisé des Précipitations

| Valeurs | Caractéristiques |
|--------------|----------------------|
| 2,0 et plus | Extrêmement humide |
| 1,5 à 1,99 | Très humide |
| 1,0 à 1,49 | Modérément humide |
| -0,99 à 0,99 | Proche de la normale |
| -1,0 à -1,49 | Modérément sèche |
| -1,5 à -1,99 | Très sèche |
| -2 et moins | Extrêmement sec |

Analyse des ISP dans le domaine nord-soudanien de la Haute-Casamance

Les résultats de l'indice standardisé des précipitations indiquent globalement trois grandes périodes d'évolution de la pluviométrie. Il s'agit de la période 1951 à 1967 (considérée comme humide), la période 1968 à 2002 (considérée comme sèche), et la période 2003 à 2018 caractérisée par une fluctuation entre années humides et années sèches (fig. 36)

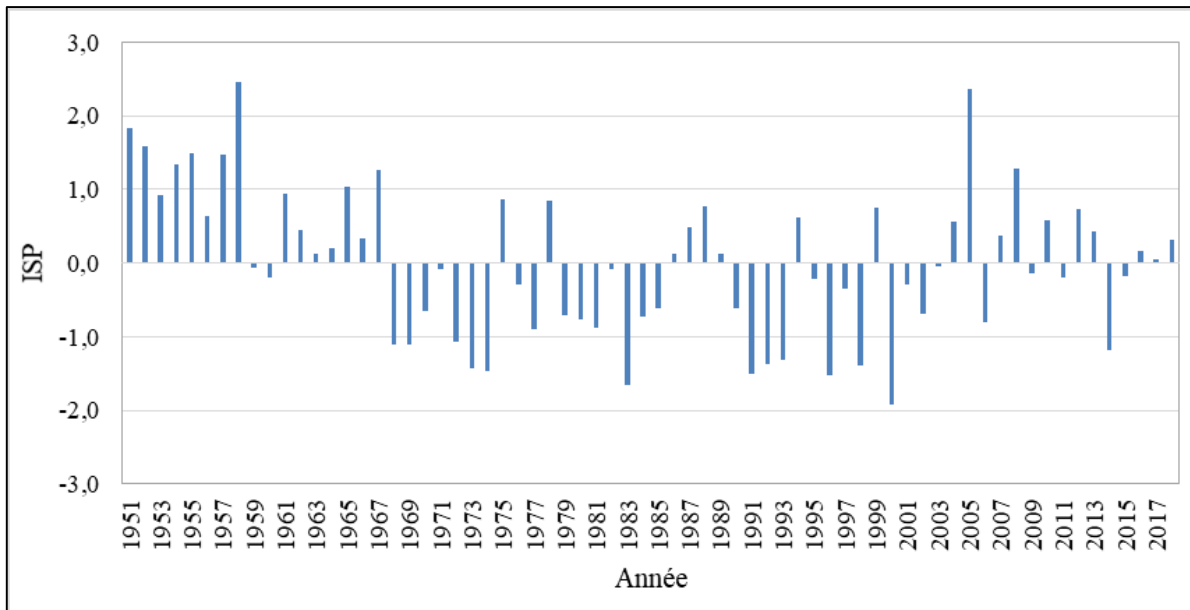


Figure 36: Évolution des indices standardisés des précipitations dans le domaine nord-soudanien de la Haute-Casamance (1951-2018)

Entre 1951 et 1967, les valeurs de l'ISP ont varié entre 2,5 en 1958 (année extrêmement humide) et -0,2 en 1960 (année proche de la normale). Durant cette période, seules deux années (1959 et 1960) ont enregistré une valeur négative. Mais, à partir de 1968 jusqu'en 2002, la pluviométrie a globalement diminué. Durant toute cette période, seules 8 années ont enregistré des précipitations légèrement supérieures à la moyenne de la période qui est de 786 mm. L'année la plus sèche est 2000 avec un indice de -1,9. Le retour à des conditions pluviométriques relativement bonnes a été noté à partir de 2003 avec des valeurs de 2,4 en 2005 (année extrêmement humide). Depuis cette date, 11 années ont enregistré des précipitations supérieures à la moyenne de la période qui est de 943 mm.

🚩 Analyse des ISP dans le domaine sud-soudanien de la Haute-Casamance

Dans ce domaine, trois grandes périodes sont également notées (fig. 37). Il s'agit de la période 1951 à 1967 (considérée comme humide), de la période 1968 à 2002 (considérée comme sèche) et la période 2003 à 2018 caractérisée par une alternance entre années humides et années sèches. Durant la période humide (1951 à 1967), les valeurs de l'ISP ont varié entre 0 en 1959 et 1960 (années proches de la normale) et 2,6 en 1958 (année extrêmement humide). Toutes les années ont enregistré une valeur positive. La moyenne pluviométrique est de 1220 mm.

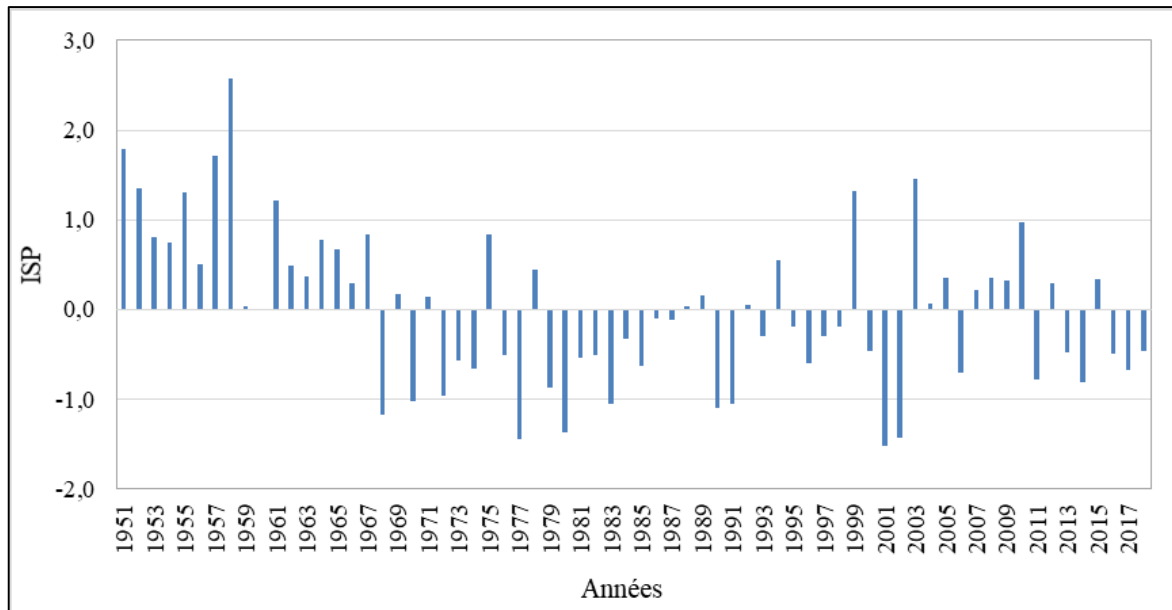


Figure 37: Évolution des indices standardisés des précipitations dans le domaine sud-soudanien de la Haute-Casamance (1951-2018)

Après cette période humide, il a été noté une longue période de 35 années globalement sèches. Durant cette période, neuf années ont enregistré un indice positif. Il s'agit de 1969, 1971, 1975, 1978, 1988, 1989, 1992, 1994, et 1999. L'année 1999 correspond à l'année la plus pluvieuse. Elle est modérément humide avec un indice de 1,3. L'année la plus sèche est 1977 avec un indice de -1,4. La moyenne pluviométrique est de 909 mm.

Depuis 2003, les indices changent de signe d'une année sur l'autre. Le maximum d'années successives de même signe n'atteint pas cinq ans. Il est de 4 années avec des indices positifs. Il va de 2007 à 2010. Durant cette période, 9 années sur 16 ont enregistré un indice positif. Les valeurs de l'ISP varient entre 1,5 en 2003 (année très humide) et -0,8 en 2011 et en 2014 (années proches de la normale). La moyenne pluviométrique de cette période est de 1012 mm.

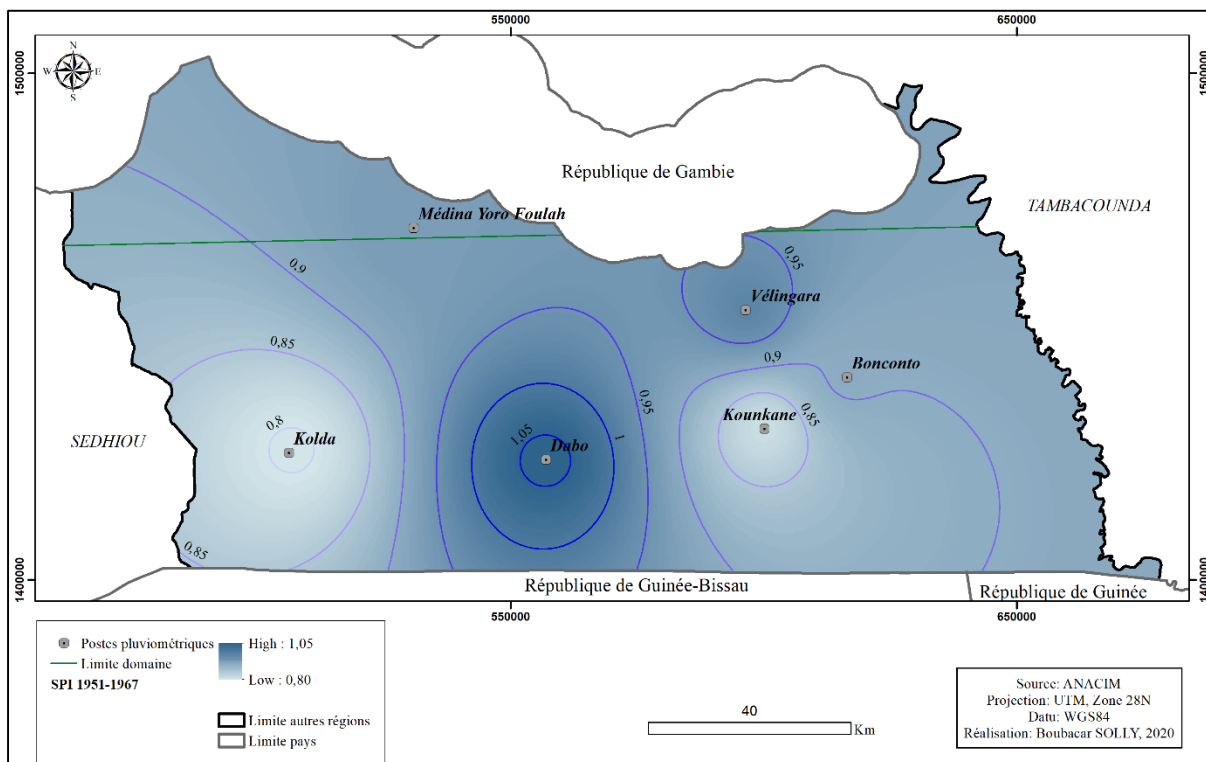
Spatialisation des ISP en zone nord-soudanienne et sud-soudanienne de la Haute-Casamance

La spatialisation de la situation de la période 1951-1967, réalisée à partir de la méthode d'interpolation par *Kriging* sur Arc GIS 10.5, indique que dans le domaine sud-soudanien, le Centre (la station de Dabo et environs) a été modérément humide, avec une valeur moyenne de 1 (carte 33). Il s'en suit la station de Vélingara et environs, proches de la normale, avec un indice de 0,9 et 0,95. La partie ouest de la région, Kolda et environs, ainsi que Kounkane et environs, ont été également proche de la normale, mais avec un indice de 0,8 à 0,85. Dans la

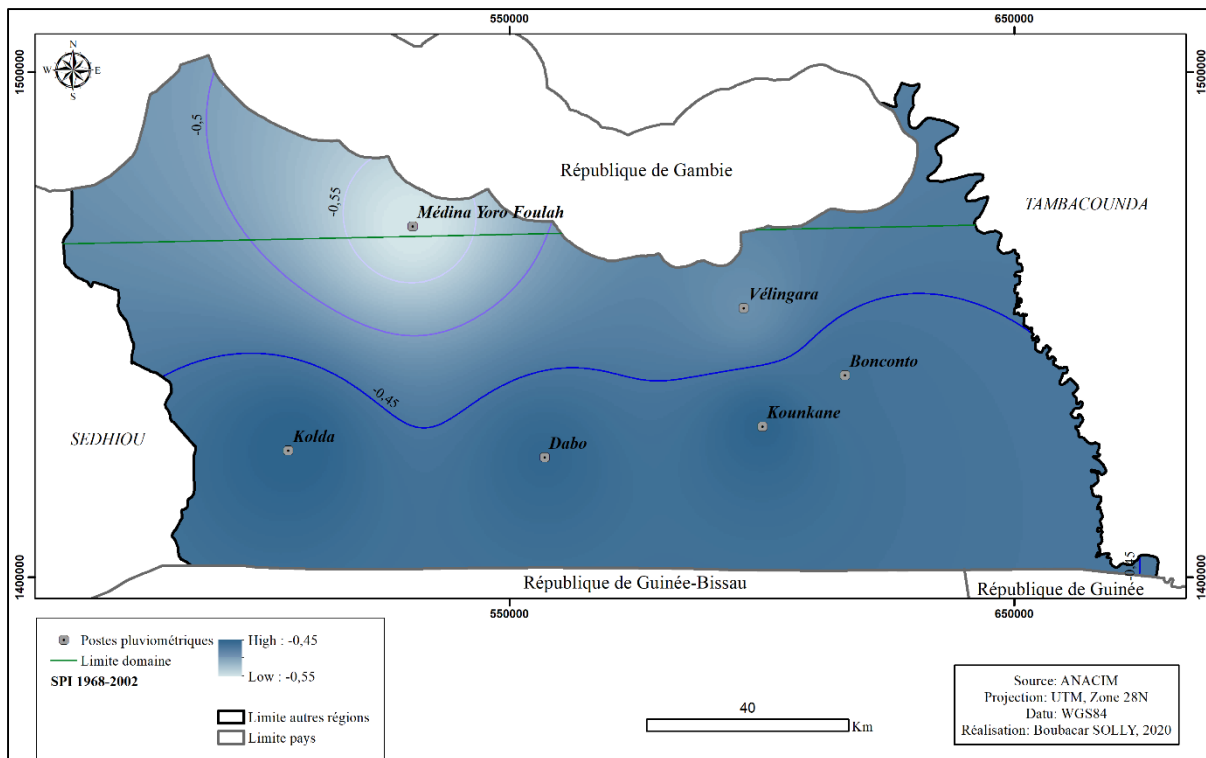
zone nord-soudanienne (Médina Yoro Foulah et environs), la valeur moyenne est de 0,9. C'est juste une petite portion qui couvre une valeur de 0,85.

Durant la période 1968-2002, l'ISP a été négatif, mais proche de la normale (carte 34). Toutefois, la zone nord-soudanienne a été plus sèche que la zone sud. La valeur moyenne de l'ISP y est de -0,5 et plus. Cette moyenne couvre également une bonne partie du domaine sud-soudanien. Mais, un peu plus au Sud, la valeur moyenne est de -0,4.

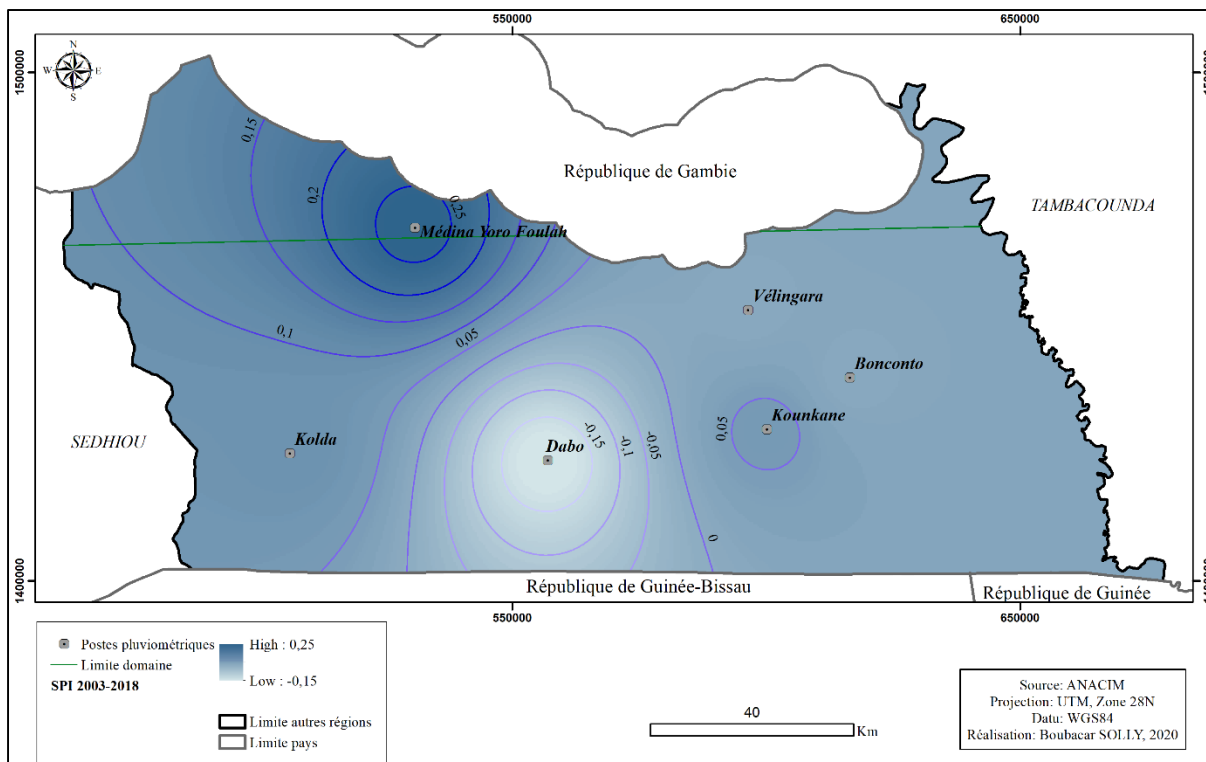
Durant la période 2003 à 2018, le domaine nord-soudanien et la partie ouest du domaine sud-soudanien ont été les plus humides. La valeur moyenne de l'indice standardisé des précipitations y est de 0,05 à 0,25 (carte 35). La partie Est, ainsi que l'environnement immédiat de la station de Kounkane ont été moins humides. La valeur de l'ISP y tourne entre 0 et +0,05. Par contre, le centre de la zone sud-soudanienne (Dabo et son environnement immédiat) a été sec. C'est le seul endroit d'ailleurs où les valeurs sont négatives allant de -0,05 à -0,15.



Carte 33: Spatialisation des Indices Standardisés des Précipitations entre 1951 et 1967



Carte 34: Spatialisation des Indices Standardisés des Précipitations entre 1968 et 2002



Carte 35: Spatialisation des Indices Standardisés des Précipitations entre 2003 et 2018

4.2. La variabilité moyenne mensuelle et moyenne annuelle des températures de 1987 à 2018

Selon Aubréville (1949), la connaissance des variations de la température, ses maxima et ses minima, a une grande importance du point de vue écologique. Giffard (1974) affirme que cette connaissance est aussi importante pour les forestiers, parce que les températures peuvent entraîner la mort des arbres au-delà d'un certain seuil minimal ou maximal. La limite inférieure est loin d'être atteinte en Afrique tropicale. Par contre, les maxima sont à redouter et, au Sénégal, dans le secteur continental, ils accusent fréquemment 46 °C sous abri, 55 °C au niveau du sol (Giffard, 1974). Pour étudier la variabilité moyenne mensuelle et moyenne annuelle des températures, nous avons utilisé les données de stations synoptique et climatique, respectivement de Kolda et de Vélingara sur la période 1987-2018. L'étude a été réalisée sur la base des Indices Standardisés des Températures (IST).

4.2.1. L'analyse de la variabilité moyenne mensuelle des températures de 1987 à 2018

Le calcul des indices standardisés des températures mensuelles indique une évolution annuelle bimodale (fig. 38) comme l'ont souligné Sané (2003) et Sagna (2005). Dans les deux stations, la température moyenne maximale principale se situe au mois de mai (autour de 32,5°C), et celle secondaire au mois d'octobre (autour de 28,9°C à Kolda et 28,1°C à Vélingara). La température moyenne minimale principale se situe au mois de janvier (autour de 24,8°C à Kolda et 25,5°C à Vélingara), et celle secondaire se manifeste au cœur de l'hivernage (mois d'août autour de 28,1°C à Kolda, et 27,1°C à Vélingara).

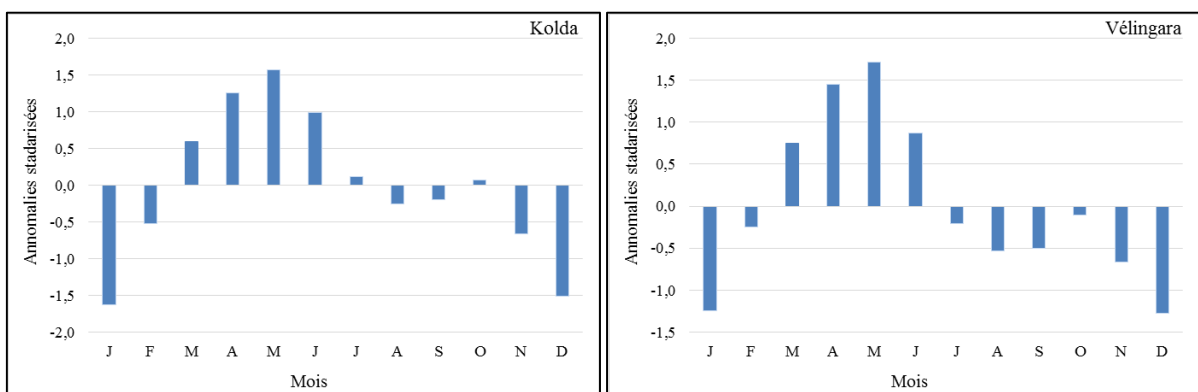


Figure 38: Évolution moyenne mensuelle des Indices Standardisés des Températures aux stations de Kolda et de Vélingara (1987-2018)

En plus de cette évolution, nous avons noté que les températures sont plus élevées à la station de Vélingara qu'à Kolda. De plus, les températures les plus élevées sont enregistrées durant la

saison sèche, et les plus faibles durant l'hivernage. C'est d'ailleurs durant cette période que l'activité photosynthétique des végétaux devient importante.

4.2.2. L'analyse de la variabilité annuelle des températures moyennes de 1987 à 2018 à la station de Kolda et Vélingara

L'analyse des indices standardisés des températures aux stations de Kolda et de Vélingara révèle une grande variabilité (fig. 39 et 40). A la station de Kolda, les indices ont été faibles de 1987 à 2000. Les valeurs tournaient entre -0,6 (soit une température moyenne de 28,4°C en 1990) et -1,9 (27,7°C en 1989). Durant cette période, seule l'année 1998 a enregistré une température supérieure à la moyenne (28,7°C) de la série étudiée. C'est durant la période 2001 à 2018 que les températures ont connu une augmentation, avec des valeurs extrêmement élevées de +2 (soit une température moyenne annuelle de 29,7°C en 2018, qui est l'année la plus chaude). Selon Traoré *et al.*, (2018), le fort réchauffement de ces dernières années est largement conditionné par l'augmentation de la température annuelle minimale.

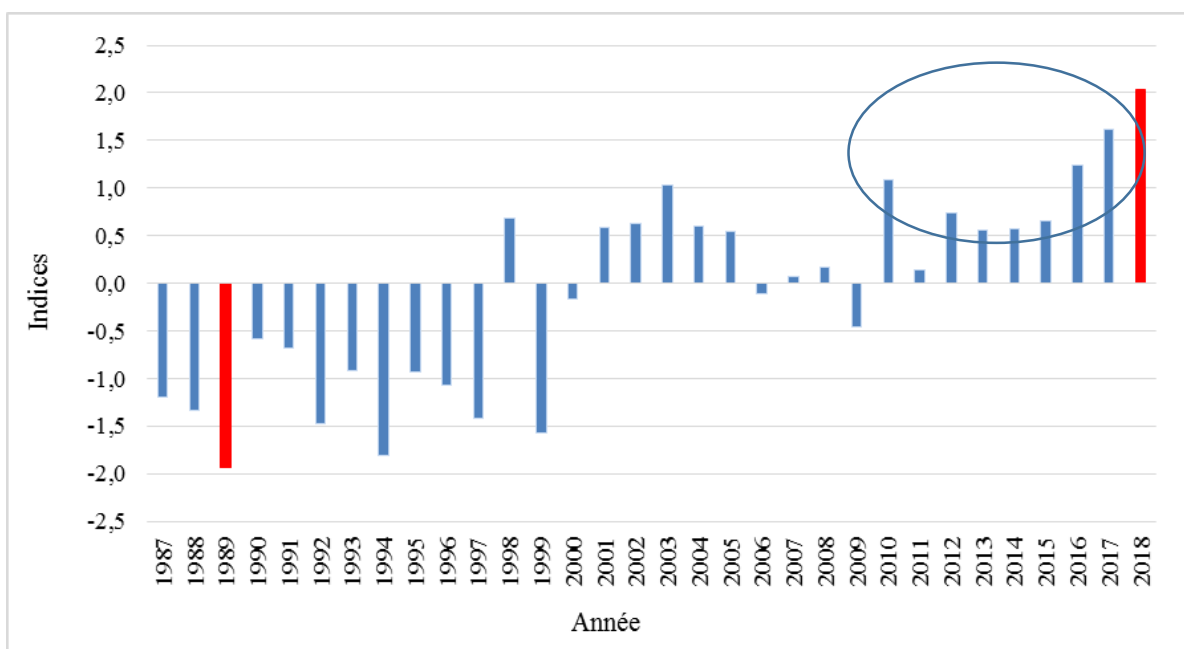


Figure 39: Évolution moyenne annuelle des indices standardisés des températures à la station de Kolda (1987-2018)

A la station de Vélingara, une autre situation est notée. En effet, les températures ont été globalement faibles entre 1987 et 2008. Durant cette longue période, seules cinq années ont enregistré des niveaux supérieurs à la moyenne qui est de 28,3°C. Il s'agit de 1990, 1993, 1996, 2001 et 2002. Mais, depuis 2009, les températures sont devenues très fortes. L'année 2010 a

enregistré la plus forte température avec un indice standardisé de +2 (extrêmement chaude), soit 29,5°C.

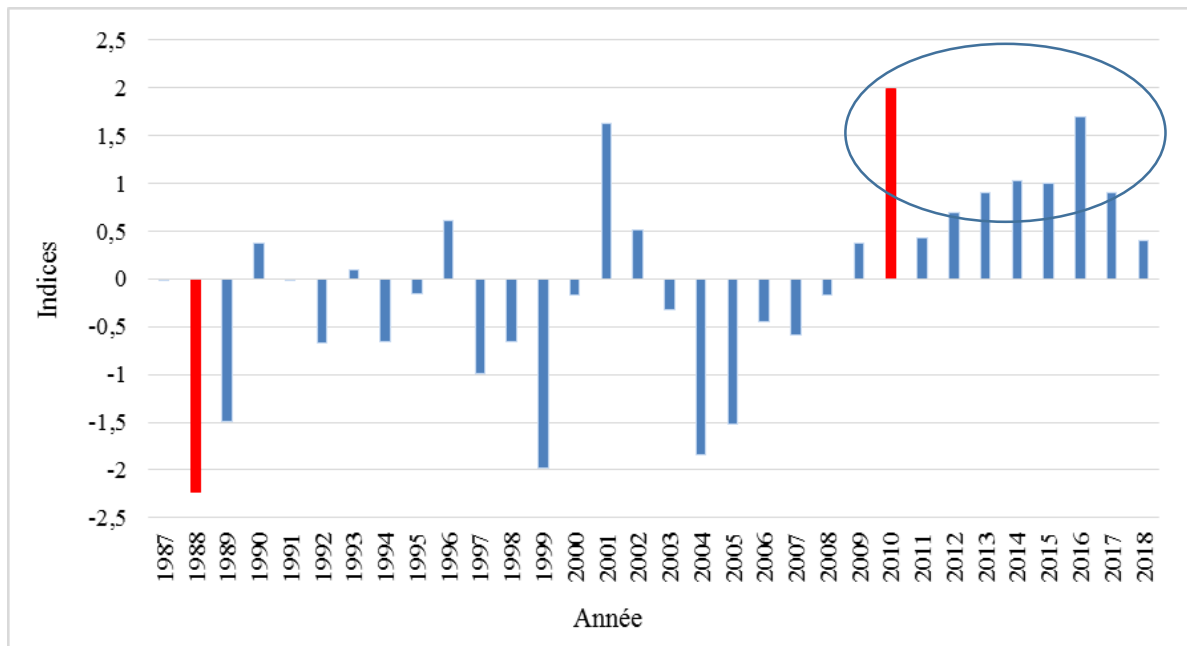


Figure 40: Évolution moyenne annuelle des indices standardisés des températures à la station de Vélingara (1987-2018)

4.3. La variabilité des ressources en eaux de surface et en eaux souterraines

Pour étudier la variabilité des ressources en eaux de surface, nous avons utilisé les données de débits écoulés des stations hydrométriques de Kolda et du fleuve Kayanga. En effet, deux des quatre grands bassins hydrologiques concernent la Haute-Casamance. Il s'agit du bassin versant de la Casamance en amont de Kolda et celui du fleuve Kayanga.

Le bassin versant de la Casamance en amont de Kolda a une surface de 3650 km² pour une altitude maximale de 80 m et une altitude minimale de 10 m. Il a une forme relativement allongée ($K_G : 2$) avec des pentes faibles ($I_g : 0,36$ m/km). Ce bassin comprend selon Brunet-Moret (1970) et Dacosta (1989), les sous-bassins de : Bantankountou ou Sare Keita sur le Dioulacoulon (200 km²), Fafacourou sur la Casamance (700 km²), Sare Koutayel (640 km²), Sare Sara (815 km²) sur le Tiangol Dianguina, Madina Omar (385 km²) sur la Khorine et Madina Abdoul (235 km²).

Le bassin de la Kayanga prend sa source en République de Guinée. Il couvre une superficie de 12 440 km². Le bassin versant est partagé par la Guinée (1,3 % de la superficie totale), le Sénégal (34,3 %) et la Guinée-Bissau (64,4 %) (Sambou *et al.*, 2018). Il coule vers le Nord-

Ouest pour entrer au Sénégal. La seule confluence notable de la Kayanga dans la région de Kolda est celle de l'Anambé, défluent-affluent, qui draine une cuvette très plate dont le fond à sol hydromorphe reste inondé pendant 3 ou 4 mois par an (Brunet-Moret, 1970). Cette dernière draine sur 1 100 km².

Les données collectées dans ces deux bassins s'étendent sur la période 1976-77 à 2007-08 pour Kolda, et de 1976-77 à 2004-05 pour la Kayanga, avec toutefois quelques années manquantes. Les données sont fournies par la Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau (DGPRE). Le calcul est basé sur l'Indice Standardisé des Débits (ISD) sur les échelles de 12 mois. Ces données permettent d'identifier et de caractériser la récurrence et la sévérité de la sécheresse en termes de période d'apparition, de déficit et d'intensité (Faye, 2019).

Pour étudier la variabilité des ressources en eaux souterraines, nous avons fait recours aux données du satellite GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment). Elles sont utilisées pour caractériser et surveiller les sécheresses en observant les modifications du stockage d'eau (Long *et al.*, 2014 ; Thomas *et al.*, 2017). Les données sont téléchargées sur le site <http://www.thegraceplotter.com> sous la forme d'indice. Elles sont exprimées en centimètres d'épaisseur d'eau équivalente. Les stations concernées sont celles de Kolda et de Vélingara. Elles sont traversées par les formations géologiques du Primaire et Précambrien supérieur, du Secondaire et du Tertiaire. Les données couvrent la période 2003 à 2015. Il s'agit des données mensuelles et annuelles. Les valeurs manquantes ont simplement été interpolées en faisant la moyenne des valeurs avant et après les données manquantes. Les valeurs positives signifient qu'il y avait plus d'eau que par le passé, tandis que des valeurs négatives signifient qu'il y avait moins d'eau que par le passé.

4.3.1. L'analyse de la variabilité des ressources en eau de surface entre 1987 et 2018

L'analyse des coefficients d'hydraulicité révèle une forte variabilité des débits écoulés dans les deux bassins (fig. 41). A la station hydrométrique de Kolda, le déficit va de la période 1977-78 à 1998-1999. Le coefficient d'hydraulicité durant cette période est inférieur à 1. La valeur la plus faible a été enregistrée durant l'année 1983-84 avec un coefficient de 0,15 et un débit de 0,24 m³/s. À partir de 1999-2000, l'on remarque de plus en plus une hausse des débits dans le bassin avec un coefficient d'hydraulicité supérieur à 1. L'année 2007-2008 correspond à l'année de l'hydraulicité la plus forte avec un coefficient de 5,09 et un débit de 7,84 m³/s.

A la station hydrométrique du Kayanga, la période 1976-77 à 1981-82 est marquée par des coefficients d'hydraulicité globalement supérieurs à 1. Seules les années 1977-78 et 1979-80 ont enregistré des valeurs faibles, inférieures à 1. Le déficit en eau va de la période 1982-83 à 2004-2005. Durant toute cette période, seule l'année 1999-2000 a enregistré un coefficient d'hydraulicité supérieur à 1. C'est d'ailleurs, l'année la plus humide sur toute la série étudiée, avec un coefficient de 2,83.

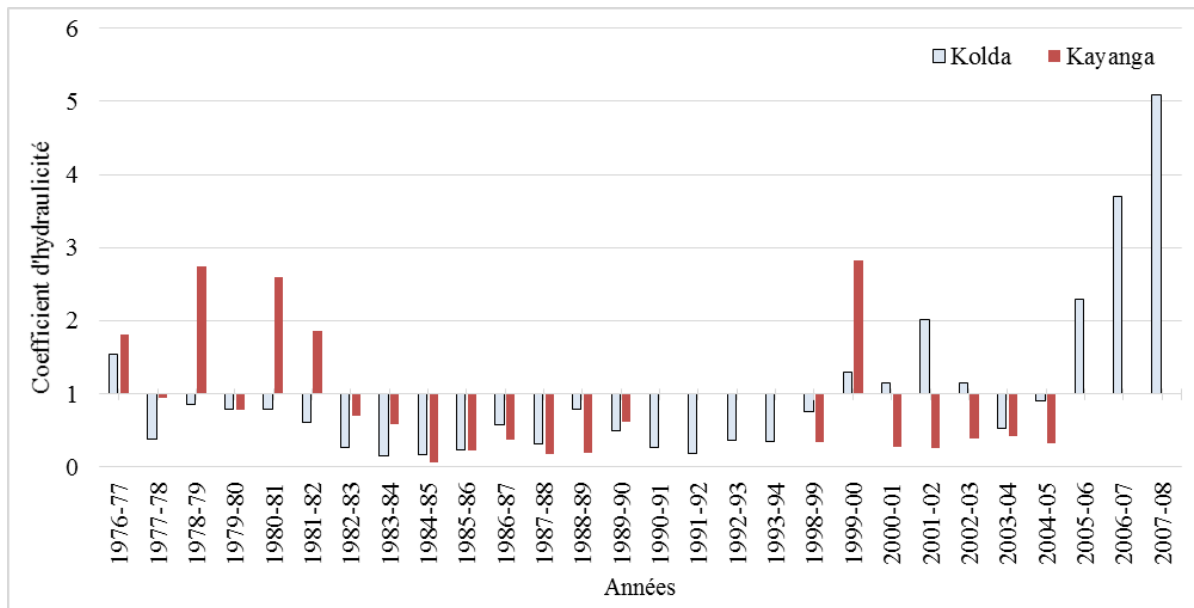


Figure 41: Évolution des coefficients d'hydraulicité dans le bassin de la Casamance en amont de Kolda et dans le bassin de la Kayanga de 1976-1977 à 2007-2008

4.3.2. L'analyse de la variabilité des ressources en eaux souterraines entre 2003 et 2015

L'analyse de la variabilité à l'échelle mensuelle des hauteurs d'eau (en cm) révèle que durant les mois de janvier à juillet, les quantités d'eau souterraines sont faibles avec -15,26 cm au mois de mars à Kolda, et -16,15 cm à Vélingara (fig. 42). Une partie de cette période correspond en réalité à la saison sèche, une autre au début de l'hivernage. Durant cette période, les arbres ne trouvent pas suffisamment d'eau souterraine pour leur croissance. Les quantités d'eaux souterraines deviennent importantes à partir du mois d'août, mois durant lequel tombe le maximum de pluies, avec plus de 350 mm à Kolda et 275 mm à Vélingara.

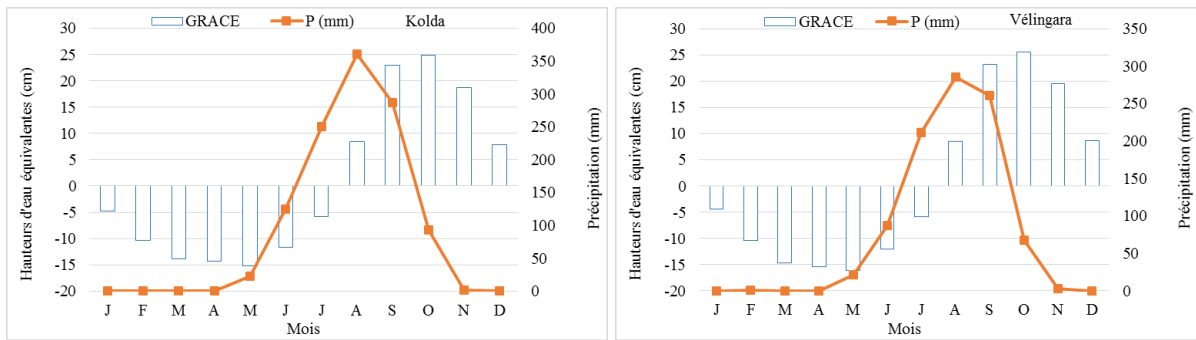


Figure 42: Variations mensuelles des hauteurs d'eau (en cm) estimées à partir des données GRACE et des précipitations de 2003 à 2015 à la station de Kolda et de Vélingara

Quant à la variabilité à l'échelle annuelle, elle révèle que les hauteurs d'eau souterraine sont globalement déficitaires entre 2003 et 2008, avec des valeurs pouvant atteindre -8,03 cm à Kolda et -6,81 cm à Vélingara (fig. 43).



