



Dynamique Spatio-temporelle de la Mangrove du bas Delta du Fleuve Sénégal de 1980 à 2021: Approche par Télétection et Système d'Information Géographique

*Dah Dieng
Moussa Sow*

Laboratoire Leïdi « Dynamiques des Territoires et Développement »,
Université Gaston Berger, Saint-Louis, Sénégal, UFR des Lettres et Sciences
Humaines, Département de Géographie

El Hadji Sow

Laboratoire Leïdi « Dynamiques des Territoires et Développement »,
Université Gaston Berger, Saint-Louis, Sénégal, UFR des Lettres et Sciences
Humaines, Département de Géographie.

Centre de Suivi Écologique, rue Léon Gontran Damas,
Fann Résidence-Dakar, Sénégal

Taibou BA

Centre de Suivi Écologique, rue Léon Gontran Damas,
Fann Résidence-Dakar, Sénégal

[Doi: 10.19044/esipreprint.11.2022.p117](https://doi.org/10.19044/esipreprint.11.2022.p117)

Approved: 06 November 2022
Posted: 08 November 2022

Copyright 2022 Author(s)
Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Dieng D., Sow M., Sow E.H. & Taibou B.A. (2022). *Dynamique Spatio-temporelle de la Mangrove du bas Delta du Fleuve Sénégal de 1980 à 2021: Approche par Télétection et Système d'Information Géographique*. ESI Preprints.

<https://doi.org/10.19044/esipreprint.11.2022.p117>

Résumé

Le bas delta du fleuve Sénégal est une zone d'intérêt écologique au regard de la pluralité d'aires protégées qui sont localisées. Ce milieu, qui se caractérise par la diversité de ses ressources naturelles, développe une très grande vulnérabilité imputable à des causes aussi bien naturelles qu'anthropiques. Depuis quelques décennies, cette fragilité du milieu se répercute sur la mangrove qui assume difficilement ses fonctions socioéconomiques et écologiques. Dès lors, il convient d'analyser la dynamique spatiotemporelle de cet écosystème afin de comprendre les

facteurs qui interviennent dans sa dégradation. Dans cette étude, l'objectif a été atteint au moyen de la télédétection à travers le traitement d'images satellitaires Landsat 1980 et 2000, Sentinel 2021 combiné à des travaux de terrains. Cela a permis la réalisation de cartes d'occupation du sol et de cartes de changements. Les résultats démontrent une tendance globale à la hausse de la mangrove avec des espaces couverts qui sont passés de 1 105,82 ha en 1980 à 1 482,32 ha en 2021 malgré une perte de superficies de 166,92 ha sur cette période.

Mots-clés: Mangrove, Télédétection, Occupation du sol, Ressources naturelles, Milieux humides

Spatio-temporal Dynamics of the Mangrove of the Lower Senegal River Delta from 1980 to 2021: Remote Sensing and Geographic Information System Approach

Dah Dieng

Moussa Sow

Laboratoire Leïdi « Dynamiques des Territoires et Développement »,
Université Gaston Berger, Saint-Louis, Sénégal, UFR des Lettres et Sciences
Humaines, Département de Géographie

El Hadji Sow

Laboratoire Leïdi « Dynamiques des Territoires et Développement »,
Université Gaston Berger, Saint-Louis, Sénégal, UFR des Lettres et Sciences
Humaines, Département de Géographie.

Centre de Suivi Écologique, rue Léon Gontran Damas,
Fann Résidence-Dakar, Sénégal

Taibou BA

Centre de Suivi Écologique, rue Léon Gontran Damas,
Fann Résidence-Dakar, Sénégal

Abstract

The lower delta of the Senegal River is a zone of ecological interest with regard to the plurality of protected areas that are located. This environment, which is characterized by the diversity of natural resources, develops a very great vulnerability due to natural and anthropic causes. For several decades, this fragility of the environment has had repercussions on the mangrove, which is having difficulty fulfilling its socio-economic and ecological functions. Therefore, it is necessary to analyze the spatiotemporal dynamics of this ecosystem in order to understand the factors involved in its

degradation. In this study, this objective was achieved by means of remote sensing through the processing of Landsat 1980 and 2000, Sentinel 2021 satellite images combined with field work. This allowed the realization of land use maps and change maps. The results show an overall increasing trend of the mangrove with areas covered that have increased from 1 105.82ha in 1980 to 1 482.32ha in 2021 despite a loss of area of 166.92 ha over this period.

Keywords: Mangrove, Remote sensing, Land use, Natural resources, Wetlands.

1. Introduction

L'environnement de la terre est fait d'une multitude d'écosystèmes qui interviennent dans le maintien des équilibres naturels et dans la construction des paysages. L'écosystème de mangrove se singularise par les différentes fonctions et les divers services écosystémiques qu'il assure aux communautés locales. Les fonctions écologiques, socioéconomiques et de modulation du climat de cet écosystème ne sont plus à démontrer (Ndour et al., 2012 ; Pramova et al., 2012 ; Locatelli, 2013 ; Folega et al., 2017 ; Dièye et al., 2021). En Afrique, la mangrove couvre une superficie 3,2 millions d'hectares (FAO, 2009) dont les 30 % sont localisés dans sa partie Ouest (Folega et al., 2017). Aujourd'hui, malgré son importance, la mangrove est sujette à diverses formes de dégradations liées non seulement à la variabilité du climat, mais aussi aux interventions anthropiques (FAO, 2009).

