

Dynamique spatio-temporelle de la mangrove de Kafountine dans l'estuaire de la Basse-Casamance des années 1972 à nos jours : Approche par télédétection.

Safiétou SOUMARE¹, Ababacar FALL², Julien ANDRIEU³, Oumar MAREGA⁴, Barnabé E.A. DIEME⁵

^{1,2,5} *Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LaSTEE) - Ecole Polytechnique de Thiès, BP A10 THIÈS, SENEGAL. Courriel*

³ *Université Côte d'Azur, Laboratoire d'étude des structures, des processus d'adaptation et des changements d'espace (SPACE), 98 boulevard Herriot 06205 Nice Cedex. Courriel*

⁴ *Université de Lille - Sciences et Technologies, UR 4477 TVES. Courriel*

Received 20 August 2020; Accepted 06 September 2020

RESUME

Cet article analyse la dynamique spatiale et temporelle de la mangrove dans la Commune de Kafountine. Ceci à travers une étude comparative à partir des images satellite Landsat des années 1972, 1986, 2000 et 2018. La démarche fait appel à l'exploitation des données de télédétection (images satellite Landsat), des données pluviométriques (1960 à 2015) et socio-économiques.

Les résultats obtenus montrent trois grandes phases d'évolution de la mangrove entre 1972 et 2018. La première phase comprise entre 1972 et 1986, est marquée par une régression de 13 450 ha des superficies de mangrove due essentiellement à la sécheresse qui a sévi dans la zone sahélo-soudanienne au cours des décennies 1970 et 1980. Cette phase est suivie, entre 1986 et 2000, par une régénération de 4586 ha et une progression de 5897 ha des surfaces de mangrove entre 2000 et 2018 grâce au retour de la pluviométrie et à une prise de conscience de la population sur la nécessité de protéger durablement leurs ressources avec la mise en place des activités de reboisement, le développement des activités économiques autour de la mangrove (prélèvement d'huîtres et pêche) et l'instauration des règles de gestion pour tenter de réduire fortement la surexploitation de la mangrove.

Mots-clés: Dynamique, mangrove, estuaire, télédétection, Basse-Casamance

ABSTRACT

This article analyzes the spatial and temporal dynamics of the mangrove in the Commune of Kafountine located in the southwest of Senegal in the Ziguinchor region. This through a comparative study using Landsat satellite images from the years 1972, 1986, 2000 and 2018. The methodology used is based on the exploitation of geospatial data by remote sensing, rainfall data from (1960 to 2015) and data socioeconomic.

The results obtained show three main phases of mangrove development between 1972 and 2018. The first dynamic, between 1972 and 1986, was marked by a decline of 13,450 ha in mangrove areas due mainly to the drought that raged in the Sahelo-Sudanian zone during the decades 1970 and 1980. This phase is followed, between 1986 and 2000, by a regeneration of 4586 ha and an increase of 5897 ha of mangrove areas between 2000 and 2018 thanks to the return of rainfall and to awareness of the population on the need to protect their resources sustainably with the establishment of reforestation activities, the development of economic activities around the mangrove (oysters and fishing) and the establishment of management rules to try to greatly reduce the overexploitation of mangroves. Rising sea levels with the return to increasingly humid conditions on the Casamance scale also play a crucial role with the entry of increased volumes of relatively less salty seawater into estuaries.

KEYS-WORDS: dynamic, mangrove, estuary, remote sensing, Lower Casamance, Kafountine

I. INTRODUCTION

Les problématiques liées au changement climatique et à la protection des ressources naturelles sont devenues des défis majeurs de l'humanité à l'aube de ce nouveau millénaire. Les mangroves sont des milieux biologiques et écologiques particuliers riches en biodiversité [1, 2, 3, 4, 5]. Au Sénégal, sept (7) espèces de palétuviers sont rencontrées dont six (6) en Casamance [6, 7, 8] et cinq (5) à Kafountine. Il s'agit du *Rhizophora mangle*, du *Rhizophora racemosa*, du *Rhizophora harrisonii*, d'*Avicennia germinans* et de *Laguncularia racemosa*. Cette zone humide, dont on découvre de plus en plus l'importance écologique et les multiples valeurs économiques, connaît aujourd'hui une dynamique croissante. La mangrove n'échappe pas à cet intérêt croissant à travers les nombreuses publications dont elle fait l'objet de nos jours [9, 10, 11, 12, 13, 14] qui n'ont cessé de mettre en avant les services écosystémiques de celle-ci et les avantages qu'il y a à les préserver. Ces formations

de mangrove sont à la base de multiples fonctions qui englobent la fixation des côtes par le piégeage des sédiments, la reproduction de la faune ichthyologique, l'approvisionnement en produits variés tels que le bois, les huîtres, les poissons [15, 16]. De même, elle joue aussi un important rôle dans la régulation du climat et la protection des côtes contre l'érosion ; protège les espaces habités contre les vagues et les vents violents en freinant la force de l'eau pendant les grandes marées et permet ainsi d'éviter les inondations. Néanmoins, avec ces multiples fonctions (fonction support à la biodiversité, fonction alimentaire, fonction régulation du climat, fonction protection des espaces habités), les écosystèmes de mangrove connaissent une dynamique très active et très variable d'une région à une autre sous le double effet des changements environnementaux et surtout de l'accentuation de l'emprise des sociétés humaines.

L'étude des mangroves passe par une bonne connaissance de la répartition spatiale de la végétation. Dans cette étude, il s'agit dès lors de dresser une cartographie statistique, à grande échelle, afin de disposer d'une vision synoptique de l'occupation spatiale et temporelle de la mangrove de la commune de Kafountine entre 1972 et 2018.

Cadastre géographique

La commune de Kafountine (Fig. 1), est située sur le littoral sud du Sénégal, plus précisément en Basse-Casamance dans la région de Ziguinchor. Elle est limitée au Nord par la commune de Kataba, au sud par le fleuve Casamance, à l'Est par le marigot de Diouloulou et à l'Ouest par l'Océan Atlantique. Elle couvre une superficie de 908 km² et entretient un riche patrimoine biologique et végétal. L'une des caractéristiques de la Commune de Kafountine reste sa grande diversité ethnique. En effet, selon le recensement de la population en 2013, elle comptait 31 400 habitants constitués majoritairement de Diolas (Diolas-Karones) qui représentent 87%, suivis des mandingues avec 10% et 3 % pour les autres groupes ethniques (les wolofs, Peuls, sérères, Manjacques et Mancagnes [17].

Du point de vue climatique, elle se situe dans la zone sud-soudanienne côtière et fait partie des régions les plus pluvieuses du Sénégal avec une pluviométrie moyenne annuelle oscillant entre 1000 et 1400 mm. Elle présente deux saisons bien distinctes : la saison sèche caractérisée par la présence de l'alizé continental qui dure en moyenne six à sept mois (novembre à avril-mai) et la saison des pluies allant de mai à octobre influencée par l'arrivée de la mousson.