Figure 43: Variations interannuelles des hauteurs d'eau (en cm) estimées à partir des données GRACE et des précipitations de 2003 à 2015 à la station de Kolda et de Vélingara

4.4. Le rôle de la grande sécheresse des années 1970 sur la savanisation entre 1965 et 1999

Les précipitations jouent un rôle important dans l'évolution du couvert végétal. Elles conditionnent la répartition des différentes formations forestières. L'impact du déficit pluviométrique, comme celui que nous avons noté entre 1968 et 2002, sur l'évolution des formations forestières a été évoqué dans plusieurs études. Selon Aubréville (1949), lorsque le sol ne renferme plus suffisamment d'eau pendant une période de sécheresse, les arbres accusent le déficit en perdant leurs feuilles. Ce déficit en eau entraîne une diminution de la floraison, de la fructification et de la production foliaire (Giffard, 1974 ; Poupon, 1979). Ajouté à la mauvaise distribution des pluies, le déficit pluviométrique entraîne un raccourcissement du cycle végétatif, une diminution de la taille des plantes et de la productivité totale (Courel, 1984). Il

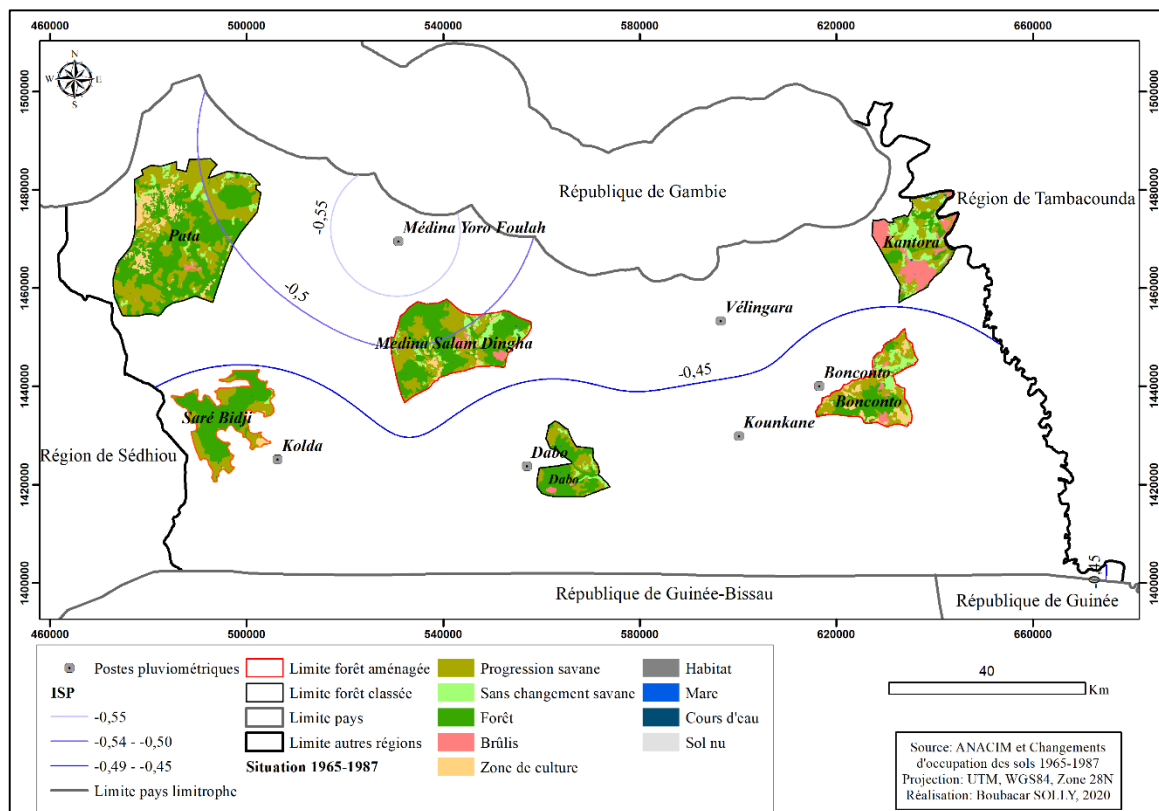
freine également la régénération naturelle des espèces (Le Houérou, 1992). À ce propos, Chave (2000) ajoute qu'une longue saison sèche peut conduire à la mort des grands arbres et que plusieurs mois de sécheresse peuvent conduire à une plus grande recrudescence des feux de forêt. Ces différentes situations ont été déjà notées dans la région de Tambacounda par Ndione (1998), et en Haute-Casamance par Sané (2003). En plus du déficit, les séquences sèches notées durant tous les mois de la saison pluvieuse entre 1968 et 1985 dans notre zone d'étude par Sané *et al.*, (2008) impactent sur le déroulement du cycle végétatif des plantes et le développement de la végétation, surtout quand la durée est supérieure à cinq jours (Djoufack-Manetsa, 2011).

Concernant les températures, Giffard (1974) affirme qu'elles constituent un facteur de différenciation écologique, car elle agit sur toutes les phases du développement des plantes. Sans chaleur, les échanges entre le sol et les végétaux sont impossibles, l'assimilation chlorophyllienne est annulée et la respiration demeure réduite.

Tout comme la baisse de la pluviométrie, celle des débits d'eau écoulés a des répercussions sur la végétation dans la mesure où les arbres puisent l'essentiel de l'eau dans les profondeurs du sol pour leur croissance surtout quand les eaux de surface ne sont plus assez suffisantes. D'ailleurs, plusieurs études ont montré les impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau au Sénégal d'une manière générale (Dione, 1996 ; Sow, 2007 ; Bodian, 2011 ; Faye, 2019) et en Haute-Casamance en particulier (Sané, 2003 ; Faye *et al.*, 2020). Ces études ont par ailleurs montré la forte relation qui existe entre la variation du climat et celle des ressources en eau ; les apports pluviométriques étant les principaux modes d'alimentation des cours d'eau en Casamance (Dacosta, 1989). Par ricochet, la variation des ressources en eau a un effet important sur l'évolution des formations forestières. Ainsi, Bent (2001), Gallart et Llorens (2003), ont démontré que les changements d'utilisation des terres entraînant une augmentation du couvert végétal provoquent généralement une diminution du ruissellement, et que l'élimination de la végétation a tendance à augmenter le débit des rivières dans les bassins. C'est ainsi que dans le bassin de Nakambe (au Burkina Faso), Mahé *et al.*, (2010) ont montré que malgré la baisse de la pluviométrie depuis 1970, les débits de pointe et les coefficients d'écoulement augmentent régulièrement. Et que, cette augmentation des écoulements est liée à la pression démographique et à la forte diminution des zones de végétation naturelle, remplacées par des cultures et des sols nus dont la capacité au ruissellement est supérieure. Dans le bassin de l'Anambé, affluent de la Kayanga, les effets cumulés de la sécheresse se sont fait sentir sur la disponibilité des réserves en eau des différents barrages qui n'arrivaient pas à se remplir (Dacosta *et al.*, 2002). Sambou *et al.*, (2018) de mentionner que même si l'amélioration récente des conditions

pluviométriques sur le bassin de la Kayanga est globalement manifeste, elle n'est pas évidente partout et reste de toute façon limitée en s'accompagnant d'une forte irrégularité interannuelle des pluies.

L'évolution spatio-temporelle des formations forestières a révélé une forte tendance à la progression des savanes. L'analyse qui en est suivie a révélé que l'action de l'homme n'explique pas à elle seule cette situation, surtout durant la période 1965-1999. Et que, la variabilité des conditions climatiques et hydrologiques y a joué certainement un rôle important. C'est ce que nous avons tenté de démontrer à travers la carte 36 où nous avons projeté à la fois les changements d'occupation des sols intervenus entre 1965 et 1987 dans les forêts classées et celles aménagées étudiées dans cette thèse, et l'indice standardisé des précipitations entre 1968 et 2002.

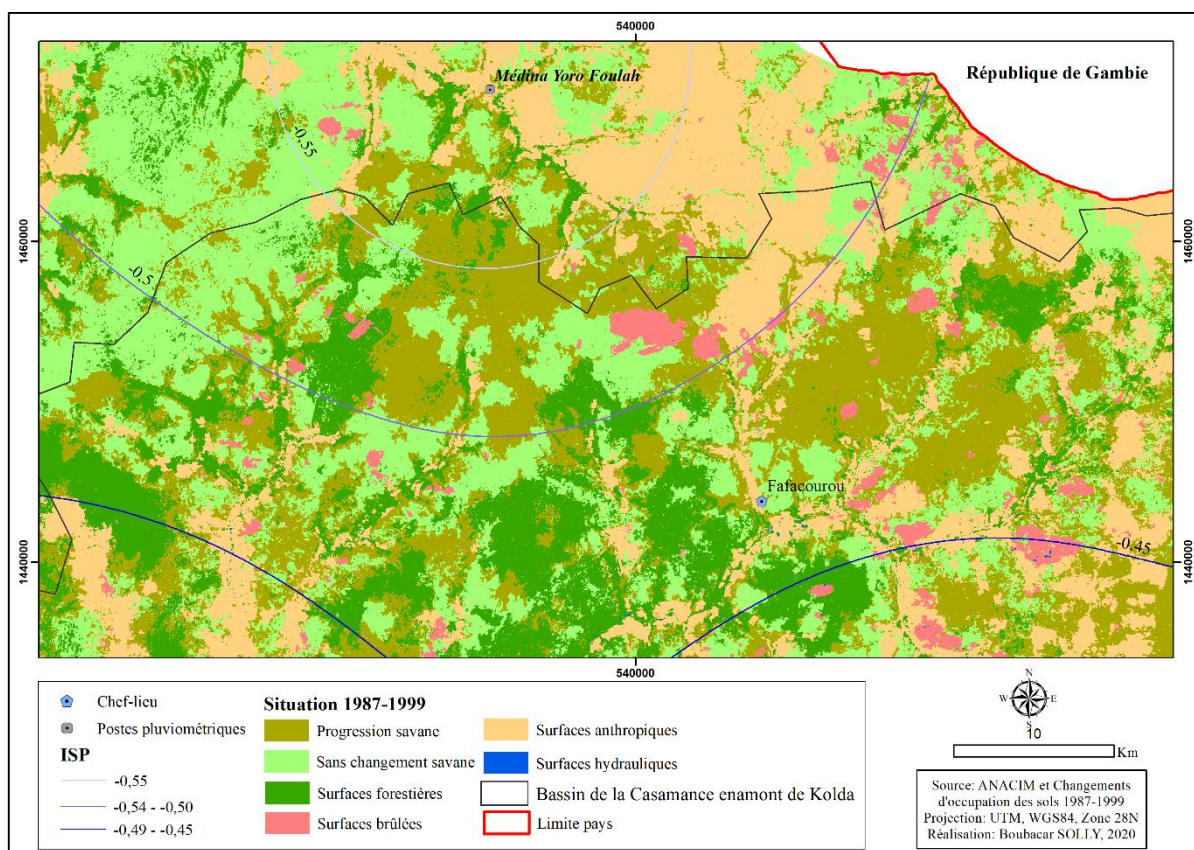


Carte 36: Influence de la sécheresse sur la savanisation selon le niveau de déficit entre 1965 et 1987

À la lecture de cette carte, nous remarquons que les périmètres forestiers classés et aménagés où le déficit est plus important sont ceux où les savanes ont le plus progressé. Il s'agit des forêts de Pata, Médina Salam Dingha et Kanta. De plus, à l'exception de la forêt de Pata, les zones de cultures, qui sont liées à l'action de l'homme à travers les défrichements, sont faibles dans

ces forêts durant cette période. Il en est de même du niveau d'anthropisation. En effet, le nombre total de localités est passé de 11 en 1965 à 41 en 1987 pour toutes ces forêts sus mentionnées. Ce qui veut dire que la variabilité des conditions climatiques et hydrologiques a été déterminante sur la régression des surfaces occupées par la forêt en faveur des savanes.

Cette situation a été également notée dans la partie nord-ouest de la région durant la période 1987 à 1999 (carte 37). En effet, les forts déficits pluviométriques enregistrés dans cette partie semblent avoir fortement participé à la progression de la savane. Il en est également de même du déficit en eau de surface (1977-78 à 1998-1999), dans la mesure où une bonne partie de cette zone correspond au bassin de la Casamance en amont de Kolda.



Carte 37: Influence de la sécheresse sur l'évolution des savanes au Nord-Ouest de la Haute-Casamance entre 1987 et 1999

En plus de cette corrélation spatiale du rôle de la variabilité pluviométrique et hydrologique sur la progression de la savane, les populations ont également souligné que le raccourcissement du cycle végétatif, la diminution de la productivité et la mortalité des grands arbres ont amplifié la savanisation, surtout dans cette partie de la région.

4.5. Le rôle du retour à des conditions climatiques et hydrologiques favorables à la régénération des formations forestières entre 1999 et 2018

Le retour à de meilleures conditions climatiques et hydrologiques noté durant ces deux dernières décennies (après la longue période sèche) a joué un rôle important dans la régénération. En effet, entre 2003 et 2018, la moyenne pluviométrique est de 943 mm dans la zone nord-soudanienne de la Haute-Casamance et 1012 mm dans la zone sud-soudanienne. Selon Fensholt (2004) et San Emeterio *et al.*, (2011), quand une zone enregistre des précipitations annuelles de plus de 800 mm, l'eau n'est plus un facteur limitant le développement du couvert végétal. Pour ce qui est des ressources en eau, l'analyse a montré une augmentation des débits depuis 2005 (avec un coefficient d'hydraulicité supérieur à 1) et des hauteurs d'eau (en cm) depuis 2010.

Ces conditions favorables au développement de la végétation expliquent elles aussi la progression de la forêt de 7,5% entre 1999-2010 et de 4,5% entre 2010-2018. De plus, l'analyse des tendances du NDVI entre 2000 et 2018 a montré plusieurs zones marquées par une augmentation significative de la productivité de la végétation au seuil de 10%. L'analyse croisée des tendances NDVI et des changements de la couverture végétale durant la même période a indiqué plusieurs zones de concordance d'une régénération significative. Elle concerne principalement l'extrémité nord-est de la zone de Sinthiang Koundara, au nord de Mampatim, au sud vers Bagadadji et Médina El Hadji, et entre Linkering et Paroumba.

Conclusion du chapitre 4

L'évolution spatio-temporelle des formations forestières dépend de plusieurs facteurs qui interagissent entre eux. Dans ce chapitre, nous avons tenté d'analyser le rôle de la variabilité des conditions climatiques et hydrologiques sur l'augmentation des savanes et la régénération.

L'analyse de ces paramètres a révélé que la Haute-Casamance est marquée par une variabilité saisonnière et interannuelle des précipitations et des ressources en eau. La longue période sèche des années 1970 à 1990 a joué un rôle déterminant dans la progression des formations forestières entre 1965 et 1999. Toutefois, le retour à des conditions hydro-climatiques relativement bonnes a joué un rôle sur la régénération notée par endroits entre 1999 et 2018.

Conclusion de la partie 2

L'objectif de cette partie a été d'analyser les principaux déterminants des dynamiques et des changements des formations forestières, après avoir quantifié, à partir de la cartographie, leur évolution dans le temps et dans l'espace.

Les résultats obtenus montrent que deux principaux facteurs expliquent les évolutions observées : les actions de l'homme et la variabilité des conditions climatiques et hydrologiques.

En effet, l'homme, à travers les défrichements, a contribué à la perte de 147 179 ha de la couverture végétale, transformée en zones de cultures entre 1987 et 2018. Aux défrichements s'ajoutent les feux de brousse, la coupe illicite du bois pour le commerce international et la production du charbon de bois, la pression démographique à travers les modes d'occupation et d'utilisation du sol et le pâturage extensif. Ces facteurs sont responsables, à des niveaux variables, de la déforestation par progression des surfaces de savanes et celles agricoles, et à la fragmentation des paysages. Par ailleurs, la mise en jachère des champs pendant plusieurs années et l'aménagement de certaines forêts a favorisé la régénération par endroits.

La variabilité des conditions climatiques et hydrologiques a joué un rôle déterminant dans la déforestation durant la longue période de sécheresse (1968-2002). Elle a entraîné directement ou indirectement le raccourcissement du cycle végétatif, la diminution de la productivité, et la mortalité des grands arbres. Par ailleurs, le retour à des conditions pluviométriques relativement bonnes depuis le début de la décennie 2000, a également joué un rôle dans la régénération. Il en est de même des conditions hydrologiques pour des formations zonales.

L'analyse du poids réel des différents facteurs confirme notre seconde hypothèse selon laquelle les changements observés sont expliqués en grande partie par les actions de l'homme que par la variabilité climatique et hydrologique.

L'évolution de l'occupation des sols et celle des facteurs externes auxquels elle est associée ont eu des impacts importants sur les activités agro-sylvo-pastorales et sur la diversité biologique. Dans la dernière partie de cette étude, nous tenterons de déterminer les incidences de la dynamique des formations forestières sur les activités agricoles, sylvicoles et pastorales, et sur la faune sauvage et la flore ligneuse.

TROISIÈME PARTIE : INCIDENCES DES DYNAMIQUES DES FORMATIONS FORESTIÈRES SUR LES ACTIVITES AGRO-SYLVO-PASTORALES ET SUR LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE EN HAUTE-CASAMANCE

En Haute-Casamance, l'occupation des sols a connu d'importants changements qui rendent de plus en plus vulnérables les activités agro-sylvo-pastorales et la biodiversité au point de modifier certaines pratiques des populations, et d'entraîner la baisse de la diversité biologique particulièrement de la flore ligneuse.

Dans cette partie, le premier chapitre est consacré à l'analyse des impacts de la dynamique des formations forestières sur les activités agricoles, sylvicoles et pastorales. Il s'agit également pour nous d'analyser, d'une part, les stratégies d'adaptation développées par les populations, sous l'encadrement des services techniques de l'État et des partenaires au développement pour faire face à l'érosion hydrique et l'ensablement des rizières, à la baisse de la fertilité des sols et celle des rendements. D'autre part, il s'agit d'analyser les stratégies développées par les populations pour faire face à la difficulté d'accès au bois de chauffe et de service dans certaines localités, à la réduction des zones de pâturages transformées de plus en plus en zone de cultures, à la diminution de l'herbe et des espèces les plus appréciées, et au tarissement précoces des mares.

Dans le second chapitre, l'analyse porte sur les menaces qui pèsent sur la diversité biologique, au travers d'une identification des espèces abondantes, celles rares, voire menacées de disparition, et celles qui ont complètement disparu ; la démarche se basant sur la perception des populations. Ce chapitre vient compléter aussi les données phytoécologiques et ethnobotaniques disponibles, et les informations sur la faune ; car, selon les agents du service forestier de la région, la faune n'a pas fait l'objet d'inventaire.

CHAPITRE 5 : DE LA VULNÉRABILITÉ DES ACTIVITÉS AGRO-SYLVO-PASTORALES A LA RÉSILIENCE DES POPULATIONS EN HAUTE-CASAMANCE

La cartographie de l'occupation des sols a révélé d'importants changements au sein des paysages de la Haute-Casamance qui rendent de plus en plus vulnérables les activités agro-sylvo-pastorales au point de modifier certaines pratiques des populations. Dès lors, quelles que soient les recherches et les réflexions menées pour appréhender la vulnérabilité des activités socio-économiques, l'objectif final demeure l'adaptation ou la résilience. Ainsi, ce présent chapitre est centré sur les incidences de la dynamique des formations forestières sur ces différentes activités et les formes de résilience développées par les populations. Auparavant, les activités socio-économiques menées dans la région ont été présentées.

5.1. Les activités socio-économiques des populations en Haute-Casamance

Les trois principales activités socio-économiques des populations en Haute-Casamance sont l'agriculture, l'élevage et la collecte du bois de chauffe et de service (ANSD, 2017). Plus de 90 % de la population s'active à la fois sur ces trois activités (fig. 44).

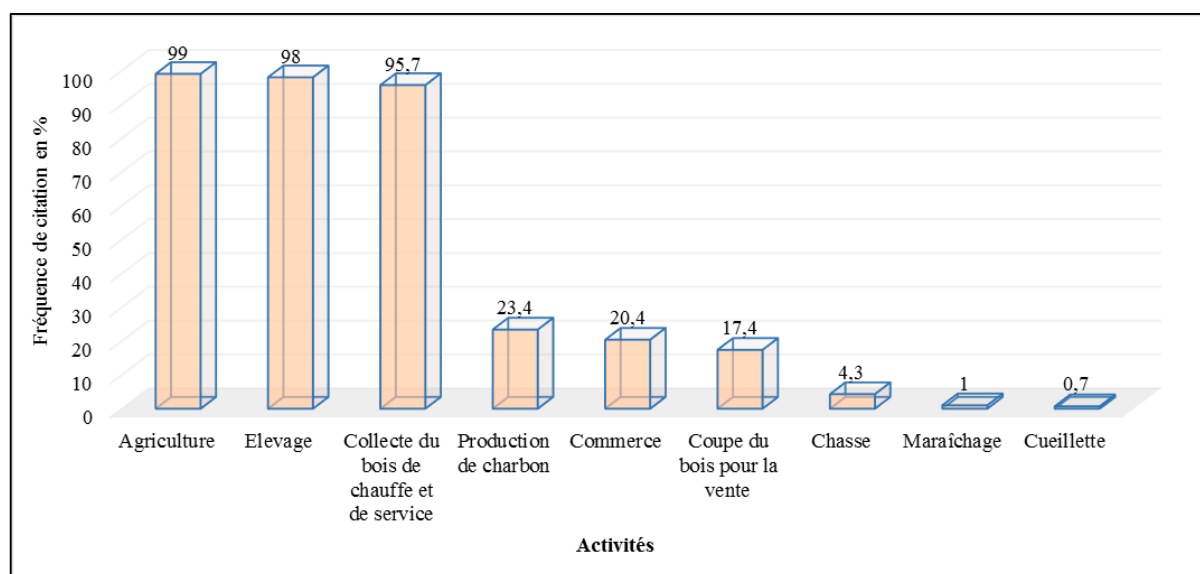


Figure 44: Principales activités socio-économiques des populations en Haute-Casamance

Cette situation s'explique principalement par le fait que 74,4 % de la population se trouvent en milieu rural, soit 492 818 personnes contre 169 637 (25,6 %) vivant en milieu urbain (ANSD, 2017). L'agriculture, principalement de type extensif, est la première activité pratiquée par les

ménages. Les principaux produits cultivés sont l’arachide, le maïs, le mil, le coton, le niébé, le sorgho et le riz. L’élevage est la seconde activité pratiquée avec 98 % des personnes enquêtées. Il s’agit de l’élevage de bovins, d’ovins, de caprins, d’équins, d’ânes et de volailles. Il s’en suit la collecte du bois de chauffe et de service. C’est une activité ancestrale en milieu rural. En effet, le bois est la principale ressource accessible dans ce milieu pour la cuisine, la construction, la clôture, l’ameublement, etc. La collecte du bois est pratiquée par 95,7 % des personnes enquêtées.

À ces activités s’ajoutent la production de charbon, le commerce, la coupe du bois pour la vente, la chasse, la cueillette et le maraîchage. La production de charbon a pris une autre ampleur à la suite de l’aménagement de certaines forêts pour la production du charbon de bois. Le commerce, avec une part très importante accordée à l’exploitation et à la vente des produits forestiers ligneux et non ligneux, occupe la cinquième position avec 20,4 % de la population active. La chasse (avec 4,3 % des actifs), le maraîchage (avec 1 % des actifs) et la cueillette (avec 0,7 % des actifs) sont aussi des activités supplémentaires réalisées dans la région.

L’importance de l’agriculture et de l’élevage s’explique principalement par le fait que la région a longtemps accueilli des migrants agropasteurs d’origines diverses, venus à la recherche de terres agricoles et de pâturage. L’histoire du peuplement en témoigne (Pélessier, 1966 ; N’Gaïde, 1998, 1997 ; Sidibé, 2005 ; Fanchette, 1999, 2011) de même que nos enquêtes de terrain (fig. 45).

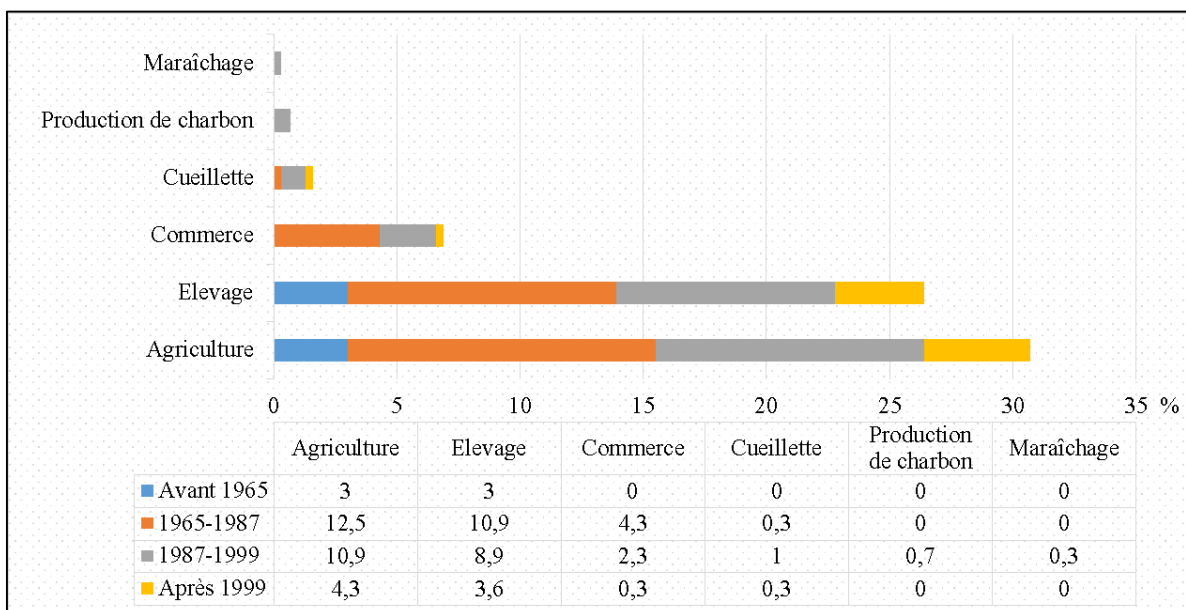


Figure 45: Principales activités des ménages selon la date d’installation

En effet, en dehors des personnes originaires de la région, plus de 40 % de ceux qui se sont installés durant les différentes périodes s'activent dans l'agriculture ou l'élevage surtout ceux qui se sont installés durant les périodes 1965-1987 et 1987-1999. Cette proportion est de 12,5 % pour l'agriculture entre 1965-1987 et 10,9 % entre 1987-1999. Pour l'élevage, elle est de 10,9 % entre 1965-1987 et 8,9 % entre 1987-1999.

5.2. Une agriculture rendue de plus en plus vulnérable par l'avancée de la déforestation

Les menaces qui pèsent sur les activités agricoles en Haute-Casamance en lien avec la dynamique des formations forestières sont : la diminution de la pluviométrie, l'érosion hydrique et l'ensablement des rizières, et la baisse de la fertilité des sols. La combinaison de tous ces facteurs entraîne ainsi la baisse de la production agricole dans la région.

5.2.1. Le rôle de la variabilité pluviométrique sur les cultures

Il est reconnu par les agriculteurs et dans le monde scientifique (Spracklen *et al.*, 2012 ; Wasseige *et al.*, 2014 ; Desclees *et al.*, 2014) que la forêt apporte la pluie par le processus d'évapotranspiration des arbres. Ainsi, autant la variabilité pluviométrique a des effets sur la dynamique du couvert végétal, autant la dynamique du couvert végétal a aussi un impact sur les apports d'eaux pluviométriques. En effet, ces deux éléments sont indispensables dans la mesure où, le système forestier réinjecte dans l'atmosphère l'équivalent de plus de 50 % des précipitations annuelles (Wasseige *et al.*, 2014). De plus, les forêts peuvent réduire le ruissellement de surface et améliorer l'infiltration et la fertilité du sol, ce qui conduit à un stockage accru de l'humidité du sol (Jose, 2009).

La figure 46, empruntée de Aragão, (2012), Spracklen *et al.*, (2012) in Boulogne (2016), explique nettement l'effet de l'absence des arbres ou encore de la déforestation sur les précipitations dans les tropiques. En effet, vu que la majorité des précipitations en forêt tropicale sont le fruit du processus de l'évapotranspiration (l'eau est absorbée dans le sol par les racines des arbres et est rejetée ensuite dans l'atmosphère), la déforestation diminue ce processus. Cette situation inhibe le recyclage de l'eau. Il s'en suit la diminution du transport de vapeur d'eau dans l'atmosphère ; qui à son tour diminue la quantité de précipitations et augmente l'infiltration et le débit des rivières.

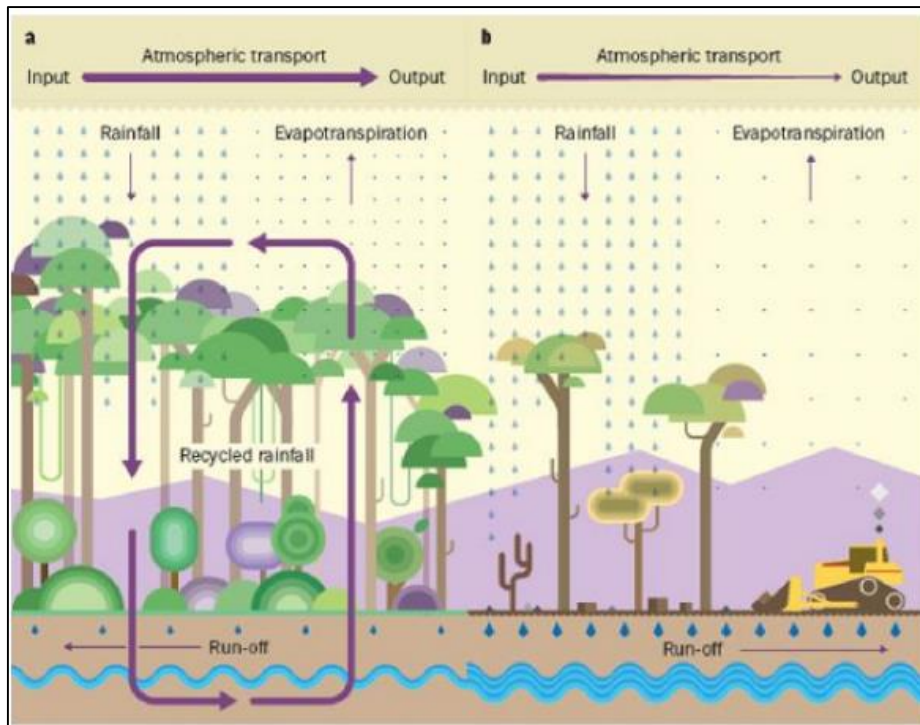


Figure 46: Effets de la déforestation sur les précipitations dans les tropiques (Source : Aragão, 2012 ; Spracklen et al., 2012 in Boulogne 2016)

En plus, des changements globaux du climat, la diminution du couvert végétal se conjugue avec la baisse de la pluviométrie en Haute-Casamance. L'analyse de l'indice standardisé des précipitations a montré que la partie nord de la région (située dans le domaine nord-soudanien) où la déforestation est plus marquée est moins arrosée que la partie sud qui dispose d'une plus grande couverture végétale.

Or, le système agricole de la région est fortement dépendant de la pluviométrie. Ainsi, à cause de la variabilité de la pluviométrie, l'arachide et le mil traditionnels arrivent rarement à maturité. Parce que, selon les agriculteurs interrogés, ces deux cultures ont besoin en moyenne de quatre mois de bonne pluviométrie ; alors qu'il arrive des arrêts brusques de la pluie au cœur de l'hivernage (mois d'août-septembre). Cette situation fait qu'ils enregistrent une diminution des rendements et parfois même des pertes. Cela se répercute par la suite sur leur revenu et dans la consommation domestique ; l'arachide étant principalement commercialisée pour couvrir leurs besoins. Les autres cultures telles que le mil, le maïs, le riz, le sorgho, le niébé et le fonio sont principalement vivrières. De plus, l'arachide, le mil et le maïs sont les cultures les plus pratiquées (fig. 47).

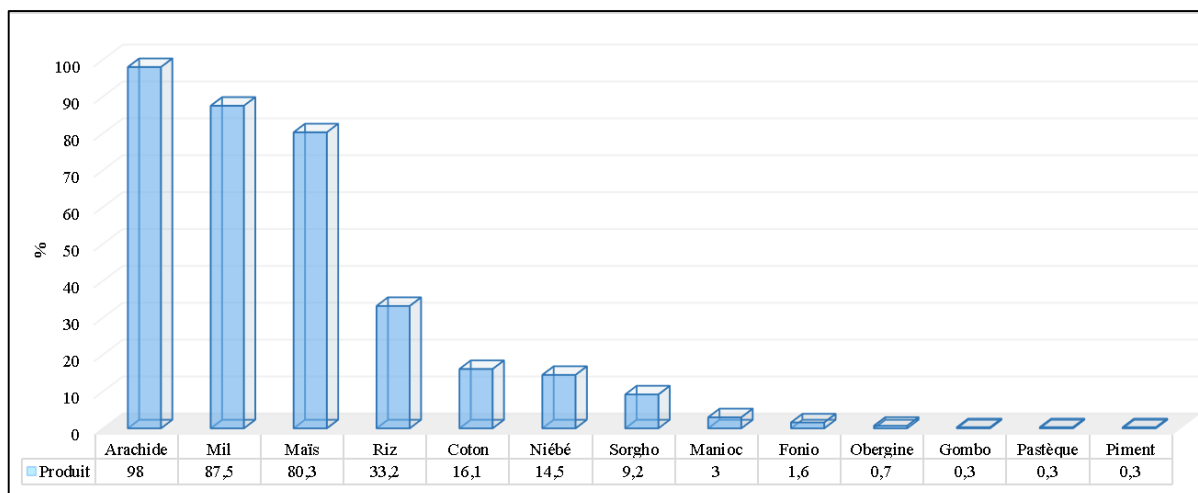


Figure 47: Types de cultures pratiqués seuls chaque année

Plus de 80 % des ménages s'activent à la fois dans la culture de ces trois spéculations. Seuls 33,2 % des ménages s'activent dans la production de riz. Après, vient la culture du coton, du niébé, du sorgho...

Le mil et le sorgho semblent également affectés par la variabilité pluviométrique si l'on se réfère à l'utilisation du mot « sorgho » extrait d'un entretien réalisé à Dialembéré (fig. 48). En effet, c'est au moment où ils fleurissent qu'il arrive un arrêt brusque des pluies. Face à cette situation, les paysans préfèrent cultiver l'arachide sur les terres à l'origine destinées à la culture du sorgho. Cela, afin de maximiser le rendement de l'arachide dans la mesure où c'est cette spéculation qui assure principalement leur survie à travers la commercialisation et la consommation domestique.

sorgho , mais y'aura toujours des champs non cultivés qui peuvent rester trois , quatre voire dix ans sans être cultivés . l'agriculture a vraiment baissé , parce qu'aujourd'hui pour aller dans la forêt et trouver du bois pour couper c'est un problème . si tu cultives aussi du **sorgho** , tu n'auras pas un rendement satisfaisant . il faut cultiver de l'arachide tôt , vendre tôt , et aller acheter de la nourriture pour la marmite . si tu veux adapter ta culture aux conditions des anciens , tu n'auras pas de **sorgho** . je ne comprends plus le **sorgho** , si c'est les semences qui ne sont plus bonnes ou bien . quand tu sèmes , ça pousse bien , mais au moment où il fleurit la pluie cesse . et quand cela t'arrive deux ans trois ans , quatre ans tu abandonnes et poursuis un autre domaine . quand tu investis tes moyens sans rendement , c'est décourageant . raison pour laquelle c'est devenu très rare de voir un champ de **sorgho** ou de mil .
§

Figure 48: Utilisation du mot « sorgho » extrait d'un entretien réalisé à Dialambéré

Concernant la production du riz, elle est principalement entravée par l'érosion hydrique et à l'ensablement des rizières.

5.2.2. L'érosion hydrique et l'ensablement des rizières

L'arbre joue un rôle important contre le ruissellement. Il fixe le sol et se présente comme une barrière. En l'absence d'arbres, les pluies entraînent des phénomènes de ruissellement et d'érosion hydrique. Cette dernière se traduit par le transport de sédiments de l'amont vers les bas-fonds avec comme conséquence l'ensablement des rizières et leur abandon (Photographie 18 et 19). Dans les bas-fonds, le déficit en eau aggrave la situation en empêchant le lessivage.



Photographie 18: Ensablement d'une rizière à Saré Woudou (décembre 2019)



Photographie 19: Rizière enherbée et abandonnée à Linkering (avril 2018)

C'est le cas dans les communes de Linkering, Bignarabé, Coumbacara, Dioulacolon, Kerewane, Kolda, Sinthiang Coundara, Pata et Fafacourou. Dans ces quatre dernières communes d'ailleurs, les populations n'ont pas manqué de l'évoquer lors de nos entretiens (fig. 49). En effet, le mot « rizières » n'est utilisé que pour évoquer leur ensablement ou leur abandon progressif.

Partie : fafacourou, Nombre de contextes : 2

qui se font dans les champs et dans les rizières . \$ dans le temps , la forêt était dense p . \$ dans la commune vous savez que les rizières ne sont pas si exploitées à fafacourou villa

Partie : kolda, Nombre de contextes : 6

l'érosion hydrique et l'ensablement des rizières , la création des ravins et tout ça , c'est ins a pour conséquence l'ensablement des rizières , parce que le sable qui est transporté fonds ce qui va créer un ensablement des rizières . des fois aussi ça a comme conséquence ça a comme conséquence l'abandon de ces rizières . la préférence au bois de vene est liée vent une rizière et l'ensablement de ces rizières va diminuer le potentiel au niveau de ces a diminuer le potentiel au niveau de ces rizières à travers les cultures . il y'a le projet

Partie : pata, Nombre de contextes : 2

\$ avec la dégradation de la forêt , nos rizières s'assèchent vite , tu sais une rizière il . \$ pour faire face à l'ensablement des rizières nous avons mis il y'avait une période des

Partie : sinthiang-coundara, Nombre de contextes : 1

plus par les menuisiers . il y'avait des rizières où il y'avait de l'eau mais qui ont tari

Figure 49: Concordance du mot « rizières » extrait des entretiens réalisés dans la région

Dans la commune de Dioulacolon, l'ensablement s'explique également par la topographie du terrain, la vulnérabilité des sols, les techniques de labour et la divagation du bétail (Baldé, 2016). C'est aussi le cas dans la commune de Coumbacara (Diamanka, 2018). Les conséquences qui en suivent sont l'appauvrissement des sols arables, l'assèchement précoce des vallées, l'abandon des parcelles rizicoles et la baisse de la production du riz.