Au Sénégal, la mangrove s'étend sur environ 200 000 ha (ADG, 2011) soit environ 8 % des superficies forestières (Le Partenariat, 2019). Une partie de ces forêts de mangrove se trouve dans la partie nord du Sénégal qui abrite la mangrove la plus septentrionale d'Afrique de l'Ouest. Le bas delta du fleuve Sénégal, cadre spatial de cette étude, se situe entre les latitudes 15°49 et 16°4 Nord et les longitudes 16°25 et 16°31 Ouest. Il se trouve dans la réserve de biosphère transfrontalière du delta du fleuve Sénégal (RBTDS), englobe l'Aire Marine Protégée (AMP) de Saint-Louis et le parc national de la Langue de Barbarie (PNLB). Cette zone écologique, caractérisée par une diversité des ressources naturelles, est soumise à la dualité fleuve-océan et est très marquée par une dynamique d'interactions et d'échanges fluvio-marins. Dans cette zone, la fragilité de la mangrove est liée à des causes diverses notamment la mise en place des barrages de Diama et Manantali qui ont modifié la dynamique fluviale avec ses conséquences sur la dégradation de cet écosystème (Jacoutot, 2006 ; UICN, 2010). L'ouverture du canal de délestage en 2003, communément appelé « brèche », outre les incidences négatives sur la pêche et l'agriculture, a conduit à la modification de l'écosystème fluvial à travers la résurgence de la mangrove (Sow et al.,

2021). La fragilité de cet écosystème due aux interventions humaines combinées aux impacts socioéconomiques et écologiques explique l'intérêt que les différents acteurs accordent à la sauvegarde de la mangrove dans le bas delta du fleuve Sénégal. Cette contribution cherche à étudier la dynamique de la mangrove de Saint-Louis à travers une analyse multi dates (1980-2000-2021) aux moyens de la télédétection et du système d'information géographique.

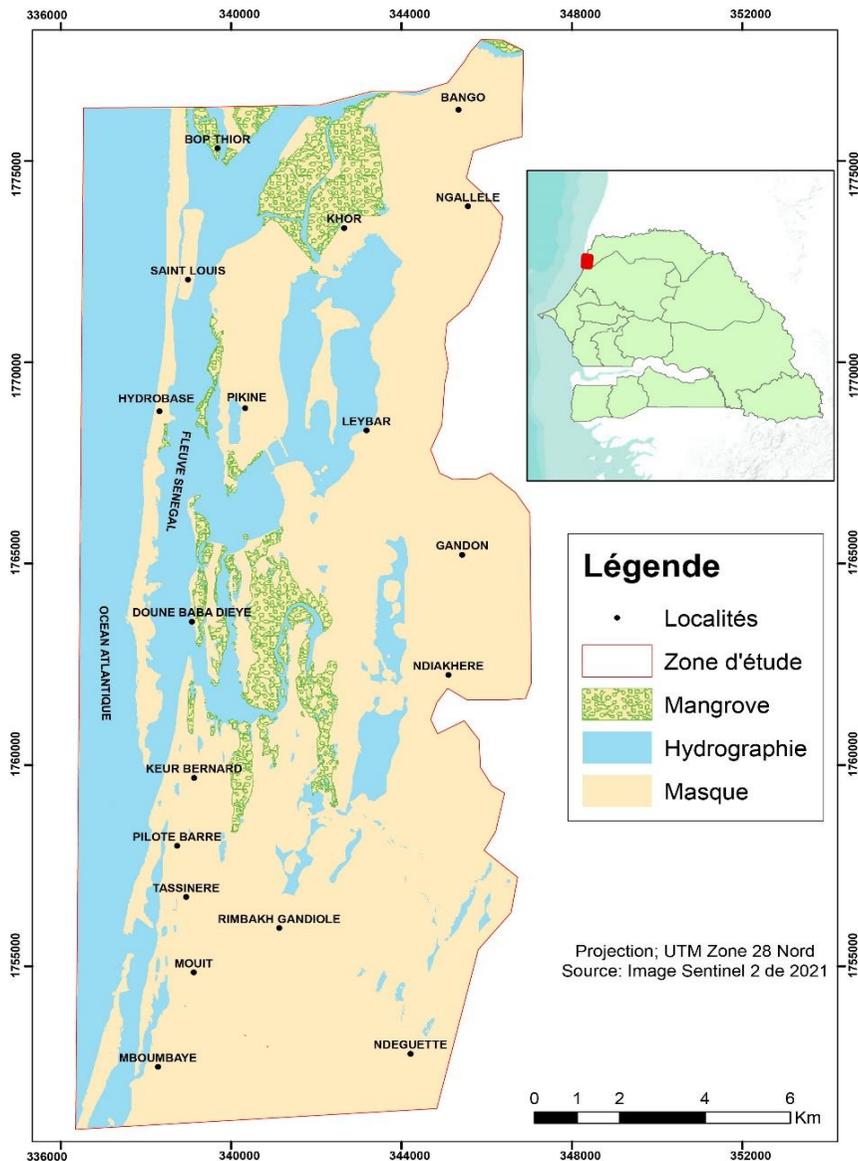


Figure 1. Localisation de la zone d'étude dans le bas delta du fleuve Sénégal
Source : Dieng *et al.*, 2022.

Données et méthodes

Données

Trois images satellites ont été utilisées pour suivre la dynamique spatio-temporelle de la mangrove dans le bas delta du fleuve Sénégal. Il s'agit des images Landsat 3 de 1980, Landsat 7 de 2000 et Sentinel 2 de 2021 (Tableau 1).

Tableau 1. Données utilisées

Types de données	Résolution	Sources	Projection	Date
Landsat 3	30 m	Landsat 3 MSS	UTM WGS 84 zone 28 N	17/10/1980
Landsat 7	30 m	Landsat 7 ETM	UTM WGS 84 zone 28 N	18/09/2000
Sentinel 2	10 m	Sentinel 2	UTM WGS 84 zone 28 N	03/11/2021

Source : Dieng et al., 2022.

Méthodes

L'analyse de la dynamique spatio-temporelle de la mangrove s'est faite à travers plusieurs étapes (figure 2). Il regroupe l'identification de classes d'occupation représentatives du milieu et susceptibles d'être cartographiées, le prétraitement des images, la délimitation de parcelles d'entraînement, la cartographie et l'analyse des changements. Les résultats obtenus à partir l'image Sentinel 2 de 2021 ont été vérifiés sur le terrain afin d'analyser la correspondance des classes d'occupation du sol de ladite carte à la réalité du milieu. Elle s'est faite au moyen de points coordonnés pris sur la carte de 2021 avec des classes d'occupation attribuées initialement qui sont validées ou corrigées si nécessaire. La validation des résultats a nécessité une mission de terrain du 12 au 14 décembre 2021. Cette mission a été aussi l'occasion de prendre d'autres points sur le terrain qui ont été superposés à la carte de 2021 pour vérifier et au besoin corriger certaines erreurs d'attribution.