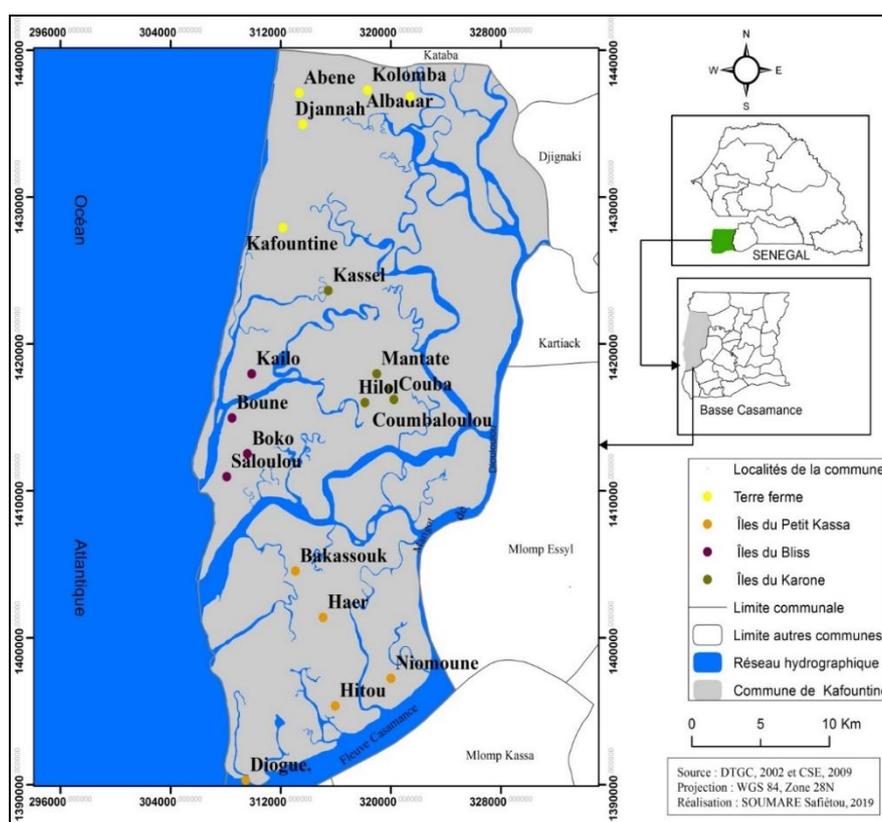


Figure 1 : Situation géographique de la commune de kafountine.

La Commune de Kafountine, ne disposant pas de station pluviométrique, nous avons choisi celle de Diouloulou qui est la station la plus proche de notre zone d'étude. Les données pluviométriques recueillies

s'étalent sur la période allant de 1960 à 2015. Le traitement des données climatiques s'est fait par la détermination des anomalies standardisées basée sur la formule suivante : $Q = \frac{X - X1}{\delta}$ où Q représente la valeur standardisée ; X la valeur de la modalité, X1 la moyenne de la série et enfin δ , l'écart-type de la série. Cette méthode a l'avantage d'autoriser l'identification des valeurs centrées autour de la moyenne, puis réduites et la distinction des années sèches et des années humides. La principale caractéristique de la pluviométrie reste sa forte variabilité interannuelle et surtout inter-décennale avec les importants déficits durant les décennies 1970 et 1980 (Fig.2) qui ont fait suite à la phase hyper humide des années 1960 [18, 19].

L'analyse des anomalies standardisées de la pluviométrie annuelle fait ressortir trois 3 périodes (Fig.2) : la première allant de 1960 à 1967, la seconde période de 1968 à 2006 et la troisième période de 2007 à 2014.

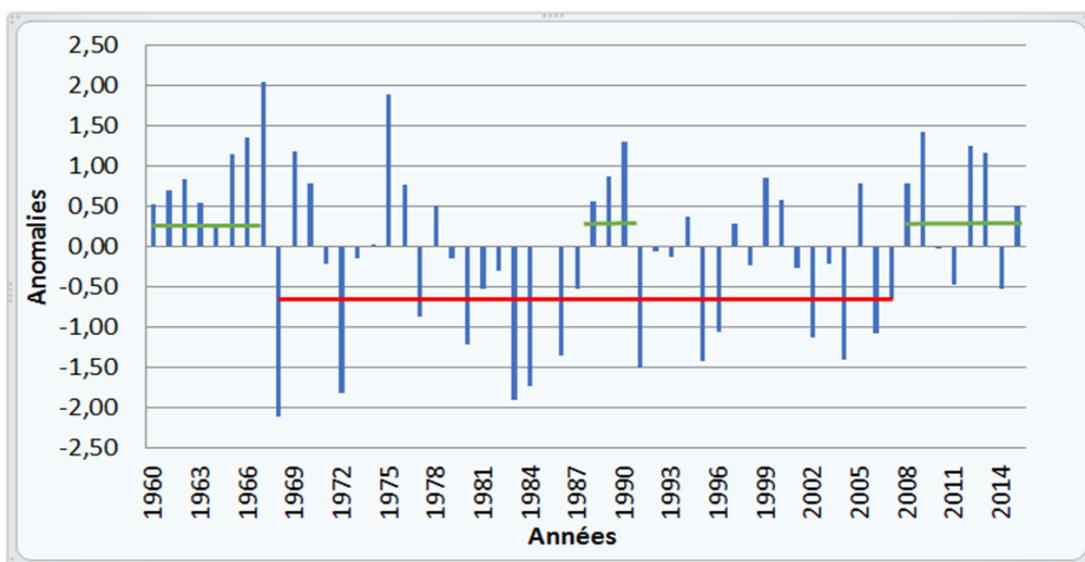


Figure 2 : Anomalies standardisées des totaux pluviométriques à la station de Diouloulou de 1960 à 2015.

La première période est caractérisée par des anomalies globalement positives qui s'étalent sur une période de 8 ans (1960-1967). Ces indices pluviométriques varient entre 0,50 et 2,25 et révèlent le caractère très humide de cette période. Les conditions pluviométriques sont supérieures à la moyenne de la série qui est de 1657,6 mm

Après cette période relativement pluvieuse, la deuxième période allant de 1968-2006, révèle des anomalies négatives dont les effets ont eu des répercussions sur la dynamique de la mangrove dans la commune de Kafountine. Sur 38 ans, seules quelques années ont enregistré des indices pluviométriques légèrement positifs puisqu'elles dépassent rarement 0,1. C'est le cas des années 1968, 1971, 1972, 1973, 1977, 1979, 1980. Ces analyses sont largement partagées par les populations locales. En effet, les personnes interrogées s'accordent quant à l'installation de la sécheresse des années 1970 comme principale cause de la dégradation de la mangrove ; cette sécheresse a entraîné une augmentation de la salinité des bolongs (un chenal d'eau salée, caractéristique des zones côtières du Sénégal et de la Gambie, proches des estuaires) et des sols des mangroves.

La troisième période est une tendance relativement excédentaire, contrairement à la période (1968-2006) qui se caractérise par une tendance largement déficitaire. Cette situation a permis le maintien et le développement de la mangrove, à travers la régénération naturelle et favorisé la reprise des surfaces reboisées dans la Commune de Kafountine. Cette troisième phase de la série s'étale sur 8 ans (2007 à 2014). Au cours de cette phase, la station de Diouloulou a enregistré cinq (5) années excédentaires et trois (3) années déficitaires.

L'objectif de cette cartographie est de répondre aux questions suivantes : quel est l'état de la mangrove dans l'estuaire de la Basse-Casamance ? Observe-t-on des phénomènes de progression ou de régression des surfaces de mangrove ? Peut-on constater des évolutions différentes durant les années de sécheresse (1980) et celle de la reprise de la pluviométrie dans les années 1990 ? Quelle est la perception des populations sur l'évolution de cette mangrove ?

II. MATERIELS ET METHODES

2.1 Analyse et traitement des données satellitaires

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

2.1.1 Etapes du traitement

Les données utilisées dans le cadre de ce travail proviennent toutes des capteurs *Multi Spectral Scanner* (MSS), *Thematic Mapper* (TM), *Enhanced Thematic Mapper* (ETM+) et *Operational Land Imager* (OLI) et le *Thermal InfraRed Sensor* (TIRS) du satellite Landsat de la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Pour cartographier l'évolution spatio-temporelle de la mangrove dans la commune de Kafountine, nous avons utilisé les images du satellite Landsat acquises en 1972, 1986, 2000 et 2018 (tableau, 1). Le choix de ces dates est lié est à la forte péjoration climatique intervenue en Basse-Casamance au cours des décennies 1970 et 1980 [20, 21, 22, 23]. Celle-ci avait fortement affecté les écosystèmes naturels de ce territoire entraînant une modification de la qualité de l'écosystème de mangrove dans la zone côtière de Kafountine. Ces données géospatiales sont traitées avec les logiciels Envi) et Arc GIS.