5.2.3. La baisse de la fertilité des sols

La végétation est un fertilisant important. Quand les feuilles tombent, elles se transforment en litière. Cette litière se transforme à son tour en humus qui fertilise le sol. L'ombrage de l'arbre pendant la saison sèche et la litière azotée qu'il dépose juste avant l'hivernage se traduisent par une amélioration en profondeur de toutes les variables de la fertilité (Charreau et Nicou, 1970). Or, la déforestation prive le sol de son manteau protecteur. Cette situation favorise les vents qui transportent à leur tour la litière, l'humus et l'engrais, appauvrissant ainsi le sol. Le reste de l'humus est aussi décimé à la suite du passage des feux ; ce qui appauvrit davantage le sol. Toutes ces situations ont fait que 96,9 % des chefs de ménages interrogés affirment avoir noté une baisse de la fertilité de leurs terres de cultures.

En plus, nous avons constaté que la plupart des terres qui se trouvent le long de la frontière avec la Gambie sont dépourvues de pied d'arbre. Alors que, selon la loi d'orientation agro-sylvo-pastorale (loi N° 2004-16 du 25 mai 2004), lorsque les défrichements sont régulièrement autorisés, ils doivent maintenir en place un minimum de vingt (20) pieds d'arbres à l'hectare.

Dans le département de Médina Yoro Foulah, cette situation peut s'expliquer par le fait que les populations n'apprécient pas les espèces à feuilles larges dont l'ombrage épais ne laisse passer que peu de lumière pour les cultures (Diédhiou, 2000). C'est le cas de *Terminalia macroptera*, *Lannea acida*, *Acacia macrostachya*, *Sterculia setigera* et *Erythrophleum africanum*. Selon eux, la présence de ces espèces dans les champs diminue les rendements agricoles. Dans le sud de la région, précisément dans le terroir de Sare Yorobana, Faye *et al.*, (2003) ont noté une disparition importante des arbres dans le système de culture permanente et leur faible présence dans les jachères, avec une densité inférieure à 20 individus par hectare.

Ainsi, à cause de la baisse de la fertilité des sols, 42 % des cultivateurs ont diminué leurs surfaces agricoles (fig. 50). Parce qu'ils affirment cultiver beaucoup sans rendement. Et que face à cette situation, ils préfèrent cultiver peu d'hectares.

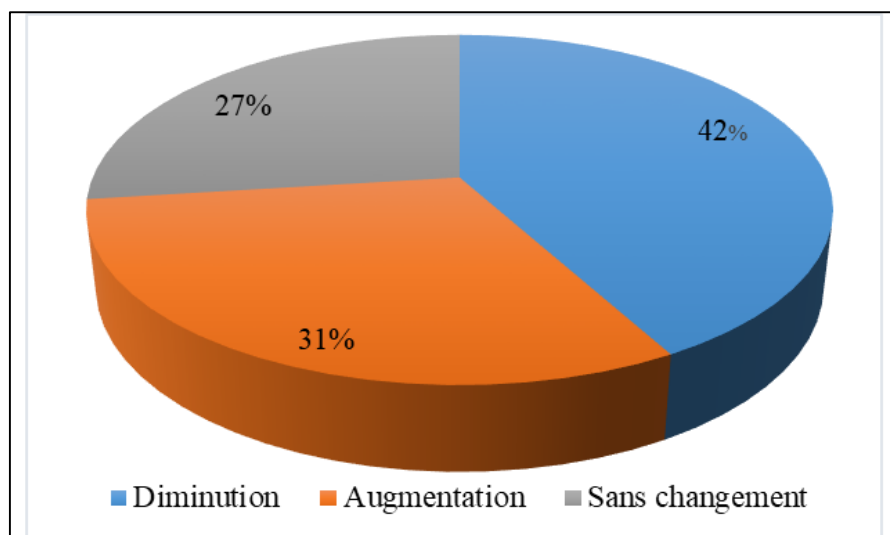


Figure 50: Évolution des zones de cultures selon les producteurs

Par contre, 31 % des cultivateurs ont augmenté leurs surfaces cultivables. Ce pourcentage est composé par ceux-là qui effectuent des défrichements en cachette afin d'augmenter leurs rendements et ceux qui ont bénéficié d'une autorisation de défrichement.

5.2.4. La baisse de la production et des rendements

Avec la variabilité pluviométrique, l'érosion hydrique, l'ensablement des rizières et la baisse de la fertilité des sols, les populations notent de plus en plus une fluctuation des rendements et de la production avec une tendance à la baisse. Les données de la Direction Régionale du Développement Rural (DRDR) de Kolda sur l'évolution de la production en témoignent. En effet, entre 1985 et 2014, seule la période 2000-2009 a enregistré une augmentation de la

production pour toutes les spéculations (fig. 51). Toutes les autres périodes ont quasiment connu que des baisses.

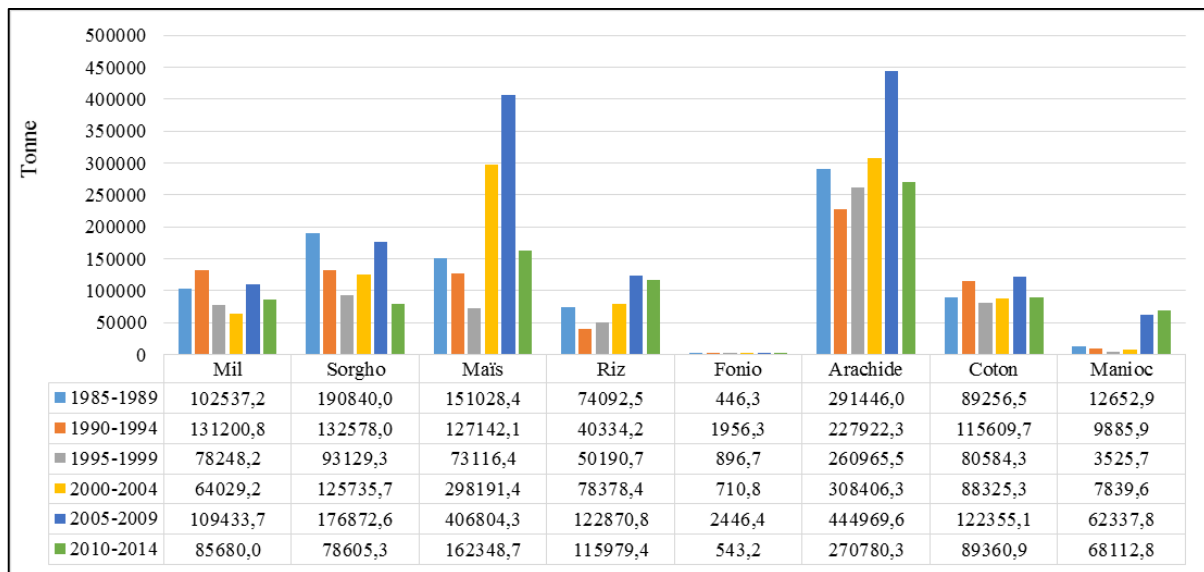


Figure 51: Évolution de la production céréalière et industrielle en tonne de la région de Kolda entre 1985 et 2014 [Source : DRDR Kolda]

De plus, à l'exception du riz (dont l'essentiel de la production provient du bassin hydroagricole de l'Anambé) et du manioc, tous les autres produits ont connu quasiment une baisse. Cette situation a fait que sur un total de 278 réponses à la question sur la couverture des besoins alimentaires par la production agricole, seulement 35,2 % des personnes interrogées affirment être satisfait de la production. Par contre, 64,8 % affirment que la production ne leur permet pas de subvenir au besoin de leur ménage malgré les efforts de diversification (en moyenne trois à quatre spéculations par année sur plus de 3 ha en moyenne).

Selon Jarju et Solly (2020), il existe en effet une relation linéaire positive entre la pluviométrie et la production du riz, du maïs, de l'arachide et du manioc entre 1987 et 2018. Autrement dit, ces quatre spéculations dépendent de manière significative ($p < 0,05$) à la période de pluie annuelle ; ce qui n'est pas le cas du mil, du sorgho, du fonio et du coton.

Les ménages dont la production permet de couvrir les besoins sont ceux qui ont une main-d'œuvre disponible avec plus de 10 membres (fig. 52) et qui disposent également de plus de 10 ha de terres.

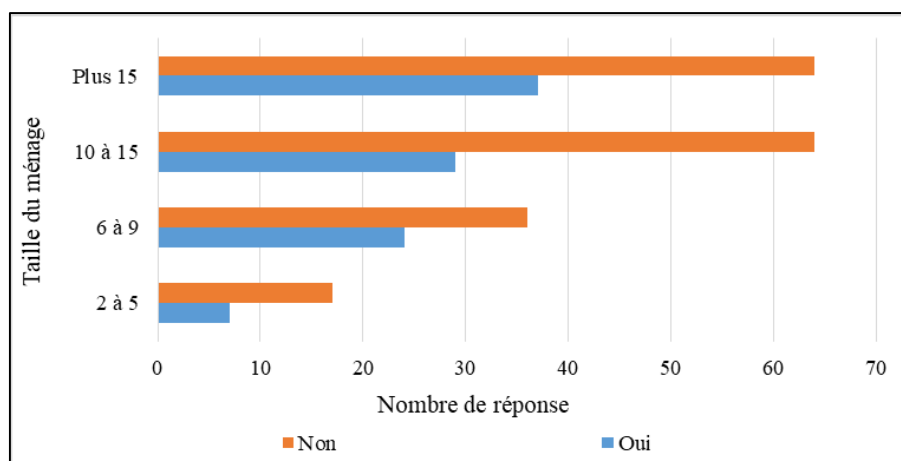


Figure 52: Perception sur la satisfaction de la production agricole en fonction de la taille des ménages

À l’instar de ce qui se passe en Basse-Casamance (Sané, 2017), les exploitations agricoles familiales de la région font presque exclusivement appel au travail humain. C’est ce qui fait que la dépendance des capacités de production par rapport à la main-d’œuvre révèle une instabilité temporelle au sein des exploitations familiales à cause des mouvements migratoires qui ont pour nom exode rural et émigration. De plus, les populations affirment qu’auparavant, le rendement de maïs pouvait atteindre 2,5 à 5 tonnes par hectare. Pour le mil par exemple, sur 4 ha de culture, la production n’excède pas aujourd’hui 2 tonnes. Alors qu’en moyenne, lorsque les conditions pluviométriques et pédologiques étaient réunies, le rendement de mil était d’environ 2 tonnes par hectare.

Face à ces situations de baisse constante des rendements agricoles, les populations développent des stratégies d’adaptations avec l’appui de partenaires.

Ces stratégies tournent autour de :

1. l’utilisation de la fumure organique, de la bouse de vaches (Photographie 20a) en particulier, de l’engrais chimique ou du compost pour faire face à la baisse de la fertilité des sols et des rendements ;
2. la pratique de la jachère en laissant certaines terres au repos pendant quelques années (Photographie 20b), la rotation culturale et l’association de cultures. La rotation est d’ailleurs la pratique culturale la plus utilisée par les producteurs pour améliorer les rendements agricoles des terres ;
3. l’utilisation des variétés de semence à cycle végétatif court à la place de celles à cycle végétatif long pour s’adapter aux changements ;

4. l'utilisation de la méthode de repiquage pour le riz face au retard des pluies et à l'ensablement ;
5. l'accentuation des cultures dites sèches telles que l'arachide et le mil particulièrement « *souna* » à la place des autres cultures ; étant donné que c'est les deux principaux types de culture qui assurent la consommation des ménages en milieu rural ;
6. la création de digues pour lutter contre l'ensablement des rizières avec l'appui du Programme d'Appui au Développement Agricole et à l'Entrepreneuriat Rural (PADAER) et du Programme Alimentaire Mondial (PAM) ;
7. la réalisation de cordons pierreux avec l'appui du Service des Eaux et Forêts et du Programme Multinational de Renforcement de la Résilience à l'Insécurité Alimentaire et Nutritionnelle au Sahel (P2RS) ; et
8. la plantation de végétifs à travers l'appui du Service des Eaux et Forêts pour lutter contre l'érosion.



Photographie 20: Principales stratégies développées par les populations : Utilisation de la bouse de vache pour la fertilisation des terres (a), Pratique de la jachère pour la réhabilitation des terres (b) (mars 2018)

5.3. Les contraintes de l'exploitation des produits forestiers et stratégies d'adaptation développées

L'exploitation des produits forestiers comporte plusieurs composantes. Il s'agit entre autres de la production de charbon de bois, la cueillette des fruits sauvages et la collecte du bois de chauffe et de service. Ce sont des activités qui occupent une place importante dans le vécu socio-économique des populations. Cependant, ces dernières restent affectées par les changements notés dans l'évolution de l'occupation des sols.

Concernant la production de charbon de bois réalisée surtout de manière clandestine, les charbonniers affirment qu'à cause de l'avancée de la déforestation, la surveillance de la part du service des agents forestiers est permanente. Du coup, ils s'adonnent de moins en moins à l'activité pour ne pas se faire attraper ; ce qui reste toujours à vérifier dans les études futures.

Concernant la cueillette des fruits sauvages, elle est peu pratiquée dans la région. Cette situation est liée à la rareté de certains arbres fruitiers sauvages. Parmi les espèces fruitières rares, les plus cités par les populations sont *Saba senegalensis* (dit « Lammude » en langue locale peule), *Parkia biglobosa* (Neti), *Cordyla pinnata* (Duude), *Detarium microcarpum* (Dohle), *Vitex madiensis* (Bumi), *Detarium senegalense* (Talee), *Landolphia heudelotii* (Poléje), *Zizyphus mauritiana* (Jaabe) et *Elaeis guineensis* (Teenje). Selon les populations, les facteurs déterminant de la rareté de *Saba senegalensis* et *Parkia biglobosa* sont les feux de brousse. Ils sont également à l'origine de la rareté de *Cordyla pinnata* et *Vitex madiensis*.

Dans les communes frontalières avec la Gambie, le principal facteur de la diminution de *Cordyla pinnata* est le trafic international de bois. Pourtant, ajoutées à *Parkia biglobosa*, ces deux espèces soulagent à elles seules beaucoup de chefs de ménages en assurant l'alimentation domestique.

C'est le cas dans les localités de Médina Mandakh et Touba Mboyene, où les feuilles de *Cordyla pinnata* étaient très utilisées jusqu'en 2010 pour la sauce de couscous par ces populations originaires du Saloum. C'est également le cas chez les populations riveraines de la forêt classée de Patako (région de Fatick) qui ont montré leur grande préférence à *Cordyla pinnata* et *Parkia biglobosa* pour la consommation domestique (Diop, 2011).

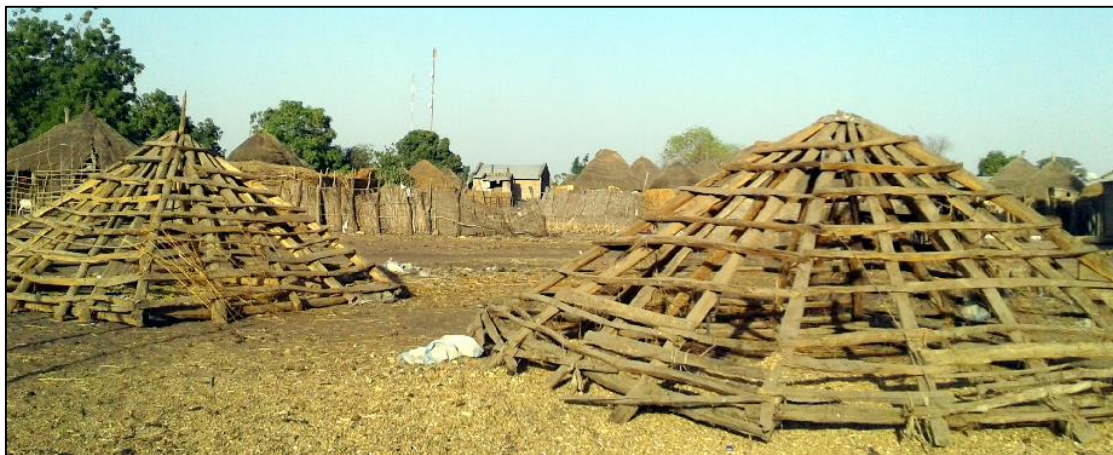
Pour ce qui est de la collecte du bois de chauffe, il a été noté une difficulté d'accessibilité dans certaines localités situées à la frontière avec la Gambie. Selon les populations, elles parcourent en moyenne 2 à 5 km pour avoir le bois de chauffe. Cette situation est liée à la progression des

surfaces agricoles ; entraînant ainsi l'éloignement de la forêt aux villages. Face à cela, la stratégie adoptée est de stocker le maximum de bois mort possible afin d'assurer la cuisine pendant une bonne partie de l'année (Photographie 21).



Photographie 21: Stockage du bois de chauffe comme stratégie d'adaptation par rapport à la distance de collecte (mars 2018)

Pour les besoins en bois de service, *Cordyla pinnata* est également l'espèce la plus utilisée dans la région pour la charpente des cases (Photographie 22). Cependant, à cause de sa coupe abusive et illicite dont elle fait l'objet pour la vente, elle est de moins en moins accessible.



Photographie 22: Utilisation du bois de *Cordyla pinnata* pour la construction des cases (mars 2018)

À elle s'ajoute *Oxytenanthera abyssinica*. Cette espèce est utilisée principalement pour la fabrication de clés de bambou. Ces derniers servent pour la clôture des maisons, des champs et la construction des cases. En Haute-Casamance, ils sont utilisés presque dans toutes les maisons

en milieu rural. Pour les besoins de leur fabrication, plusieurs hameaux du même genre que celle de la photographie 23 ont été créés en pleine forêt. Mais aujourd’hui, à cause des feux de brousse et de la coupe de l’espèce, elle est de plus en plus rare.



Photographie 23: Hameau créé pour la fabrication de clé de bambou dans la forêt aménagée de Kandiator (février 2018)

Face à ces différentes situations, des actions de préservation de la forêt sont réalisées par les populations avec l’appui des municipalités, des services techniques de l’État et des partenaires au développement (PROGEDE, FODEE, PADEC, USAID WULA NAFFA, 2 L FELLO, 7 A, Word Vision, ENDA, PROGEBE, AVCF, ENDA Lait Energy et PADAER). Ces actions tournent autour de la sensibilisation, du reboisement, de la mise en aménagement forestier, de la plantation de vergers d’anacardes, et de la réalisation des feux précoces et des pare-feu (fig. 53). Parmi ces actions, la sensibilisation est la plus pratiquée, avec une implication de près de 60 % de la population.

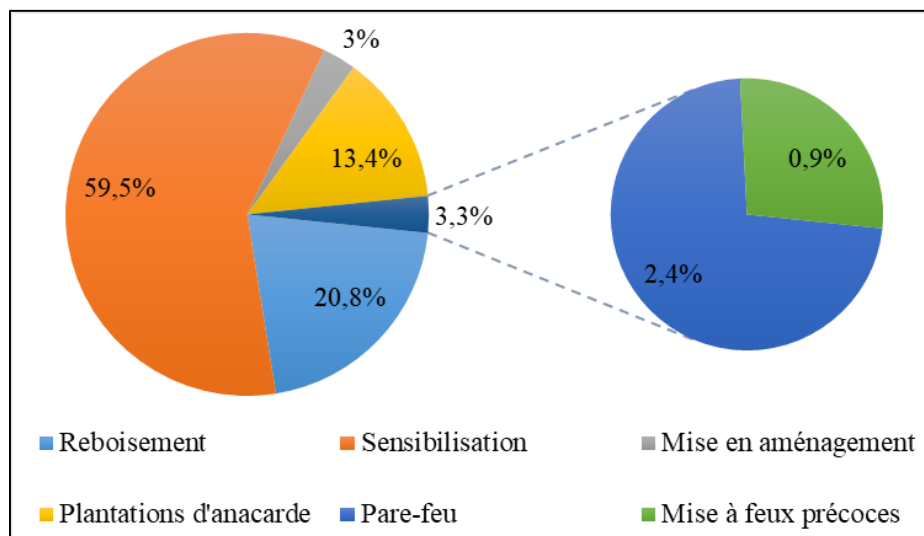


Figure 53: Principales actions de préservation de la forêt

La sensibilisation porte sur l'interdiction de défrichement sans autorisation et dans les zones de pâturage, la lutte contre les feux de brousse, la création de pare-feu et les alertes (Photographie 24), le reboisement et la coopération avec les agents du service forestier pour la lutte contre le trafic de bois.



Photographie 24: Tableau de sensibilisation par rapport au feu à Ouassadou (mars 2018)

Toutefois, le reboisement et la mise en aménagement des forêts ont montré leurs limites que nous avons déjà évoquées. Il en est de même de la sensibilisation sur les défrichements agricoles dans la mesure où, elle n'a pas empêché la progression des surfaces agricoles. Par contre, la sensibilisation sur les feux a eu des effets positifs dans la mesure où les populations ont conscience de ces nombreuses incidences sur l'environnement et sur l'élevage. C'est ce qui expliquerait d'ailleurs la diminution des surfaces affectées depuis 2008 si l'on se réfère aux données du SREF Kolda (2013 ; 2018).

5.4. Les menaces sur l'élevage

L'élevage est la seconde activité pratiquée en Haute-Casamance. À l'image de l'agriculture, il est de type extensif. Il concerne 29 233 ménages dont 12 203 dans le département de Vélingara, 9 603 dans le département de Kolda et 7 427 dans le département de Médina Yoro Foulah (ANSD, 2014). Les principales catégories d'animaux élevées sont les bovins, les ovins, les caprins, les équins et les ânes. Le tableau 25 donne l'effectif pour chaque type d'animal élevé par les 339 chefs de ménages interrogés sur le terrain.

Tableau 25: Effectif du bétail des chefs de ménages interrogés

| Type | Bovin | Ovin | Caprin | Équin | Âne | Total |
|----------|-------|-------|--------|-------|-----|-------|
| Effectif | 3 799 | 1 270 | 1 346 | 201 | 411 | 7,027 |

L'effectif moyen des différentes catégories d'animaux élevés par ménage est présenté au tableau 26. Pour le bovin, la moyenne est de 16 dans le département de Vélingara, 14 dans le département de Kolda et 8 dans le département de Médina Yoro Foulah. Pour les ovins et les caprins, la moyenne est de 5 pour chaque catégorie dans le département de Vélingara, 4 dans le département de Kolda, et 3 ovins et 4 caprins dans le département de Médina Yoro Foulah.

Tableau 26: Effectif moyen du bétail par ménage et par département

| Type d'animaux | Bovin | Ovin | Caprin | Équin | Âne |
|--------------------|-------|------|--------|-------|-----|
| Département | | | | | |
| Kolda | 14 | 4 | 4 | 1 | 2 |
| Médina Yoro Foulah | 8 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| Vélingara | 16 | 5 | 5 | 1 | 2 |

Malgré l'importance de l'élevage dans la région, il n'existe que très peu de zones réservées au pâturage. Sur les seize localités d'enquêtes, seules sept disposent d'un parcours règlementé. Il s'agit de Médina Mandakh, Missirah El Hadji Oumar Kandé, Barricounda, Coumbacara, Dialambéré, Médina Dinguiraye et Ouassadou. Dans ces localités, les parcours sont le fruit d'une décision concertée entre les populations locales. La superficie des parcours y varie entre 500 et 1 500 ha, soit 5 à 15 km. Elles sont délimitées selon la distance entre les villages concernés.

Ainsi, la diminution des zones de parcours, la diminution de l'herbe et des espèces les plus appréciées et le tarissement précoce des mares restent aujourd'hui les principales contraintes au développement de l'élevage dans la région.

5.4.1. La diminution des zones de parcours

Avec l'épuisement des terres et à la suite d'une meilleure prise en charge de la question des défrichements agricoles par certaines municipalités et par le service forestier régional, les zones de parcours sont de plus en plus transformées en zones de cultures. Par rapport à cette question, 57 % des personnes enquêtées affirment avoir noté une diminution des zones de parcours contre

7 % qui affirment le contraire et 36 % qui affirment n'avoir noté ni une augmentation ni une diminution.

Les zones de parcours sont partagées avec plusieurs villages. La diminution de leur superficie fait que la charge en bétail devient plus importante que le besoin en nourriture. Cette situation occasionne un « surpâturage ». Ainsi, ne pouvant satisfaire les besoins de tout le cheptel, certains éleveurs pâturent de moins en moins dans les zones de pâturage. La plupart d'entre eux préfèrent pâturent dans les forêts classées de Kantora et de la Koulountou. Ces forêts sont non seulement vastes, mais l'action de l'homme en dehors du pâturage et des feux de brousse y est faible. D'autres préfèrent pâturent entre les communes de Thietty et de Ndorna ou un peu plus vers le Sud de la région où la végétation est relativement plus importante. Pourtant, ils affirment qu'avant le début de la décennie 2000, le bétail ne pâture pas loin des villages en raison de l'importance des parcours et de l'herbe dans la forêt et aux alentours des villages.

5.4.2. La diminution de l'herbe en saison sèche

Selon les éleveurs, l'herbe diminue de plus en plus à cause de la destruction du tapis herbacé par les feux de brousse. En effet, lorsque le feu passe, le tapis herbacé est brûlé (Photographie 25).



Photographie 25: Destruction du tapis herbacé après le passage du feu de brousse au 23 février 2018 dans la forêt classée de Bakor (février 2018)

Or, le pâturage naturel constitue la principale source d'alimentation du bétail dans la région. La diminution de l'herbe entraîne le manque d'aliments durant la saison sèche, particulièrement à l'approche de l'hivernage, entre le mois d'avril et de juin. En plus de cela, lorsqu'il y a déficit pluviométrique durant une saison, l'herbe ne pousse pas suffisamment. Toutes ces situations

ont entraîné selon les populations, une diminution de la reproduction des vaches, l'amaigrissement et la baisse de la production laitière. Quand la situation devient critique, il arrive même une mortalité importante du cheptel.

Durant la période de soudure, l'émondage est pratiqué pour combler le déficit. Mais, cette pratique fait face à la diminution des espèces les plus appréciées à savoir *Pterocarpus erinaceus*, *Bombax costatum*, *Oxytenanthera abyssinica*, *Azelia africana* et *Sterculia setigera* ; celles-ci étant principalement ciblées dans le trafic du bois.

Pour s'adapter à ces différentes situations dans le contexte actuel, les éleveurs stockent le maximum d'herbe qui pousse durant l'hivernage pour l'utiliser durant la saison sèche. Certains utilisent les foin d'arachide et la paille récoltée dans les champs (Photographie 26). Malheureusement, les réserves finissent au moment où l'herbe sèche est quasi absente.



Photographie 26: Stockage de foin d'arachide, de maïs et de la paille pour l'alimentation du bétail durant la période de soudure (décembre 2019)

D'autres éleveurs préfèrent payer des individus à hauteur de 1000F CFA par tête de bœuf pour bénéficier du pâturage durant toute la saison sèche dans des endroits où ils constatent l'abondance de l'herbe, vendre deux à trois bœufs pour acheter de l'aliment ou tout simplement laisser divaguer leur bétail dans la forêt.

Dans la localité de Missirah El Hadji Oumar Kandé, des propositions allant dans le sens d'échanger le lait caillé avec de l'aliment sont avancées par l'association des éleveurs et ENDA ENERGIE (qui est une structure qui intervient dans la production laitière).

5.4.3. Le tarissement de plus en plus précoce des mares

Comme nous l'avons noté dans l'analyse de l'occupation des sols à l'échelle des forêts classées et celles aménagées, les surfaces des mares connaissent une variation selon les périodes et les

années. Toutefois, la tendance globale est à une diminution globale sur la durée de la présence de l'eau dans les mares. Cette tendance est quasiment notée dans les mares de Simenti, Kountadala et Oudassi situés dans le PNNK (Faye *et al.*, 2019). En effet, avec les changements climatiques, les cours d'eau ont subi de profondes modifications avec d'importants déficits d'écoulement, des tarissements précoces plus rapides et des étiages très sévères. Ce tarissement précoce des mares provoque généralement une transhumance des troupeaux de bovin (Sy, 2009). En 1970, Boudet avait noté que l'absence de mares aménagées dans certains parcours dans la région de Kolda limitait l'exploitation du potentiel fourrager. Selon les populations, avec le tarissement précoce des mares, le bétail s'abreuve difficilement. Et dès lors, les puits des villages sont les seuls recours.

Conclusion chapitre 5

La dynamique spatio-temporelle des formations forestières en Haute-Casamance, à travers la déforestation, a des répercussions potentielles sur les activités agro-sylvo-pastorales. Sur l'agriculture, les effets portent entre autres, sur la diminution de la pluviométrie, l'érosion hydrique et l'ensablement des rizières, la baisse de la fertilité des sols et celle des rendements. Dans le domaine de l'exploitation des produits forestiers, il a été noté une rareté de certains fruits sauvages, et la difficulté d'accès au bois de chauffe et de service dans les localités situées le long de la frontière avec la Gambie. Quant à l'élevage, il est confronté à la réduction des zones de parcours transformées de plus en plus en zone de culture, à la diminution des pâturages et en particulier des espèces les plus appréciées, et au tarissement précoce des mares.

Face à ces différentes situations, des stratégies d'adaptation ont été développées pour chaque activité par les populations avec très souvent l'appui du service forestier de la région et des partenaires au développement. Cependant, sur la faune et la flore, des défis liés à la gestion durable des forêts se posent.

CHAPITRE 6 : LES MENACES SUR LA FAUNE SAUVAGE ET LA FLORE

LIGNEUSE DE LA HAUTE-CASAMANCE

La forêt est un support à la biodiversité. C'est un lieu d'habitat et de reproduction pour de nombreuses espèces animales et végétales. Comme l'a souligné la Convention sur la Diversité Biologique (2001, 2005), la réduction du couvert forestier, la dégradation des forêts et leur fragmentation conduit à une perte de biodiversité en réduisant l'habitat disponible des espèces dépendantes de la forêt, et indirectement par la perturbation des principaux processus écologiques.

Ainsi, dans ce chapitre, nous analysons les menaces qui pèsent sur la faune sauvage et sur la diversité des espèces ligneuses. La diversité ou richesse spécifique étant considérée comme un indicateur parmi tant d'autres qui permettent d'appréhender la biodiversité. Cette analyse est basée essentiellement sur la perception des populations. Les descriptifs écologiques des espèces telles que l'abondance, la rareté voire la disparition ou les menaces de disparition sont présentés tout en essayant de faire ressortir les facteurs explicatifs. En plus de ces espèces, nous avons cherché à savoir s'il y a eu de nouvelles espèces introduites dans la forêt ou une réapparition d'autres espèces, mais aucune espèce ne semble être concernée.

6.1. Une faune peu diversifiée et menacée

La diversité d'un écosystème se détermine par le nombre d'espèces présentes ou citées. Dès lors, nous commençons l'analyse par la liste des espèces citées par les populations.

6.1.1. Liste de toutes les espèces citées par les populations

Un total de 27 espèces est considéré par les populations comme étant abondant (espèces fortement représentées), rare (espèce faiblement représentée), menacé de disparition ou disparus (tabl. 27). Ces espèces sont citées soit en langue locale peule ou wolof. Le site <https://pular.webonary.org/browse/browse-pular-francais> a été consulté pour passer du peul au français. De même, les sites <https://fr.glosbe.com> et <http://www.tropicos.org/Home.aspx> ont été consultés pour passer du wolof au français. La thèse de Niang (1990) nous a également servi de base pour les noms scientifiques de certaines espèces.

Tableau 27: Liste des espèces citées par les populations

| Nom en français | Nom scientifique | Nom local en peul | Nom local en wolof |
|-------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| Babouin de Guinée | <i>Papio papio</i> | Gondji | |
| Biche | <i>Cervus elaphus</i> | Jabaare, Jawre | |
| Bubale | <i>Alcelaphus buselaphus</i> | Kologua | |
| Buffle | <i>Syncerus caffer</i> | Mbana, Bani, Eda | |
| Caracal | <i>Felis caracal</i> | Warah | |
| Céphalophe | <i>Cephalophus rufilatus</i> | Goubéyel | |
| Cercopithèque | <i>Cercopithecus campbelli</i> | Konié | |
| Chacal | <i>Canis aureus</i> | Saafaandu, Boyinaaru, Ndonndu | Till |
| Chimpanzé | <i>Pan troglodytes</i> | Deemuuru | |
| Crocodile | <i>Osteolaemus tetraspis</i> | Norwa, Norji, Nooda | Jasig |
| Damalisque | <i>Damaticus korrigum</i> | Ndoutia | |
| Écureuil | <i>Xerus erythropus</i> | Jiire, Joldu, Ngüiru | Jaxat |
| Gazelle | <i>Gazella dama</i> | Lelwa, Lella, Lelji, Digiire | Kéwél |
| Guib harnaché | <i>Tragelaphus scriptus</i> | Jawré thifol, Jawré mballou | |
| Hippotrague | <i>Hippotragus equinus</i> | Kooba | Kooba |
| Hyène | <i>Crocuta crocuta</i> | Fowru, Pobbi, Bonooru | Bukki |
| Léopard | <i>Panthera pardus</i> | Paatawu, Paataaji, Ladoori | |
| Lièvre | <i>Lepus crawshayii</i> | Bojel, Mboju, Wodioré, Sariire | Lëk, Njombor |
| Lion | <i>Panthera leo</i> | Mbarooga, Kandi, Ngayuuri, ñabii | |
| Mangouste | <i>Galerella sanguinea</i> | Dagaméré, Salaré, Toronaré | Sikkóor |
| Oryctérope | <i>Orycteropus afer</i> | Yeendu, Geedi | Njaxat |
| Ourébi | <i>Ourebia ourebi</i> | Diambelan | |
| Panthère | <i>Panthera pardus</i> | Takkiri, Buutoori | Tene |
| Phacochère | <i>Phacochoerus aethiopicus</i> | Mambaladé, Gaduuru ladde, Douloungou | Mbaam-àll |
| Porc-épic | <i>Hystrix cristata</i> | Sañalde, Cañale | Saaw |
| Singe rouge | <i>Erythrocebus patas</i> | Baadi, Waandu | |
| Zèbre | <i>Branchiostegus semifasciatus</i> | Ndiamala, Ndinka | |

6.1.1. Les espèces abondantes

Concernant les espèces abondantes, sept (7) sont citées par les populations (fig. 54).

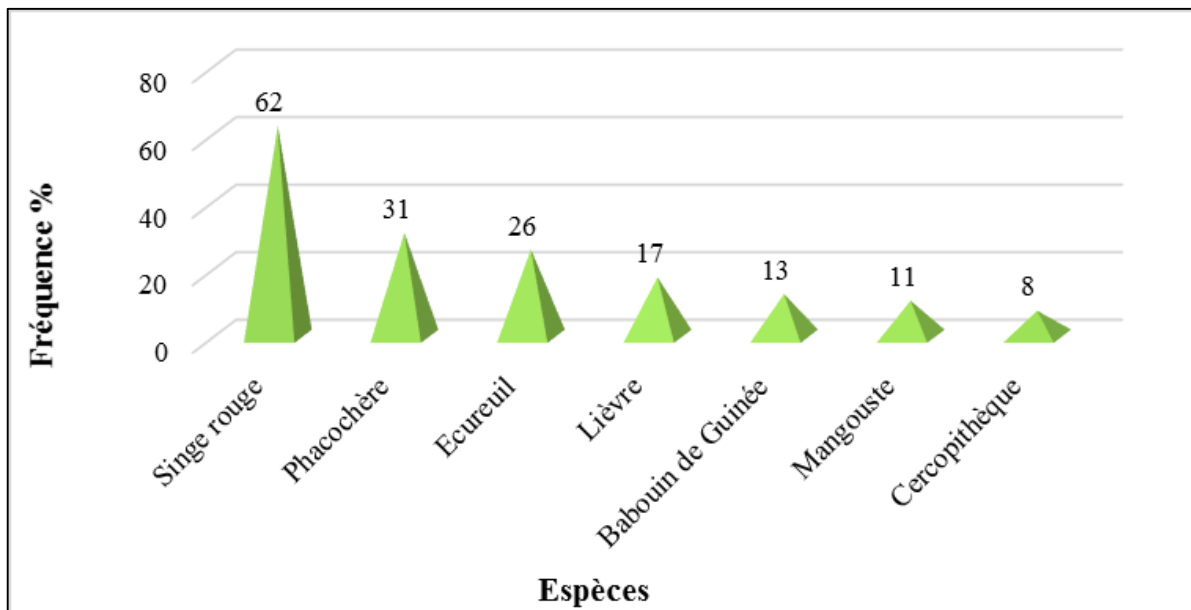


Figure 54: Principales espèces abondantes dans la région de Kolda selon la fréquence de citation des populations

Dans les différents départements de la région, ce sont les mêmes espèces qui sont citées par les populations comme étant abondantes. Les singes sont les plus abondants. Selon les populations, leur forte présence a des impacts négatifs sur l'agriculture car ils détruisent des cultures. Ils sont aussi à l'origine de la disparition de la plupart des gros serpents. Quant aux phacochères, on les rencontre le plus souvent durant l'hivernage et dans les champs d'arachide.

6.1.2. Espèces rares

Les populations ont cité quinze (15) espèces de la faune sauvage comme étant rares en Haute-Casamance (fig. 55).