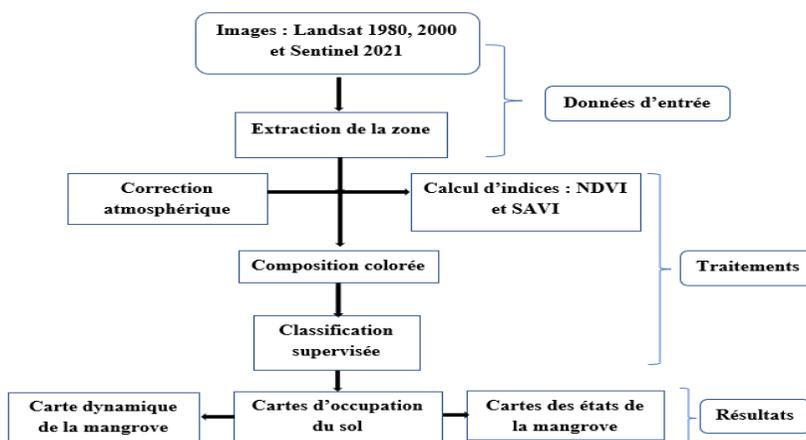


Figure 2. Modèle conceptuel de la méthodologie adoptée

Source : Dieng et al., 2022.

2.2.1 Détection des changements de la mangrove

La détection des changements de la mangrove est faite à l'aide du logiciel Arc Gis où l'extraction des couches de mangrove a été opérée à partir des couches d'occupation du sol des années 1980, 2000 et 2021. Cette opération a permis de voir les espaces occupés par la mangrove aux différentes dates. Ce qui a permis de ressortir, pour chacun des trois binômes d'images (1980/2000, 2000/2021 et 1980/2021), trois cas de figures qui sont appelés : mangrove constante qui est, relative à la mangrove qui n'a pas connu de changement entre les deux dates ; mangrove disparue, qui fait référence à la mangrove convertie en d'autres classes d'occupation du sol ; et mangrove apparue, qui regroupe les autres classes d'occupation du sol devenues mangrove. La détection des changements s'est faite sur la base d'un des couples d'images (1980/2000, 2000/2021 et 1980/2021). Ainsi, en considérant deux temps (T0 et T1) correspondant respectivement à l'année 1 et l'année 2. Alors, si une entité est identifiée comme mangrove à T0 et ne connaît pas de changement à T1, elle est considérée comme une mangrove constante. Une entité de la classe mangrove à T0 qui migre vers une autre classe (Tannes/Vasières, Steppe herbacée, etc.) à T1 est considérée comme mangrove disparue. La mangrove apparue correspond à l'entité qui était dans une autre classe à T0, et qui transite vers la classe mangrove au T1. La quantification de ces changements de la mangrove a été possible grâce à l'utilisation de la matrice de transition.

Résultats

Occupation du sol du bas delta du fleuve du sol en 1980, 2000 et 2021

Les cartes d'occupation du sol des années 1980, 2000 et 2021 (figure 3) présentent la dynamique d'évolution spatiale des six classes retenues que sont l'eau permanente, le bâti, la steppe herbacée, la mangrove, le sol nu et la classe tanne/vasière.

Entre 1980 et 2021, la dynamique d'occupation du bas delta du fleuve Sénégal s'est traduite par plusieurs changements qui peuvent être regroupés en deux catégories (figure 4) : trois classes d'occupation du sol qui ont vu leur espace augmenté régulièrement (le bâti, la mangrove et la steppe herbacée), et les trois autres (eau, sol nu et tannes/vasières) dont les surfaces ont beaucoup diminué au cours de ces quarante dernières années. En effet, pour les évolutions positives, l'espace occupé par le bâti a quasi triplé entre 1980 et 2021 passant de 495,75 ha en 1980 à 782,02 ha en 2000 et 1 942,51 ha en 2021 soit 1446,7 ha de nouveaux espaces bâtis. Les surfaces de mangrove étaient estimées à 1 105,82 ha en 1980, à 1 182,63 ha en 2000 et sont passées à 1 482,32 ha en 2021, augmentant de +34 % entre 1980 et 2021. Dans le même sens, la steppe herbacée, a fortement progressé passant

de 873,82 ha en 1980 à 2 720,24 ha en 2000 avant d'atteindre 4 753,11 ha en 2021, soit une augmentation de +443% de ces superficies.