La résolution spatiale est de 57 m pour la première génération de Landsat que nous avons utilisée dans le cadre de ce travail, et 30 m pour les images issues des capteurs TM, ETM+ et OLI-TIRS. Ainsi les images de la saison des pluies sont-elles difficilement utilisables pour plusieurs raisons parce qu'il y a forte couverture nuageuse pendant l'hivernage, forte activité chlorophyllienne qui atténue les contrastes notamment entre végétation ligneuse et herbacée. Suivant cela, nous avons finalement choisi l'acquisition d'images prises entre les mois de février et de novembre donc en début de saison sèche.

Tableau 1 : Données satellitaires utilisées en Janvier 2018.

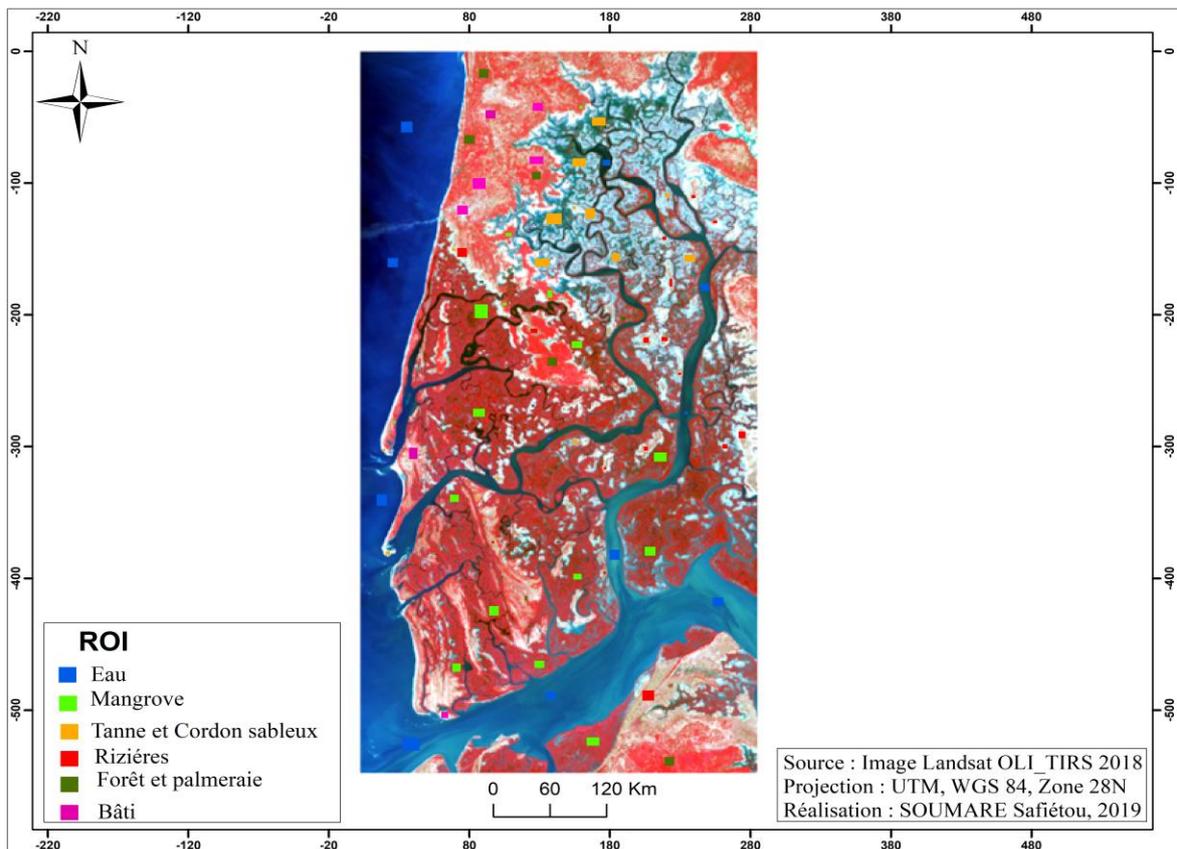
Satellite	Série	Capteur	Date d'acquisition	Résolution Spatiale
Landsat	L1	MSS	05 novembre 1972	57 m
	L5	TM	09 février 1986	30 m
	L7	ETM+	06 novembre 2000	30 m
	L8	OLI-TIRS	12 décembre 2018	30 m

2.1.1.1 Correction géométrique des images

Pour établir les cartes des changements, il faut impérativement que ses images Landsat aient les mêmes résolutions spatiales. Ce qui n'est pas le cas entre les images MSS, et TM, ETM+ et OLI-TIRS. En effet, les MSS disponibles sur la base ortho-rectifiée de GLCF ont une résolution de 60 mètres alors que les TM, ETM+ et OLI-TIRS sont à 30 mètres. Un travail de ré-échantillonnage est nécessaire pour homogénéiser la base de données Landsat. Le principe du ré-échantillonnage est un recalcul de valeurs des pixels d'une taille donnée à partir des valeurs des pixels d'une image d'origine. La question qui se pose est alors : faut-il échantillonner l'image MSS avec des valeurs de TM, ETM+ et OLI-TIRS ou l'inverse ? Le dilemme n'en est pas vraiment un, car, pour reprendre les termes d'Andrieu [24], « *subdiviser un pixel n'apporte aucune information supplémentaire et prétendre augmenter la résolution de l'image MSS est évidemment une illusion* ». La correction géométrique a consisté alors de ré-échantillonner les TM, les ETM+ et les OLI-TIRS à la résolution des MSS. Le passage de l'une vers l'autre fait perdre à l'image une part de sa finesse mais c'est un compromis nécessaire.

2.1.1.2 La classification supervisée des images

La classification est l'une des formes de traitement les plus courantes des images multi-spectrales. Il s'agit de regrouper les pixels d'une image en classes spectrales homogènes et de leur assigner une signification thématique, en se basant sur des données de terrain [25, 26, 27, 28]. Le choix de ce type de classification est basé sur une bonne connaissance de la zone d'étude. Dans la Commune de Kafountine, nous avons identifié sur le terrain six (6) classes thématiques établies comme suit : l'eau, la mangrove, les tannes et les cordons sableux, les rizières, le bâti (qui regroupent toutes les installations humaines) et une classe regroupant la forêt et la palmeraie.



À ces différentes classes retenues, nous avons appliqué des régions d'intérêts (ROIs) définies par la numérisation de plusieurs polygones pour chaque classe thématique (figure 2). La digitalisation s'appuie sur une composition de fausses couleurs infrarouges retenue pour cette étude. Ces sites d'entraînement servent de base pour la cartographie des types d'occupation du sol suivant l'algorithme maximum de vraisemblance « Maximum Likelihood » appliqué à tous les pixels de l'image.

2.1.1.3 Evaluation de la classification

Pour évaluer la qualité des classifications, nous avons fait une analyse de séparabilité spectrale des différentes classes d'occupation du sol en choisissant l'indice de séparabilité Jeffries-Matusita [29, 30]. Le résultat a montré que pour les classes retenues, la valeur de séparabilité est comprise entre 1.9 et 2 ; ce qui indique une bonne qualité de la séparabilité des classes thématiques retenues.

Tableau 2 : Indice de séparabilité des classes thématiques en fonction des années 1972, 1986, 2000 et 2018.