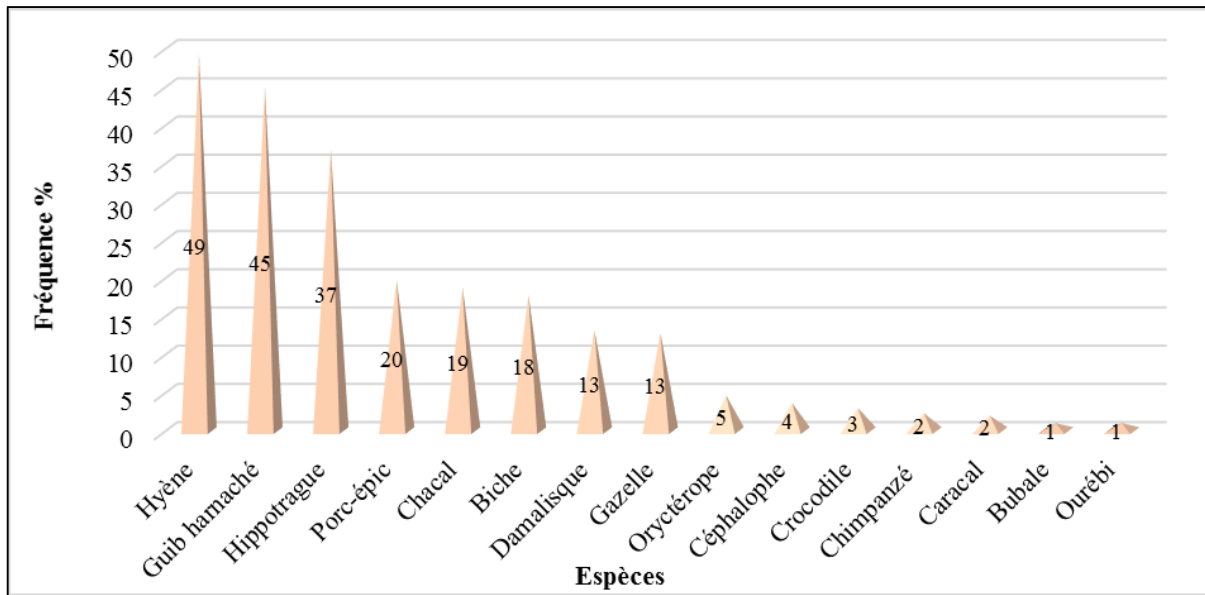


Figure 55: Principales espèces rares dans la région de Kolda selon la fréquence de citation des populations

Selon les populations, toutes ces espèces sont devenues rares à cause de la dégradation de leur milieu de vie et des actions de l'homme. Les antilopes ont migré vers les points d'eau depuis la sécheresse des années 1970-1980. La rareté des phacochères, des biches et des crocodiles s'explique également par l'absence de points d'eau permanents. Concernant la biche, il nous a été précisé à Pata que sa rareté n'a rien à voir avec la chasse (fig. 56).

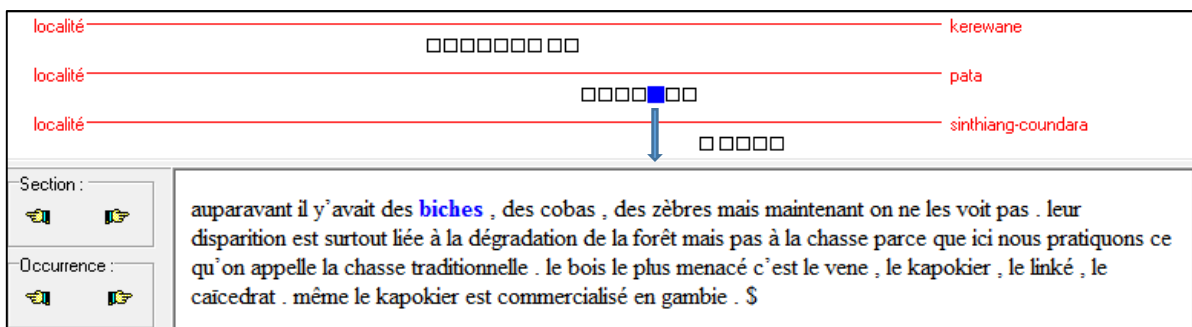


Figure 56: Distribution et utilisation du mot « biches » extrait d'un entretien à Pata

Dans les communes de Linkering et Médina Gounass qui sont situées près du PNNK, la présence des hyènes n'est notée que durant l'hivernage. Dans la commune de Coumbacara, elles sont devenues rares depuis la guerre d'indépendance de la Guinée-Bissau, probablement à cause du bruit des canaux. Le lièvre est devenu rare à cause des feux de forêt.

À l'échelle du département de Kolda, seules deux espèces viennent s'ajouter à la liste des espèces rares. Il s'agit de la mangouste et du cercopithèque. De même, l'ourébi n'est cité que dans ce département. Dans le département de Vélingara, c'est le phacochère qui vient s'ajouter à la liste des 15 espèces citées comme rares. Il en est de même du bubale et du céphalophe qui ne sont cités que dans le département de Médina Yoro Foulah.

6.1.3. Espèces ayant disparu

Cinq (5) espèces sont citées comme étant complètement disparues. Il s'agit du lion, de la panthère, du zèbre, du buffle et du léopard (fig. 57).

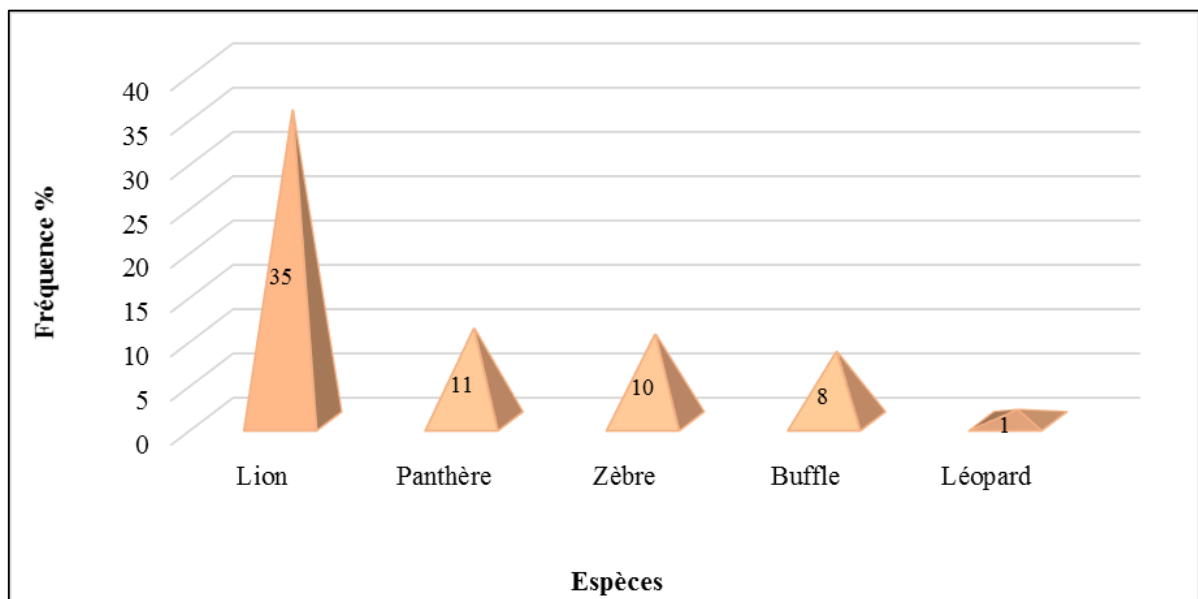


Figure 57: Principales espèces rares dans la région de Kolda selon la fréquence de citation des populations

Le lion, la panthère, le buffle et le léopard ont été déplacés dans le PNNK en raison de la vulnérabilité des populations et de leur milieu. Dans la forêt de Saré Gardi, le lion n'est pas apparu depuis 1981 (Mbaye, 2009). Dans la commune de Dialambéré, les personnes interrogées ont affirmé que le lion et le zèbre ne sont plus apparus depuis 1987. Il en est de même dans la commune de Saré Bidji où la disparition du lion et de la panthère remonte aux années 1980. À Fafacourou, le lion n'est plus réapparu depuis les années 1940.

À Dialambéré, l'extrait d'un entretien laisse penser que la disparition des buffles serait le fruit de la chasse (fig. 58). En effet, le fondateur du village était un chasseur et ceux qui sont venus après lui. Et qu'ils tuaient beaucoup de buffles et de biches ; ce qui a conduit progressivement à la disparition de l'espèce dans la zone.

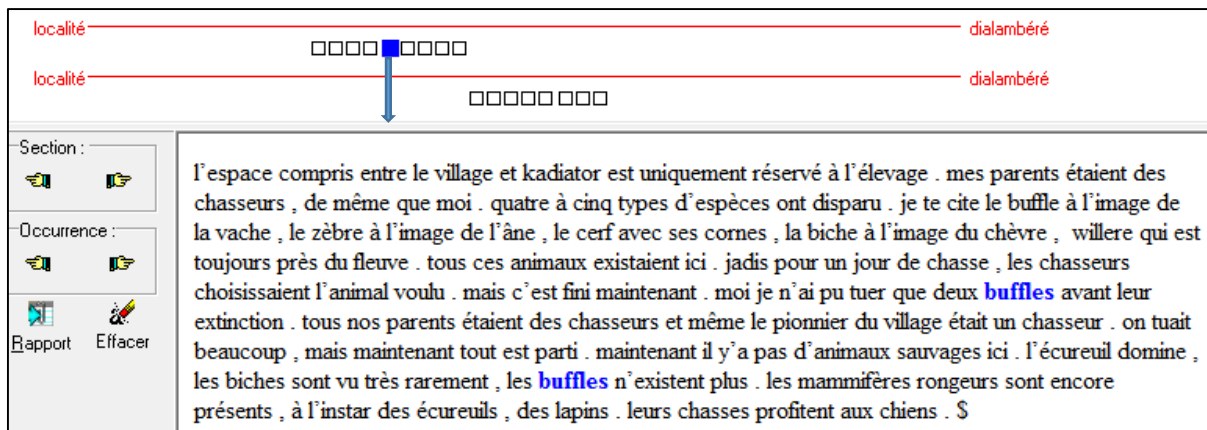


Figure 58: Distribution et utilisation du mot « buffles » extrait d'un entretien à Dialambéré

6.2. Une flore ligneuse diversifiée mais menacée

La flore de la Haute-Casamance est très diversifiée. Plusieurs auteurs l'ont étudiée soit à l'échelle des forêts classées, aménagées ou à l'échelle des forêts de terroir (Giffard, 1974 ; Stancioff *et al.*, 1986 ; Diédhiou, 2000 ; Faye *et al.*, 2003 ; Sambou, 2004 ; Mbaye, 2009 ; Keita, 2010 ; PASEF, 2011 ; Barry, 2016). Elle reste aujourd'hui menacée pour plusieurs raisons.

6.2.1. Liste des espèces ligneuses citées par les populations

Un total de 43 espèces appartenant à 37 genres et 16 familles ont été citées par les populations (tabl. 28). Elles sont citées soit en langue locale peule ou wolof. Plusieurs références nous ont permis de passer de l'ethnotaxonomie à la nomenclature botanique (Giffard, 1974 ; Tourneux et Daïrou, 1998 ; Diop, 2011).

Tableau 28: Liste des espèces citées par les populations

| Famille | Genre | Espèces (nom scientifique et auteur) | Nom local peul | Nom local wolof |
|------------------|------------|---|-----------------------------|---------------------|
| Anacardiaceae | Heeria | <i>Heeria insignis</i> (Delile) Kuntze | <i>Keleli jeeri</i> | <i>Was wasôr</i> |
| | Lannea | <i>Lannea acida</i> A. Rich. | <i>Bembéje</i> | <i>Son</i> |
| | Lannea | <i>Lannea velutina</i> A. Rich. | <i>Thiouko</i> | |
| Annonaceae | Annona | <i>Annona senegalensis</i> Pers. | <i>Dukume</i> | <i>Dogoote</i> |
| | Hexalobus | <i>Hexalobus monopetalus</i> (A. Rich.) Engl. & Diels | <i>Boyle</i> | <i>Xasaw</i> |
| Apocynaceae | Landolphia | <i>Landolphia heudelotii</i> A. DC. | <i>Poléje</i> | <i>Tol</i> |
| | Saba | <i>Saba senegalensis</i> (A. DC.) Pichon | <i>Lammude</i> | <i>Maad</i> |
| Arecaceae | Elaeis | <i>Elaeis guineensis</i> L. | <i>Teenje</i> | <i>Tiir</i> |
| Chrysobalanaceae | Neocarya | <i>Neocarya macrophylla</i> (Sabine) Prance ex F. White | <i>Naode</i> | <i>New</i> |
| Combretaceae | Combretum | <i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC. | <i>Dooke, Dooje, Nhoki</i> | <i>Rat</i> |
| | Combretum | <i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. & Perr. | <i>Buuski, Buyde, Buiti</i> | <i>Tab</i> |
| | Combretum | <i>Combretum sp</i> Vent. | <i>Moyede</i> | |
| | Guiera | <i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel. | <i>Eloko, Geloodi</i> | <i>Ngeer</i> |
| | Terminalia | <i>Terminalia avicennioides</i> Guill. & Perr. | <i>Puléme, Kuulaaje</i> | <i>Reba reb</i> |
| | Terminalia | <i>Terminalia macroptera</i> Guill. & Perr. | <i>Bode</i> | <i>Wolo ou Wala</i> |
| Fabaceae | Acacia | <i>Acacia macrostachya</i> Rchb. ex DC. | <i>Ciidi</i> | <i>Sam</i> |
| | Afzelia | <i>Afzelia africana</i> Smith ex Pers. | <i>Lenngéeje</i> | <i>Linge</i> |
| | Cassia | <i>Cassia sieberiana</i> DC. | <i>Sama sindian, Bosoje</i> | <i>Sinjeñ</i> |
| | Cordyla | <i>Cordyla pinnata</i> (Lepr. ex A. Rich.) Milne-Redh. | <i>Duude</i> | <i>Dimb</i> |
| | Daniella | <i>Daniella oliveri</i> (Rolfe) Hutch. & Dalziel | <i>Cewe</i> | <i>Santang</i> |
| | Detarium | <i>Detarium microcarpum</i> Guill. & Perr. | <i>Dohle</i> | <i>Dank</i> |
| | Detarium | <i>Detarium senegalense</i> J.F. Gmel. | <i>Talee, Talje</i> | <i>Ditakh</i> |

| | | | | |
|---------------|---------------|--|--------------------------------|---------------------------------|
| | Dichrostachys | <i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn. | <i>Burle</i> | <i>Sinc</i> |
| | Erythrophleum | <i>Erythrophleum africanum</i> (Welw. ex Benth.) Harms | <i>Peele</i> | |
| | Parkia | <i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R. Br. ex G. Don | <i>Neti</i> | <i>Ul</i> |
| | Pericopsis | <i>Pericopsis laxiflora</i> (Benth. ex Baker) Meeuwen | <i>Kule kule</i> | <i>Kulu Kulu</i> |
| | Piliostigma | <i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh. | <i>Barkeeje</i> | <i>Ngigis</i> |
| | Prosopis | <i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub. | <i>Kohe, Têlentélénaj</i> | <i>Ir</i> |
| | Pterocarpus | <i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir. | <i>Bane</i> | <i>Wenn</i> |
| Lamiaceae | Vitex | <i>Vitex madiensis</i> Oliv. | <i>Bumme, Bumi</i> | <i>Lëng</i> |
| Loganiaceae | Strychnos | <i>Strychnos spinosa</i> Lam. | <i>Parakouleeje, Ngorowaye</i> | <i>Temb</i> |
| Malvaceae | Adansonia | <i>Adansonia digitata</i> L. | <i>Bokki</i> | <i>Guy</i> |
| | Bombax | <i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuillet | <i>Johe, Lukun</i> | <i>Garab laobé, Nguy jeerri</i> |
| | Ceiba | <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. | <i>Bantaŋe</i> | <i>Benteñe</i> |
| | Cola | <i>Cola cordifolia</i> (Cav.) R. Br. | <i>Tabaaje</i> | |
| Miliaceae | Khaya | <i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss. | <i>Kahe</i> | <i>Xaay</i> |
| Moraceae | Ficus | <i>Ficus capensis</i> Thunb. | <i>Urde</i> | <i>Soto</i> |
| | Ficus | <i>Ficus gnaphalocarpa</i> (Miq.) Steud. ex Miq. | <i>Ceekeeje</i> | |
| Poaceae | Oxytenanthera | <i>Oxytenanthera abyssinica</i> (A. Rich.) Munro | <i>Kewe</i> | <i>Wakh</i> |
| Rubiaceae | Mitragyna | <i>Mitragyna inermis</i> (Wild.) Kuntze | <i>Koyle</i> | <i>Xoss</i> |
| | Sarcocephalus | <i>Sarcocephalus latifolius</i> (Sm.) E.A. Bruce | <i>Jowe, Joohi</i> | <i>Nandôk</i> |
| Sterculiaceae | Sterculia | <i>Sterculia setigera</i> Del. | <i>Eere</i> | <i>Beer/Beet</i> |
| Ximeniaceae | Ximения | <i>Ximения americana</i> L. | <i>Tiene</i> | <i>Seene seene</i> |

6.2.2. Espèces abondantes et les facteurs explicatifs

Dans ce qui suit, nous présentons les différentes espèces citées par les populations pour chaque catégorie tout en essayant d'expliquer les facteurs explicatifs surtout pour les espèces rares et menacées de disparition. L'analyse s'est faite à l'échelle de toute la Haute-Casamance et à l'échelle des départements.

6.2.2.1. Les espèces abondantes à l'échelle régionale

À l'échelle régionale, 23 espèces sont citées par les populations comme étant abondantes (fig. 59).

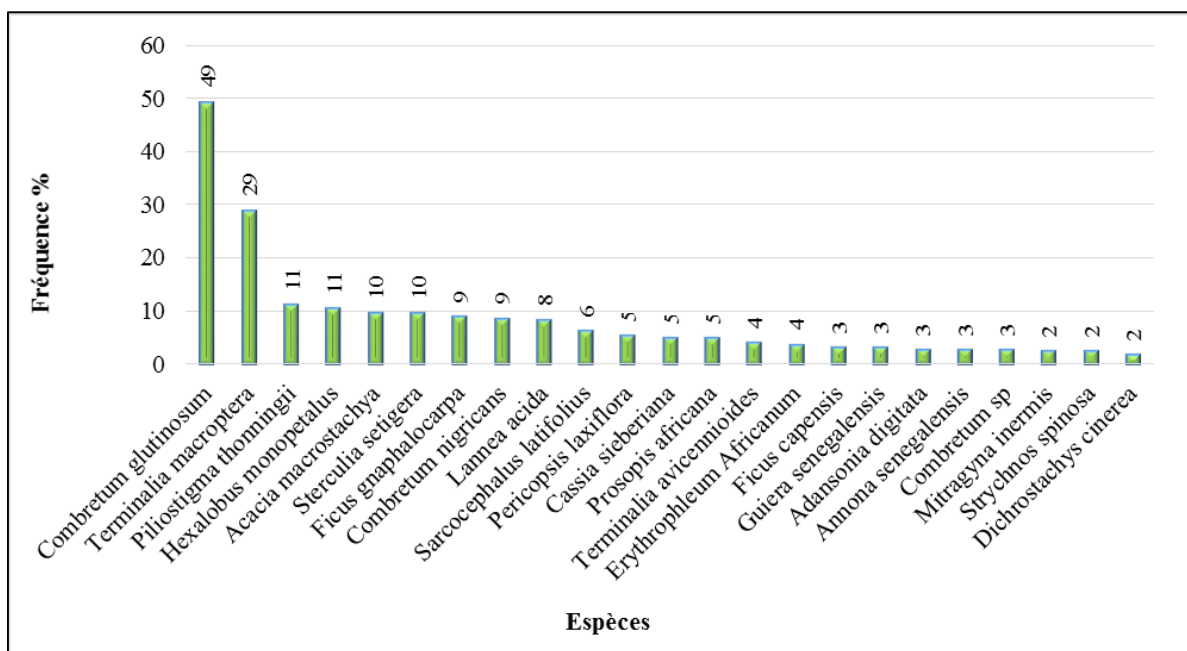


Figure 59: Principales espèces abondantes dans la région de Kolda selon la fréquence de citation des populations

Dans le PNNK, dont 50 000 ha se trouvent dans la région de Kolda, Mbow (2000) y a noté l'importance de *Combretum glutinosum* par rapport à toutes les autres espèces. Toutefois, il fait remarquer que l'espèce devenait de moins en moins importante au profit d'autres espèces telles que *Pterocarpus erinaceus*, *Strychnos spinosa* et *Lannea velutina*. Dans la forêt aménagée de Saré Gardi, Barry (2016) a noté une régénération assez importante de *Combretum glutinosum* suivi de *Combretum nigricans* après coupe autour de huit meules. Dans les zones agricoles, Faye *et al.*, (2003) ont également noté l'importance de *Combretum glutinosum*, *Terminalia macroptera* et *Piliostigma thonningii*. L'importance des *Combretaceae* dans la région s'explique par leur forte capacité de régénération. En effet, en zone soudano-sahélienne, elles

présentent une forte croissance démographique caractérisée par l'abondance de jeunes plants, assurant le renouvellement du peuplement dans les espaces libérés par la régression des ligneux victimes de la sécheresse et de la pression anthropique (Charahabil *et al.*, 2013).

6.2.2.2. Les espèces abondantes dans le département de Kolda

Dans le département de Kolda, les espèces abondantes selon la fréquence de citation des populations sont présentées à la figure 60.

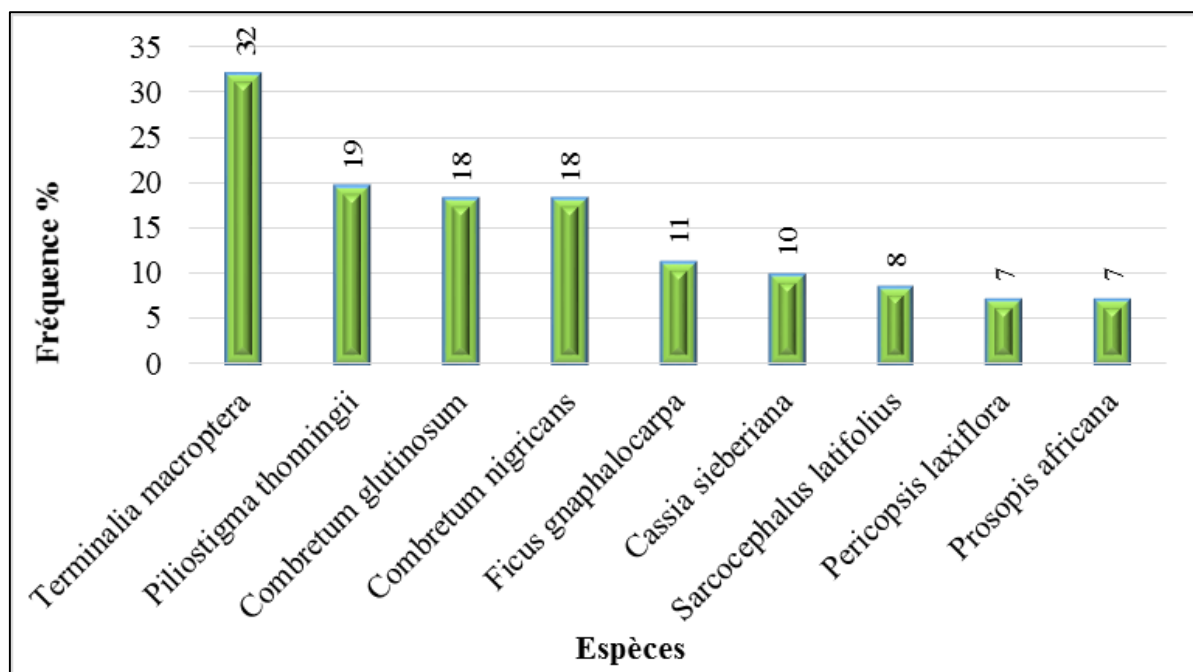


Figure 60: Principales espèces abondantes dans le département de Kolda selon la fréquence de citation des populations

Parmi ces espèces, *Combretum glutinosum* et *Combretum nigricans*, étaient dénombré parmi les espèces les plus représentatives dans la forêt aménagée de Saré Bidji (USAID et SREF Kolda, 2007). À ces espèces s'ajoutent *Combretum sp*, *Hexalobus monopetalus* et *Combretum micranthum*.

6.2.2.3. Les espèces abondantes dans le département de Vélingara

Dans le département de Vélingara, 12 espèces sont considérées comme abondantes (fig. 61). Parmi ces espèces, *Bombax costatum* reste particulière. Elle est menacée de disparition malgré son abondance dans ce département.

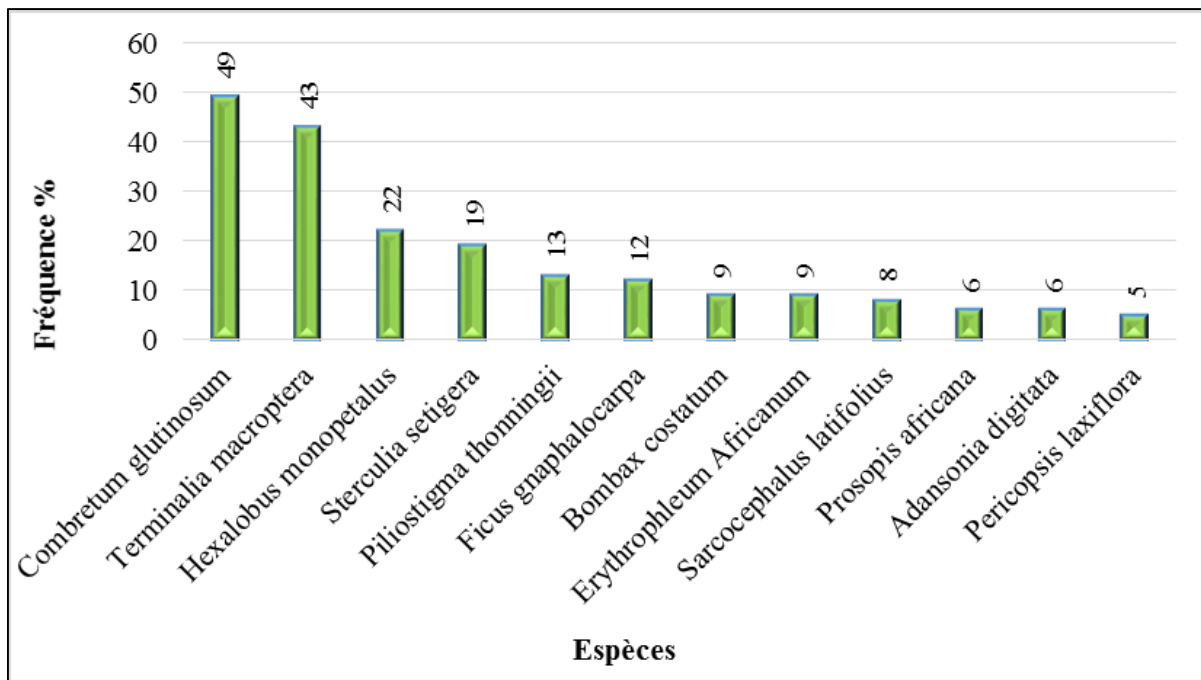


Figure 61: Principales espèces abondantes dans le département de Vélingara selon la fréquence de citation des populations

À l'intérieur du bassin de l'Anambé, Stancioff *et al.*, (1986) y avaient noté l'importance de *Terminalia macroptera* et *Combretum glutinosum*. Dans la forêt classée de Kantora, Sambou (2004) avait noté l'importance de *Combretum glutinosum*, *Pterocarpus erinaceus* et *Bombax costatum*. Mais aujourd'hui, il faut admettre qu'avec le trafic international dont *Pterocarpus erinaceus* fait l'objet, surtout le long de la frontière avec la Gambie, elle est parmi les espèces les plus menacées de disparition.

Dans la forêt classée de Mampaye, Sambou (*ib*) avait également noté que la végétation est dominée par *Combretum glutinosum*, *Pterocarpus erinaceus*, *Piliostigma thomningii* et *Terminalia macroptera*. Parmi ces espèces, seule *Pterocarpus erinaceus* ne figure pas sur la liste des espèces abondantes dans ce département. Concernant *Sterculia setigera*, l'espèce avait montré un signe de déclin. Étant donné qu'elle ne figure pas sur la liste des espèces abondantes dans le département de Kolda, et que dans le département de Médina Yoro Foulah, elle occupe la neuvième position, elle mérite une attention particulière tout aussi que les autres espèces menacées.

6.2.2.4. Les espèces abondantes dans le département de Médina Yoro Foulah

Dans le département de Médina Yoro Foulah, 17 espèces sont considérées comme étant abondantes (fig. 62).

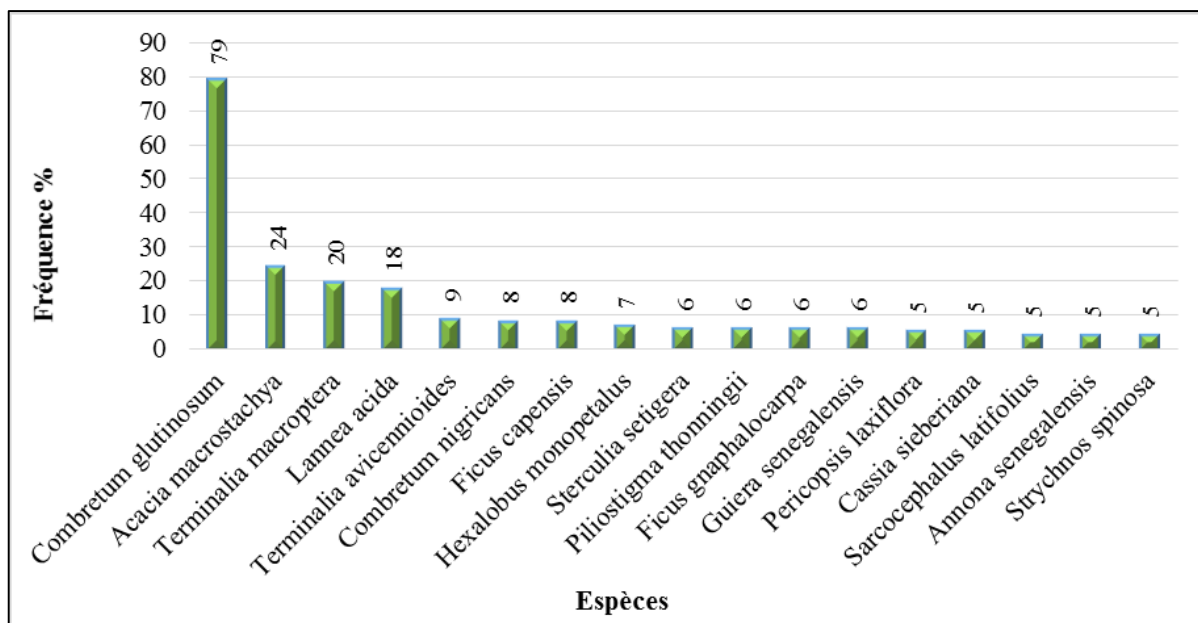


Figure 62: Principales espèces abondantes dans le département de Médina Yoro Foulah selon la fréquence de citation des populations

Parmi ces espèces, *Piliostigma thonningii*, *Acacia macrostachya*, *Terminalia macroptera* et *Terminalia avicennioides*, figuraient parmi les espèces les plus abondantes dans la commune de Fafacourou selon le Plan D'aménagement et d'Occupation des Sols (PAOS). Dans la forêt classée de Mahon et de Bakor, *Terminalia macroptera*, *Combretum glutinosum* et *Lanea acida* étaient de ces espèces les plus abondantes (Sané, 2003). Ces espèces restent d'ailleurs toujours présentes dans ce département. Dans la commune de Kéréwane, les espèces les plus représentatives lors des inventaires de Keita (2010), étaient *Combretum glutinosum* avec un effectif de 1150 individus (38,5 % du nombre total), *Combretum aculeatum* (12,8 %) et *Acacia macrostachya*. Selon cet auteur, la représentativité des espèces et le nombre d'individus dépendent de la résistance aux effets des feux, à l'ampleur des prélèvements des ressources forestières et à l'importance du bétail des villages environnants.

6.2.2.5. Les espèces abondantes à la fois dans les trois départements

Parmi les 23 espèces considérées comme abondantes dans la région, 11 le sont dans les trois départements (tabl. 29).

Tableau 29: Principales espèces abondantes à la fois dans les trois départements selon la fréquence de citation des populations en pourcentage

| Espèces | Département | | |
|---------------------------------|-------------|-----------|--------------------|
| | Kolda | Vélingara | Médina Yoro Foulah |
| <i>Combretum glutinosum</i> | 18 | 49 | 79 |
| <i>Terminalia macroptera</i> | 32 | 43 | 20 |
| <i>Piliostigma thonningii</i> | 19 | 13 | 6 |
| <i>Hexalobus monopetalus</i> | 3 | 22 | 7 |
| <i>Sterculia setigera</i> | 4 | 19 | 6 |
| <i>Ficus gnaphalocarpa</i> | 11 | 12 | 6 |
| <i>Combretum nigricans</i> | 18 | 4 | 8 |
| <i>Sarcocephalus latifolius</i> | 8 | 8 | 5 |
| <i>Pericopsis laxiflora</i> | 7 | 5 | 5 |
| <i>Cassia sieberiana</i> | 10 | 2 | 5 |
| <i>Prosopis africana</i> | 7 | 6 | 4 |

6.2.3. Espèces rares

L'analyse des espèces rares et menacées de disparition s'est également faite à l'échelle de toute la région et à l'échelle des départements.

6.2.3.1. Les espèces rares à l'échelle régionale

À l'échelle régionale, 20 espèces sont citées par les populations comme étant rares, c'est-à-dire faiblement représentées (fig. 63).

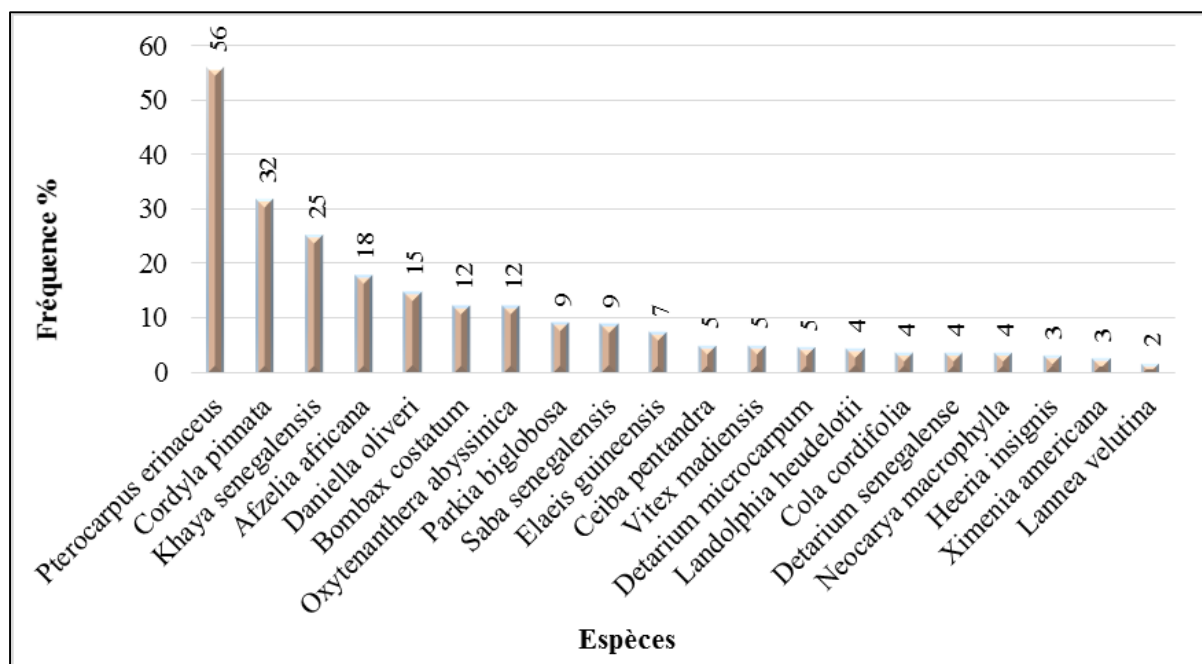
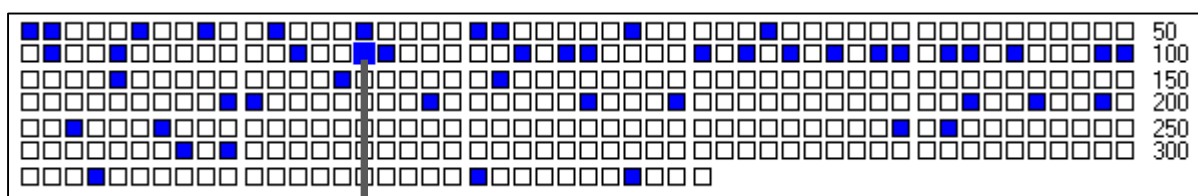


Figure 63: Principales espèces rares dans la région de Kolda selon la fréquence de citation des populations

Parmi ces espèces, six sont menacées de disparition. Il s'agit de *Pterocarpus erinaceus*, *Khaya senegalensis*, *Cordyla pinnata*, *Bombax costatum*, *Daniella oliveri* et *Oxytenanthera abyssinica*. Selon les populations, le trafic international de bois est le principal facteur explicatif de la rareté et des menaces qui pèsent sur ces espèces. Ce trafic a connu un rythme important en ce qui concerne *Pterocarpus erinaceus* localement désigné sous le nom de « vène » en français ou « bane » en peul (fig. 64).



avons connu un recul du massif forestier qui se comportait jusque - là très bien jusque dans les années 2012 . mais depuis 2013 à 2016 , nous sommes en combat continu avec les exploitants clandestins qui exploitent une espèce qui nous est très cher qui est le **vene** et l'exploitent vers la gambie . mais nous ne sommes pas restés les bras croisés , nous avons mené plusieurs opérations avec les surveillants de forêt , les asp et nos indicateurs qui à chaque fois que besoin nous ont alerté pour nous signaler le déplacement de charrette à âne ou de charrette à cheval transportant le bois de **vene** du sénégal vers la gambie . pour l'instant nous sommes en arrêts depuis le mois de septembre , on en parle plus de beaucoup de transport mais une chose est à remarquer c'est que la forêt se dégrade d'une manière très très accélérée . comme vous avez remarqué avec nous hier sur le terrain , nous avons plusieurs souches dans un rayon de 200m donc c'est ce qui est même inquiétant pour la sauvegarde de notre environnement , de notre faune et de notre flore . le **vene** est l'espèce la plus menacée parce qu'elle est ciblée par les étrangers en l'occurrence les chinois qui sont venus avec leur pétrodollars , pousser avec la signature de la gambie d'un protocole d'accord qui leur autorise d'exporter le bois de **vene** de la gambie vers la chine , alors que la gambie a fini de vider ses peuplements de **vene** depuis 2011 . maintenant , c'est les populations sénégalaises qui viennent exploiter notre **vene** pour le transporter vers la gambie à des prix dérisoires . parce que quand on entend ce qui se passe de l'autre côté de la gambie , c'est une vente aux enchères que nos populations sont en train de faire sur le **vene** puisque imaginez - vous un sénégalais qui transporte un billon de **vene** du sénégal vers la gambie vend ce billon - là à moins de 50000f alors que le gambien qui rachète ce même billon de **vene** d'après des ont dit , il revend ce billon - là au moins à 400000f ou 500000f cfa , donc nous sommes en train de piller nos ressources forestières , de provoquer la dégradation de nos forêts parce que dégradation on peut parler de plusieurs phénomènes , il y'a la dégradation liée à l'exploitation clandestine et la coupe de bois vers ça c'est une première . la deuxième forme de dégradation c'est les défrichements anarchiques , les défrichements clandestins des populations c'est - à - dire des défrichements sans autorisation . la troisième forme de dégradation c'est les feux de brousse qui également ont leur grande part dans cette dégradation de nos ressources forestières . ensuite on peut

Figure 64: Distribution et utilisation du mot « vène » extrait d'un entretien

En effet, les entretiens ont révélé que depuis 2010, le « vène » est coupé à outrance et de manière clandestine puis transporté en Chine via la Gambie. Il est ressorti aussi des entretiens que *Cordyla pinnata*, appelé « dimb » en wolof et « duude » en peul, correspond à l'espèce la plus menacée après le « vène » (fig. 65).