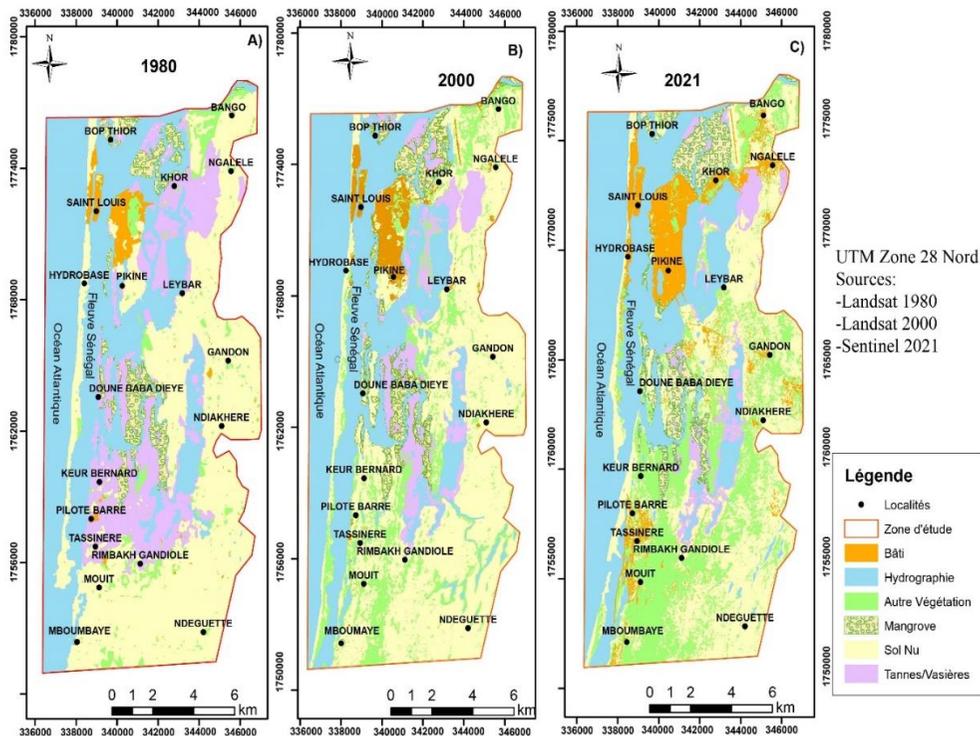


Figure 3. Occupation du sol du bas delta du fleuve Sénégal en 1980, 2000 et 2021.

Source : Dieng et al., 2022.

Pour les classes qui ont vu leur occupation régressée, les sols nus ont diminué de 28% entre 1890 et 2021 passant de 9 511,32 ha en 1980 à 9 476,86 ha en 2000 contre 6 833,62 ha en 2021. La classe des tannes/vasières a perdu, en quarante années, plus des 2/3 (-68,39%) de ses superficies, évaluées à 3 651,58 ha en 1980, à 1 820,77 ha en 2000 et à 1 154,09 ha en 2021. L'évolution des surfaces d'eau, certes plus difficile à évaluer en raison de leur régulière variation saisonnière, mensuelle et même quotidienne avec les fluctuations des marées, annonce une légère baisse, passant de 8 604,93 ha en 1980 à 8 077,51 ha en 2021, soit une diminution de 5 27,41 ha (figure 4).

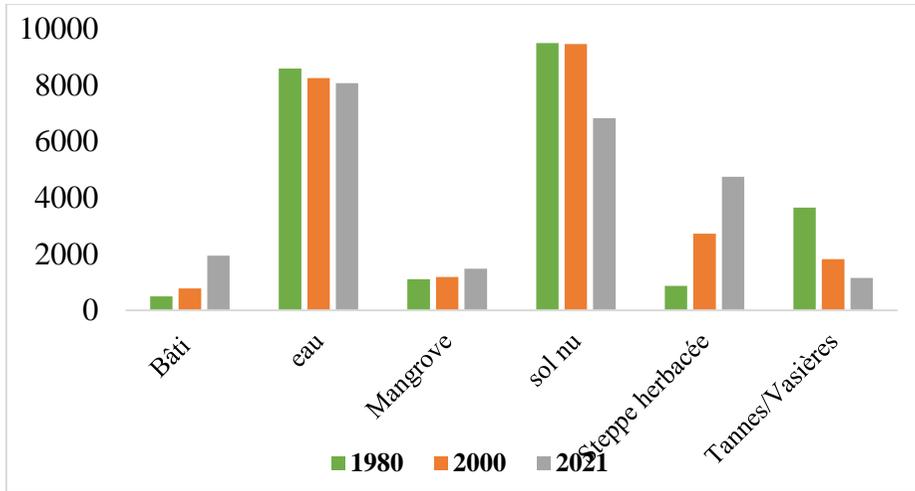


Figure 4. Evolution des superficies d'occupations du sol
Source : Dieng et al., 2022.

Analyse des changements de l'occupation du sol

Les cartes de changements de l'occupation entre les périodes 1980-2000, 2000-2021 et 1980-2021 (figure 5) et les graphiques de leurs évolutions (figure 6) illustrent spatialement et statistiquement différents types de mutations identifiées dans l'occupation du sol sur la période étudiée.

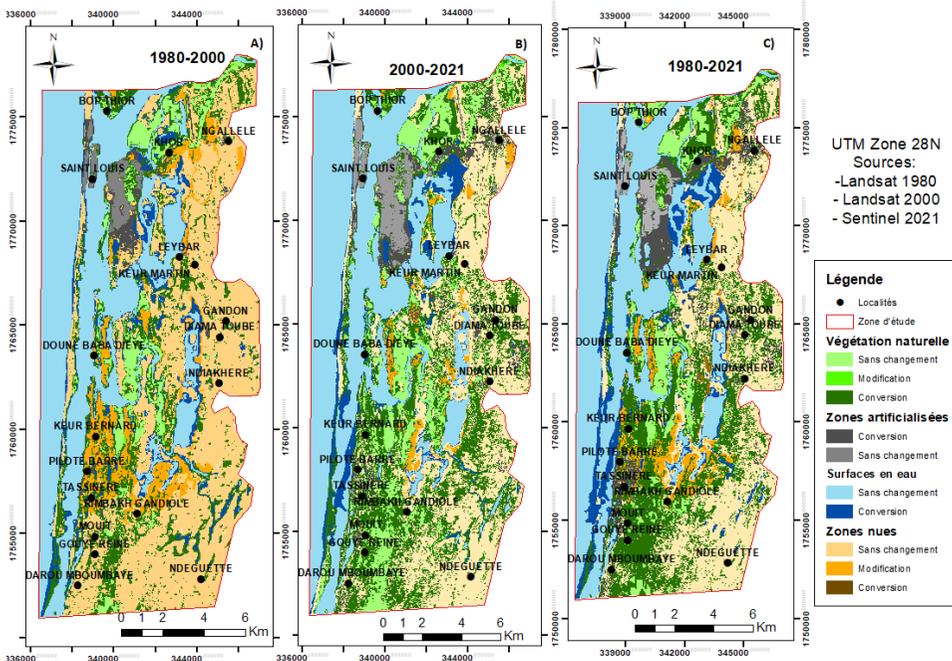


Figure 5. Changements de l'occupation du sol du bas delta du fleuve Sénégal entre 1980 et 2021.

Source : Dieng et al., 2022.