Classes thématiques	Indice de séparabilité Jeffries-Matusita (1972)	Indice de séparabilité Jeffries-Matusita (1986)	Indice de séparabilité Jeffries-Matusita (2000)	Indice de séparabilité Jeffries-Matusita (2018)
Eau	(1.999 - 2)	(2 - 2)	(1.999 - 2)	(1.973 - 2)
Mangrove	(1.990 - 1.993)	(1.996 - 2)	(1.999 - 2)	(1.999 - 2)
Tanne et cordon sableux	(1.999 - 1.999)	(1.576 - 1.947)	(1.995 - 2)	(1.941 - 1.996)
Rizières	(1.990 - 1.993)	(1.855 - 1.952)	(1.964 - 1.980)	(1.858 - 1.999)
Forêt et Palmeraie	(1.967 - 1.999)	(1.999 - 1.999)	(1.884 - 1.999)	(1.999 - 2)
Bâti	(1.834 - 1.996)	(1.999 - 1.999)	(1.884 - 1.999)	(1.941 - 1.996)

À la suite de l'ensemble de ces étapes, nous avons utilisé l'algorithme maximum de vraisemblance pour classifier les différentes classes. Plusieurs algorithmes de classification ont aussi été essayés, mais celui-ci donnait les meilleurs résultats. La méthode de classification par maximum de vraisemblance est l'algorithme le plus utilisé pour la classification d'images en télédétection [31]. Par la suite, pour évaluer les différentes classifications obtenues à partir des images de 1972, 1986, 2000 et 2018, nous avons construit une matrice de confusion. Pour la construire, on procède à la sélection des zones de contrôle digitalisés sur l'image Google Earth de 2018 (Fig.3) pour calculer les confusions pouvant exister entre les différentes classes de l'image Landsat de 2018 et de permettre ainsi d'évaluer la classification.

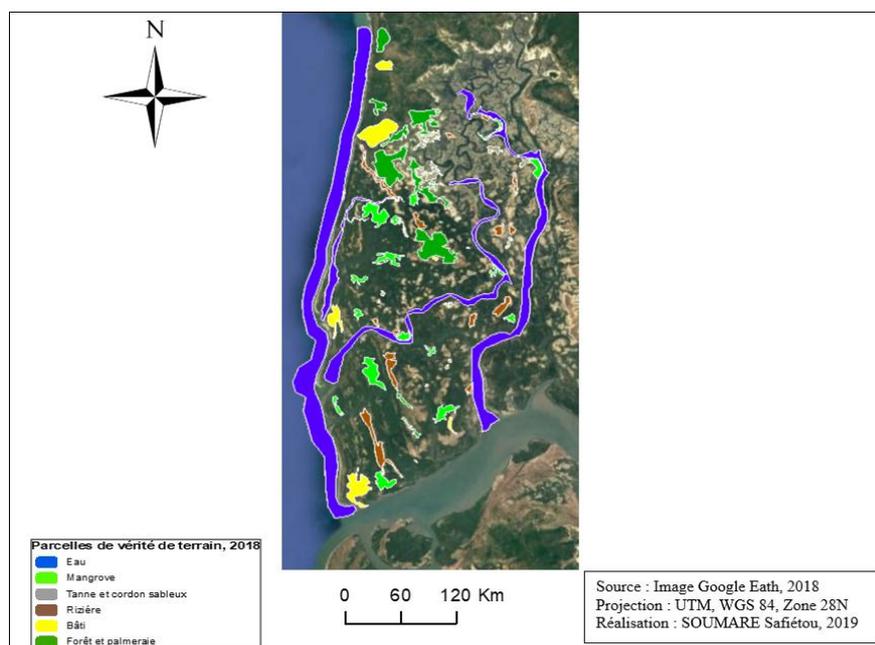


Figure 3 : Sites de vérité de terrain 2018.

La matrice de confusion montre que nous avons un indice Kappa de 0,95% ; ce qui montre l'exactitude et la fiabilité de la classification effectuée sur ses différentes thématiques. Elle est représentée par un tableau à double entrée dans lequel la "réalité de terrain", constituée de l'ensemble des données permettant de valider la classification, est reportée le long de l'axe horizontal tandis que les thèmes de la classification le sont sur l'axe vertical [32].

Tableau 3 : Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat 2018 OLI_TIRS.

Classes affectées	Classe de référence						
	Eau	Mangrove	Tanne et cordon Sableux	Rizière et prairie	Forêt et palmeraie	Bâti	Total
Eau	916	0	2	0	0	0	918
Mangrove	0	81	0	0	2	0	81
Tanne et cordon Sableux	1	0	106	0	0	0	107
Rizière et prairie	0	0	0	48	0	1	49
Forêt et palmeraie	0	2	0	0	64	0	66
Bâti	0	0	0	4	0	15	19
Total	917	83	108	52	64	16	1240
Précision globale	95,19%						
Coefficient Kappa	0,95						

2.1.1.4 Cartographie diachronique

Pour évaluer avec précision les principaux changements intervenus entre deux dates dans la mangrove de la Commune de Kafountine, une cartographie diachronique a été effectuée sur la base de la classification des images pour chacune des années retenues.

Les résultats statistiques issus de ces traitements nous ont permis de connaître les superficies de mangrove stables, apparues et disparues pour les périodes retenues (1972-1986, 1986-2000, 2000-2018).

2.2 Analyse et traitement des données d'enquêtes

Un questionnaire et un guide d'entretien ont été élaborés pour procéder à la collecte des données sur le terrain. Pour l'évaluer, nous avons organisé une mission exploratoire (Septembre-Décembre 2016). Cette mission exploratoire nous a permis d'avoir une bonne connaissance de l'estuaire de la Commune de Kafountine et de son fonctionnement, mais surtout une meilleure compréhension de la dynamique de la mangrove.

L'objectif de ce questionnaire était de recueillir auprès des populations locales des informations sur les changements récents survenus dans leurs usages de la mangrove et leur appréciation sur les nouveaux modes proposés et les opérations de restauration de la mangrove. Il s'agit entre autres des différents types d'activités qui s'y exercent, les facteurs d'évolution de la mangrove, les impacts et les stratégies de gestion.

Ce questionnaire a été administré à 322 personnes, dont 217 chefs de ménages et 105 exploitants. Parmi, les méthodes de tirage d'échantillon [33], le sondage stratifié a été retenu afin de mieux cerner le rôle des pratiques ainsi que la variabilité climatique sur la dynamique de la mangrove. C'est une méthode qui consiste à diviser la population en groupes homogènes (appelés strates), qui sont mutuellement exclusifs, puis on sélectionne à partir de chaque strate des échantillons indépendants. Cette stratification a été effectuée suivant la complexité géographique de la Commune de Kafountine, avec des découpages en deux zones (la terre ferme et la partie insulaire) mais aussi par rapport à notre choix d'enquêter dans tous les villages de la Commune (19 villages).

Un guide d'entretien a été utilisé comme support tout le long de nos entretiens avec les services déconcentrés de l'Etat (Eaux et forêts, Aire Marine Protégée d'Abéné), les conseillers et intervenants directs au niveau local (Mairie, Association villageoise, comité de gestion, responsable de volet environnemental, ONG, GIE etc.). Le traitement des informations quantitatives collectées s'est fait à partir du logiciel Sphinx.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la mangrove de la commune de Kafountine entre 1972 et 2018

La figure 4 montre les différents changements constatés dans la mangrove de la Commune de Kafountine entre les années 1972-1986, 1986-2000 et 2000-2018. Entre 1972 et 1986, elle indique une régression de la mangrove au profit des surfaces de tannes. Entre 1986 et 2000, nous notons une relative stabilité de la mangrove. Et entre 2000 et 2018, la figure (4) mentionne une régénération de la mangrove avec une reconversion des surfaces de tannes.