Partie : kolda, Nombre de contextes : 4

rait s'améliorer . a part le vene il y'a le dimb qui est le plus exploité , le peul de l'espèce du vene , il travaille avec le dimb , c'est un bois de menuisier . le khaya pport à la coupe abusive c'est le vene , le dimb , ce sont les deux - là qui sont vraiment ene qui sont en voie de disparition sont le dimb , le capouthié , le linké , afzélia

Partie : médina-yoro-foulah, Nombre de contextes : 7

années 1981 , 1982 les gens préféraient le dimb , le linké et le caicedrat mais lorsqu'on tantes pour nous apporter la pluie c'est le dimb , le vene , le caicedrat , le linké forêt sont les combretaceae , le vene , le dimb . parmi les animaux présents dans la qu'on trouve le plus souvent sont sone , le dimb , garabou laobé , ratalé etc . \$ ce isants . \$ le bambou , le ngouy diéry et le dimb sont devenus les plus rares . maintenant menacées sont d'abord le vene , ensuite le dimb et enfin le capotier dit garabou laobé es nous notons la disparition des vene , le dimb . actuellement , on a la présence de

Partie : vélingara, Nombre de contextes : 1

assée près du parc . au - delà du vene , le dimb est le bois le plus menacé , c'est

Figure 65: Segment répété du mot « le dimb » extrait des entretiens

La concernant, Diédhiou (2000) avait noté que sa diminution dans les champs est liée aux feux de brousse et aux attaques des termites. Concernant *Bombax costatum*, Giffard (1974) avait noté qu'il était partout présent dans la région de Kolda, mais rarement en grande quantité. Pour ce qui concerne *Oxytenanthera abyssinica* connu également sous le nom de « bambou », nous avons noté que la fabrication de clé de bambou et les feux de brousse sont aussi parmi les facteurs explicatifs des menaces qui pèsent sur l'espèce. C'est d'ailleurs ce qui ressort dans des entretiens (fig. 66).

il y'a des espèces qui s'ils n'ont pas disparu , leur population a diminué , par exemple le bambou qui fait l'objet d'une grande exploitation , car beaucoup de constructions sont faites avec les tiges de bambou . les populations n'ont pas l'habitude de replanter , sinon tout ce qui reboise c'est l'anacarde , ils en reboisent beaucoup parce qu'ils sont conscient du revenu mais pour les espèces typiquement forestières , elles n'ont pas encore cette culture . \$

Figure 66: Utilisation du mot « bambou » extrait d'un entretien

Les facteurs déterminants de la rareté et des menaces qui pèsent sur *Parkia biglobosa*, *Saba senegalensis* et *Vitex madiensis* sont les feux de brousse. Ses effets se manifestent par la diversité des espèces, l'évolution des types de végétation et la faiblesse de la régénération naturelle (Mbow, 2000). En plus de ce facteur qui est de nature à influencer sur la régénération naturelle de ces trois espèces, s'ajoute la consommation domestique. En effet, les graines de ces trois essences sont trop sollicitées par les populations. *Saba senegalensis* est emportée des champs avec toutes les graines. De plus, avec la déforestation, le nombre de tuteurs de cette espèce diminue. Or, c'est une liane qui a besoin de support pour vivre.

Quant à la diminution des espèces telles que *Ceiba pentandra*, *Elaeis guineensis*, *Landolphia heudelotii*, *Detarium senegalense* et *Daniella oliveri*, la variation des conditions pluviométriques est le facteur le plus indexé par les populations. Elle est aussi à l'origine de la diminution de leur taille et de celle des espèces telles que *Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Bombax costatum*, *Pterocarpus erinaceus*, *Cordyla pinnata*, *Ficus gnaphalocarpa*, *Parkia biglobosa*, *Adansonia digitata*, *Erythrophleum africanum* et *Sarcocephalus latifolius*. Toutefois, concernant *Elaeis guineensis*, on le retrouve sous la forme de parcs plus ou moins importants le long de certaines rizières (Photographie 27).



Photographie 27: Parc à *Elaeis guineensis* le long des rizières à Coumbacara (a) et à Dialambéré (b) (mars 2018)

6.2.3.2. Les espèces rares dans le département de Kolda

À l'échelle du département de Kolda, 9 espèces sont citées comme étant rares (fig, 67).

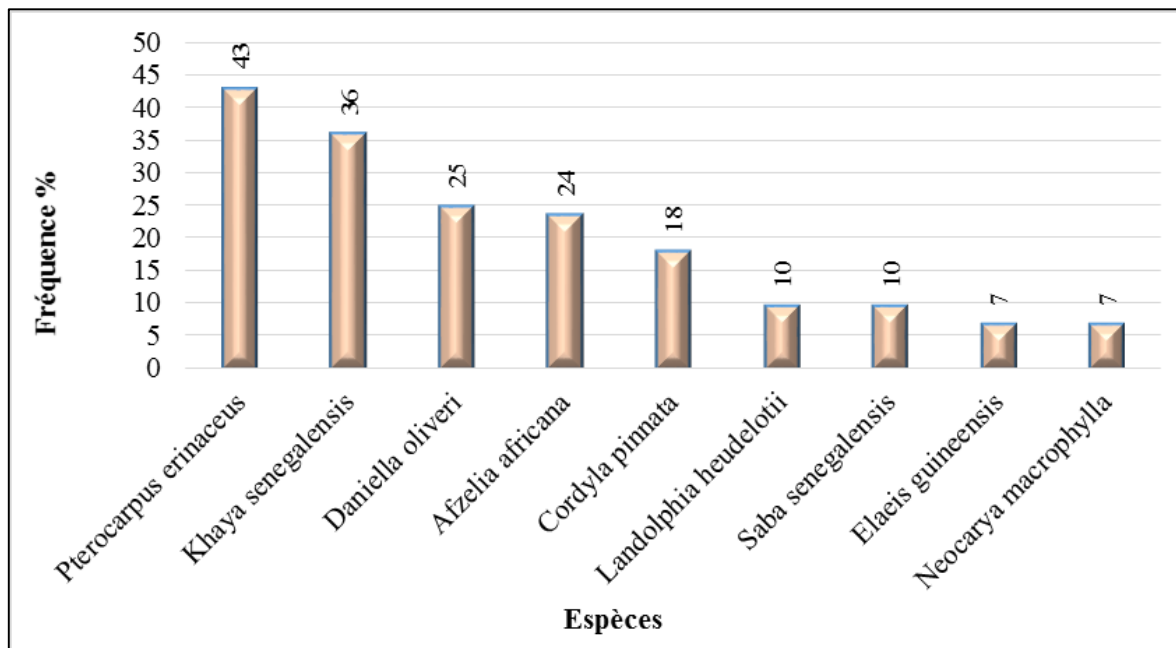


Figure 67: Principales espèces rares dans le département de Kolda selon la fréquence de citation des populations

Concernant *Cordyla pinnata* « Duude », on remarque qu'à l'échelle régionale elle occupe la seconde position des espèces rares. Il en est de même à l'échelle des autres départements. Mais, à l'échelle du département de Kolda, elle occupe la cinquième position selon la fréquence de citation des populations. C'est parce que dans certaines zones (Coumbacara et Saré Bidji), elle reste relativement abondante comme en témoigne l'utilisation du mot dans les entretiens réalisés dans ce département (fig. 68).

```

Partie : coumbacara, Nombre de contextes : 1
n seul fafaye aujourd'hui . les peepe et duude sont les plantes les plus abondantes . c'est
Partie : dialambéré, Nombre de contextes : 1
ns , kahe , ceewe , bane , lenngeeje et duude étaient très abondants ici . actuellement
Partie : saré-bidji, Nombre de contextes : 1
s végétales qu'on rencontre le plus sont duude , barkeeje , eere , et ceewe . ce constat

```

Figure 68: Concordance du mot « duude » extrait des entretiens réalisés dans le département de Kolda

6.2.3.3. Les espèces rares dans le département de Vélingara

Dans le département de Vélingara, 15 espèces sont considérées comme étant rares (fig. 69).

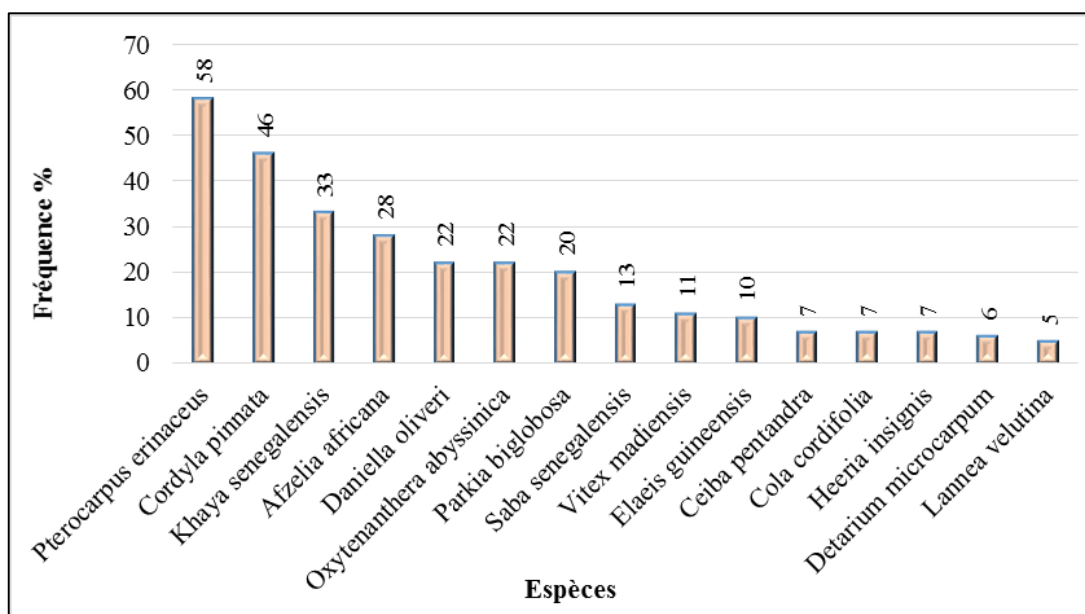


Figure 69: Principales espèces rares dans le département de Vélingara selon la fréquence de citation des populations

6.2.3.4. Les espèces rares dans le département de Médina Yoro Foulah

Dans le département de Médina Yoro Foulah, 15 espèces sont considérées comme étant rares (fig. 70).

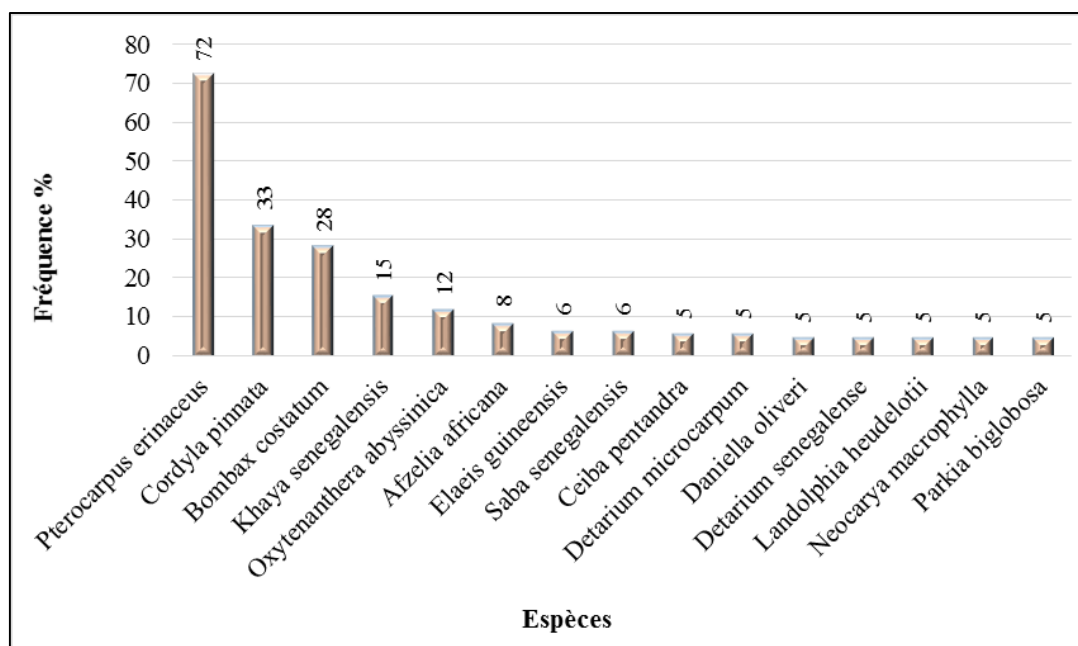


Figure 70: Principales espèces rares dans le département de Médina Yoro Foulah selon la fréquence de citation des populations

Concernant *Cordyla pinnata*, *Bombax costatum*, *Pterocarpus erinaceus*, *Oxytenanthera abyssinica* et *Elaeis guineensis*, Diédhiou (2000) a noté qu'elles étaient parmi les espèces dominant dans ce département même dans les champs à la fin des années 1990. Mais, il faut admettre qu'aujourd'hui, elles sont devenues rares. Dans la forêt classée de Mahon-Bakor, Sané (2003) avait dénombré 27 espèces menacées de disparition. *Pterocarpus erinaceus*, *Elaeis guineensis*, *Daniella oliveri*, *Khaya senegalensis*, *Saba senegalensis*, *Oxytenanthera abyssinica*, *Cordyla pinnata*, *Ceiba pentandra*, *Azelia africana* et *Parkia biglobosa*, qui ont été citées par les populations, figurent parmi ces espèces. Il convient donc de retenir que les menaces qui pèsent sur ces espèces sont réelles. À ces espèces s'ajoute *Grewia bicolor*, identifiée par Sané (*ib*) comme étant menacée de disparition.

La concernant, elle ne figure pas sur la liste de toutes les espèces citées par les populations. Cette situation laisse penser qu'elle est extrêmement rare. D'ailleurs, elle n'est pas citée par Stancioff *et al.*, (1986) et Sambou (2004) pour ce qui concerne la Haute-Casamance. Elle n'apparaît nullement dans les inventaires de Diédhiou (2000) et de Faye *et al.*, (2003). Mais, dans la forêt aménagée de Saré Gardi, elle avait une fréquence de 2,84 % (PAF, 2005). Toutefois, si l'on se réfère à Aubréville (1938) cité par Giffard (1974), la rareté de cette espèce pourrait s'expliquer par le fait qu'elle est sahélienne. Son importance dans la réserve de Ngazobil (zone soudano-sahélienne) en témoigne (Diatta *et al.*, 2009).

Dans la commune de Kéréwane dont une bonne partie correspond à la forêt classée de Pata, Keita (2010) avait noté grâce aux enquêtes et aux inventaires, que les espèces considérées comme rares sont *Khaya senegalensis*, *Ceiba pentandra*, *Daniella oliveri*, *Parkia biglobosa*, *Combretum lecardii*, *Heeria insigni*, *Nauclea latifolia*, *Rogeria adenophylla*, *Piliostigma reticulatum*, *Prosopis africana*, *Combretum micranthum*, *Grewia bicolor*, *Pterocarpus erinaceus*, *Prosopis costatum* et *Oxytenanthera abyssinica*. Ses résultats viennent confirmer les menaces qui pèsent toujours sur certaines de ces espèces citées sur cette liste par les populations. L'absence de *Combretum lecardii*, *Nauclea latifolia* et *Prosopis costatum* sur la liste des espèces citées dans la région, laisse penser qu'elles sont extrêmement rares elles aussi. Concernant *Oxytenanthera abyssinica*, Keita (2010) affirme qu'elle est considérée par certaines personnes comme disparues dans la commune. D'ailleurs, l'espèce n'a pas été identifiée dans aucune de ses parcelles d'inventaire. Concernant *Pterocarpus erinaceus*, il n'a identifié aucun individu jeune dans les parcelles d'inventaire et dans la zone hors de l'aire d'inventaire. Ce constat vient accroître les risques de disparition de l'espèce en l'absence d'une régénération.

6.2.3.5. Les espèces rares à la fois dans les trois départements

L'analyse réalisée à l'échelle des départements révèle 13 espèces qui sont considérées comme rares dans les trois départements de la région (tabl. 30). Parmi ces espèces, *Pterocarpus erinaceus*, *Cordyla pinnata*, *Khaya senegalensis*, *Azelia africana* et *Daniella oliveri* occupent les cinq premières positions. Elles figurent aussi parmi les espèces les plus menacées.

Tableau 30: Principales espèces rares à la fois dans les trois départements selon la fréquence de citation des populations en pourcentage

| Espèces | Département | | |
|---------------------------------|-------------|-----------|--------------------|
| | Kolda | Vélingara | Médina Yoro Foulah |
| <i>Pterocarpus erinaceus</i> | 43 | 58 | 72 |
| <i>Cordyla pinnata</i> | 18 | 46 | 33 |
| <i>Khaya senegalensis</i> | 36 | 33 | 15 |
| <i>Azelia africana</i> | 24 | 28 | 8 |
| <i>Daniella oliveri</i> | 25 | 22 | 5 |
| <i>Oxytenanthera abyssinica</i> | 3 | 22 | 12 |
| <i>Parkia biglobosa</i> | 4 | 20 | 5 |
| <i>Saba senegalensis</i> | 10 | 13 | 6 |
| <i>Elaeis guineensis</i> | 7 | 10 | 6 |
| <i>Ceiba pentandra</i> | 3 | 7 | 5 |
| <i>Detarium microcarpum</i> | 3 | 6 | 5 |
| <i>Landolphia heudelotii</i> | 10 | 1 | 5 |
| <i>Neocarya macrophylla</i> | 7 | 1 | 5 |

Conclusion chapitre 6

La dynamique spatio-temporelle des formations forestières a eu des impacts directs et indirects sur la diversité biologique. Concernant la faune, cinq (5) espèces sont citées comme étant complètement disparues (lion, panthère, zèbre, buffle et léopard), 15 sont considérées comme étant faiblement représentées, et 7 comme étant abondantes. Concernant la flore, 20 espèces sont considérées comme rares et parmi lesquelles nous avons *Pterocarpus erinaceus*, *Khaya senegalensis*, *Cordyla pinnata*, *Bombax costatum*, *Daniella oliveri* et *Oxytenanthera abyssinica*. D'ailleurs, elles sont menacées de disparition. *Combretum glutinosum*, *Terminalia macroptera* et *Piliostigma thonningii*, correspondent aux espèces considérées comme étant les plus abondantes.

Concernant la flore, les résultats révèlent également que les dires des populations sont en parfaite adéquation avec la réalité et les travaux antérieurs de nature phytoécologique et ethnobotanique.

Conclusion de la troisième partie

La dynamique spatio-temporelle de l'occupation des sols et les modifications survenues ont eu des répercussions sur les activités phares des populations (agriculture, élevage, collecte du bois de chauffe et de service, production de charbon), sur la faune sauvage et la flore ligneuse. L'agriculture, principale activité, est confrontée à la baisse de la pluviométrie, à l'érosion hydrique et l'ensablement des rizières, à la baisse de la fertilité des sols et celle des rendements. L'élevage, seconde activité pratiquée par les populations, est confronté à la réduction des zones de parcours et à la rareté des pâturages de qualité, et au tarissement précoce des mares. Pour ce qui est de l'exploitation des produits forestiers, il a été noté une rareté des fruits sauvages, et la difficulté d'accès au bois de chauffe et de service dans les localités situées le long de la frontière avec la Gambie. Face à ces différentes situations, les populations ont tenté de rendre résilients leurs activités et l'environnement.

La faune est peu diversifiée, mais aussi menacée à cause de la dégradation de leur habitat et de l'action de l'homme. Sur les 27 espèces citées par les populations, cinq (5) espèces ont complètement disparu, 15 sont considérées comme faiblement représentées, et 7 comme étant abondantes. Concernant la flore, 20 espèces sont considérées comme principalement rares à cause du trafic illégal de bois. *Combretum glutinosum*, *Terminalia macroptera* et *Piliostigma thonningii* sont les espèces les plus couramment rencontrées par les populations. Les résultats ont par ailleurs révélé que les dires des populations concordent avec les travaux antérieurs de nature phytoécologique et ethnobotanique.

Les conclusions de cette partie confirment notre troisième hypothèse selon laquelle les activités agro-sylvo-pastorales sont vulnérables malgré la résilience des populations, et la diversité biologique reste menacée.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

L'objectif général de cette recherche a été d'analyser la dynamique spatio-temporelle des formations forestières en Haute-Casamance entre 1965 et 2018 et leurs incidences sur les activités agro-sylvo-pastorales et la diversité biologique pour une gestion intégrée et durable des ressources végétales.

L'approche méthodologique utilisée est basée sur les travaux de terrain, l'utilisation des données de télédétection, et des données climatiques et hydrologiques. Les travaux de terrain se scindent en trois. Il s'agit de la collecte des données socio-économiques à travers un questionnaire soumis à 339 chefs de ménages répartis dans 16 localités et 54 entretiens réalisés avec des personnes-ressources, de la reconnaissance des principales formations forestières, et des relevés GPS sur les différentes unités paysagères. L'utilisation des données de télédétection (images satellitaires Landsat TM de 1987, ETM+ de 1999, TM de 2010 et OLI-TIRS de 2018, Sentinel 2B 2018, aériennes Corona 1965, et série temporelle MODIS NDVI acquise sur la période 2000-2018) s'articule autour de leur acquisition et de leur traitement. L'utilisation des données climatiques (pluviométrie et température) et hydrologiques (débits écoulés et données du satellite GRACE) s'articule également autour de leur acquisition et de leur traitement.

Les résultats de cette étude sont à la fois méthodologiques et thématiques. Sur le plan méthodologique, cette étude a permis de contribuer à la connaissance des profils spectraux des classes d'occupation des sols, particulièrement des formations forestières. Sur le plan thématique, la cartographie de l'évolution de l'occupation des sols à l'échelle de toute la zone d'étude a révélé une perte importante du couvert forestier de 377 119 ha (soit 27,4 %) entre 1987 et 2018. Alors que le couvert boisé et les surfaces anthropiques ont augmenté respectivement de 263 172 ha (soit 19,1 %) et 158 339 ha (soit 11,5 %, dont 147 178 ha correspondent à l'augmentation des surfaces agricoles). Le taux de déforestation étant de 62,04 %, soit 2 % par an. En termes de changements, trois grandes modifications sont notées suivant un gradient nord-sud. Il s'agit de la déforestation par progression des surfaces agricoles dans le nord, d'une savanisation et une anthropisation dans le centre, et de la stabilité des forêts (forêt claire et forêt-galerie) à une savanisation et anthropisation dans le sud. Toutefois, en plus des tendances négatives de dégradation, des zones de tendances positives de stabilité et de régénération de la couverture végétale ont été notées par endroits grâce à l'analyse conjointe du NDVI et des changements d'occupation des sols entre 1999-2018. Le pourcentage de tendance positive significative (au seuil de 10 %) est de 1,8 % ; celle négative significative est de 2,1 %. À l'échelle des forêts classées et celles aménagées, les résultats ont révélé que les forêts du domaine classé sont d'une manière générale plus affectées par les actions anthropiques que

celles du domaine aménagé. De plus, en fonction de leur position géographique, les forêts situées un peu plus au Nord (Pata, Médina Salam Dingha et Kantora) ont connu une savanisation plus rapide que celles situées un peu plus au Sud (Saré Bidji, Dabo et Bonconto). L'analyse des facteurs à l'origine des différentes modifications a révélé que l'homme est le principal facteur de la déforestation, de la progression des savanes et de la fragmentation. En effet, les défrichements agricoles ont entraîné une perte de 147 178 ha de la couverture végétale entre 1987 et 2018. Les feux de brousse, de par leur ampleur, sont le facteur essentiel de la progression des savanes. Il en est de même de la coupe du bois réalisée dans le cadre du trafic international de certaines espèces de valeurs dont *Pterocarpus erinaceus*, *Cordyla pinnata*, *Bombax costatum*, *Khaya senegalensis*, *Oxytenanthera abyssinica*, en direction de la Chine via le port de Banjul, et de celle pour la production du bois énergie. À ces actions s'ajoutent la croissance démographique, les modes d'occupation et d'utilisation des sols, et l'élevage extensif qui ont également participé à des niveaux différents, à la dynamique des formations forestières. Par ailleurs, l'homme a également joué un rôle dans la régénération en laissant certaines terres en jachère pendant une longue durée. Toutefois, ces actions n'expliquent pas à elles seules les différentes dynamiques. Parce que, la longue période sèche des années 1970 et 1980 a joué un rôle déterminant dans la progression des savanes entre 1965 et 1999. De plus, le retour à des conditions pluviométriques relativement favorables depuis 2003 a joué un rôle important sur la régénération par endroits entre 1999 et 2018. Ces facteurs d'évolution ainsi que les changements notés dans l'occupation des sols ont eu des incidences majeures sur les activités agro-sylvo-pastorales, sur la faune sauvage et sur la flore ligneuse. Sur l'agriculture, la variabilité de la pluviométrie a fait que les deux principales cultures, à savoir l'arachide et le mil qui ont besoin en moyenne de 4 à 5 mois de pluie arrivent rarement à maturité. Les rizières sont de plus en plus affectées par l'érosion hydrique et l'ensablement. De même, il a été noté la baisse de la fertilité des sols et celle des rendements. Dans le domaine de l'exploitation des produits forestiers, il a été noté une rareté de certaines espèces fruitières sauvages. 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. La faune sauvage est peu diversifiée et menacée. En effet, cinq (5) espèces ont disparu selon les populations. Il s'agit du lion, de la panthère, du zèbre, du buffle et du léopard. Un total de 15 espèces est considéré comme étant faiblement représenté. Parmi elles, le phacochère, la biche et le crocodile sont devenus rares à cause de l'absence de points d'eau permanents. Il en est de même du lièvre à cause des feux de brousse. Seules sept (7) sont aujourd'hui citées comme étant abondantes. Concernant la flore, 20 espèces sont considérées

comme rares parmi lesquelles *Pterocarpus erinaceus*, *Khaya senegalensis*, *Cordyla pinnata*, *Bombax costatum*, *Daniella oliveri* et *Oxytenanthera abyssinica*, elles-mêmes menacées de disparition. *Combretum glutinosum*, *Terminalia macroptera* et *Piliostigma thonningii*, correspondent aux espèces considérées comme étant les plus abondantes.

Pour faire face à ces enjeux, des stratégies d'adaptation 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 résilients leurs activités et l'environnement.

Les résultats de cette thèse permettent d'affirmer que l'utilisation de différentes sources d'images satellitaires et aériennes fournies à des résolutions spatiales différentes, combinée aux données climatiques et hydrologiques ainsi qu'aux travaux de terrain, permet d'analyser avec plus de précision la dynamique des formations forestières de la Haute-Casamance entre 1965 et 2018 à différentes échelles et leurs incidences sur les activités agro-sylvo-pastorales, sur la faune sauvage et sur la diversité des espèces ligneuses. Les résultats obtenus permettent également de confirmer notre hypothèse de base selon laquelle la dynamique spatio-temporelle des formations forestières en Haute-Casamance entre 1965 et 2018 est marquée par une forte déforestation résultant des actions combinées de l'homme et de la variabilité des conditions climatiques et hydrologiques avec des incidences majeures sur les activités agro-sylvo-pastorales malgré la résilience des populations, et sur la diversité biologique.

En définitive, il est important de retenir que cette étude a permis de fournir une analyse rétrospective des dynamiques dans les formations forestières de la Haute-Casamance et reste essentielle au suivi des politiques environnementales et économiques. Toutefois, quelques limites au plan thématique méritent d'être signalées et approfondies dans les perspectives. Il s'agit de :

1. l'absence de suivi des surfaces brûlées qui s'explique par l'absence d'images Landsat de bonne qualité entre janvier et mars, couvrant l'ensemble de la région et durant la période d'étude. Avec l'arrivée des images Sentinel depuis 2016, gratuite et d'une résolution de 10 m, un suivi régulier de l'évolution des surfaces brûlées s'impose alors ;
2. l'absence d'une analyse approfondie de la question foncière ; cela permettrait de mieux appréhender la perception des populations sur le foncier en lien avec l'évolution de l'occupation et des sols ;

3. l'absence d'inventaire pour appuyer davantage notre argumentaire sur les conséquences des dynamiques sur la flore ligneuse ; des inventaires auraient permis de déterminer d'autres répercussions en rapport avec le taux de recouvrement, la densité, la hauteur, le potentiel de régénération, le taux moyen de coupe et la fréquence relative des espèces ; mais aussi d'insister sur la distribution et la répartition des espèces végétales et animales ;
4. l'utilisation de la télédétection pour déterminer les facteurs de dégradation et de régénération de la couverture végétale et la diversité biologique ;
5. l'absence du bilan sur le stock en carbone de la forêt est une piste importante à explorer dans le futur.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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.

ADJONOU K., DJIWA O., KOMBATE Y., KOKUTSE A-D., KOKOU K., 2010. Étude de la dynamique spatiale et structure des forêts denses sèches reliques du Togo : implications pour une gestion durable des aires protégées. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4 (1), pp. 168-183.

ANAT. 2018. Plan national d'aménagement et de développement territorial (PNADT) horizon 2035. Version Provisoire, Edition, Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire, Dakar (Sénégal), 277 p.

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. *Tropicultura*, Vol 36, N°2, pp. 258-270.

ANDRIEU J., MERING C., 2008. Cartographie par télédétection des changements de la couverture végétale sur la bande littorale ouest-africaine, l'exemple des Rivières du Sud : du Delta du Saloum (Sénégal) au Rio Gêba (Guinée-Bissau), *Télédétection*, n°8, coll.2, pp.93-118.

ANDRIEU J., 2008. Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud (Sénégal, Gambie, Guinée-Bissau). *Thèse de Doctorat, Université Paris Diderot-Paris 7*, 532 p.

ANSD. 2017. Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Élevage de 2013. Rapport régional définitif de la région de Kolda. Edition, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, Dakar (Sénégal), 90 p.

ANSD. 2014. 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.

ANYAMBA A., TUCHER C.J., 2005. Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981–2003. *Journal of Arid Environments*, 63, pp. 596-614.

ARBONNIER M., GUEYE B., 2010. Vers une stratégie de gestion des feux de brousse dans la zone d'intervention de Wula-Nafaa (régions de Tambacounda, Kolda et Sédhiou). Rapport de travail, USAID/WULA-NAFAA, 45 p.

ARBONNIER M., 1990. Étude d'une savane graminéenne et forestière en vue de son aménagement, à partir du cas de Koumpentoum (Sénégal), *Thèse de doctorat, Université de Nancy I*, Faculté des Sciences, 190 p.

ARIORI S.L., OZER P., 2005. Évolution des ressources forestières en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne au cours des 50 dernières années. *Geo-Eco-Trop*, pp.61-68.

ARNOULD P., 2001. Introduction. Forêts: entre nature et société (Forests, between nature and society). In : *Bulletin de l'Association de Géographes Français*. pp.107-109.

AUBRÉVILLE A., 1970. Vocabulaire de biogéographie appliquée aux régions tropicales. *Adansonia*, vol 10 ser. 2 (4), pp. 439-497.

AUBRÉVILLE A., 1965. Conceptions modernes en bioclimatologie et classification des formations végétales. *Adansonia*, 5 (3), pp. 297-306.

AUBRÉVILLE A., 1957. Accord de Yangambi sur la nomenclature des types africains de végétation. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, n 51, pp. 23-27.

AUBRÉVILLE A., 1949. Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, Paris, 351 p.

BALDE S., 2016. L'ensablement des rizières et ses impacts environnementaux et socio-économiques dans la commune de Dioulacolon (Région de Kolda). *Mémoire de Master en Géographie, Université Assane Seck de Ziguinchor*, 87 p.

BALDE M.M., 2016. Trafic transfrontalier de bois en Casamance : motifs d'implantation des populations dans la destruction de leur patrimoine forestier. *Revue Notes Scientifiques homme et société*, n°4, p. 213-233.

BALL G.H., HALL D.J., 1965. ISODATA, a novel method of data analysis and pattern classification : DTIC Document.

BAMBA I., 2010. Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en République Démocratique du Congo. *Thèse de Doctorat en Science, Université Libre de Bruxelles*, 189 p.

BARIMA Y.S.S., BARBIER N., BAMBA I., TRAORE D., LEJOLY J., BOGAERT J., 2009. Dynamique paysagère en milieu de transition forêt-savane ivoirienne. *Bois et forêt des tropiques*, N° 299, pp 15-25.

BARRY B., 2015. Impacts socio-économiques et écologiques de l'aménagement forestier du massif de Sare Gardi (région de Kolda) de 2005 à 2014. *Mémoire de Master, Département de Géographie, Université Assane Seck de Ziguinchor*, 108 p.

BARTHELEMY J-P., LUONG X., MELLET S., 2003. Prenons nos distances pour comparer des textes, les analyser et les représenter, *Corpus [En ligne]*, 2 | 2003, mis en ligne le 15 décembre 2004, consulté le 01 octobre 2016, 9 p.

BAUD P., BOURGEAT S., BRAS C., 2008. Dictionnaire de géographie. Hatier, Paris, 607 p.

BAVOUX J-J., CHAPELON L., 2014. Dictionnaire d'analyse spatiale. Armand Colin, 608 p.

BELLOUARD P., 1955. La situation forestière de l'Afrique occidentale française. *Revue Bois et Forêts Tropiques*, n° 39, pp. 9-23.

BENE A., FOURNIER A., 2014. Végétation naturelle et occupation des terres au Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). Cinq décennies de changement dans un terroir du pays sèmè. In *FABRE G, FOURNIER A, SANOGO L. Regards scientifiques croisés sur le changement global et le développement — Langue, environnement, culture : Actes du Colloque international de Ouagadougou (8-10 mars 2012), Sciencesconf.org*, pp.143-164.

BENT G.C., 2001. Effects of forest-management activities on runoff components and ground-water recharge to Quabbin Reservoir, central Massachusetts. *For Ecol Manag*, 143, pp. 115-129.

BERGERET A., RIBOT J., 1990. L'arbre nourricier en pays sahélien. Ministère de Coopération et du Développement et Edition de la Maison des Sciences et de l'Homme, Paris, 237 p.

BLONDEL F.M., DUPOUY S., SALAME N., 1987. La Télédétection dans l'étude des milieux forestiers un exemple : La forêt de Bouconne. In *La télédétection : La forêt de Bouconne, Bull. de l'EPI*, 48, pp. 90-103.

BODIAN A., 2014. Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Physio-Géo*, Vol 8, pp. 297-312.

- BODIAN A., 2011. Approche par modélisation pluie-débit de la connaissance régionale de la ressource en eau : Application au haut bassin du fleuve Sénégal. *Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop*, Dakar, 288 p.
- BOUDET G., 1970. Les pâturages naturels de la Haute et Moyenne-Casamance. *Etudes géographiques* n° 27, 239 p.
- BOUGHEY A.S., 1957. The physionomic Delimitation of West African Vegetation Types, pp. 148-165.
- BOULOGNE M., 2016. Vulnérabilité des paysages forestiers dans le parc de Ranomafana (Madagascar) : dynamiques environnementales et trajectoires agroforestières. *Thèse de Doctorat, Université Grenoble Alpes*, 269 p.
- BRUNET-MORET Y., 1970. Etudes hydrologiques en Casamance. Rapport définitif. Dakar, ORSTOM, 52 p. + annexes.
- BRUNET R., FERRAS R., THERY H., 1993. Les mots de la géographie, dictionnaire critique. 3^e édition, RECLUS — La documentation française, Montpellier-Paris, 518 p.
- BUDDE M.E., TAPPAN G., ROWLAND J., LEWIS J., TIESZEN L.L., 2004. Assessing land cover performance in Senegal, West Africa using 1-km integrated NDVI and local variance analysis. *Journal of Arid Environments* 59, pp. 481-498.
- 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
- 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 A.A., DUGUE P., FORESTA H., 2012. Transformation des mosaïques de forêt-savane par des pratiques agroforestières en Afrique subsaharienne (Guinée et Cameroun), *Cybergeo : European Journal of Geography*, article 627, 25 p.
- CHAMARD P.C., COUREL M.F., 1999. La forêt sahéenne menacée. *Cahier Sécheresse* 10 (1), pp. 11-18.

CHAMARD P., COUREL M-F., DUCOUSSO M., GUENEGOU M-C., LE RHUN J., LEVASSEUR J-E., LOISEL C., TOGOLA M., 1993. Utilisation des bandes spectrales du vert et du rouge pour une meilleure évaluation des formations végétales actives. *Téledétection et cartographie*. Éd. AUPELF-UREF. Les Presses de l'Université du Québec, pp 203-209.

CHARAHABIL M.M, DIALLO A, NGOM D, DIOP B, AKPO L.E, 2013. Importance des *Combretaceae* dans des forêts communautaires de la zone soudano-sahélienne au Sénégal. *Sécheresse* 24 : 39-47. Doi : 10.1684/sec.2012.0368.

CHARREAU C., NICAU R., 1970. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques. *Bulletin agronomique*, n°23, 254 p.

CHATELAIN C., PICHIGER R., GAUTIER L., 2000. Signatures spectrales et dégradation du couvert de forêt dense humide de Côte d'Ivoire. In : *La télédétection en Francophonie : analyse critique et perspectives*. Éd. AUF. pp. 349-355.

CHAUME R., COMBEAU A., 1983. Évolutions saisonnières comparées des signatures spectrales de divers milieux pérennes (forêts, prairies, sols nus) à partir de documents Landsat. *Téledétection*, 8, ORSTOM, 49 p.

CHAVE J., 2000. Dynamique spatio-temporelle de la forêt tropicale. *Ann. Phys. Fr.* 25 N° 6, 184 p.

CHESNEAU C., 2002. Mise en aménagement participatif des forêts, Bilan d'une expérience réussie au Sénégal. Rapport PSACD, Dakar, 110 p.