Les zones artificialisées ont connu beaucoup de changements dans la période d'étude. Leur croissance de 286,26 ha entre 1980-2000 a quadruplé (+1160,56 ha) entre 2000 et 2021, soit une augmentation totale des zones habitées de 1446,82 ha entre 1980-2021. Ces nouvelles implantations urbaines se sont essentiellement développées sur la langue de barbarie (à Hydrobase), autour de Tassinère dans le gandiolais, à l'Est et au Sud de Saint-Louis (à Khor, Ngallèle et Pikine). Cette dynamique d'urbanisation qu'a connue la ville de Saint-Louis et sa périphérie est concomitante à la croissance de la population de Saint-Louis qui, à l'image du Sénégal, a plus que triplé en quarante années, passant de 61 978 à 190 897 habitants entre 1980 et 2021 (worldometers.com, zhujiworld.com,). Situation favorisée d'une part par le contexte pluviométrique défavorable de la sécheresse des années 70 et 80 qui a beaucoup affecté le milieu rural de l'arrière-pays et d'autre part, par l'attractivité de Saint-Louis pour les populations de son hinterland et des régions voisines. Ce développement urbain consécutif à la forte augmentation des surfaces artificialisées s'est essentiellement fait au détriment des zones nues qui ont connu d'abord une diminution faible de leur superficie entre 1980 et 2000 (-7,12 ha) et ensuite une très forte réduction (-2643,24 ha) entre 2000-2021, soit un bilan global de régression de -2650,36 ha entre 1980-2021.

La végétation de manière générale a connu une forte évolution progressive de +1845 ha entre 1980-2000 et de +2032 ha entre 2000-2021. Cette augmentation, de près de 4000 ha entre 1980-2021 s'explique, pour la végétation continentale, par le timide retour de la pluviométrie à partir des années 1990 à 2000 (Sarr, 2008 ; Sagna et al., 2016). Pour la végétation aquatique, sa régénération peut être liée à deux principales modifications des conditions écologiques fluvio-marines de l'estuaire du Sénégal. D'abord, la mise en eau du barrage de Diama en 1986 a favorisé le développement du typha dans tout le delta du Sénégal, majoritairement en amont du barrage, mais aussi dans les eaux stagnantes de l'estuaire où sont réunies les conditions (faible taux de salinité) de sa rapide multiplication et de son expansion (Dutartre, 2020). Ensuite, l'ouverture de la brèche en 2003 et surtout son agrandissement sur plusieurs kilomètres ont permis une plus grande intrusion d'eaux marines, créant ainsi les conditions optimales de régénération de la mangrove dans l'estuaire du Sénégal (Jacoutot, 2006 ; Dutartre, 2020).

Cette progression de la mangrove se produit sur les espaces de la classe tanne/vasière qui a subi une importante diminution de ses superficies réduites de -1 845,35 ha entre 1980-2000, de -666,68 ha entre 2000-2021 et de -2 497,50 ha entre 1980-2021 (figure 6).

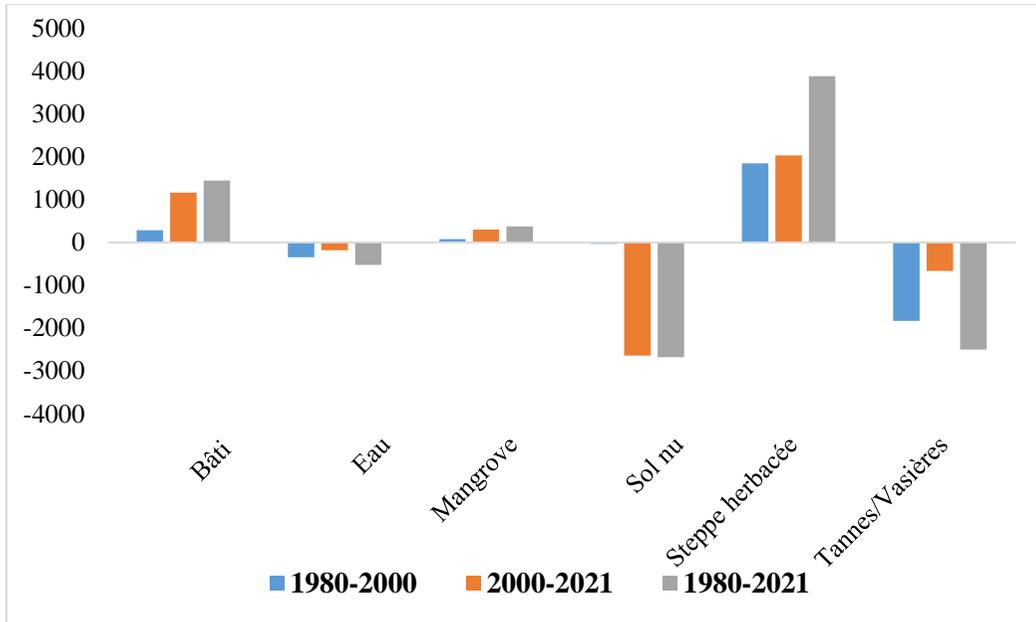


Figure 6 . Evolution des superficies de l'occupation du sol du bas delta du fleuve Sénégal entre 1980 et 2021

Source : Dieng et al., 2022.

États de la mangrove du bas delta du fleuve Sénégal en 1980, en 2000 et en 2021

La cartographie de la répartition de la mangrove (Figure 7) fait ressortir trois zones de peuplements de cet écosystème dans le bas delta. Dans la partie septentrionale, elle est localisée de manière dense autour de l'île de Bop Thior et dans les quartiers de Khor et de Bango. Dans la partie centrale, le grand quartier de Pikine à Saint-Louis est bordé de mangrove sur toute sa limite Ouest faisant face à la mangrove du quartier Hydrobase sur la Langue de Barbarie. Dans la partie méridionale, le parc de la Langue de Barbarie et tout l'Est du village de Doune Baba Dieye constituent la couverture sud de la mangrove la plus septentrionale de l'Afrique de l'Ouest. Le tout sur des espaces couvrant entre 1100 et 1500 ha entre 1980 et 2021.