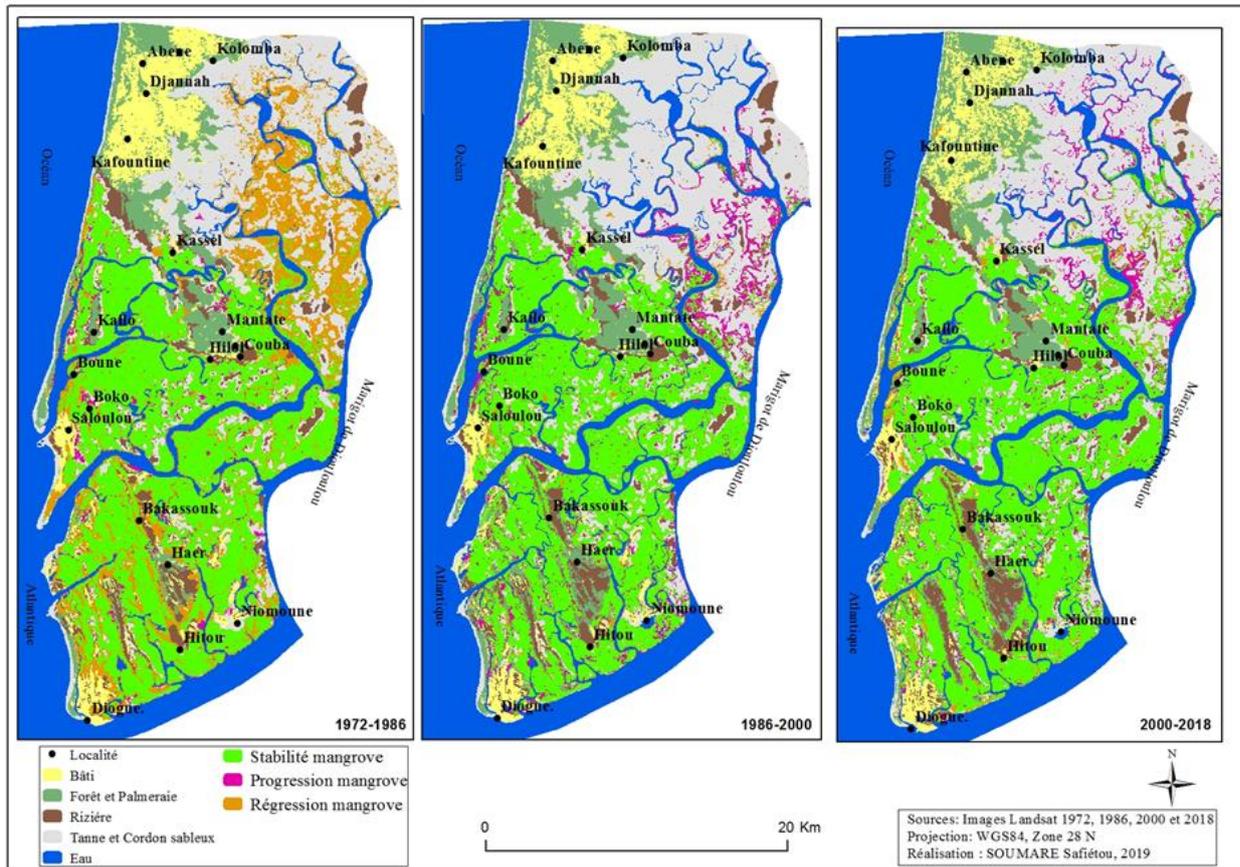


Figure 4 : Dynamique de la mangrove dans la Commune de kafountine entre 1972-1986, 1986-2000 et 2000-2018.

Le tableau 4 montre l'évolution spatio-temporelle de la mangrove entre 1972 et 1986. Il mentionne qu'entre 1972 et 1986, la mangrove de la Commune de Kafountine a connu une régression. De cette situation, le résultat des superficies de changement montre que la superficie totale de la mangrove disparue durant cette période était de l'ordre de 13450 ha contre une superficie stable de 27692 ha et celle apparue estimée à 1454 ha. Cette régression de la mangrove en faveur des tannes, a favorisé l'extension de celles-ci d'environ 9905 ha, largement supérieure à la superficie de mangrove apparue. Cette régression de la mangrove durant cette période est plus manifeste dans la partie Est de la Commune de Kafountine.

Entre 1986-2000, on constate une relative stabilité de la mangrove. En effet, d'une superficie de mangrove stable estimée à 27 692 ha entre 1972-1986, celle-ci est passée à 27 974 ha. Cette stabilité est le fruit du retour progressif de la pluviométrie. En effet, durant cette période, la superficie de mangrove disparue a fortement régressé en passant de 13 450 ha entre 1972 et 1986 à 1280 ha entre 1986-2000. Toutefois, il est à constater que la disparition de la mangrove durant cette même période est plus manifeste dans la partie Est. Entre 2000 et 2018, la mangrove de la Commune de Kafountine a connu une régénération. En effet, nous constatons une apparition de 5897 ha et une stabilité de 35 180 ha. Cette régénération de la mangrove s'est accompagnée d'une régression des surfaces de tannes de 3700 ha. Cette régénération de la mangrove est le fruit d'une variabilité pluviométrique marquée par le retour de la pluie, favorable à la régénération naturelle des palétuviers, mais aussi aux activités de restauration surtout de reboisement dont elle fait l'objet.

Tableau 4 : Statistiques de l'évolution de la mangrove entre 1972-1986, 1986-2000 et 2000-2018 en hectare.

Classes	1972-1986			1986-2000			2000-2018		
	Stable	Progression	Régression	Stable	Progression	Régression	Stable	Progression	Régression
Mangrove	27 692	1454	13 450	27 974	4586	1280	30 341	5897	2185
Tanne et Cordon sableux	17 818	9905	2336	23 847	1538	3758	21 791	2472	3700
Rizière et Prairie	2853	1547	1737	3358	1841	1049	2914	868	1653
Bâti	2358	5660	1153	6282	3296	1688	5895	3864	3716
Forêt et Palmeraie	5076	2746	4071	4551	1090	3330	3400	3026	2190
Eau	32 108	2949	1514	33 928	637	1282	33 150	733	1232

3.2 Impact des activités socio-économiques sur la dynamique de la mangrove dans la Commune de Kafountine

Dans cette partie, il est question de savoir comment les activités socio-économiques influent sur l'évolution de la mangrove dans la Commune de Kafountine. Ceci, à travers la perception qu'en ont les populations sur les changements et les impacts dans la gestion de cet écosystème. Selon 38% de la population enquêtée, les principales activités exercées dans la mangrove sont la pêche, les huîtres, la coupe du bois et le fumage du poisson.

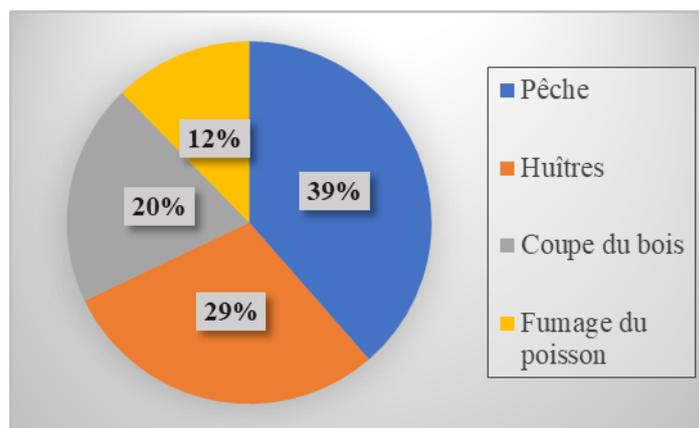


Figure 5 : Les principales activités d'exploitation dans la mangrove de la Commune de Kafountine.