CILSS. 2016. Les Paysages de l'Afrique de l'Ouest : Une Fenêtre sur un Monde en Pleine Évolution. U.S. Geological Survey EROS, 47914 252nd St, Garretson, SD 57030, UNITED STATES, 219 p.

CISSE S., 2016. Etude de la variabilité intra saisonnière des précipitations au Sahel : impacts sur la végétation (cas du Ferlo au Sénégal). *Thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie - Paris VI*, 160 p.

COMMISSION EUROPEENNE. 2001. Manuel des concepts relatifs aux systèmes d'information sur l'occupation et l'utilisation des sols. Luxembourg, 116 p.

CONDAMIN M., 1988. Dégradation anthropique des forêts de Basse Casamance. Notes de Biogéographie. *Département de Géographie, Université Cheikh Anta DIOP*, Dakar, pp. 115-120.

COUREL M-F., 1984. Étude de l'évolution récente des milieux sahéliens à partir des mesures fournies par les satellites. *Thèse de Doctorat d'État, Lettres et Sciences Humaines, Université Panthéon-Sorbonne, Paris I*, 407 p.

CSE., 2015. Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal. Edition Centre de Suivi Ecologique, Dakar (Sénégal), 199 p.

CSE., 2010. Evaluation des conditions et tendances des écosystèmes forestiers et de leurs services au Sénégal. Rapport final, Projet d'Amélioration et de Valorisation des Services des Ecosystèmes Forestiers du Sénégal (PASEF), Edition Centre de Suivi Ecologique, Dakar (Sénégal), 244 p.

CSE., 1996. Utilisation de l'imagerie satellitaire à haute résolution. Rapport technique, Edition Centre de Suivi Ecologique, Dakar (Sénégal), 59 p.

DACOSTA H., COLY A., SOUMARE P.O., 2002. Adéquation de l'offre et de la demande en eau : dynamique hydrologique de l'Anambé (Sénégal). In : *Orange Didier (ed.), Arfi Robert (ed.), Kuper M. (ed.), Morand Pierre (ed.), Poncet Yveline (ed.), Témé B. (préf.) Gestion intégrée des ressources naturelles en zones inondables tropicales. Paris (FRA) ; Bamako : IRD ; CNRST, 395-410. (Colloques et Séminaires). GIRN-ZIT : Gestion Intégrée des Ressources Naturelles en Zones Inondables Tropicales : Séminaire International, Bamako (MLI), 2000/06/20-23. ISBN 2-7099-1480-8*

DACOSTA H., 1989. Précipitations et écoulements sur le bassin de la Casamance. *Thèse de Doctorat de troisième cycle, Université Cheikh Anta Diop*, Dakar, 278 p.

DA LAGE A., METAILIE G., 2005. *Dictionnaire de biogéographie végétale*. Editions CNRS, Paris, 579 p.

DE WASSEIGE C., MARSHALL M., MAHE G., LARAQUE A. 2014. Interactions between climate characteristics and forests. In: De Wasseie C. (ed.), Flynn J. (ed.), Louppe D. (ed.), Hiol Hiol F. (ed.), Mayaux P. (ed.) *Les forêts du bassin du Congo : état des forêts 2013*. Neufchâteau : Weyrich, pp. 53-64.

DESCLEES B., MAYAUX P., HANSEN M., LOLA AMANI P., SANNIER C., MERTENS B., HÄUSLER T., NGAMABOU SIWE R., POILVE H., GOND V., RAHM M., HAARPAINNER J., KIBAMBE LUBAMBA J.P., 2014. Évolution du couvert forestier du niveau national au régional et moteurs de changement. In: De Wasseige C. (ed.), Flynn J. (ed.), Louppe D. (ed.), Hiol Hiol F. (ed.), Mayaux P. (ed.) *Les forêts du bassin du Congo : état des forêts 2013*. Neufchâteau : Weyrich, pp. 21-46.

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. Evolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest à travers deux régions : la Sénégalie et le bassin du Niger moyen. *Climatologie*, Vol 12, pp. 25-43.

DESSAY N., 2006. Dynamique de la végétation et du climat : étude par télédétection de cinq biomes brésiliens, forêt ombrophile dense et ouverte, Cerrados, Caatinga et Campanha Gaúcha. *Thèse de doctorat, Université Paris X Nanterre*, 364p.

DI GREGORIO A., JANSEN L.J.M., 1998. Land Cover Classification System (LCCS) : Classification Concepts and User Manual. Environment and Natural Resources Service, GCP/RAF/287/ITA Africover –East Africa Project and Soil Resources, Management and Conservation Service, Rome, 157 p.

DIAMANKA H., 2018. Diagnostic de la riziculture dans la commune de Coumbacara (région de Kolda) : Potentialités, contraintes et stratégies d'adaptation. *Mémoire de Master, Département de Géographie, Université Assane Seck de Ziguinchor*, 131 p.

DIATTA A.J., DIOUF D.A., 2013. Le Mémoire : Méthodologie de recherche, normes et techniques de rédaction, conseils pour la soutenance, Imprimerie Néma, 101 p.

DIATTA C.D., GUEYE M., KOMA S., AKPO L.E., 2009. Diversité de la flore et de la végétation ligneuses de la Réserve de Ngazobil (Joal-Fadiouth) au Sénégal. *Journal des Sciences*, Vol. 9, N° 3, 13 p.

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.17-34.

DIÉDHIOU I., 2019. Entre utilisation et préservation des ressources ligneuses en Afrique de l'Ouest : Dynamique des paysages forestiers en Ségambie méridionale. *Thèse de Doctorat en cotutelle de l'Université Sorbonnes Paris-Cité et Université Assane Seck de Ziguinchor*, Sénégal, 444 p.

DIÉDHIOU I., 2000. État actuel et structure du parc agroforestier à *Cordyla pinnata* (Lepr Ex A Rich) Milne-Redhea en zone soudanienne de Haute-Casamance (Sénégal). *Mémoire de Confirmation, Centre National de la Recherche Agronomique (CNRA)*, Bambey, 75 p.

DIEYE E.H.B., DIAW A. T., SANE T., NDOUR N., 2013. Dynamique de la mangrove de l'estuaire du Saloum (Sénégal) entre 1972 et 2010. *In Cybergeo, European Journal of Geography*, 27 p.

DIEYE A.I., 2011. Les étudiants sénégalais en France et aux Etats-Unis : conditions de vie, conditions d'étude, insertion socio professionnelle et participation au développement du Sénégal. *Thèse de Doctorat de Sociologie, Université de Paris 8 Vincennes Saint Denis et Université Gaston Berger de Saint Louis*, 632 p.

DIEYE E.H.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. *Doctorat 3^e cycle, FST/UCAD*, Dakar, 217p.

DIONE O., 1996. Evolution climatique récente et dynamique fluviale dans les hauts bassins des fleuves Sénégal et Gambie. *Thèse de doctorat, Université Lyon 3 Jean Moulin*, 477 p.

DIOP M., 2011. L'arbre et la forêt. Usage, préférences, représentations et croyances chez les populations riveraines de la forêt classées de Patako (région de Fatick, Sénégal). *Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop*, Dakar, 202 p.

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.

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 Bourgogne et Université de Yaoundé I*, 303 p.

DUCROT D., 2005. Méthodes d'analyse et d'interprétation d'images de télédétection multi-sources, extraction de caractéristiques du paysage. *Mémoire de recherche, Habilitation à diriger des recherches INP Toulouse*, 240 p.

DUSSEUX P., 2014. Exploitation de séries temporelles d'images satellites à haute résolution spatiale pour le suivi des prairies en milieu agricole. Thèse de Doctorat de Géographie. *Université de Rennes 2 Haute-Bretagne*. 263 p.

EL GAROUANI A., CHEN H, LEWIS L., TRIBAK A., ABHAROUR M., 2008. Cartographie de l'utilisation du sol et de l'érosion nette à partir d'images satellitaires et du SIG Idrisi au Nord-Est du Maroc. *Télédétection*, Editions scientifiques GB, pp. 193-201.

FANCHETTE S., 2011. Une région périphérique à l'épreuve de la décentralisation : le Fuladu, pays des Peul de Haute-Casamance (Sénégal). Paris, Karthala, (Hommes et Sociétés). IRD, 393 p.

FANCHETTE S., 1999. Colonisation des terres sylvo-pastorales et conflits fonciers en Haute-Casamance. IIED, *Coll. Tenures foncières pastorales*, n° 13, Londres, 41 p.

FAO. 2015. Evaluation des ressources forestières mondiales 2015. Répertoire de données de FRA. 2015, Rome, Italie, 244 p.

FAO. 2012. Situation des forêts du monde. Rapport, Rome, Italie, 52 p.

FAO. 2010. Evaluation des ressources forestières mondiales 2010. Rapport principal. Rome, Italie, 348p.

FAO. 2006. Evaluation des ressources forestières mondiales 2005. Rome, Italie, 147 p.

FAO. 2003. Actes de la seconde rencontre d'experts sur l'harmonisation des définitions sur les forêts à l'usage des différentes parties prenantes. Rome, 11-13 septembre 2002, Edition révisée. 84 p.

FAO. 2002. Expert Meeting on Harmonizing forest-related definitions, *Rome*, 23-25 January 2002, 193 p.

FAYE C., SOLLY B., DIEYE S., 2020. Study of the fluctuation of the NDVI in the Casamance River Basin upstream of Kolda using remote sensing data: what impact on flow ? *Nipp. J. of Environ. Sci.*, 1 (2), 1004, 13 p.

FAYE C., 2019. Les territoires de l'eau au Sénégal : « les faits de géographie physique et humaine à travers l'élément eau ». Les éditions Chapitre.com, 222 p.

FAYE C., SOLLY B., SANE B., CISSE A., 2019. Effects of hydroclimatic variability on the spatial dynamics of ponds (Simenti, Kountadala and Oudassi) of the Gambia river basin in the Niokolo Koba National Park (Senegal). *International Journal of Geography and Geology*, Vol. 8, No. 2, pp. 69-86.

FAYE C., SOW A.A., NDONG J.B., 2015. Étude des sécheresses pluviométriques et hydrologiques en Afrique tropicale : caractérisation et cartographie de la sécheresse par indices dans le haut bassin du fleuve Sénégal. *Physio-Géo*, Vol 9, pp 17-35.

FAYE M., FALL A., TINE D., FAYE C.S., FAYE B., NDIAYE A., 2019. Evolution pluviométrique de 1950 à 2013 au Sénégal Oriental : cas de la région de Tambacounda. *International Journal of Advanced Research*, 7(12), pp. 270-287.

FAYE E.H., MASSE D., DIATTA M., 2003. Systèmes de culture, facteurs socio-économiques et végétation ligneuse d'un terroir soudanien au Sénégal. In Dugué P., Jouve Ph., (éds.), 2003. « *Organisation spatiale et gestion des ressources et des territoires ruraux* ». Actes du colloque international, 25-27 février 2003, Montpellier, France. UMR SAGERT, TARGET, CNEARC. 11 p.

FENSHOLT R., 2004. Earth observation of vegetation status in the Sahelian and Sudanian West Africa: comparison of Terra MODIS and NOAA AVHRR satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 25:9, pp. 1641–1659.

FREDERICKSEN P., LAWESSON J.E., 1992. Vegetation types and patterns in Senegal based on multivariate analysis of field and NOAA-AVHRR satellite data. *Journal of Vegetation Science*, 3 : 535-544 p.

GALLART F., LLORENS P., 2003, Catchment management under environmental change: impact of land cover change on water resources. *Water Int.*, Vol 28, pp. 334–340.

GARNIER B., GUÉRIN-PACE F., 2010. Appliquer les méthodes de la statistique textuelle. *Les Collections du CEPED*, Paris, 82 p.

GIEC., 2007. Bilan 2007 des changements climatiques : Atténuation du Changement Climatique (Contribution du Groupe de travail III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). Cambridge, GB et New York, NY, USA. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg3.htm>

GIFFARD P. L., 1974. L'arbre dans le paysage sénégalais. Sylviculture en zone tropicale sèche. Centre technique forestier tropical, Dakar, 431 p.

GIRARD M.C., GIRARD C.M., 2010. Traitement des données de télédétection : Environnement et ressources naturelles. Dunod, Paris, 2^e édition, 553 p.

GOND V., FONTES J., LOUDJANI P., 1997. Dynamique des biomes africains par l'analyse de séries temporelles satellitaires. *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie*, pp 179-188.

GREEN G.M., SUSSMAN R.W., 1990. Deforestation History of the Eastern Rain Forests of Madagascar from Satellite Image. *Science*, Vol. 248, Issue 4952, pp. 212-215.

GUEYE M., OZER A., 2000. Apport de la télédétection à l'étude de la transformation de l'agriculture et de l'environnement dans le département de Bignona (Sénégal méridional). La télédétection en francophonie : analyse critique et perspectives, *Edition. AUF*, pp. 141-151.

GUEYE S., 2000. Étude sur les ressources forestières et les plantations forestières du Sénégal Période : 1992 — 99. *Rapport CE-FAO (1998-2002) GCP/INT/679/EC*, 61 p.

GUYOT G., 1989. Signatures spectrales des surfaces naturelles, *Collection Télédétection satellitaire, Paradigme*, 43 106 145

GUYOT G., SAINT G., 1982. Les principaux apports du colloque international « signature spectrales d'objets en télédétection » dans le domaine spectral du visible et du proche infra-rouge. In « *Actes du symposium international de la commission VII de la société internationale de Photogrammétrie et télédétection* », volume 2, Toulouse du 13-17 septembre, Ed.-Berlin, pp. 95-108.

HAMEL A., DIENG C., NIANG A., DIOP A.B., KAIREE M., TAMBA A., 2011. La couverture des besoins énergétiques ménagers du Sénégal par les forêts naturelles aménagées : rêve ou réalité ? (Impacts sur les politiques nationales et opportunités liées aux Mécanismes « carbone »), *CIRAD*, 26 p.

HOUNTONDJI Y-C.H., 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 en Sciences et Gestion de l'Environnement de l'Université de Liège*, 181 p.

IDBRAIM S., 2009. Méthodes d'extraction de l'information spatiale et de classification en imagerie de télédétection : Applications à la cartographie thématique de la région d'Agadir (Maroc). *Thèse de Doctorat en Télédétection et Traitement d'images, Université de Toulouse III — Paul Sabatier*, 143 p.

JACQUIN A., 2010. Dynamique de la végétation des savanes en lien avec l'usage des feux à Madagascar. Analyse par série temporelle d'images de télédétection. *Thèse de Doctorat en Fonctionnement des écosystèmes et agrosystèmes, Université de Toulouse*, 144 p.

JANODET E., BLASCO F., 1993. Cartes écologiques de la végétation et télédétection satellitaire. Éd. AUPELF-UREF. *Les Presses de l'Université du Québec*, pp. 247-261.

JARJU A.M., SOLLY B., 2020. Analysis of the efficiency of precipitation on the evolution of agricultural production in Upper-Casamance (South Senegal) between 1985 and 2018. *The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM)*, vol 10, pp. 1-11.

JOLY G., 1987. Traitement informatique de l'image satellitaire. *Le Bulletin de l'EPI*, N° 47, pp. 233-239.

JOSE S., 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits : an overview. *Agroforest Syst*, 76, pp. 1-10.

KAROUI M.S., 2012. Méthodes de séparation aveugle de sources et application à la télédétection spatiale. *Thèse de Doctorat en Signal, Image, Acoustique & Optimisation, Université Toulouse III Paul Sabatier France et Université des Sciences et de la Technologie d'Oran — Mohamed Boudiaf Algérie*, 176 p.

KARSENTY A., PIRARD R., 2007. Forêts tropicales : la question du bien public mondial et la quête d'instruments économiques multilatéraux pour un régime international. *Revue Forestière Française*, n° 5, pp. 535-547.

KEITA M.S., 2010. La dégradation des formations végétales et les stratégies des populations dans la partie sud du Sénégal : Cas de la commune rurale de Kéréwane. *Mémoire de Master, Université Cheikh Anta Diop, Dakar*, 146 p.

KOCH B., 2013. La télédétection et son utilisation dans les évaluations forestières nationales (EFN). *Répertoire des connaissances sur évaluation des ressources forestières nationales*, 18 p.

KPEDENOU K.D., AHE P., BOUKPESSI T., 2016. Dynamique spatio-temporelle de l'occupation/utilisation des terres dans le sud-est Togo : essai de cartographie à l'aide de la télédétection spatiale. *Ahoho, Laboratoire de Recherche sur la Dynamique des Milieux et des Sociétés (LARDYMES)*, pp. 131-143.

KYALE KOY J., WARDELL D. A., MIKWA J.-F., KABUANGA J.M., MONGA NGONGA A.M., OSZWALD J., DOUMENGE C., 2019. Dynamique de la déforestation dans la Réserve de biosphère de Yangambi (République Démocratique du Congo): variabilité spatiale et temporelle au cours des 30 dernières années, *Bois et Forêts des Tropiques*, 341, p. 15-28.

LAFON P., SALEM A., 1983. L'inventaire des segments répétés d'un texte. In : *Mots*, n°6, mars 1983. *L'œuvre de Robert-Léon Wagner. Vocabulaire et idéologie. Analyses automatiques*. pp. 161-177.

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.

LE BORGNE J., 1990. La dégradation actuelle du climat en Afrique, entre Sahara et Equateur. In « *La dégradation des paysages en Afrique de l'ouest*, J-F Richard. (eds). » Séminaire de Dakar, 21-26 novembre 1988, pp. 17-36.

LECERF R., 2008. Suivi des changements d'occupation et d'utilisation des sols d'origine anthropique et climatique à l'échelle régionale par télédétection moyenne résolution (Application à la Bretagne). *Thèse de Doctorat de Géographie, Université de Rennes 2*, 325 p.

LE HOUEROU H.N., 1992. Relations entre la variabilité des précipitations et celle des productions primaire et secondaire en zone aride. In *L'Aridité, Une Contrainte au Développement*. ORSTOM Editions, Didactiques, pp. 197-220.

LENCO M., 1979. La télédétection : une nouvelle source d'information pour l'environnement. *Journal de la société statistique de Paris*, tome 120, n° 1, pp. 32-50.

LONG D., SHEN Y.J., SUN A., HONG Y., LONGUEVERGNE L., YANG Y.T., LI B., CHEN L., 2014. Drought and flood monitoring for a large karst plateau in southwest China using extended GRACE data. *Remote Sens Environ.*, 155, pp. 145-160.

LUND, H.G., 2009. What is a degraded forest ? *Forest Information Services*. Gainesville, VA, USA. <http://home.comcast.net/~gyde/2009forestdegrade.doc>

MACQUEEN J., 1967. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, 1:281-297.

MAFHOUD I., 2009. Cartographie et mesure de la biodiversité du Mont Ventoux. Approche par Système d'Information Géographique et Télédétection, préconisations méthodologiques et application pour l'aménagement forestier. *Thèse de Doctorat, Université d'Avignon*, 220 p.

MAHE G., DIELO P., PATUREL J-M., BARBIER B., KARAMBIRI H., DEZETTER A., DIEULIN C., ROUCHE N., 2010. Baisse des pluies et augmentation des écoulements au Sahel : impact climatique et anthropique sur les écoulements du Nakambe au Burkina Faso. *Sécheresse* vol. 21, n° 1, 6 p.

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.

MANGA A., LAKE L-A., SAGNA N.S.E.S., 2012. La cartographie d'une activité de prélèvement de ressources naturelles un compromis entre échelles et modes de représentation. *CFC*, N° 213, pp. 115-126.

MANGA A., 2006. L'arbre, le chantier, la meule : glissement vers la fin d'une logique de prélèvement « pérenne ». Analyse et cartographie de la production du charbon de bois dans le

département de Tambacounda (Sénégal). *Thèse de Doctorant, Université Cheikh Anta Diop*, Dakar, 284 p.

MARTINY N, CAMBERLIN P, RICHARD Y 2005. Interannual persistence effects in vegetation dynamics of semi-arid Africa. *Geophys. Res. Lett.* 32:L24403, doi:10.1029/2005GL024634

MASSE A., 2013. Développement et automatisation de méthodes de classification à partir de séries temporelles d'images de télédétection — Application aux changements d'occupation des sols et à l'estimation du bilan carbone. *Thèse de Doctorat en Traitement d'image appliqué à la télédétection*, Université Toulouse III Paul Sabatier, 223 p.

MAYAUX P., EVA H., FOURNIER A., SAWADOGO L., PALUMBO I., GREGOIRE J-M., 2003. Apport des techniques spatiales pour la gestion des aires protégées en Afrique de l'Ouest. *Séminaire régional sur l'aménagement et la gestion des aires protégées d'Afrique de l'Ouest, Parakou*, Bénin, 14-19 avril 2003, 8 p.

MBALLO I., SY O., SOLLY B., THIOR M., 2020. Identisation et priorisation des stratégies d'adaptation des systèmes agricoles face à la variabilité climatique en Haute Casamance (Sénégal). *J. Wat. Env. Sci. Vol. 4, N° 1*, pp. 565-588.

MBAYE T., 2009. Pressions anthropiques et évolution des massifs forestiers dans un contexte de décentralisation en Haute-Casamance (Sénégal) : Dynamique des ressources ligneuses après coupe dans la forêt communautaire de Saré Gardi (Kolda). *Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop*, Dakar, 235 p.

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 3^e Cycle de l'Institut des Sciences de l'Environnement*, Dakar, 120 p.

MCKEE, T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the eight conference on applied climatology, Anaheim, California, Boston, American Meteorological Society*, pp. 179-184.

MEPN. 2018. Code forestier du Sénégal : loi N° 2018-25 du 12 Novembre 2018. Edition République du Sénégal, Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature, Direction des Eaux, Forêts, Chasse et de la Conservation des Sols, Dakar (Sénégal), 26 p.

MEPN. 1998. Code forestier du Sénégal : loi N° 98-03 du 08 janvier 1998, décret N° 98-164 du 20 février 1998. Edition République du Sénégal, Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature, Direction des Eaux, Forêts, Chasse et de la Conservation des Sols, Dakar (Sénégal), 39 p.

MEPN. 1995. Code forestier : loi N° 93-06 du 04 février 1993, Edition République du Sénégal, Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature, Direction des Eaux, Forêts, Chasse et de la Conservation des Sols, Dakar (Sénégal), 17 p.

MICHEL P., 1990. La dégradation des paysages au Sénégal. In « *La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest, J-F Richard. (eds).* » Séminaire de Dakar, 21-26 novembre 1988, pp. 37-53.

MICHEL P., 1973. Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie, Étude géomorphologique. *Thèse de Doctorat d'Etat, Mémoires ORSTOM, N°63, Tome 3, Paris, 753 p.*

MULLER E., 2000. Essai de mise en place d'une base de données de signatures spectrales standard : application à la vallée de la Garonne (France). In : *La télédétection en Francophonie : analyse critique et perspectives.* Éd. AUF. pp. 349-355.

NATIONS UNIES., 2016. Convention-Cadre sur les changements climatiques. Rapport de la conférence des Parties sur sa vingt et unième session, tenue à Paris du 30 novembre au 13 décembre 2015. *FCCC/CP/2015/10*, 45 p.

NATIONS UNIES., 2012. Conférence des Nations Unies sur le développement durable. In « *Actes de conférence des Nations Unies sur le développement durable Rio de Janeiro, Brésil 20-22 juin 2012* », A/CONF.216/L.1, 60 p.

NATIONS UNIES., 2002. Rapport du sommet mondial pour le développement durable Johannesburg (Afrique du Sud), 26 août-4 septembre 2002. *A/CONF.199/20*, 192 p.

NATIONS UNIES., 1992. Déclaration de Rio sur l'environnement et le Développement. *Rio de Janeiro du 3 au 14 juin 1992*, A/CONF.151/26, Vol. I, <https://www.un.org/french/events/rio92/aconf15126vol1f.htm>.

NATIONS UNIES., 1972. Report of the United Nations conference of the human environment Stockholm, 5-16 June 1972. *A/CONF.48/14/Rev.1*, 77 p.

NDIAYE P., 2000. Le prélèvement des ressources vivantes au Sénégal Oriental (Tambacounda et Kolda) PSO. Rapport convention SODEFITEX/UCAD/IRD, Dakar, 72 p

NDIAYE P., 1984. Végétation et faune. In les Atlas Jeune Afrique. Le Sénégal. Paris, éditions Jeune Afrique, pp. 18-19.

NDIONE J.A., 1998. Contraintes et évolution climatique récente au Sénégal Oriental : Impacts sur le milieu physique. *Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 416 p.*

NEETI N., EASTMAN J.R., 2011. A Contextual Mann-Kendall Approach for the Assessment of Trend Significance in Image Time Series. *Transactions in GIS*, 15(5): pp. 599–611.

N'GAÏDE A., 1998. Le royaume peul du Fuladu de 1967 à 1936 (l'esclave, le colon et le marabout). *Thèse doctorat de troisième cycle, Département d'histoire, Université Cheikh Anta Diop, 280 p.*

N'GAÏDE A., 1997. Stratégies d'occupation de l'espace et conflits fonciers : les marabouts *gaabunke* et les peuls *jaawaringa* (Région de Kolda, Sénégal). In « *Le territoire, lien ou frontière ? Identités, conflits ethniques, enjeux et recompositions territoriales, Bonnemaïson J, Cambrézy L., Quinty-Bourgeois L. (eds), »*, Actes du colloque du 2 — 4/09/1995. Paris, Orstom, coll. *Colloques et séminaires*, Cd-Rom, 18 p.

NIANG A., 1990. La réintroduction de faune sauvage dans les Parcs Nationaux du Sénégal : Etude de la Gazelle dama (Gazelle dama Mhorr) à la réserve spéciale de Geumbeul (Saint-Louis). *Thèse de Doctorat, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 132 p.*

NOËL GANSAONRE R., ZOUNGRANA B.J.-B., ISIDORE YANOGO P., 2020. Dynamique du couvert végétal à la périphérie du Parc W du Burkina Faso. *Belgeo*, vol 1, p. 1-23.

NOUACEUR Z., 2020. La reprise des pluies et la recrudescence des inondations en Afrique de l'Ouest sahélienne. *Physio-Géo*, Vol 15, pp. 89-109.

OCHOA-GAONA S., GONZALES-ESPINOSA M., 2000. Land use and deforestation in the highlands of Chiapas, Mexico. *Applied Geography*, vol. 20. pp. 17-42

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

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.pdf

OLOUKOI J., MAMA V.J., AGBO F.B., 2006. Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le département des collines au Bénin. *Télétection*, vol. 6, n° 4, pp. 305-323.

OMM, 2012 : Guide d'utilisation de l'indice de précipitations normalisé. Temps-Climat-Eau, OMM-N°1090, 25p

OUERDANI H., 1993. L'usage des images satellitaires en géographie : apports et limites. *Théo Quant*, pp. 29-36.

PAF 2005. Plan d'aménagement forestier de la forêt communautaire de Saré Gardi. *Programme de Gestion Durable et Participative des Énergies Traditionnelles et de Substitution*, 126 p.

PAIN-ORCET M., LO SEEN D., FAUVET N., TREBUCHON J-F., DIPAPOUNDJI B., 1998. Les cartes, la télédétection et les SIG, des outils pour la gestion et l'aménagement des forêts tropicales d'Afrique Centrale. *Rapport CIRAD-Forêt*, Campus International de Baillarguet, Montpellier, 27 p.

PASCAL J.P., 2003. Notions sur les structures et dynamique des forêts tropicales humides. *Rev. For. Fr. LV*, pp. 118-130.

PASEF 2011. Evaluation économique des écosystèmes forestiers et de leurs services : cas des forêts classées Mahon-Bakor et de produits forestiers dans la région de Kolda. *Projet d'Amélioration et de Valorisation des Services des Ecosystèmes Forestiers au Sénégal. Rapport Final*, 145 p.

PELISSIER P., 1966. Les paysans du Sénégal : les civilisations du Cayor à la Casamance. Ed. Saint Yrieux, Imprimerie Fabrègue, 954 p.

PETTTIT, A.N., 1979. A non-parametric approach to the change-point problem, *Appl. Statist.* 28 (2): pp. 126-135.

PNUE., 2002. L'avenir de l'environnement en Afrique, le passé, le présent et les perspectives d'avenir. Earthscan, Royaume-Uni, 422 p.

PNUE/CDB/SBSTA. 2001. Main Theme: Forest Biological Diversity. Rapport du Groupe d'expert technique ad hoc sur la diversité biologique des forêts. Septième réunion, Montréal, 12-16 novembre 2001. (www.biodiv.org/programmes/areas/forest/definitions.asp)

POUPON H., 1979. Étude de la phénologie de la strate ligneuse à Fété-Olé (Sénégal septentrional) de 1971 à 1977. *Bulletin de l'IFAN*. Série A : Sciences Naturelles, T. 41, pp. 44-91.

PROGEDE., 2009. Bilan des réalisations du PROGEDE Janvier 1998 — Décembre 2008. Edition République du Sénégal, Projet de Gestion Durable et Participative des Energies Traditionnelles et de Substitution, Rapport de travail, Dakar (Sénégal), 33 p.

RIBOT J.C., 2001. Historique de la gestion forestière en Afrique de l'Ouest. Ou : comment la « science » exclut les paysans ». *Dossier IIED*, n ° 104, 17 p.

RODES ARNAU I., 2016. Estimation de l'occupation des sols à grande échelle pour l'exploitation d'images d'observation de la Terre à hautes résolutions spatiale, spectrale et temporelle. *Thèse de Doctorat au Centre d'Études Spatiales de la BIOSphère*, Université Toulouse III Paul Sabatier, France, 205 p.

SAGNA P., 2005. Dynamique du climat et son évolution récente dans la partie ouest de — l'Afrique occidentale. *Thèse de Doctorat d'État ès Lettres, Département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop*, Dakar, Tome 1, 270 p.

SALEM A., 1984. La typologie des segments répétés dans un corpus, fondée sur l'analyse d'un tableau croisant mots et textes, *Les cahiers de l'analyse des données*, tome 9, n ° 4, pp. 489-500.

SAMAALI H., 2011. Étude de l'évolution de l'occupation et de l'utilisation du sol dans le delta de Mejerda par télédétection et Système d'Information Géographique. *Thèse de Doctorat de Géographie, Université de Tunis*, 361 p.

SAMBOU S., DACOSTA H., PATUREL J-E., 2018. Variabilité spatio-temporelle des pluies de 1932 à 2014 dans le bassin versant du fleuve Kayanga/Gêba (République de Guinée, Sénégal, Guinée-Bissau) », *Physio-Géo*, Vol 12, pp. 61-78.

SAMBOU B., 2004. Evolution de l'état, de la dynamique et des tendances évolutives de la flore et de la végétation ligneuses dans les domaines soudanien et sub-guinéen au Sénégal. *Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Université Cheikh Anta Diop, Dakar*, 237 p.

SAN EMETERIO J-L., LACAZE B., MERING C., 2011. Détection des changements de la couverture végétale au Sahel durant la période 1982-2002 à partir des données NDVI et précipitation. *Téledétection*, vol 10, p. 135-143.

SANE T., 2017. Vulnérabilité et adaptabilité des systèmes agraires à la variabilité climatique et aux changements sociaux en Basse-Casamance (Sud-Ouest du Sénégal). *Thèse de Doctorat d'Etat de Géographie. Université Sorbonne Paris Cité; Université Cheikh Anta Diop de Dakar*, 376 p.

SANE T., DIOP M., SAGNA P., 2008. Étude de la qualité de la saison pluvieuse en Haute-Casamance (Sud Sénégal). *Sécheresse* vol. 19, n° 1, pp. 23-28.

SANE T., 2003. La variabilité climatique et ses conséquences sur l'environnement et les activités humaines en Haute-Casamance (Sud Sénégal). Thèse de Doctorat 3^e cycle de Géographie, *Université Cheikh Anta Diop, Dakar*, 370 p.

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. *Cybergeo : European Journal of Geography*, 16 p.

SCANLON T.M., ALBERTSON J.D., CAYLOR K.K., WILLIAMS C.A., 2002. Determining land surface fractional cover from NDVI and rainfall time series for a savanna ecosystem. *Remote Sensing of Environment*, 82, pp.376-388

SCHNEIDER A., SAMBOU K., 1982. Prospection botanique dans les Parcs Nationaux du Niokolo Koba et de Basse Casamance. In *Recherche Scientifiques dans les Parcs Nationaux du Sénégal*. Mémoire de l'IFAN, 92, pp 101-122.

SCHNELL R., 1971. Introduction à la Phytogéographie des pays tropicaux. Les problèmes généraux. Les milieux, les groupements végétaux, *Editions Gauthier-Villars*, Paris Vol. 2, VIII-452 p.

SCHNELL R., 1970. Introduction à la Phytogéographie des pays tropicaux. Les problèmes généraux. Les flores, les structures. *Editions Gauthier-Villars*, Paris, Vol. 2, XVI-500 p.

SÉGUIE 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.

SIDIBE M., 2005. Migrants de l'arachide. La conquête de la forêt classée de Pata. Casamance, Sénégal, IRD Editions, Paris, 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.

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'occupation des sols. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, 223, pp. 1-15.

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., MBALLO I., DIEYE E.H.B., SY O., 2020b. Analyse de la croissance spatiale de la ville de Kolda entre 1965 et 2019. *EWASH & TI Journal*, vol 4, N° 3, pp. 411-419.

SOLLY B., DIEYE E.H.B., MBALLO I., SY O., SANE T., THIOR M., 2020c. Dynamique spatio-temporelle des paysages forestiers dans le sud du Sénégal : cas du département de Vélingara. *Physio-Géo*, vol 15, pp. 41-67.

SORIANO A., PARUELO J.M., 1992. Biozones : vegetation units defined by functional characters identifiable with the aid of satellite sensor images. *Global Ecology and Biogeography letters*, 2 : 82-89 p

SOW A.A., 2007. L'hydrologie du Sud-Est du Sénégal et de ses Confins guinéo-maliens : les bassins de la Gambie et de la Falémé. *Thèse de doctorat de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar*, 1232 p.

SOW M., MBOW C., HELY C., FENSHOLT R., SAMBOU B., 2013. Estimation of Herbaceous Fuel Moisture Content Using Vegetation Indices and Land Surface Temperature from MODIS Data. *Remote Sens.*, 5, pp. 2617-2638.

SPRACKLEN D.V., ARNOLD S.R., TAYLOR C.M., 2012. Observations of increased tropical rainfall preceded by air passage over forests. *Nature*, vol 489, pp. 282-286.

SREF KOLDA., 2018. Rapport annuel 2018. Service Régional des Eaux et Forêts, Kolda (Sénégal), 36 p.

SREF KOLDA., 2014. Rapport annuel 2014. Service Régional des Eaux et Forêts, Kolda (Sénégal), 100 p.

SREF KOLDA., 2013. Bilan de la campagne de lutte contre les feux de brousse 2012-2013. Rapport, 2013, Service Régional des Eaux et Forêts, Kolda (Sénégal),

SREF KOLDA., 2007. Rapport annuel 2007. Service Régional des Eaux et Forêts, Kolda (Sénégal), 92 p.

SRSD KOLDA, 2018. Situation économique et sociale régionale 2013. Édit. Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, Kolda (Sénégal), 115 p.

SRSD KOLDA, 2009. Situation économique et sociale de la région de Kolda en 2009. Édit. Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, Kolda (Sénégal), 151 p.

STANCIOFF A., STALJANSSENS M., TAPPAN G., 1986. Cartographie et télédétection des ressources de la république du Sénégal. Étude de la géologie, de l'hydrogéologie, des sols, de la végétation et des potentiels d'utilisation des sols. Remote Sensing Institute, SDSU-RSI-86-01, 653 p.

STEFFEN W., GRINEVALD J., CRUTZEN P.J., MCNEILL J., 2011. The Anthropocene : conceptual and historical perspectives: *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, v. 369, no. 1938, p. 842-867.

SY O., 2009. Rôle de la mare dans la gestion des systèmes pastoraux sahéliens du Ferlo (Sénégal). *Cybergeo : European Journal of Geography*, pp. 1-23.

SYLLA D., BA T., GUISSÉ 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.

TANKOANO B., HIEN M., DIBI N'DA H., SANON Z., YAMEOGO J.T., SOMDA I., 2015. Dynamique spatio-temporelle des savanes boisées de la forêt classée de Tiogo au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(4): pp. 1983-2000.

TAPPAN G.G., SALL M., WOOD E.C., CUSHING M., 2004. Ecoregions and land cover trends in Senegal. *Journal of Arid Environments*, 59, pp. 427-462.

TCHIBOZO E.A., TOUNDOH O.P., 2014. Détection localisée des zones dégradées de végétation par télédétection : application à la zone de transition entre le bassin sédimentaire et le socle cristallin (Centre – Bénin). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 11 No. 2 Nov, pp. 477-493.

TEFERI E., UHLENBROOK S., BEWKET W., 2015. Inter-annual and seasonal trends of vegetation condition in the Upper Blue Nile (Abay) Basin: dual-scale time series analysis. *Earth Syst. Dynam.*, 6, 617–636.

THOMAS B.F., CAINETA J., NANTEZA J., 2017. Global assessment of groundwater sustainability based on storage anomalies. *Geophysical Research Letters*, Vol 44, pp. 1-11.

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.

TOURNEUX H., YAYA D., 1998. Dictionnaire peul de l'agriculture et de la nature (Diamaré, Cameroun), suivi d'un index français-fulfulde. Ed. Karthala /CTA/CIRAD, Paris / Wageningen / Montpellier, 547 p.

TRA BI Z.A., 2013. Étude de l'impact des activités anthropiques et de la variabilité climatique sur la végétation et les usages des sols, par utilisation de la télédétection et des statistiques

agricoles, sur le bassin versant du Bouregreg (Maroc). *Thèse de Doctorat en Géographie de l'Université d'Artois et Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan*, 191 p.

TRAORE V.B., NDIAYE M.L., DIOUF R., MALOMAR G., BAKHOUM P.W., FAYE M., ABDERAMAN M.B., MBOW C., SARR J., BEYE A.C., DIAW A.T., 2018. Variability and change analysis in temperature time series at Kolda region, Senegal. *Journal of Water and Environmental Sciences*, vol. 2, n° 2, pp. 337-358.

TRAORE S.A., 1997. Analyse de la flore ligneuse et de la végétation de la zone de Simenti (Parc National du Niokolo Koba), Sénégal Oriental. *Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle en biologie végétal, Université Cheikh Anta Diop, Dakar*, 136 p.

TROCHAIN J., 1940. Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal. Paris, éditions Larose (Dakar-IFAN, mémoire n° 2), 433 p.

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.

TSAYEM DEMAZE M., 2002. Caractérisation et suivi de la déforestation en milieu tropical par télédétection : application aux défrichements agricoles en Guyane française et au Brésil. *Sciences de l'Homme et Société. Thèse de Doctorat, Université d'Orléans*, 242 p.