En 1980, la faiblesse des superficies occupées par la mangrove (1 105,82 ha) (figure 7A) peut s'expliquer par le contexte pluviométrique défavorable dans tout le Sahel, avec la sécheresse des années 70 qui, à l'image des estuaires du Saloum et de la Casamance, a engendré d'importants dommages aux écosystèmes de mangrove de même qu'aux plans environnemental, social et économique (Andrieu et Méring, 2009 ; Ndour et al., 2013, Dieye et al., 2021). A cela, s'ajoute l'absence de politique de sauvegarde de la mangrove à l'époque contrairement aux dernières décennies.

En 2000, la superficie de la mangrove connaît une légère progression comparée à sa superficie de 1980, avec un total de 1 182,63 ha (figures 7A et 7B). Cette évolution notable s'explique par le contexte climatique marqué par une pluviométrie plus favorable à la fin des années 90 largement documentées par des chercheurs (FAO, 2009 ; UICN, 2010 ; ADG, 2011 ; Ndour et al., 2012 ; Dieye et al., 2013 ; Sow et Ba, 2019 ;). Elle coïncide aussi avec l'intérêt de plus en plus important accordé aux ressources naturelles de manière générale et à la mangrove en particulier par différents

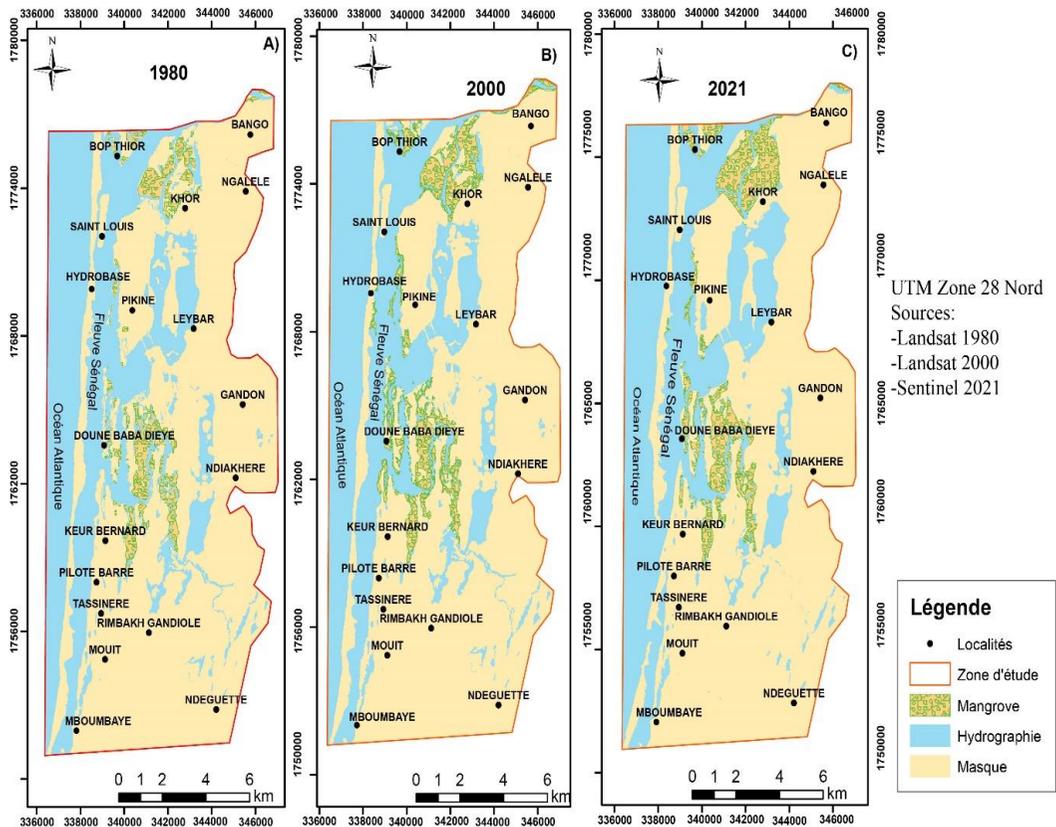


Figure 7. Etat de la mangrove du bas delta du fleuve Sénégal en 1980, 2000 et 2021.
Source : Dieng et al., 2022.

En 2021, la mangrove représente environ 1 482,31 ha dans le bas delta du Sénégal soit près de 400 ha de plus qu'en 1980 (figure 8). Sa progression entre 2000 et 2021 peut s'expliquer par l'évolution pluviométrique plus favorable par rapport aux années 70-80 et par la mise en place de la brèche de Saint-Louis en 2003, qui contrairement aux incidences

négatives sur les autres secteurs, a permis une plus grande intrusion des eaux marines dans le fleuve, condition très favorable au développement de la mangrove. De plus, la place récemment accordée à la mangrove dans les politiques nationales et internationales en faveur de la sauvegarde des ressources naturelles a justifié plusieurs actions locales de sauvegarde dont la mise en place du Cadre de concertation intercommunal qui regroupe les communes de Saint Louis, Gandon et NDiébène-Gandiol. Cette initiative promeut la coordination des actions des collectivités territoriales, des ONG (DEMETER¹, 5 Deltas²) et des GIE à travers un accompagnement technique porté par l'Agence régionale de développement de Saint-Louis (Le Partenariat, 2019). Cette organisation combinée aux actions sectorielles des divers acteurs et surtout l'implication et la sensibilisation des populations locales ont contribué à la préservation et à la croissance constatée des superficies de mangroves (Figure 8).