Ainsi, 90% des personnes enquêtées disent que ses activités se font en groupe tandis que les 10% s'y activent de manière individuelle. Selon les enquêtes, il a été déclaré que la pratique de ses différentes activités est si importante parce qu'elle participe depuis très longtemps à leurs moyens de subsistance mais aussi surtout ceux des villages insulaires qui ne dépendent que des ressources de la mangrove pour leurs survies. En plus de cela, c'est devenu une source de revenus pour cette population.

La pêche qui est exercée par 39% de la population a, selon les déclarations, connu des impacts positifs pour le développement de la mangrove (repos biologique) et le niveau de vie de la population. Réalisée dans les *bolongs*, elle permet à beaucoup de jeunes de la Commune de Kafountine et surtout aux insulaires de disposer d'une activité génératrice de revenus et de subvenir à leurs besoins. D'après les questionnaires soumis aux exploitants dans les différents villages de Kafountine sur les revenus que ces derniers tirent de cette activité ; 60 % ont mentionné qu'ils gagnaient un revenu annuel tournant autour de 5 à 6 millions de FCFA.

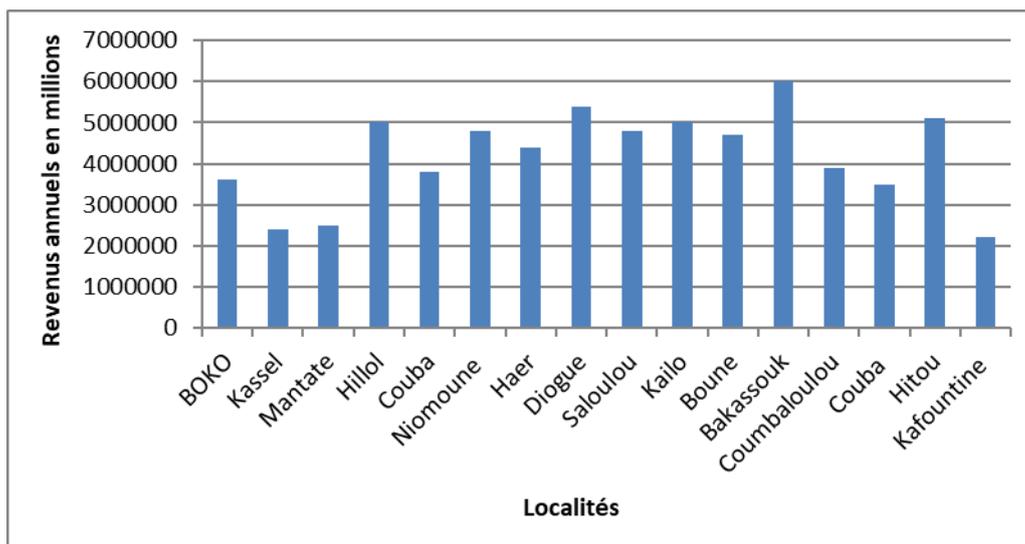


Figure 6 : Revenus annuels provenant de la pêche dans les villages de Kafountine.

La cueillette des huîtres est la seconde activité après la pêche. C'est une activité qui est généralement faite en saison sèche. 29% de la population enquêtée a déclaré s'adonner à cette activité. Il s'agit principalement des femmes. Elle est pratiquée entre février à mai et fait l'objet d'une exploitation rationnelle parce que les techniques de récolte des huîtres ont changé avec le temps ; les femmes déclarent qu'elles saisissent la racine des palétuviers à la main sans la couper. D'après les données d'enquêtes recueillies sur la Réserve Ornithologique de Kalissaye [34], voici les les revenus annuels tirés de l'exploitation des huîtres qui tournent autour 200.000 à 1.000.000 de FCFA durant l'année.

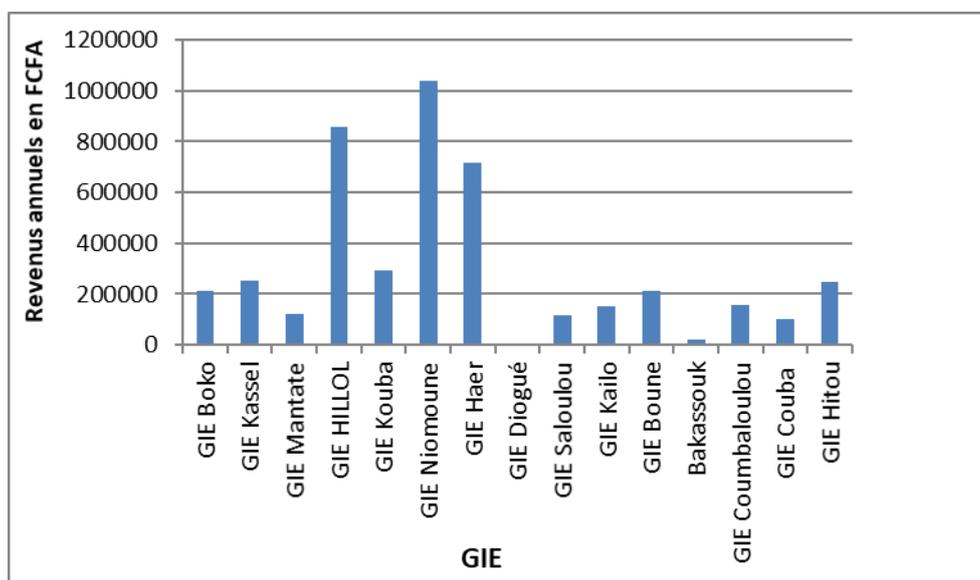


Figure 7 : Revenus annuels provenant de l'exploitation d'huîtres à Kafountine.

La coupe du bois de mangrove est déclarée par 20% des ménages dans la Commune de Kafountine comme une activité qui impacte sur la dynamique de cet écosystème. 95% des exploitants qui s'y adonnent déclarent qu'ils préfèrent le bois sec à cause de sa résistance pour de nombreux usages et les 5% utilisent celui humide. Ce bois est souvent utilisé pour la construction des maisons et abris provisoires ainsi que comme bois pour leurs périmètres maraichers.



Figure 8 : Utilisation du bois de mangrove dans la Commune de Kafountine.

Cette coupe du bois est généralement effectuée par les autochtones du village de Diogué, les soussous (ethnie manding d'Afrique de l'ouest, établi principalement en Guinée Conakry, au nord-ouest de la Sierra Léone et en Guinée Bissau) et les ghanéens s'y activent. En effet, leurs activités qui concernent le fumage et séchage du poisson reposent sur l'utilisation du bois de mangrove. Toutefois, selon certains exploitants enquêtés, (disposant d'une pirogue afin de passer plusieurs heures dans la mangrove), ils peuvent avoir entre un (1) et trois (3) voyages par mois dont chaque chargement pouvant faire entre trente (30) et cinquante (50) fagots. Ainsi, un fagot de dix (10) à quinze (15) bois y est vendu à cinq mille francs CFA (5000). Cela représente un gain mensuel compris entre cent cinquante mille (150000 francs CFA) et deux cent cinquante mille (200000 francs CFA). Il arrive que ces chercheurs de bois aient des commandes auprès des hôteliers, et dans ces cas de figure, les chargements peuvent dépassés les cinquante (50) fagots et du coup le gain aussi augmente. Ainsi donc, tout dépend des besoins exprimés par le demandeur ou même les exigences du marché.