UICN., 1948. Union Internationale pour la Conservation de la Nature. Créée à Fontainebleau le 05 octobre 1948. Rapport, Bruxelles, 32p.

USAID., SREF KOLDA, 2007. Plan d'aménagement de la forêt communautaire de Saré Bidji. Edition République du Sénégal, Rapport de travail, Dakar (Sénégal), 57 p.

WACKERMANN G., 2005. Dictionnaire de géographie. Ellipses, 432 p.

WANG Q., TENHUNEN J., 2004. Vegetation mapping with multitemporal NDVI in North Eastern China Transect (NECT). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol 6, n° 1, pp. 17–31.

WESSELS K.J., BERGH F.V.D., SCHOLES R.J., 2012. Limits to detectability of land degradation by trend analysis of vegetation index data. *Remote Sensing of Environment*, vol 125, p. 10-22.

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.

YAO. K., 1990. « Paysage humanisées » dans le sud-est ivoirien, à travers l'exemple du Pays Akyé ». In « *La dégradation des paysages en Afrique de l'ouest*, J-F Richard. (eds). » Séminaire de Dakar, 21-26 novembre 1988, pp. 203-219.

YENGOH, G.T. DENT, D. OLSSON, L. TENGBERG, A.E. AND TUCKER III C. J., 2015. Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Assess Land Degradation at Multiple Scales Current Status, Future Trends, and Practical Considerations. *SpringerBriefs in Environmental Science*, 110 p.

ZEWDIE W., CSAPLOVICS E., INOSTROZA L., 2017. Monitoring ecosystem dynamics in northwestern Ethiopia using NDVI and climate variables to assess long term trends in dryland vegetation variability. *Applied Geography*, 79, pp. 167-178.

ZOUNGRANA B. J-B., CONRAD C., THIEL M., AMEKUDZI L.K., DA E.D., 2018. MODIS NDVI trends and fractional land cover change for improved assessments of vegetation degradation in Burkina Faso, West Africa. *Journal of Arid Environments*, vol 153, p. 66-75.

ZULLO A., 2016. Analyse de données fonctionnelles en télédétection hyperspectrale : Application à l'étude des paysages agro-forestiers. *Thèse de Doctorat en Dynamiques et écologie des paysages agroforestiers*, Université Toulouse III Paul Sabatier, France, 126 p.

WEBOGRAPHIE

<http://www.cybergeogeo.revues.org>

<http://www.earthexplorer.gov>

<https://vertigo.revues.org/11515>

<http://www.documentation.ird.fr>

<http://www.secheresse.info>

<http://www.gallica.bnf.fr>

<http://www.thesesups.ups-tlse.fr>

<https://pular.webonary.org/browse/browse-pular-francais>

<https://fr.glosbe.com>

<https://pular.webonary.org/browse/browse-pular-francais>

<http://www.tropicos.org/Home.aspx>

<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>

ANNEXES

ANNEXE 1 : TABLE DES CARTES, DES FIGURES, DES TABLEAUX ET DES PHOTOGRAPHIES

TABLE DES CARTES

| | |
|---|----|
| Carte 1: Localisation de la zone d'étude dans le sud du Sénégal | 10 |
| Carte 2: Les forêts classées de la Haute-Casamance | 12 |
| Carte 3: Les forêts aménagées de la Haute-Casamance..... | 14 |
| Carte 4: Localisation des localités d'enquêtes | 19 |
| Carte 5: Identification des classes d'occupation des sols sur l'image OLI-TIRS de 2018 à partir de la combinaison de la bande du PIR, du Rouge et de l'ACP 1 | 34 |
| Carte 6: Localisation des forêts classées et aménagées choisies | 57 |
| Carte 7: État de l'occupation des sols en 1987 en Haute-Casamance | 62 |
| Carte 8: État de l'occupation des sols en 1999 en Haute-Casamance | 64 |
| Carte 9: État de l'occupation des sols en 2010 en Haute-Casamance | 66 |
| Carte 10: État de l'occupation des sols en 2018 en Haute-Casamance | 68 |
| Carte 11: Changements d'occupation des sols entre 1987 et 1999 en Haute-Casamance..... | 72 |
| Carte 12: Changements d'occupation des sols entre 1999 et 2010 en Haute-Casamance..... | 73 |
| Carte 13: Changements d'occupation des sols entre 2010 et 2018 en Haute-Casamance..... | 74 |
| Carte 14: Bilan des changements d'occupation des sols entre 1987 et 2018 en Haute-Casamance..... | 77 |
| Carte 15: (a) Tendances du NDVI entre 2000 et 2018 en Haute-Casamance. Et (b) significativité au seuil de 10 % | 79 |
| Carte 16: Changements de l'occupation des sols entre 1999-2018 en Haute-Casamance (à partir de l'image Landsat)..... | 81 |
| Carte 17: Changements entre le NDVI/LULCC entre 1999-2018 en Haute-Casamance (a), Convergence/Divergence entre le NDVI/LULCC (b)..... | 83 |
| Carte 18: Evolution de l'occupation des sols dans la forêt classée de Pata en 1965, 1987, 1999 et 2018..... | 85 |
| Carte 19: Changements de l'occupation des sols et modifications de la végétation dans la forêt classée de Pata entre 1965 et 2018 | 87 |
| Carte 20: Evolution de l'occupation des sols dans la forêt classée de Dabo en 1965, 1987, 1999 et 2018..... | 90 |
| Carte 21: Changements de l'occupation des sols et modifications de la végétation dans la forêt classée de Dabo entre 1965 et 2018 | 91 |

| | |
|--|-----|
| Carte 22: Evolution de l'occupation des sols dans la forêt classée de Kantora en 1965, 1987, 1999 et 2018 | 93 |
| Carte 23: Changements de l'occupation des sols et modifications de la végétation dans la forêt classée de Kantora entre 1965 et 2018 | 94 |
| Carte 24: Evolution de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Saré Bidji en 1965, 1987, 1999 et 2018 | 97 |
| Carte 25: Changements de l'occupation des sols et modifications de la végétation dans la forêt aménagée de Saré Bidji entre 1965 et 2018 | 99 |
| Carte 26: Evolution de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Médina Salam Dingha en 1965, 1987, 1999 et 2018 | 100 |
| Carte 27: Changements de l'occupation des sols et modifications de la végétation dans la forêt aménagée de Médina Salam Dingha entre 1965 et 2018 | 102 |
| Carte 28: Evolution de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Bonconto en 1965, 1987, 1999 et 2018 | 104 |
| Carte 29: Changements de l'occupation des sols et modifications de la végétation dans la forêt aménagée de Bonconto entre 1965 et 2018..... | 106 |
| Carte 30: Évolution des surfaces agricoles en 1987, 1999, 2010 et 2018..... | 114 |
| Carte 31: Spatialisation des grands foyers de peuplement de la région de Kolda | 139 |
| Carte 32: Localisation des stations climatiques selon les domaines climatiques en Haute-Casamance..... | 144 |
| Carte 33: Spatialisation des Indices Standardisés des Précipitations entre 1951 et 1967..... | 151 |
| Carte 34: Spatialisation des Indices Standardisés des Précipitations entre 1968 et 2002..... | 152 |
| Carte 35: Spatialisation des Indices Standardisés des Précipitations entre 2003 et 2018..... | 152 |
| Carte 36: Influence de la sécheresse sur la savanisation selon le niveau de déficit entre 1965 et 1987 | 160 |
| Carte 37: Influence de la sécheresse sur l'évolution des savanes au Nord-Ouest de la Haute-Casamance entre 1987 et 1999..... | 161 |

TABLE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Images satellitaires Landsat nécessaires pour couvrir la zone d'étude (scènes p204-r051 à gauche et p203-r051 à droite) | 29 |
| Figure 2: Zoom sur les classes d'occupation des sols identifiées à partir de l'image Landsat OLI-TIRS 2018 | 37 |

| | |
|---|-----|
| Figure 3: Histogrammes des signatures spectrales de la classification non supervisée de l'image Landsat OLI-TIRS de 2018..... | 39 |
| Figure 4: Signatures spectrales de la végétation [Source : Dusseux, 2014]..... | 40 |
| Figure 5: Profils spectraux des groupes de classes | 42 |
| Figure 6: Regroupement des classes issues de la classification de l'image Landsat OLI-TIRS 2018..... | 44 |
| Figure 7: Histogrammes des signatures spectrales de la classification sur le masque forêt claire | 46 |
| Figure 8: Histogrammes des signatures spectrales de la classification sur le masque savane boisée..... | 47 |
| Figure 9: Histogrammes des signatures spectrales de la classification sur le masque savane arborée à arbustive | 48 |
| Figure 10: Histogrammes des signatures spectrales de la classification sur le masque brûlis | 48 |
| Figure 11: Histogrammes des signatures spectrales de la classification sur le masque « zones de culture » | 49 |
| Figure 12: Histogrammes des signatures spectrales de la classification sur le masque eau ... | 50 |
| Figure 13: Profil spectral des classes d'occupation des sols en 2018 | 50 |
| Figure 14: Image avant et après correction sur TerrSet | 55 |
| Figure 15: Evolution de l'occupation des sols en 1987, 1999, 2010 et 2018 en Haute-Casamance..... | 70 |
| Figure 16: Evolution en hectare de l'occupation des sols dans la forêt classée de Pata en 1965, 1987, 1999 et 2018 | 86 |
| Figure 17: Evolution en hectare de l'occupation des sols dans la forêt classée de Dabo en 1965, 1987, 1999 et 2018 | 91 |
| Figure 18: Evolution en hectare de l'occupation des sols dans la forêt classée de Kantora en 1965, 1987, 1999 et 2018 | 94 |
| Figure 19: Évolution en hectare de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Saré Bidji en 1965, 1987, 1999 et 2018 | 98 |
| Figure 20: Évolution en hectare de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Médina Salam Dingha en 1965, 1987, 1999 et 2018 | 101 |
| Figure 21: Évolution en hectare de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Bonconto en 1965, 1987, 1999 et 2018 | 105 |

| | |
|---|-----|
| Figure 22: Surfaces emblavées dans le bassin de l’Anambé en 1987 et 2018 (Source : Compositions colorées infrarouges fausses couleur de l’image Landsat TM 1987 et OLI-TIRS 2018)..... | 115 |
| Figure 23: Défrichement à des fins de plantations de bananeraies dans la commune de Ouassadou (Source : Compositions colorées infrarouges fausses couleur de l’image Landsat OLI-TIRS 2013 et Sentinel 2B de 2018) | 118 |
| Figure 24: Superficies touchées chaque année par les feux de brousse de 2002-03 à 2017-18 (Source : SREF Kolda, 2013 et 2018)..... | 120 |
| Figure 25: Perception des populations sur les facteurs de la dynamique globale des formations forestières | 120 |
| Figure 26: Type de feux les plus destructeurs de la forêt selon les populations | 122 |
| Figure 27: Concordance du groupe de mot « les feux de brousse » extrait des entretiens réalisés dans les localités de Coumbacara, Dabo, Daybatoul Bacor et Dialambéré | 123 |
| Figure 28: Distribution et utilisation du mot « feux » extrait des entretiens réalisés à Coumbacara..... | 124 |
| Figure 29: Les raisons de la coupe du bois selon les populations..... | 125 |
| Figure 30: Principales espèces ciblées pour la vente selon la fréquence de citation des populations | 126 |
| Figure 31: Concordance du mot « humide » extrait des entretiens réalisés dans les localités de Coumbacara et Médina Touat | 134 |
| Figure 32: Utilisation du mot « coupe » extrait de l’entretien réalisé avec le chef de village de Coumbacara..... | 135 |
| Figure 33: Evolution interannuelle de la pluviométrie et année de rupture dans le domaine nord-soudanien..... | 145 |
| Figure 34: Evolution interannuelle de la pluviométrie et année de rupture dans le domaine sud-soudanien..... | 145 |
| Figure 35: Évolution des précipitations moyennes mensuelles à Kolda (a) et à Vélingara durant les périodes 1951-1967, 1968-2002 et 2003-2018 | 147 |
| Figure 36: Évolution des indices standardisés des précipitations dans le domaine nord-soudanien de la Haute-Casamance (1951-2018) | 149 |
| Figure 37: Évolution des indices standardisés des précipitations dans le domaine sud-soudanien de la Haute-Casamance (1951-2018) | 150 |
| Figure 38: Évolution moyenne mensuelle des Indices Standardisés des Températures aux stations de Kolda et de Vélingara (1987-2018)..... | 153 |

| | |
|---|-----|
| Figure 39: Évolution moyenne annuelle des indices standardisés des températures à la station de Kolda (1987-2018) | 154 |
| Figure 40: Évolution moyenne annuelle des indices standardisés des températures à la station de Vélingara (1987-2018) | 155 |
| Figure 41: Évolution des coefficients d'hydraulicité dans le bassin de la Casamance en amont de Kolda et dans le bassin de la Kayanga de 1976-1977 à 2007-2008 | 157 |
| Figure 42: Variations mensuelles des hauteurs d'eau (en cm) estimées à partir des données GRACE et des précipitations de 2003 à 2015 à la station de Kolda et de Vélingara | 158 |
| Figure 43: Variations interannuelles des hauteurs d'eau (en cm) estimées à partir des données GRACE et des précipitations de 2003 à 2015 à la station de Kolda et de Vélingara | 158 |
| Figure 44: Principales activités socio-économiques des populations en Haute-Casamance | 165 |
| Figure 45: Principales activités des ménages selon la date d'installation..... | 166 |
| Figure 46: Effets de la déforestation sur les précipitations dans les tropiques (Source : Aragão, 2012 ; Spracklen et al., 2012 in Boulogne 2016) | 168 |
| Figure 47: Types de cultures pratiqués seuls chaque année..... | 169 |
| Figure 48: Utilisation du mot « sorgho » extrait d'un entretien réalisé à Dialambéré | 169 |
| Figure 49: Concordance du mot « rizières » extrait des entretiens réalisés dans la région... | 171 |
| Figure 50: Évolution des zones de cultures selon les producteurs | 172 |
| Figure 51: Évolution de la production céréalière et industrielle en tonne de la région de Kolda entre 1985 et 2014 [Source : DRDR Kolda] | 173 |
| Figure 52: Perception sur la satisfaction de la production agricole en fonction de la taille des ménages..... | 174 |
| Figure 53: Principales actions de préservation de la forêt..... | 178 |
| Figure 54: Principales espèces abondantes dans la région de Kolda selon la fréquence de citation des populations | 186 |
| Figure 55: Principales espèces rares dans la région de Kolda selon la fréquence de citation des populations | 187 |
| Figure 56: Distribution et utilisation du mot « biches » extrait d'un entretien à Pata..... | 187 |
| Figure 57: Principales espèces rares dans la région de Kolda selon la fréquence de citation des populations | 188 |
| Figure 58: Distribution et utilisation du mot « buffles » extrait d'un entretien à Dialambéré | 189 |
| Figure 59: Principales espèces abondantes dans la région de Kolda selon la fréquence de citation des populations | 192 |

| | |
|---|-----|
| Figure 60: Principales espèces abondantes dans le département de Kolda selon la fréquence de citation des populations | 193 |
| Figure 61: Principales espèces abondantes dans le département de Vélingara selon la fréquence de citation des populations | 194 |
| Figure 62: Principales espèces abondantes dans le département de Médina Yoro Foulah selon la fréquence de citation des populations | 195 |
| Figure 63: Principales espèces rares dans la région de Kolda selon la fréquence de citation des populations | 196 |
| Figure 64: Distribution et utilisation du mot « vène » extrait d'un entretien | 197 |
| Figure 65: Segment répété du mot « le dimb » extrait des entretiens | 198 |
| Figure 66: Utilisation du mot « bambou » extrait d'un entretien | 198 |
| Figure 67: Principales espèces rares dans le département de Kolda selon la fréquence de citation des populations | 200 |
| Figure 68: Concordance du mot « duude » extrait des entretiens réalisés dans le département de Kolda | 200 |
| Figure 69: Principales espèces rares dans le département de Vélingara selon la fréquence de citation des populations | 201 |
| Figure 70: Principales espèces rares dans le département de Médina Yoro Foulah selon la fréquence de citation des populations | 201 |

TABLE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1: Informations sur le classement et les superficies des forêts classées en Haute-Casamance par département..... | 13 |
| Tableau 2: Répartition des forêts aménagées de la Haute-Casamance par département | 15 |
| Tableau 3: Critères de choix des forêts classées et aménagées témoins..... | 17 |
| Tableau 4: Nombre de chefs de ménages enquêtés selon les localités choisies | 20 |
| Tableau 5: Images satellites Landsat utilisées | 31 |
| Tableau 6: Regroupement des classes de l'occupation des sols | 52 |
| Tableau 7: Images aériennes et satellitaires utilisées..... | 58 |
| Tableau 8: Superficie en hectare et en pourcentage de l'occupation des sols en 1987..... | 63 |
| Tableau 9: Superficie en hectare et en pourcentage de l'occupation des sols en 1999..... | 65 |
| Tableau 10: Superficie en hectare et en pourcentage de l'occupation des sols en 2010..... | 67 |
| Tableau 11: Superficie en hectare et en pourcentage de l'occupation des sols en 2018..... | 69 |

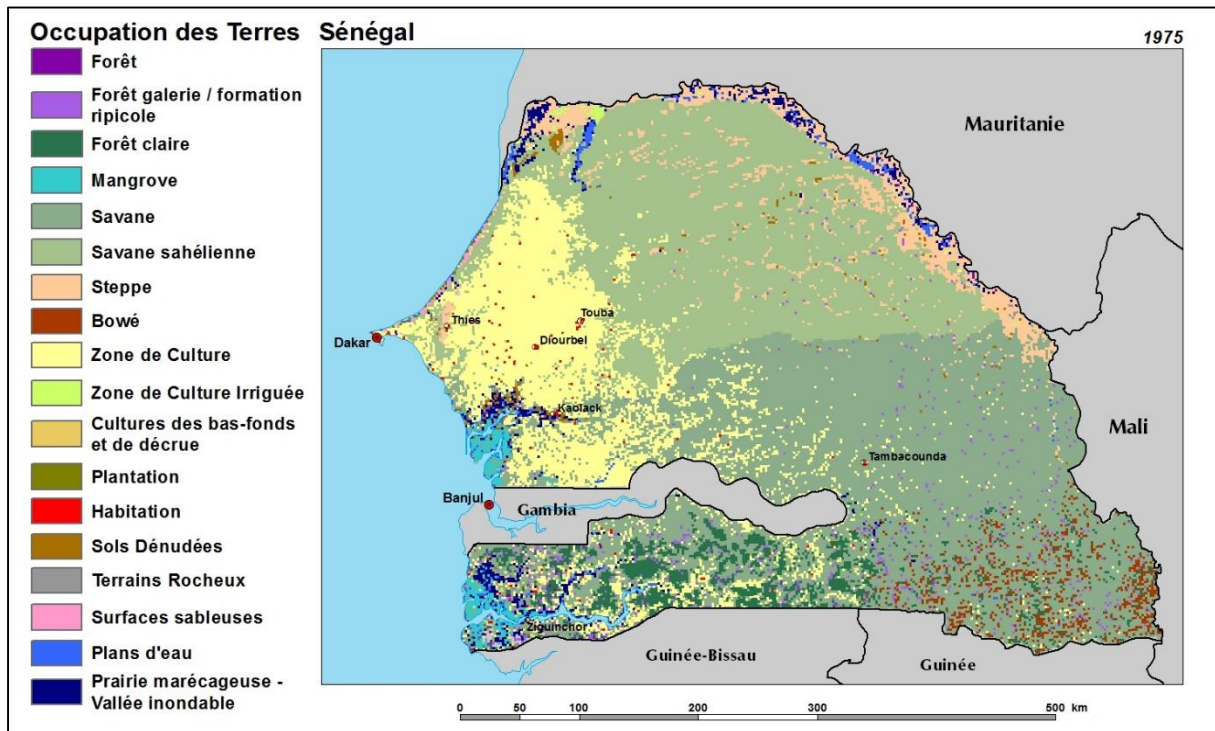
| | |
|---|-----|
| Tableau 12: Bilan en hectare des changements d'occupation des sols en Haute-Casamance entre 1987 et 2018 | 75 |
| Tableau 13: Bilan des changements de la couverture végétale entre 1999-2018 (en hectare et en pourcentage) | 82 |
| Tableau 14: Bilan des changements en hectare de l'occupation des sols dans la forêt classée de Pata entre 1965 et 2018 | 88 |
| Tableau 15: Bilan des changements en hectare de l'occupation des sols dans la forêt classée de Dabo entre 1965 et 2018 | 92 |
| Tableau 16: Bilan des changements en hectare de l'occupation des sols dans la forêt classée de Kantora entre 1965 et 2018 | 95 |
| Tableau 17: Bilan des changements en hectare de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Saré Bidji entre 1965 et 2018 | 99 |
| Tableau 18: Bilan des changements en hectare de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Médina Salam Dingha entre 1965 et 2018 | 102 |
| Tableau 19: Bilan des changements en hectare de l'occupation des sols dans la forêt aménagée de Bonconto entre 1965 et 2018..... | 107 |
| Tableau 20: Évolution comparée des superficies (en pourcentage) de l'occupation des sols entre 1965 et 2018 selon le domaine | 108 |
| Tableau 21: Superficie moyenne en hectare des surfaces agricoles des ménages par département | 116 |
| Tableau 22: Évolution de la population de la région de Kolda entre 1976 et 2013..... | 138 |
| Tableau 23: Précipitation hors saison en Haute-Casamance (en mm) entre 1951 et 2018... | 146 |
| Tableau 24: Caractéristiques de l'Indice Standardisé des Précipitations..... | 148 |
| Tableau 25: Effectif du bétail des chefs de ménages interrogés | 180 |
| Tableau 26: Effectif moyen du bétail par ménage et par département | 180 |
| Tableau 27: Liste des espèces citées par les populations..... | 185 |
| Tableau 28: Liste des espèces citées par les populations..... | 190 |
| Tableau 29: Principales espèces abondantes à la fois dans les trois départements selon la fréquence de citation des populations en pourcentage | 196 |
| Tableau 30: Principales espèces rares à la fois dans les trois départements selon la fréquence de citation des populations en pourcentage | 203 |

TABLE DES PHOTOGRAPHIES

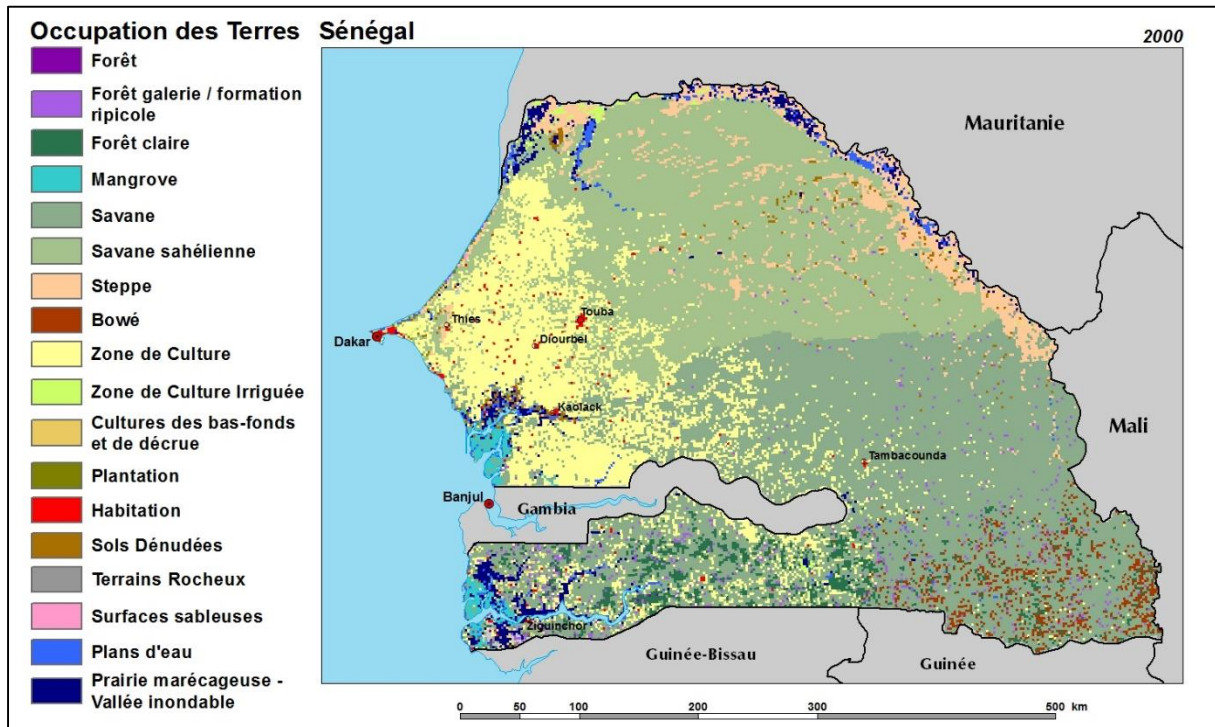
| | |
|---|-----|
| Photographie 1: Forêt claire à Bakor (février 2018) | 24 |
| Photographie 2: Forêt-galerie à Ouassadou (mars 2018) | 25 |
| Photographie 3: Savane boisée dans le Parc National du Niokolo Koba (mars 2018) | 26 |
| Photographie 4: Savane arborée à arbustive dans le Sinthiang Coundara (avril 2018) | 27 |
| Photographie 5: Parc à <i>Adansonia digitata</i> à Darou Khoudoss 2 (a) et derrière la mairie de Bourouco (b) (mars 2018) | 88 |
| Photographie 6: Vue aérienne des paysages boisés fragmentés par l'expansion agricole dans le centre de la Haute-Casamance (Source : Imagerie Google Earth du 02 janvier 2014)..... | 116 |
| Photographie 7: État de surfaces agricoles dans la forêt classée de Pata (mars 2018) | 117 |
| Photographie 8: Vue aérienne des traces de feux au-dessus de la forêt classée de Anambé à gauche et dans la forêt aménagée de Bonkonto à droite (Cliché : Imagerie Sentinel du 04 février 2019)..... | 121 |
| Photographie 9: Marché de bois du village de Saré Bodjo (Cliché : Haidar El Ali, Journal Le Monde, le 25 mai 2016) | 127 |
| Photographie 10: Taille et diamètre des espèces les plus exploitées (octobre 2016)..... | 128 |
| Photographie 11: Saisie de billons et de charrettes par la brigade de Dabo (mars 2018) | 129 |
| Photographie 12: Saisie de billons par la brigade de Pata (octobre 2016)..... | 129 |
| Photographie 13: Interpellation d'un suspect par le service forestier de Sinthiang Coundara dans la forêt du village de PK 12 (octobre 2016)..... | 129 |
| Photographie 14: Chargement de charbon produit dans la forêt aménagée de Kandiator (septembre 2018)..... | 132 |
| Photographie 15: Empreinte de la production clandestine du charbon de bois dans la forêt de Manda Douane (octobre 2016)..... | 133 |
| Photographie 16: Type de chargement de bois d'artisanat transporté vers les grandes villes du Nord du pays (septembre 2018) | 135 |
| Photographie 17: Méthode d'émondage pratiquée par les « walankos » (mars 2018)..... | 141 |
| Photographie 18: Ensablement d'une rizière à Saré Woudou (décembre 2019)..... | 170 |
| Photographie 19: Rizière enherbée et abandonnée à Linkering (avril 2018)..... | 170 |
| Photographie 20: Principales stratégies développées par les populations : Utilisation de la bouse de vache pour la fertilisation des terres (a), Pratique de la jachère pour la réhabilitation des terres (b) (mars 2018)..... | 175 |

| | |
|--|-----|
| Photographie 21: Stockage du bois de chauffe comme stratégie d'adaptation par rapport à la distance de collecte (mars 2018) | 177 |
| Photographie 22: Utilisation du bois de <i>Cordyla pinnata</i> pour la construction des cases (mars 2018)..... | 177 |
| Photographie 23: Hameau créé pour la fabrication de clé de bambou dans la forêt aménagée de Kandiator (février 2018)..... | 178 |
| Photographie 24: Tableau de sensibilisation par rapport au feu à Ouassadou (mars 2018). | 179 |
| Photographie 25: Destruction du tapis herbacé après le passage du feu de brousse au 23 février 2018 dans la forêt classée de Bakor (février 2018) | 181 |
| Photographie 26: Stockage de fanes d'arachide, de maïs et de la paille pour l'alimentation du bétail durant la période de soudure (décembre 2019) | 182 |
| Photographie 27: Parc à <i>Elaeis guineensis</i> le long des rizières à Coumbacara (a) et à Dialambéré (b) (mars 2018) | 199 |

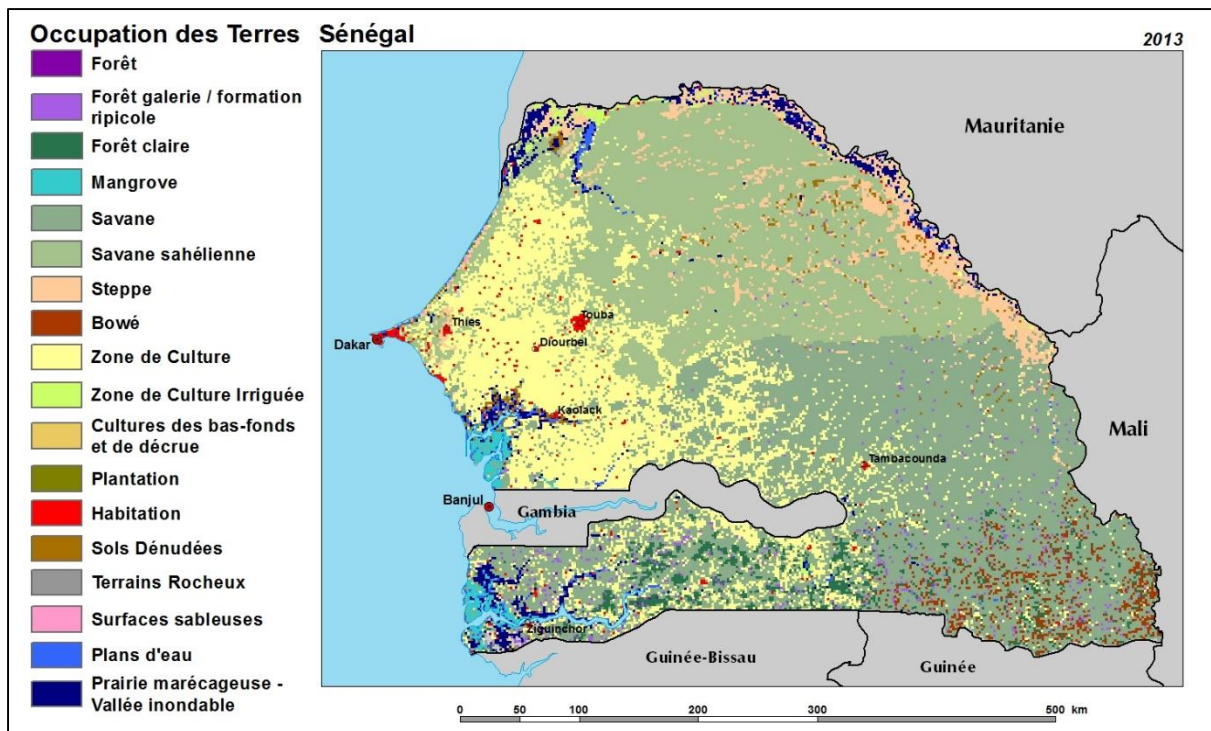
ANNEXE 2 : QUELQUES CARTES DE REFERENCES



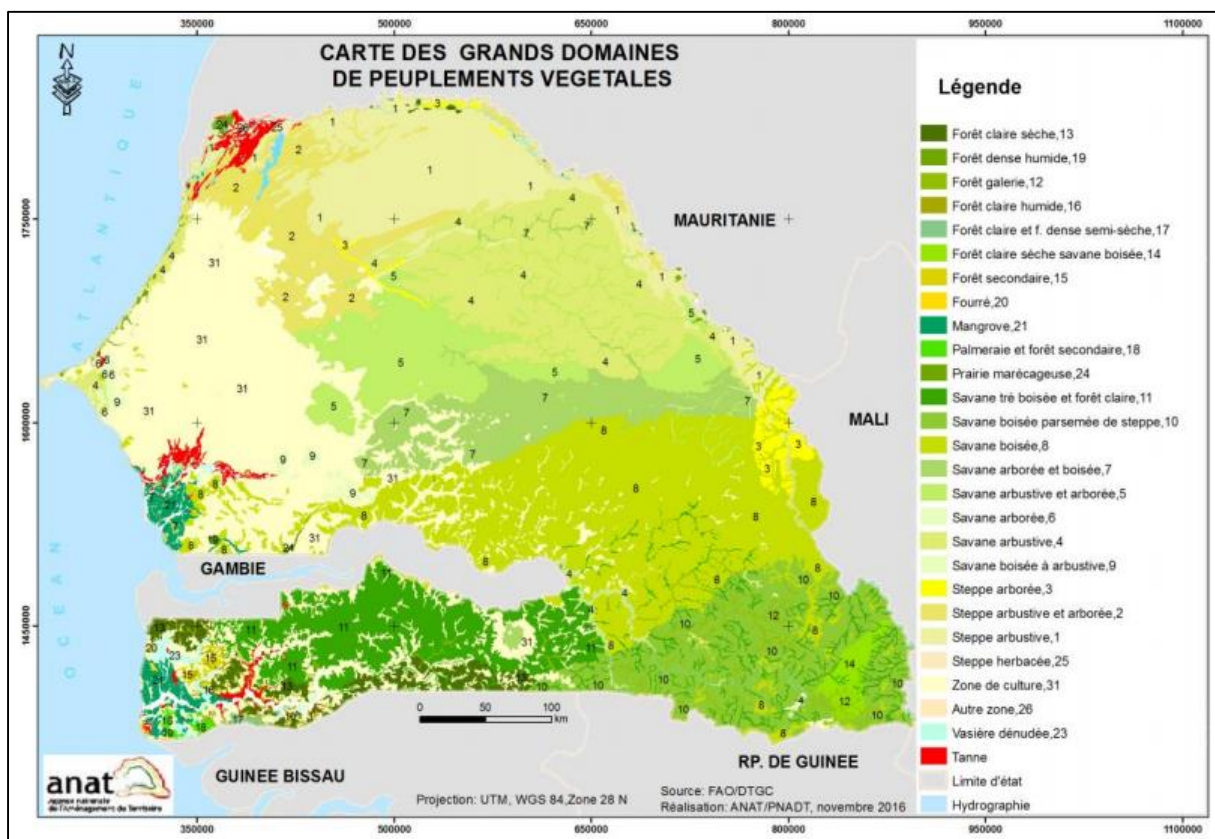
Carte 1 : Occupation des terres au Sénégal en 1975 (CILSS, 2016)



Carte 2 : Occupation des terres au Sénégal en 2000 (CILSS, 2016)



Carte 3 : Occupation des terres au Sénégal en 2013 (CILSS, 2016)



Carte 4 : Répartition des grands domaines de peuplements végétaux au Sénégal

ANNEXE 3 : QUESTIONNAIRE

Numéro questionnaire _____ ; Date de l'enquête _____ ; Forêt de _____

Localité _____ Commune de _____

I. Identification du chef de ménage

1. Nom de l'enquêté _____

2. Sexe M ___ / ; F ___ / ;

3. Age -20 ans ___ / ; 20-35ans ___ / ; +35 ans ___ / ;

4. Date d'installation ? Originaire ___ / ; Avant 1965 ___ / ; 1965-1987 ___ / ; 1987-2003 ___ / ; Après 2003 ___ / ;

5. Quelles sont vos activités économiques principales (numéroter par ordre d'importance)?
Agriculture ___ / ; Élevage ___ / ; Exploitation forestière ___ / ; Chasse ___ / ; Pêche ___ / ; Commerce ___ / ; Autre
(à préciser), _____

6. Quelle est la taille de votre ménage ? 2-5 ___ / ; 6-9 ___ / ; 10-15 ___ / ; +15 ___ / ;

II. Activités socio-économiques pratiquées dans le terroir

7. Quelles sont les différentes activités socio-économiques pratiquées dans le terroir (numéroter par ordre d'importance)? Agriculture ___ / ; Élevage ___ / ; Production de charbon ___ / ; Coupe du bois ___ / ; Chasse ___ / ; Pêche ___ / ; Collecte du bois de chauffe ___ / ; Collecte du bois de service ___ / ; Autre ___ / ; (à préciser) _____

8. Par rapport à l'agriculture, quels sont les différents types de cultures pratiquées seules (numéroter par ordre d'importance)? Maïs ___ / ; Mil ___ / ; Riz ___ / ; Sorgho ___ / ; Arachide ___ / ; Niébé ___ / ; Fonio ___ / ; Coton ___ / ; Autre ___ / ; à préciser _____

9. Les productions permettent-elles de couvrir les besoins ? Oui ___ / ; Non ___ / ;

10. Quelle est environ la superficie en hectare des zones de cultures ? _____

11. Par rapport à l'élevage, quelles sont les trois principales catégories d'animaux que vous élevez (par ordre selon l'effectif)? Bovin ___ / ; Ovin ___ / ; Caprin ___ / ; Équin ___ / ; Âne ___ /

12. Existe-t-il dans le terroir une zone de pâturage ? Oui ___ / ; Non ___ / ;

13. Si oui, quelle est la superficie en hectare de la zone de pâturage ? _____

14. Par rapport à la production de charbon de bois, quel est le nombre de sacs que vous avez rempli entre 2016 et 2017 ? Moins de 100 ___ / ; 100-250 ___ / ; 250-500 ___ / ; 500-1000 ___ / ; +1000 ___ / ; Aucun ___ /

15. Quel est le prix de vente du sac de charbon bord champ en F cfa? 1000 ___ / ; 1500 ___ / ; 2000 ___ / ; 2500 ___ / ; 3000 ___ / ;

16. Par rapport à la coupe du bois, combien de billons avez-vous coupé en moyenne entre 2016 et 2017 ?
Moins de 10 ___ / ; 10-25 ___ / ; 25-50 ___ / ; 50-75 ___ / ; 75-100 ___ / ; +100 ___ / ; Aucun ___ /

17. Quel est le prix de vente unitaire ? _____

III. Changements intervenus dans le terroir

18. Quel a été l'état de la forêt durant ces différentes périodes du tableau (cocher les cases correspondantes)?

| Période | Dense | Peu dense | Claire | Dégradée | Aucune idée |
|------------|-------|-----------|--------|----------|-------------|
| Avant 1965 | | | | | |
| 1965-1987 | | | | | |
| 1987-2003 | | | | | |
| Après 2003 | | | | | |

19. Quels sont les changements que vous avez notés dans le terroir en fonction des différentes périodes du tableau ? (cocher les cases correspondantes).

| Changement | 1965-1987 | 1987-2003 | 2003-2017 |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Diminution de surfaces forestières | | | |
| Augmentation de surfaces forestières | | | |
| Diminution des zones de culture | | | |
| Augmentation des zones de culture | | | |
| Diminution des sols nus | | | |
| Augmentation des sols nus | | | |
| Diminution des zones d'habitation | | | |
| Augmentation des zones d'habitation | | | |

IV. Facteurs de changements intervenus dans le terroir

20. Quelles sont les causes des changements de l'état de la forêt (numéroter par ordre d'importance) ? Variabilité pluviométrique __/ ; Défrichement __/ ; Feux de brousse __/ ; Coupe du bois __/ ; Elevage extensif __/ ; Aménagement forestier __/ ; Autre __/ ; (à préciser) _____

21. Quels sont les impacts de la variabilité pluviométrique sur les changements de l'état de la forêt (numéroter par ordre d'importance) ? Diminution de la taille des arbres __/ ; Mortalité __/ ; Raccourcissement du cycle végétatif __/ ; Autre __/ ; (à préciser) _____

22. Quels sont les facteurs de défrichement de la forêt (numéroter par ordre d'importance) ? Aménagement agricole __/ ; Agriculture __/ ; Habitat __/ ; Autre __/ ; (à préciser) _____

23. Quelle est la période la plus fréquente des feux dans votre terroir ? Janvier à mars __/ ; Avril à juin __/ ; Juillet à septembre __/ ; Octobre à décembre __/ ;

24. Pourquoi cette période ? _____

25. Parmi ces feux, quels sont les plus destructeurs de la forêt (numéroter par ordre d'importance) ? Feux de culture __/ ; Feux des chasseurs __/ ; Feux pastoraux __/ ; Feux des apiculteurs __/ ; Feux accidentels (voyageurs, fumeurs) __/ ; Feux criminels (règlement de compte) __/ ; Feux d'exploitation clandestins de charbon __/ ; Feux naturels __/ ;

26. Par rapport à la coupe du bois, pourquoi coupez-vous (numéroter par ordre d'importance) ? Vente __/ ; Production de charbon __/ ; Autre __/ ; (à préciser) _____

27. Quelles sont les espèces ciblées (citer par ordre d'importance) ? _____

V. Impacts des changements intervenus dans le terroir

V.1. Impacts sur les activités agro-sylvo-pastorales

28. Les changements de l'état de la forêt ont-ils des impacts sur l'agriculture ? Oui ___/ ; Non ___/ ;

29. Avez-vous noté une diminution ___/ ou une augmentation ___/ de vos zones de culture ?

30. Avez-vous noté une baisse ___/ ou une augmentation ___/ de la fertilité de vos terres ?

31. Avez-vous noté une baisse ___/ ou une augmentation ___/ de votre production ?

32. Y'a-t-il des cultures qui ont disparu ? Oui ___/ ; Non ___/ ;

33. Si oui, lesquelles ? _____

34. Si oui, qu'est-ce qui expliquerait leur disparition ? Dégradation de la végétation ___/ ; Régénération de la végétation ___/ ; Évolution du milieu cultivé ___/ ; Développement d'autres cultures ___/ ; Autre ___/ ; (à préciser) _____

35. Si vous avez noté d'autres impacts sur l'agriculture à cause des changements de l'état de la forêt, préciser lesquels ? _____

36. Les changements de l'état de la forêt ont-ils des impacts sur l'exploitation des produits forestiers ? Oui ___/ ; Non ___/ ;

37. Avez-vous noté une diminution ___/ ou une augmentation ___/ de vos productions en charbon de bois ?

38. Avez-vous noté une diminution ___/ ou une augmentation ___/ des quantités de bois coupés ?

39. Avez-vous noté une diminution ___/ ou une augmentation ___/ des rendements dans l'exploitation des produits forestiers ?