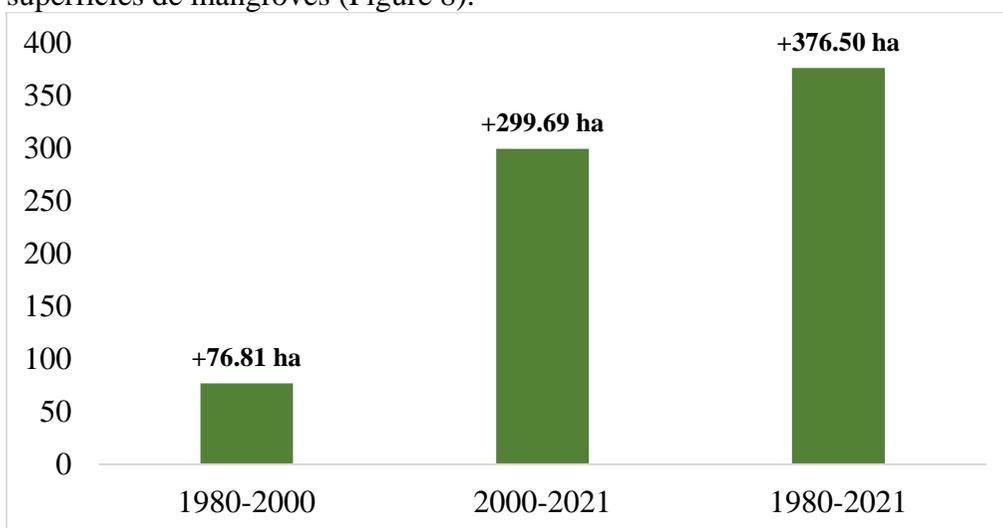


Figure 8. Evolution de la dynamique de la mangrove entre 1980 et 2021.

Source : Dieng et al., 2022.

3.4. Dynamique de la mangrove du bas delta du fleuve Sénégal de 1980 à 2021

Entre 1980-2000, les superficies de mangrove ont progressé de +76,81 ha soit une augmentation de 0,32 %. Pour cette période, la cartographie des changements a permis d'identifier trois catégories d'états de peuplements (figure 9 A) :

¹ Projet DEMETER : Diffusion d'Expériences innovantes et gestion participative Mangroves et Territoires, coordonné par l'ONG Le Partenariat dans le delta du fleuve Sénégal.

² Le Collectif 5 Deltas est composé des ONG internationales suivantes : Aide au Développement Gembloux (ADG), GRDR, COSPE, United Purpose et Le Partenariat.

la mangrove apparue quantifiée à 395,13 ha est plus perceptible dans l'axe du triangle Bop Thior, Khor et Bango.

La mangrove disparue d'une superficie de 336,23 ha est surtout localisée surtout au Nord de Bop Thior. Cette disparition est aussi observée dans les limites du parc de la Langue de Barbarie et dans les grands peuplements de mangrove à l'Est du village Doune Baba Dieye (figure 9 A), accessoirement au centre vers le quartier de Pikine à Saint-Louis.

Une mangrove constante (stable) dans les parties centrales de tous les peuplements de cet écosystème, couvrant une superficie de 769,16 ha.

Ainsi, ces résultats permettent de constater que la mangrove de Saint-Louis a progressé à un rythme moyen d'environ 19 ha par an, concomitamment à une baisse de -16 ha par an ce qui se traduit par un gain d'environ 3 ha par an et une augmentation totale de près de 60 ha entre 1980 et 2000.

La spatialisation de la dynamique de la mangrove entre 2000 et 2021 (figure 9 B) ressort différents types d'évolution de cet écosystème. La progression constatée entre 1980 et 2000 se poursuit sur la période 2000-2021 avec une croissance de la superficie de près de 300 ha ce qui correspond à une dynamique évolutive de 1,24% par rapport aux deux décennies précédentes.

L'analyse de la répartition spatiale de la dynamique de la mangrove, sur la période 2000-2021, fait ainsi ressortir trois types de situations :

la recolonisation (mangrove apparue) sur 505,70 ha de l'espace de la mangrove disparue entre 1980-2000. Cette réapparition de la mangrove est plus manifeste dans la partie Nord (Bop Thior, Khor et Bango) que dans la mangrove du gandiolaï au Sud ;

les superficies de mangrove disparue sont beaucoup moins importantes que la période 1980-2000. A part Bop Thior qui regroupe près de la moitié des 105,60 ha perdus, l'essentiel de cette couverture disparue se situe sur quelques lisières des peuplements, au Sud de Khor, à Pikine et dans le Gandioloï (figure 9 B) ;

entre 2000 et 2021, la plus grande partie (978,54 ha) de cette mangrove la plus septentrionale de l'Afrique de l'Ouest n'a pas subi de changements ;

En somme, lors des deux dernières décennies, la mangrove a augmenté de 24,08 ha par an parallèlement à une baisse de 5,03 ha par an soit un bilan positif des superficies colonisées de 19,05 ha/an. Cette période coïncide avec les conditions favorables provoquées par l'ouverture de la brèche et les nombreux programmes et projets de préservation pour la sauvegarde de cet écosystème.

La mangrove a connu une progression significative entre 1980, 2000 et 2021 en termes statistiques (figure 8) même si au niveau spatial, les évolutions de ses surfaces ne sont pas très remarquables sur les cartes (figure

9). Considérant la période étudiée (1980-2021), la mangrove a augmenté de +376,5 ha soit une hausse de 1,55 %.