3.3 Discussions des résultats

Il ressort de ses analyses que la mangrove de la Commune de Kafountine est marquée par deux tendances évolutives : une période de régression importante entre les années 1972 et 1986, qui s'inverse entre 1986 et 2000 et entre 2000 et 2018 marquées par une phase de régénération de la mangrove notamment dans les parties Est les plus touchées. Comparé aux travaux de Julien Andrieu [35] qui porte sur les mangroves des estuaires du Saloum et de la Casamance, ces résultats confirment d'une manière générale une régénération de 8804 ha entre 1986 et 2000 soit 20 % de sa superficie. Par ailleurs, les travaux de Barry [36] ont montré une tendance plus ou moins similaire de la régénération de la mangrove de Kafountine de l'ordre de 32,10 % soit une superficie de 11243 ha entre 1979 et 2015. De la même manière Tall [37] et Dièye [38] à partir d'une analyse diachronique ont montré une dynamique positive de la mangrove de la Basse-Casamance de l'ordre de 37,2% à Diogué et 0,3 % à Tobor entre 2000 et 2013.

Le facteur déterminant de la régression de la mangrove dans la Commune de Kafountine entre les années 1972 et 1986 est le déficit pluviométrique qui a favorisé l'augmentation de l'évaporation et de la salinité des eaux. Avec l'ensablement de la vasière dans la Commune de Kafountine dû aux phénomènes éoliens, on assiste à la disparition naturelle du genre *Rhizophora* remplacé parfois par le genre *Avicennia* plus apte à supporter ces nouvelles conditions écologiques. Les actions anthropiques ont été aussi importantes durant cette période (1972-1986) précisément avec la coupe du bois de mangrove qui a participé aussi à sa régression. Ainsi, si les populations enquêtées, confirmaient que les causes de régression passées de la mangrove étaient dues aux conditions pluviométriques ; elles étaient aussi persuadées que la technique de cueillette des huîtres (le détachement des huîtres par la coupe des racines des palétuviers) en était de même un facteur de changement de cet écosystème.

Toutefois, malgré cette régression de la mangrove pendant la période 1972-1986, celle-ci commence à reverdir depuis les années 2000 jusqu'à nos jours. Ce reverdissement est dû à une reprise sensible de la pluviosité dans le Sahel [39, 40, 41, 42, 43, 44].

De ce fait, les mangroves de Kafountine ont connu un développement de leurs espèces (*Rhizophora* et *Avicennia*) qui ont permis aux populations locales d'y exercer leurs activités économiques (pêche et huître) sans puisqu'elles ne détériorent la qualité de cet écosystème en respectant les réglementations issues des différentes communautés de gestion (sensibilisation, interdiction d'utiliser des filets en nylon et les coupes-coupes). Ceux qui leurs a permis d'avoir des revenus très appréciables. Ainsi, les reboisements de mangrove y ont aussi joué une part non négligeable. Les premières opérations de reboisement dans la Commune de Kafountine ont débuté en 2000 mais ce n'est qu'à partir de 2013, que l'ONG Océanium, Justice et développement, l'Aire Marine Protégée d'Abéné et les services des Eaux et forêts sont intervenues pour soutenir les efforts consentis par ses populations dans l'encadrement sur les techniques de reboisements pour une meilleure restauration de la

mangrove. Il serait également bénéfique pour le suivi de cet écosystème de procéder à une évaluation cartographique des opérations de reboisement. L'analyse de ces données permettrait de montrer les écarts entre la situation antérieure aux reboisements et la situation actuelle.

IV. CONCLUSION

La mangrove de la Commune de Kafountine occupe une place importante dans le vécu quotidien des populations. Elle représente un enjeu environnemental et socio-économique considérable en raison de sa productivité et de sa grande richesse. Les communautés qui y vivent dépendent largement d'elle pour leur survie.

L'utilisation des données de télédétection et de la cartographie a permis, à partir de l'analyse diachronique des images satellitaires de Landsat de 1972, 1986, 2000 et 2016, d'apprécier la régression et la progression de la mangrove dans la Commune de Kafountine. Ainsi, d'une manière générale, la mangrove de la Commune de Kafountine a connu une régression importante entre 1972 et 1986 (28,57 % de sa surface de mangrove), suivi d'une régénération pendant la période 1986-2000 (29165,16 ha en 1986 et 32542,14 ha en 2000) et une stabilité entre 2000 et 2016 (31,31 % de surface de mangrove apparue).

La dégradation de la mangrove évoquée dans les années 1972 et 1986 est liée à des facteurs d'ordre naturel (variabilité pluviométrique, salinisation et l'ensablement) et anthropique (coupe du bois, technique de cueillette des huîtres et la surexploitation des ressources halieutiques) entraînant des conséquences sur l'environnement biophysique et sur l'activité socio-économique des populations (diminution de certaines espèces animales, réduction de la mangrove et du potentiel des ressources ligneuses et halieutiques, extension des tannes, diminution des revenus des exploitants, abandon de certaines terres rizicoles en zone de mangrove).

Mais, depuis le retour de la pluviométrie dans les années 1990, accompagnée d'une prise de conscience de plus en plus importante des populations locales sur la nécessité de conservation de la mangrove, un développement constant de la biodiversité (retour de la faune, densité de la flore) et des activités économiques (pêche, huître, augmentation de la production du sel) a été noté autour de cet écosystème avec des revenus très appréciables pour les populations.

Ainsi, pour pérenniser cette dynamique positive, il faut que la population avec l'appui des services techniques de l'Etat (Eaux et forêts) mettent l'accent sur le renforcement des règles communautaires avec le contrôle de la coupe du bois de mangrove, la sensibilisation renforcée et la création d'une Aire Patrimoine Autochtone Communautaire (APAC).

REFERENCES

- [1]. Marius C. (1985). Mangroves du Sénégal et de la Gambie : écologie, pédologie, géochimie, mise en valeur et aménagement, Paris, ORSTOM, coll. Travaux et Documents, 357p.
- [2]. Ndour N. (2005). Caractérisation et étude de la dynamique des peuplements de mangrove de la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (Sénégal), Dakar, UCAD, 180p.
- [3]. FAO. (2007). The world's mangroves 1980-2005, Rome, 89p.
- [4]. Ngom F. (2007). Les fonctions de mangrove dans la structuration et la biologie des peuplements de poissons de l'estuaire du Sine-Saloum, Université Cheikh Anta Diop de Dakar Faculté des Sciences et Techniques, Thèse De Doctorat De Troisième Cycle De Biologie Animale, 148 p.
- [5]. Cormier Salem M.C., Sy B.A., Cubizolle H., Bassene O.A. (2013). Impacts des changements démographiques et socio-économiques sur la perception et la gestion de la mangrove en Basse Casamance (Sénégal), Géocarrefour V.88 N° 4 Nouveau regards sur les zones humides, 229-135 p.
- [6]. IMAO. (2009). Charte et Plan d'actions pour une gestion durable des mangroves dans l'espace PRCM : Mauritanie, Sénégal, Gambie, Guinée Conakry, Guinée Bissau et Sierra Leone », 71 p.
- [7]. UNEP-WCMC. (2007), Mangroves of western and central Africa, 90 pages.
- [8]. IUCN. (2004). Réalisations du projet pour une étude pour une gestion durable de la mangrove de la Petite côte et du Delta du Saloum, 44 p.
- [9]. Ndour G., Dieng S., Fall M. (2012). Rôles des mangroves, modes et perspectives de gestion au Delta du Saloum (Sénégal), vertigo, la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 11 Numéro 3.
- [10]. Andrieu J. (2010). Commentaire de la carte des changements de l'occupation du sol dans les rivières-du-Sud, CFC N°203, pp. 23-42.
- [11]. Ajonina G., Diamé T., KAIRO J. (2008). Etat actuel et conservation des mangroves de l'Afrique vue d'ensemble, IMO Bunkers Convention, 6 p.
- [12]. Andriamalala C.A.J. (2007). Étude écologique pour la gestion des mangroves à Madagascar, Comparaison d'une mangrove littorale et d'estuaire à l'aide de la Télédétection, University of Basel, 283 p.
- [13]. Idée Casamance. (2006). Rapport sur le reboisement à Adéane, Baghagha et Bandial, Rapports et études IDEE Casamance, Ziguinchor, 13 p.