40. Si vous avez noté d'autres impacts sur l'exploitation des produits forestiers à cause des changements de l'état de la forêt, préciser lesquels ? _____

41. Les changements de l'état de la forêt ont-ils des impacts sur la chasse (si réglementaire) ? Oui ___/ ; Non ___/ ;

42. Avez-vous noté une diminution ___/ ou une augmentation ___/ des captures ?

43. Si vente, quels sont les revenus moyens annuels en F CFA ? _____

44. Les revenus ont-ils ? Diminués ___/ ; Augmentés ___/ ;

45. Les changements de l'état de la forêt ont-ils des impacts sur l'élevage ? Oui ___/ ; Non ___/ ;

46. Les catégories d'animaux élevées ont-elles changé ? Oui ___/ ; Non ___/ ;

47. Si oui, lesquelles ? _____

48. Pourquoi ? _____

49. Quelles sont les espèces d'arbres les plus appréciées par le bétail ? _____

50. Avez-vous noté une diminution ___/ ou augmentation ___/ des zones de pâturage ?

V.2. Impacts sur la faune sauvage et la végétation ligneuse

51. Quels sont les impacts des changements de l'état de la forêt sur la faune sauvage (numéroter par ordre d'importance) ? Disparition d'espèces animales __/ ; Apparition d'espèces animales __/ ; Abondance d'espèces animales __/ ;

52. Si disparition, lesquelles ? _____

53. Depuis quand ? _____

54. Si apparition, lesquelles ? _____

55. Depuis quand ? _____

56. Si abondance, lesquelles ? _____

57. Depuis quand ? _____

58. Quels sont les impacts des changements de l'état de la forêt sur les espèces ligneuses (numéroter par ordre d'importance) ? Disparition d'espèces ligneuses __/ ; Apparition d'espèces ligneuses __/ ; Abondance d'espèces ligneuses __/ ;

59. Si disparition, lesquelles ? _____

60. Depuis quand ? _____

61. Si apparition, lesquelles ? _____

62. Depuis quand ? _____

63. Si abondance, lesquelles ? _____

64. Depuis quand ? _____

65. Avez-vous noté la diminution de la taille de certains arbres ? Oui __/ ; Non __/ ;

66. Si oui lesquels ? _____

VI. Gestion locale de la forêt

67. Y'a-t-il des règles locales de protection de la forêt ? Oui __/ ; Non __/ ;

68. Y'a-t-il des règles locales de gestion de la forêt ? Oui __/ ; Non __/ ;

69. Si oui, ces règles portent sur quoi ? Défrichements agricoles __/ ; Mode de pâturage __/ ; Production de charbon __/ ; Coupe du bois __/ ; Chasse __/ ; Aménagement forestier __/ ; Feux de brousse __/ ; Autre __/ ; (à préciser) _____

70. Quelles sont les règles ? _____

71. Y'a-t-il un contrôle sur le respect des règles établies ? Oui __/ ; Non __/ ;

72. Si oui, le contrôle est assuré par qui ? Collectivités __/ ; OCB __/ ; Eaux et forêts __/ ; ONG __/ ; Autre __/ ; (à préciser) _____

73. Quelles sont les actions de revalorisation de la forêt ? Reboisement __/ ; Sensibilisation __/ ; Mise en aménagement __/ ; Aucun __/ ; Autre __/ ; (à préciser) _____

74. Y'a-t-il des ONGs, projets, programmes qui interviennent dans la gestion de la forêt ? Oui __/ ; Non __/ ;

75. Si oui, lesquels ? _____

GUIDE D'ENTRETIEN DESTINE AUX AGRICULTEURS

Identification

Activités agricoles pratiquées dans le terroir

- Types de cultures pratiquées seules et en association (riz, mil, maïs, arachide, coton, sorgho, etc.), importance pour les populations.
- Cultures de subsistances et cultures commerciales.
- Zones de cultures (plateau, rizières, etc.).

Occupation des sols et changements intervenus dans le terroir depuis 1965

- État de la forêt (dense, peu dense, claire, dégradée, etc.).
- Types de formations forestières présentes (forêt dense, forêt claire, forêt galerie, savane boisée, savane arborée et arbustive, etc.).
- Types de changements (augmentation ou diminution de surfaces forestières, des zones de cultures, des sols nus, des zones d'habitations, etc.).

Facteurs de changements en rapport avec les activités agricoles

- Méthodes et pratiques agricoles (agriculture extensive, agriculture intensive, agriculture sur brûlis, etc.), influences sur les formations forestières, les périodes marquantes.
- Défrichements (facteurs, étendus, périodes marquantes).

Impacts des changements sur les activités agricoles

- État des zones de cultures, de la fertilité des sols, de la production, etc. (augmentation ou baisse).
- Apparition ou disparition de types de cultures.
- Adaptations aux changements (modes d'adaptations et solutions proposées).

Gestion locale de la forêt

- Gestion en rapport avec les activités agricoles (règles et normes de défrichement, d'accès aux zones de cultures, de pratiques agricoles, etc.).
- Actions entreprises dans le terroir (sensibilisation, reboisement, aménagements, lutte contre les feux,...).
- Acteurs intervenants dans le terroir (OCB, ONG, collectivité locale, service des Eaux et Forêts,...), rôle de chaque acteur.
- Contraintes de la gestion des ressources forestières dans le terroir (sur le plan technique, politique, financier, organisationnel, socioculturel, etc.).

GUIDE D'ENTRETIEN DESTINE AUX ELEVEURS

Identification

Types d'élevages pratiqués dans le terroir

- Formes d'élevages (extensive ou intensive).
- Catégories d'animaux élevés, effectifs, production.

Occupation des sols et changements intervenus dans le terroir depuis 1965

- État de la forêt (dense, peu dense, claire, dégradée, etc.).
- Types de formations forestières présentes (forêt dense, forêt claire, forêt galerie, savane boisée, savane arborée et arbustive, etc.).
- Types de changements (augmentation ou diminution de surfaces forestières, des zones de cultures, des sols nus, des zones d'habitations, etc.).

Facteurs de changements en rapport avec l'élevage

- Présence ou absence de zones de pâturages, déplacements saisonniers et journaliers, parcours, modes d'alimentation selon la saison (émondage, divagation dans la forêt, etc.).

Impacts des changements sur l'élevage

- Disponibilité de zones de pâturages, état (précarité, fragilité, etc.).
- Espèces d'arbres appréciées par le bétail, disponibilité, accessibilité.
- Existence de point d'eau le long des axes de transhumances.
- Adaptations aux changements (mode d'adaptation et solutions proposées).

Gestion locale de la forêt

- Gestion en rapport avec l'élevage (règles et normes de pâturage, modes d'alimentation).
- Actions entreprises dans le terroir (sensibilisation, reboisement, aménagements, lutte contre les feux,...).
- Acteurs intervenants dans le terroir (OCB, ONG, collectivité locale, service des Eaux et Forêts,...), rôle de chaque acteur.
- Contraintes de la gestion des ressources forestières dans le terroir (sur le plan technique, politique, financier, organisationnel, socioculturel, etc.).

GUIDE D'ENTRETIEN DESTINE AUX COUPEURS DE BOIS

Identification

Activité de coupe

- Type d'exploitation (clandestine, exploitant forestier).

Occupation des sols et changements intervenus dans le terroir depuis 1965

- État de la forêt (dense, peu dense, claire, dégradée, etc.).
- Types de formations forestières présentes (forêt dense, forêt claire, forêt galerie, savane boisée, savane arborée et arbustive, etc.).
- Types de changements (augmentation ou diminution de surfaces forestières, des zones de cultures, des sols nus, des zones d'habitations, etc.).

Facteurs de changements en rapport avec l'activité

- Espèces coupées, taille, diamètre, quantité, périodicité.
- Espèces interdites de coupe.

Impacts des changements sur l'activité et sur la végétation ligneuse

- Quantités de coupes (augmentation, diminution), prix de ventes, lieux de ventes.
- Espèces disparues, abondantes, apparues, dates ou périodes marquantes.

Gestion locale de la forêt

- Gestion en rapport avec l'activité de coupe (règles et normes de coupe, respect des espèces coupées et interdites, etc.).
- Actions entreprises dans le terroir (sensibilisation, reboisement, aménagements, lutte contre les feux,...).
- Acteurs intervenants dans le terroir (OCB, ONG, collectivité locale, service des Eaux et Forêts,...), rôle de chaque acteur.
- Contraintes de la gestion des ressources forestières dans le terroir (sur le plan technique, politique, financier, organisationnel, socioculturel, etc.).

GUIDE D'ENTRETIEN DESTINE AUX PRODUCTEURS DE CHARBON DE BOIS

Identification

Activités de coupe

- Type d'exploitation (clandestine, exploitant forestier)

Occupation des sols et changements intervenus dans le terroir depuis 1965

- État de la forêt (dense, peu dense, claire, dégradée, etc.).
- Types de formations forestières présentes (forêt dense, forêt claire, forêt galerie, savane boisée, savane arborée et arbustive, etc.).
- Types de changements (augmentation ou diminution de surfaces forestières, des zones de cultures, des sols nus, des zones d'habitations, etc.).

Facteurs de changements en rapport avec l'activité

- Espèces coupées pour la carbonisation, taille, quantité, périodicité.
- Espèces interdites de coupe.

Impacts des changements sur l'activité et sur la végétation ligneuse

- Productions en charbon (augmentation, diminution), ventes, lieux de ventes.
- Espèces disparues, abondantes, apparues, dates ou périodes marquantes.

Gestion locale de la forêt

- Gestion en rapport avec l'activité (règles et normes de carbonisation, respect des espèces coupées et interdites, etc.).
- Actions entreprises dans le terroir (sensibilisation, reboisement, aménagements, lutte contre les feux,...).
- Acteurs intervenants dans le terroir (OCB, ONG, collectivité locale, service des Eaux et Forêts,...), rôle de chaque acteur.
- Contraintes de la gestion des ressources forestières dans le terroir (sur le plan technique, politique, financier, organisationnel, socioculturel, etc.).

GUIDE D'ENTRETIEN DESTINE AUX PERSONNES AGEES

Identification

Profil historique du terroir

- Nom et signification
- Fondateur
- Date ou période de fondation
- Premiers habitants (ethnies, religion, origine, date d'installation, site d'implantation, mode d'accès au foncier, activités socio-économiques pratiquées, zones de productions, tailles et modes d'accès, productions ou revenus).
- Communautés présentes dans la localité (origine, représentativité, religion, etc.).
- Migration (arrivée et départ de migrants, origines des migrants, dates ou périodes d'arrivées ou de départs, dates d'installations, sites d'implantations, modes d'accès au foncier, activités socio-économiques des migrants, zones de productions, tailles et modes d'accès, productions ou revenus).

Occupation des sols et changements intervenus dans le terroir depuis 1965

- État de la forêt (dense, peu dense, claire, dégradée, etc.).
- Types de formations forestières présentes (forêt dense, forêt claire, forêt galerie, savane boisée, savane arborée et arbustive, etc.).
- Types de changements (augmentation ou diminution de surfaces forestières, des zones de cultures, des sols nus, des zones d'habitations, etc.).

Facteurs de changements

- Variabilité pluviométrique, défrichement, feux de brousse, coupe du bois, élevage extensif, aménagement forestier, etc., influence sur la forêt, périodes marquantes.

Impacts des changements sur la faune et sur la végétation ligneuse

- Sur la faune (espèces disparues, abondantes, apparues, dates ou périodes marquantes).
- Sur la végétation ligneuse (espèces disparues, abondantes, apparues, dates ou périodes marquantes).

Gestion de la forêt dans la zone

- Actions entreprises (sensibilisation, reboisement, aménagements, lutte contre les feux, arrestation, saisies,...).
- Acteurs intervenants (OCB, ONG, collectivité locale,...), rôle de chaque acteur.
- Contraintes de la gestion des ressources forestières (sur le plan technique, politique, financier, organisationnel, socioculturel, etc.).

GUIDE D'ENTRETIEN DESTINE AUX AUTORITES LOCALES

Identifications

Activités socio-économiques pratiquées dans le terroir

- Agriculture, élevage, production de charbon, coupe du bois, chasse, collecte du bois de chauffe, collecte du bois de service, etc.
- Zones de production.

Occupation des sols et changements intervenus dans le terroir depuis 1965

- État de la forêt (dense, peu dense, claire, dégradée, etc.).
- Types de formations forestières présentes (forêt dense, forêt claire, forêt galerie, savane boisée, savane arborée et arbustive, etc.).
- Types de changements (augmentation ou diminution de surfaces forestières, des zones de cultures, des sols nus, des zones d'habitations, etc.).

Facteurs de changements

- Variabilité pluviométrique, défrichement, feux de brousse, coupe du bois, élevage extensif, aménagement forestier, etc., influence sur la forêt, périodes marquantes.

Impacts des changements sur la faune et sur la végétation ligneuse

- Sur la faune (espèces disparues, abondantes, apparues, dates ou périodes marquantes).
- Sur la végétation ligneuse (espèces disparues, abondantes, apparues, dates ou périodes marquantes).

Gestion locale de la forêt

- Rôle des autorités dans la gestion des ressources forestières.
- Actions entreprises (sensibilisation, reboisement, aménagements, lutte contre les feux, arrestation, saisies,...).
- Acteurs intervenants (OCB, ONG, Service des Eaux et Forêt,...), rôle de chaque acteur.
- Contraintes de la gestion des ressources forestières (sur le plan technique, politique, financier, organisationnel, socioculturel, etc.).

GUIDE D'ENTRETIEN DESTINE AUX CHEFS DE SECTEURS, DE BRIGADES, DE TRIAGES ET ANIMATEURS DU SERVICE DES EAUX ET FORETS

Présentation

- Le service et la zone d'intervention

Activités socio-économiques pratiquées dans la zone

- Agriculture, élevage, production de charbon, coupe du bois, chasse, collecte du bois de chauffe, collecte du bois de service, etc.
- Zones de production.

Occupation des sols et changements intervenus dans la zone

- État de la forêt (dense, peu dense, claire, dégradée, etc.).
- Types de formations forestières présentes (forêt dense, forêt claire, forêt galerie, savane boisée, savane arborée et arbustive, etc.).
- Types de changements (augmentation ou diminution de surfaces forestières, des zones de cultures, des sols nus, des zones d'habitations, etc.).

Facteurs de changements

- Variabilité pluviométrique, défrichement, feux de brousse, coupe du bois, élevage extensif, aménagement forestier, etc., influence sur la forêt, périodes marquantes.

Impacts des changements sur la faune et sur la végétation ligneuse

- Sur la faune (espèces disparues, abondantes, apparues, dates ou périodes marquantes).
- Sur la végétation ligneuse (espèces disparues, abondantes, apparues, dates ou périodes marquantes).

Gestion de la forêt dans la zone

- Rôle du service dans la gestion des ressources forestières.
- Actions entreprises (sensibilisation, reboisement, aménagements, lutte contre les feux, arrestation, saisies,...).
- Acteurs intervenants (OCB, ONG, collectivité locale,...), rôle de chaque acteur.
- Contraintes de la gestion des ressources forestières (sur le plan technique, politique, financier, organisationnel, socioculturel, etc.).

ANNEXE 7 : PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

1. **Solly B.**, Dièye E.H.B., Sané T., Diaw A.T., 2018. Dynamique de la mangrove de Thiobon dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal) entre 1972 et 2017. *European Scientific Journal*, Vol. 14, n°33, pp. 118-133. URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n33p118>
2. **Solly B.**, Dièye E.H.B., Sy O., 2018. Impacts de la déforestation sur les activités agro-sylvo-pastorale et la biodiversité dans le département de Médina Yoro Foulah (Haute-Casamance, Sénégal). Actes du colloque International Ressources en Eau, Environnement et Changement Climatique, 22 au 24 octobre 2018, Hammamet (Tunisie), Vol. 2, pp.166-172.
3. **Solly B.**, Dièye E.H.B., Sy O., Barry B., 2018. Suivi de la déforestation par télédétection Haute-résolution dans le département de Médina Yoro Foulah (Haute-Casamance, Sénégal), *Journal International en Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement*, Vol. 3, n°2, pp. 38-41.
4. Thior M., Sané T., Sy O., Decroix L., Bâ B.D., **Solly B.**, Mendy V., 2019. Analyse Spatiale de l'évolution du Trait de Côte Autour de l'embouchure du Fleuve Casamance (Sénégal) de 1968 à 2017, à Partir de l'outil DSAS. *European Scientific Journal*, Vol. 15, n°9, pp.106-130. URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n9p106>
5. Dièye E.H.B., Dos Santos B.A., Sané T., **Solly B.**, Diaw A.T., Seck P., 2019. Analyse de la croissance spatiale de la ville de Canchungo en Guinée-Bissau entre 1968 et 2015. *Revue de Géographie du Laboratoire Leïdi*, n°20, pp. 404-415.
6. Thior M., Sané T., Sy O., Descroix L., Ndiaye L.G., Sambou A.K., Cissokho D., **Solly B.**, 2019. Caractéristiques granulométriques et dynamique sédimentaire entre les différentes unités géomorphologiques du littoral de la Casamance, Sénégal. *Rev. Ivoir. Sci. Technol*, n°33, pp. 189-213.
7. Faye C., **Solly B.**, Sané B., Cissé A., 2019. Effects of hydroclimatic variability on the spatial dynamics of ponds (Simenti, Kountadala and Oudassi) of the Gambia river basin in the Niokolo Koba National Park (Senegal). *International Journal of Geography and Geology*, Vol. 8, n°2, pp. 69-86. <http://doi:10.18488/journal.10.2019.82.69.86>
8. **Solly B.**, Dièye E.H.B., Mballo I., Sy O., Sané T., Thior M., 2020. Dynamique spatio-temporelle des paysages forestiers dans le sud du Sénégal : cas du département de Vélingara. *Physio-Géo* [En ligne], Volume 15 | 2020, mis en ligne le 02 janvier 2020, consulté le 14 mars 2020. URL : <http://journals.openedition.org/physio-geo/10634>

9. **Solly B.**, Charahabil M.M., Dièye E.H.B., Sy O., Barry B., Sagna B., Faye C., 2020. Impacts des facteurs naturels et anthropiques sur la flore ligneuse de la Haute-Casamance (Sud Sénégal) : de la perception à la réalité. *J. Appl. Sci. Envir. Stud.* Vol. 3, n°2, pp. 117-131.
10. Faye C., **Solly B.**, Dièye S., 2020. Study of the fluctuation of the NDVI in the Casamance River Basin upstream of Kolda using remote sensing data: what impact on flow ? *Nipp. J. of Environ. Sci.*, 1 (2), 1004. <http://doi.org/10.46266/njes.1004>
11. **Solly B.**, Dièye 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. <http://doi:10.11648/j.ajrs.20200802.11>
12. **Solly B.**, Mballo I., Dièye E.H.B., Sy O., 2020. Analyse de la croissance spatiale de la ville de Kolda entre 1965 et 2019. *EWASH & TI Journal.* Vol 4, N° 3, pp. 411-419.
13. Thior M., Tine D., **Solly B.**, Descroix L., 2020. Analyse spatiale de l'évolution de la ligne de rivage autour de l'embouchure de Rio de Cacheu (Guinée Bissau) entre 1968 et 2019. e-colloque merIGeo du 24 au 26 novembre 2020, pp 49-52.
14. Jarju, A.M., **Solly B.**, 2020. Analysis of the efficiency of precipitation on the evolution of agricultural production in Upper-Casamance (South Senegal) between 1985 and 2018. *The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM)*, Vol 10, pp. 1-11.
15. Mballo I., Sy O., **Solly B.**, Thior M., 2020. Identisation et priorisation des stratégies d'adaptation des systèmes agricoles face à la variabilité climatique en Haute Casamance (Sénégal). *J. Wat. Env. Sci.* Vol. 4, N° 1, pp. 565-588.
16. Jarju A.M., **Solly B.**, Sonko E., 2021. Rainfall variability and agricultural production in the Lower River Region (Gambia): case of rice and maize. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 52 No. 2, pp. 178-184.
17. Faye C., **Solly B.**, Dièye S., Fall A., 2021. Evaluation des zones potentielles d'eaux souterraines avec l'utilisation des SIG et de la télédétection : cas du sous-bassin de la Sandougou (bassin de la Gambie). *African Journal on Land Policy and Geospatial Sciences*, Vol 4, N°1, pp. 53-75. <https://doi.org/10.48346/IMIST.PRSM/ajlp-gs.v4.i1.20827>
18. Dièye E.H.B., Sané T., **Solly B.**, Diédhiou P., Bâ B.D., Thior M., Méring C., Sy O., Diaw A.T., 2021. Dynamique spatiale et mutations socio-environnementales en zone de mangrove ouest-africaine, de la lagune de Joal-Fadiouth (Sénégal) au Rio de Cacine (Guinée-Bissau). *Actes du Colloque international LMI-PATEO-UASZ, tenu à l'Université Assane Seck de Ziguinchor (Sénégal) du 19 au 22 novembre 2019*, 547-562.

19. Barry M., Dièye E.H.B., Sané T., Sy O., **Solly B.**, 2021. Dynamique du trait de côte de la commune de Kafountine (Basse Casamance, Sénégal). *Actes du Colloque international LMI-PATEO-UASZ, tenu à l'Université Assane Seck de Ziguinchor (Sénégal) du 19 au 22 novembre 2019*, pp. 381-391.
20. Thior M., Sané T., Dièye E.H.B., Diatta L.S., Badiane A., Sy O., Sané Y., **Solly B.**, Descroix L., 2021. Brèches sporadiques de la flèche sableuse de cap Roxo : impacts sur la cuvette rizicole de Cabrousse. *Actes du Colloque international LMI-PATEO-UASZ, tenu à l'Université Assane Seck de Ziguinchor (Sénégal) du 19 au 22 novembre 2019*, pp. 393-402.
21. **Solly B.**, Diéye E.H.B., Sy O., Jarju A.M., Sané 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'occupation des sols. *Revue Française De Photogrammétrie Et De Télédétection*, 223, 1-15. <https://www.sfpt.fr/rfpt/index.php/RFPT/article/view/580>

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|-----|
| RÉSUME..... | iii |
| ABSTRACT | iv |
| DÉDICACE..... | v |
| REMERCIEMENTS | vi |
| SOMMAIRE | ix |
| SIGLES ET ABRÉVIATIONS | x |
| INTRODUCTION GÉNÉRALE..... | 1 |
| PREMIÈRE PARTIE : CARTOGRAPHIE ET ANALYSE DE L'ÉVOLUTION ET DES CHANGEMENTS DES FORMATIONS FORESTIÈRES DE LA HAUTE-CASAMANCE DE 1965 A 2018 | 8 |
| CHAPITRE 1 : APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE DE L'ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DES FORMATIONS FORESTIÈRES DE LA HAUTE-CASAMANCE..... | 9 |
| 1.1. La localisation et la situation administrative de la Haute-Casamance..... | 9 |
| 1.2. Les travaux de terrain..... | 10 |
| 1.2.1. La collecte et le traitement des données socio-économiques | 10 |
| 1.2.1.1. La collecte des données socio-économiques | 10 |
| 1.2.1.2. Traitement des données socio-économiques..... | 21 |
| 1.2.2. Reconnaissance des principales formations forestières..... | 22 |
| 1.2.3. Les relevés GPS..... | 27 |
| 1.3. La télédétection, une approche privilégiée pour la cartographie à l'échelle globale 27 | |
| 1.3.1. La cartographie multidates | 28 |
| 1.3.1.1. L'acquisition des données géo-spatiales..... | 28 |
| 1.3.1.1.1. Le choix du satellite et de la résolution spatiale..... | 28 |
| 1.3.1.1.2. Le choix des images et des dates de prise de vue..... | 28 |
| 1.3.1.2. Le prétraitement et traitement des images Landsat | 32 |
| 1.3.1.2.1. La correction géométrique des images | 32 |
| 1.3.1.2.2. Le mosaïquage et la combinaison des bandes spectrales | 33 |
| 1.3.1.2.3. L'interprétation visuelle des unités d'occupation des sols..... | 33 |
| 1.3.1.2.4. La classification des images satellitaires Landsat | 37 |
| 1.3.1.2.5. La validation des cartes | 51 |
| 1.3.2. La cartographie des changements dans les formations forestières de la Haute- Casamance..... | 52 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1.3.3. | La détection de la dégradation et de la régénération de la couverture végétale à travers l'analyse des tendances de séries temporelles MODIS NDVI et des changements d'occupation des sols entre 1999 et 2018..... | 53 |
| 1.3.3.1. | La collecte et les caractéristiques des données MODIS NDVI | 54 |
| 1.3.3.2. | La cartographie des tendances de la couverture végétale entre 2000-2018 à partir de la corrélation de Man-Kendall | 54 |
| 1.3.3.3. | Analyse croisée des tendances NDVI et des changements de la couverture végétale..... | 56 |
| 1.4. | La cartographie à l'échelle des forêts classées et celles aménagées | 57 |
| 1.4.1. | Les forêts classées et celles aménagées choisies | 57 |
| 1.4.2. | Choix et acquisition des images | 57 |
| 1.4.3. | La démarche par photo-interprétation | 58 |
| 1.4.4. | Les étapes de la cartographie des changements..... | 59 |
| | Conclusion chapitre 1 | 59 |
| | CHAPITRE 2 : ANALYSE CARTOGRAPHIQUE DE L'OCCUPATION DES SOLS ET DÉTECTION DES CHANGEMENTS DANS LES FORMATIONS FORESTIÈRES DE LA HAUTE CASAMANCE ENTRE 1965 ET 2018 | 61 |
| 2.1. | La cartographie et l'analyse de l'occupation des sols et des changements dans les formations forestières de la Haute-Casamance entre 1987 et 2018 | 61 |
| 2.1.1. | L'analyse diachronique de l'occupation des sols de la Haute-Casamance en 1987, 1999, 2010 et 2018 | 61 |
| 2.1.2. | L'analyse des changements des formations forestières et détection de la dégradation et de la régénération de la couverture végétale | 70 |
| 2.1.2.1. | La cartographie et l'analyse des changements entre 1987-1999, 1999-2010, 2010-2018 et 1987-2018..... | 71 |
| 2.1.2.2. | Analyse de la dégradation et de la régénération de la couverture végétale à travers l'analyse des tendances de séries temporelles MODIS NDVI et des changements d'occupation des sols entre 1999 et 2018 | 78 |
| 2.1.2.2.1. | L'analyse des tendances du NDVI de 2000 à 2018 en Haute-Casamance | 78 |
| 2.1.2.2.2. | L'analyse des changements de la couverture végétale entre 1999 et 2018 en Haute-Casamance..... | 80 |
| 2.1.2.2.3. | L'analyse des tendances NDVI et des changements de la couverture végétale entre 1999 et 2018 en Haute-Casamance..... | 82 |
| 2.2. | Analyse de la dynamique de l'occupation des sols et des formations forestières dans les forêts classées et les forêts aménagées de la Haute-Casamance entre 1965 et 2018... .. | 84 |
| 2.2.1. | La forêt classée de Pata : une forêt à l'épreuve de la déforestation | 84 |

| | |
|--|------------|
| 2.2.2. La forêt classée de Dabo : une forêt relativement bien conservée | 89 |
| 2.2.3. La forêt classée de Kantora : une forêt à l'épreuve de la savanisation et des feux de brousse | 92 |
| 2.2.4. La forêt aménagée de Saré Bidji : une forêt bien conservée, mais menacée | 95 |
| 2.2.5. La forêt aménagée de Médina Salam Dingha : vers une savanisation / une fragmentation | 99 |
| 2.2.6. La forêt aménagée de Bonconto : une forêt en pleine régénération..... | 103 |
| 2.2.7. Analyse comparative des dynamiques de l'évolution de l'occupation des sols et des formations forestières à l'échelle des forêts classées et aménagées | 107 |
| Conclusion chapitre 2..... | 109 |
| DEUXIÈME PARTIE : LE RÔLE DE L'HOMME ET DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE SUR LA DYNAMIQUE DES FORMATIONS FORESTIÈRES DE LA HAUTE-CASAMANCE..... | 112 |
| CHAPITRE 3 : L'HOMME, PRINCIPAL FACTEUR DES DYNAMIQUES DES FORMATIONS FORESTIÈRES DE LA HAUTE-CASAMANCE | 113 |
| 3.1. Les défrichements : principaux facteurs de la déforestation et de la fragmentation | 113 |
| 3.1.1. L'évolution et la sévérité des défrichements agricoles sur les formations forestières | 113 |
| 3.1.2. Les défrichements à des fins d'aménagements | 118 |
| 3.2. Les feux de brousse : un agent déterminant de la savanisation | 119 |
| 3.3. Le rôle des coupes de bois dans la déforestation et la savanisation..... | 125 |
| 3.3.1. La coupe illicite du bois pour la vente : un trafic devenu international | 125 |
| 3.3.2. Le rôle de la coupe du bois pour la production du bois énergie..... | 130 |
| 3.3.2.1. La production du bois énergie à travers l'aménagement des forêts : un couteau à double tranchant..... | 130 |
| 3.3.2.2. La carbonisation clandestine : une activité qui n'obéit à aucune règle | 133 |
| 3.3.3. Le rôle de la coupe du bois d'artisanat et du bois de chauffe dans la déforestation | 133 |
| 3.4. Le peuplement, les modes d'utilisation des sols et la croissance démographique, facteurs de la déforestation et de la fragmentation | 136 |
| 3.4.1. Le peuplement et les modes d'utilisation du sol très diversifiés..... | 136 |
| 3.4.2. Une croissance démographique assez remarquable | 138 |
| 3.5. L'élevage extensif et ses effets collatéraux | 140 |
| Conclusion chapitre 3..... | 142 |

| | |
|---|-----|
| CHAPITRE 4 : LE RÔLE DE LA VARIABILITÉ DES CONDITIONS CLIMATIQUES ET HYDROLOGIQUES SUR LES CHANGEMENTS INTERVENUS DANS LES FORMATIONS FORESTIÈRES DE LA HAUTE-CASAMANCE | 143 |
| 4.1. La variabilité mensuelle et interannuelle de la pluviométrie de 1951 à 2018..... | 143 |
| 4.1.1. La détection de l'année de rupture au sein des séries chronologiques..... | 145 |
| 4.1.2. L'analyse de la variabilité mensuelle de la pluviométrie entre 1951 et 2018 ... | 146 |
| 4.1.3. L'analyse de la variabilité interannuelle de la pluviométrie à l'aide de l'Indice Standardisé des Précipitations (ISP) entre 1951 et 2018..... | 148 |
| 4.2. La variabilité moyenne mensuelle et moyenne annuelle des températures de 1987 à 2018..... | 153 |
| 4.2.1. L'analyse de la variabilité moyenne mensuelle des températures de 1987 à 2018 | 153 |
| 4.2.2. L'analyse de la variabilité annuelle des températures moyennes de 1987 à 2018 à la station de Kolda et Vélingara | 154 |
| 4.3. La variabilité des ressources en eaux de surface et en eaux souterraines | 155 |
| 4.3.1. L'analyse de la variabilité des ressources en eau de surface entre 1987 et 2018 | 156 |
| 4.3.2. L'analyse de la variabilité des ressources en eaux souterraines entre 2003 et 2015 | 157 |
| 4.4. Le rôle de la grande sécheresse des années 1970 sur la savanisation entre 1965 et 1999 | 158 |
| 4.5. Le rôle du retour à des conditions climatiques et hydrologiques favorables à la régénération des formations forestières entre 1999 et 2018 | 162 |
| Conclusion du chapitre 4..... | 162 |
| TROISIÈME PARTIE : INCIDENCES DES DYNAMIQUES DES FORMATIONS FORESTIÈRES SUR LES ACTIVITES AGRO-SYLVO-PASTORALES ET SUR LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE EN HAUTE-CASAMANCE | 164 |
| CHAPITRE 5 : DE LA VULNÉRABILITÉ DES ACTIVITES AGRO-SYLVO-PASTORALES A LA RÉSILIENCE DES POPULATIONS EN HAUTE-CASAMANCE | 165 |
| 5.1. Les activités socio-économiques des populations en Haute-Casamance..... | 165 |
| 5.2. Une agriculture rendue de plus en plus vulnérable par l'avancée de la déforestation | 167 |
| 5.2.1. Le rôle de la variabilité pluviométrique sur les cultures | 167 |
| 5.2.2. L'érosion hydrique et l'ensablement des rizières..... | 170 |
| 5.2.3. La baisse de la fertilité des sols | 171 |
| 5.2.4. La baisse de la production et des rendements | 172 |

| | |
|--|------------|
| 5.3. Les contraintes de l'exploitation des produits forestiers et stratégies d'adaptation développées..... | 176 |
| 5.4. Les menaces sur l'élevage..... | 179 |
| 5.4.1. La diminution des zones de parcours | 180 |
| 5.4.2. La diminution de l'herbe en saison sèche | 181 |
| 5.4.3. Le tarissement de plus en plus précoce des mares | 182 |
| Conclusion chapitre 5..... | 183 |
| CHAPITRE 6 : LES MENACES SUR LA FAUNE SAUVAGE ET LA FLORE LIGNEUSE DE LA HAUTE-CASAMANCE | 184 |
| 6.1. Une faune peu diversifiée et menacée..... | 184 |
| 6.1.1. Liste de toutes les espèces citées par les populations..... | 184 |
| 6.1.1.1. Les espèces abondantes | 186 |
| 6.1.1.2. Espèces rares..... | 186 |
| 6.1.1.3. Espèces ayant disparu | 188 |
| 6.2. Une flore ligneuse diversifiée mais menacée..... | 189 |
| 6.2.1. Liste des espèces ligneuses citées par les populations | 189 |
| 6.2.2. Espèces abondantes et les facteurs explicatifs | 192 |
| 6.2.2.1. Les espèces abondantes à l'échelle régionale..... | 192 |
| 6.2.2.2. Les espèces abondantes dans le département de Kolda..... | 193 |
| 6.2.2.3. Les espèces abondantes dans le département de Vélingara..... | 193 |
| 6.2.2.4. Les espèces abondantes dans le département de Médina Yoro Foulah | 194 |
| 6.2.2.5. Les espèces abondantes à la fois dans les trois départements | 195 |
| 6.2.3. Espèces rares | 196 |
| 6.2.3.1. Les espèces rares à l'échelle régionale | 196 |
| 6.2.3.2. Les espèces rares dans le département de Kolda..... | 200 |
| 6.2.3.3. Les espèces rares dans le département de Vélingara | 201 |
| 6.2.3.4. Les espèces rares dans le département de Médina Yoro Foulah | 201 |
| 6.2.3.5. Les espèces rares à la fois dans les trois départements..... | 203 |
| Conclusion chapitre 6..... | 203 |
| CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES | 205 |
| RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 210 |
| WEBOGRAPHIE..... | 236 |
| ANNEXES | I |