- [14]. ISME., World Bank., Center Aarhus. (2004). Principe pour un Code de Conduite de la Gestion et de l'Utilisation Durable des Écosystèmes de Mangroves, 113p.
- [15]. Kairo J.G., Bosire J. (2009). Ecologie et restauration des forêts de mangroves au Kenya, Nature et faune, l'importance des forêts de mangrove pour la pêche, la faune sauvage et les ressources en eau en Afrique, Volume 24, Numéro 1, 44-51p.
- [16]. Gordon C., Tweneboah E., Mensah A., Ayivor J. (2009). L'application de l'approche écosystémique à la gestion des mangroves, leçons pour le Ghana, Nature et faune, l'importance des forêts de mangrove pour la pêche, la faune sauvage et les ressources en eau en Afrique, Volume 24, Numéro 1, 31-43p.
- [17]. ANSD. (2013). Troisième recensement général de la population et de l'habitat de l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD), Rapport national de présentation, 125 p.
- [18]. Moral P. (1966). Le climat du Sénégal, revue Géographique, Afrique Occidentale, Dakar n 1, 2, 49-70p.
- [19]. Seck A. (1962). Le Heug" ou pluie de saison sèche au Sénégal, Annuaire de Géographie, 225-246p.
- [20]. Blasco F., Tissot C., Giresse P., Fredoux A., Weiss H., Moqued G., Caratini C. (1980). Les rivages tropicaux, Mangroves d'Afrique et d'Asie, Bordeaux, Centre d'étude de géographie tropicale, 246 p.
- [21]. Dacosta H. (1989). Précipitations et écoulements sur le bassin de la Casamance, Thèse de doctorat de troisième cycle géographie, UCAD, Dakar.
- [22]. Sagna P. (2007). Caractéristiques climatiques, Atlas de Sénégal, première édition, les éditions J.A, 57 bis, rue d'auteuil 75016, Paris France, 66-69p.
- [23]. Diéye E.H.B., Sané T., Manga A., Diaw A.T., DIOP M. (2013). Variabilité pluviométrique et dégradation des écosystèmes de mangrove, actions communautaires de réhabilitation à Tobor en Basse-Casamance, XXVIème colloque international de l'Association Internationale de Climatologie (AIC), in « Climat, Agriculture, Ressources en eau d'hier à demain », Cotonou (Benin), 194-199p.
- [24]. Andrieu J. (2008). Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières- du-Sud (Sénégal, Gambie, Guinée-Bissau), Université Paris DIDEROT-Paris7 ; Ecole Doctorale, EESC 532P.
- [25]. Joly G. (1987), Traitement informatique de l'image satellitaire, 233-239p.
- [26]. Caloz R., Collet C. (2001). Précis de télédétection, traitements numériques d'images de télédétection, volume 3, presse de l'Université de Québec, 386 p.
- [27]. Diéye 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 3e cycle, FST/UCAD, LERG, Dakar, 44-217p.
- [28]. Fall A. (2014). Le Ferlo sénégalais, Approche géographique de la vulnérabilité des anthroposystèmes sahéliens, Thèse de 3ème cycle de l'Université Paris 13 Sorbonne Paris Cité, discipline, Géographie 380p.
- [29]. 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, 223p.
- [30]. Gonzalez F.E., Ruiz J.M., Acosta F.M. (2013). Manuel de télédétection spatiale TELECAN, 337p.
- [31]. Denis A. (2015). Travaux pratiques de télédétection spatiale, Université de Liège (ULG), Arlon Campus Environnement Département des sciences et Gestion de l'environnement, Unité Eau Environnement Développement (EED) ,167p.
- [32]. Soumare S. (2017). Analyse de la dynamique et de la gestion de la mangrove dans la commune de Kafountine en Basse Casamance de 1972 à 2016, mémoire de master, Université Assane Seck de Ziguinchor, Département de Géographie, 165p.
- [33]. Ardilly P. (2006). Les techniques de sondage, Paris, technip 393 p.
- [34]. ROK. (2017). Étude ornithologique de la Réserve Ornithologique de Kalissaye (ROK) Casamance, Sénégal. Compte-rendu de trois visites dans la Réserve Ornithologique de Kalissaye, le 4 mars, le 1er et le 20 mai 2011, 9p.
- [35]. Andrieu J., Cormier-Salem M.C., Descroix L., Sané T., Diéye E.H.B., NDOUR N. (2018). Correctly assessing forest change in a priority West African mangrove ecosystem 1986-2010, An answer to Carney et al., (2014) paper "Assessing forest change in a priority West African mangrove ecosystem 1986-2010", Remote Sensing Applications Society and Environment, journal homepage, www.elsevier.com/locate/rsase 11p.
- [36]. Barry M. (2016). Erosion côtière et impacts dans la Commune de Kafountine (Basse Casamance), mémoire de master, Université Assane Seck de Ziguinchor, Département de Géographie, 123p.
- [37]. Tall E.S.B. (2013). La dynamique de la mangrove et ses impacts environnementaux et socio-économiques à Diogué en Basse Casamance de 1979 à 2010, mémoire de master, Université Assane Seck de Ziguinchor, département de Géographie, 98p.

- [38]. Diéye E.H.B., Diaw A.T., Sané T., Ndour N. (2013). Dynamique de la mangrove de l'estuaire du Saloum (Sénégal) entre 1972 et 2010, in Cybergeog, European Journal of Geography, Environnement, 22 pages.
- [39]. Mahamane A., Mahamane S., Yacoubou B., Issaka B., Ichaou A., SALEY K. (2007). Analyse diachronique de l'occupation des terres et caractéristiques de la végétation dans la commune de Gabi (région de Maradi, Niger), Sécheresse, vol. 18, n° 4, 296-304p.
- [40]. Leroux L. (2012). Apport de la géomatique à la caractérisation du bassin versant du Mayo-Tsanaga en vue d'une modélisation des flux hydrologiques, Mémoire de Master 2, Université Rennes II, 46p.
- [41]. Descroix L., Abdou M., Vandervaere J.P., QUANTIN G. 2015. Evolution récente de la mousson en Afrique de l'Ouest à travers deux fenêtres (Sénégalie et Bassin du Niger Moyen). Climatologie, 12 :25-43p.
- [42]. Faye C., Sané T. (2015). Le changement climatique dans le bassin-versant de la Casamance : évolution et tendances du climat, impacts sur les ressources en eau et stratégies d'adaptation, Actes de l'atelier de Ziguinchor « Eaux et Sociétés face au changement climatique dans le bassin de la Casamance », 15-17 juin 2015, l'harmattan, Dakar, 91-109p.
- [43]. Nicholson E.S. (2005). On the question of the "recovery" of the rains in the West African Sahel Journal of Arid Environments. Volume 63, Issue 3, November 2005, 615-641p.
- [44]. Lebel T., ALI A. (2009). Recent trends in the central and western Sahel rainfall regime (1990-2007), Journal of hydrology, vol. 375, n° 1-2, 52-64p.

Safiétou SOUMARE, et. al. "Dynamique spatio-temporelle de la mangrove de Kafountine dans l'estuaire de la Basse-Casamance des années 1972 à nos jours : Approche par télédétection." *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 10(9), 2020, pp. 01-14.