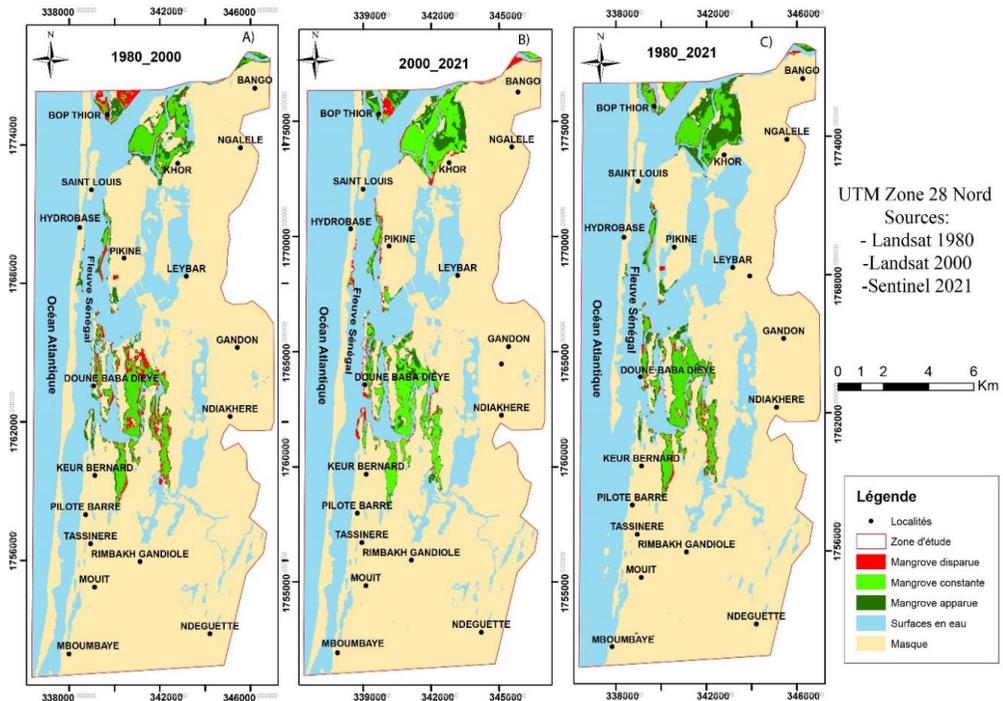


Figure 9. Dynamique de la mangrove du Bas delta du fleuve Sénégal de 1980 à 2021.
Source : Dieng et al., 2022.

Sur la période de l'étude (1980 - 2021), la mangrove a colonisé 552,02 ha de surface contre une perte évaluée à 166,92 ha. Les superficies constantes représentent 936,15 ha. On note une augmentation annuelle des superficies de l'ordre de 13,46 ha comparativement à une baisse estimée à 4,07 ha par an. Le gain annuel est ainsi évalué à 9,39 ha sur la période 1980-2021 (figures 9C et 10).

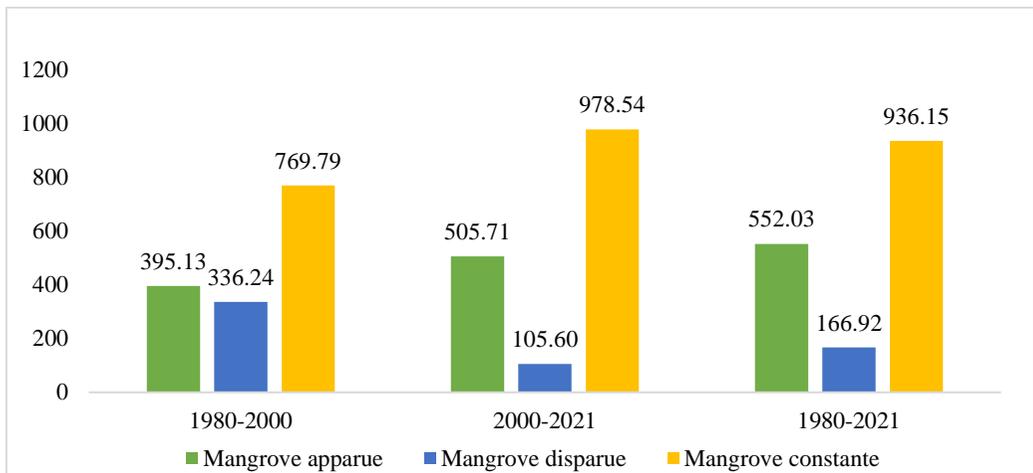


Figure 10. Types de modifications de la mangrove sur les différentes périodes de l'étude (en hectares)

Source : Dieng et al., 2022.

En définitive, la dynamique de la mangrove de Saint-Louis est marquée par une tendance globale à la hausse. Même si, une régression est notée dans certaines parties, le phénomène de régénération reste dominant en raison de la combinaison de plusieurs facteurs naturels (retour de la pluviométrie) et anthropiques (ouverture de la brèche, initiatives de reboisement de la mangrove, établissement du parc national de la Langue de Barbarie).

Discussion

Au regard des différents résultats de la cartographie, il ressort plusieurs dynamiques caractéristiques de l'évolution des classes d'occupation sols dans la zone d'étude. La mangrove, parallèlement aux autres classes de végétations naturelles, est marquée par une dynamique de régénération comme l'atteste l'augmentation des superficies totales couvertes entre les différentes périodes de l'étude. Cette progression n'est pas partout régulière puisqu'en une quarantaine d'années, la mangrove a bien régressé dans certains espaces qu'elle a recolonisés avec la reprise de la pluviométrie. Cette tendance correspond aux constats de plusieurs auteurs dans différents deltas au Sénégal (Marius, 1985 ; Diagne, 1998 ; Andrieu, 2021). La mangrove semble faire preuve de résilience dans l'estuaire du Sénégal puisque les espaces perdus et reconquis n'ont pas pour l'essentiel connu d'action de sauvegarde, ni de replantation. Ces dynamiques sont à lier avec plusieurs facteurs qui se juxtaposent depuis plusieurs décennies dans le delta du fleuve Sénégal. Ce sont d'une part, les modifications engendrées par de grandes perturbations anthropiques (barrage de Diama et brèche) sur le fonctionnement du régime hydrologique fluvio-marin et la composition des

eaux dans l'estuaire du Sénégal (Jacoutot, 2006). Et d'autre part, les facteurs naturels de régénération plus liés aux incidences de l'évolution climatique particulièrement le retour de la pluviométrie (Marius, 1985 ; Andrieu, 2021, Sow et Ba, 2019 ; Dièye et al., 2013).

Inversement, la faiblesse des superficies de mangrove de 1980 coïncide avec la sécheresse des années 70 et 80 avec des effets négatifs sur la végétation et particulièrement cet écosystème, comme largement documenté (Marius, 1985 ; Pouyaud, 1987 ; Servat et al., 1998 et 1999 ; Mahé et al., 2005 ; Sow, 2013 ; Sow et Gaye, 2016). Certains travaux avancent d'autres explications à la raréfaction de la mangrove de Saint-Louis en plus de la sécheresse. EPEEC (1989) met en lien cette dégradation autour des années 80 avec les aménagements hydrauliques pour les besoins agricoles, les influences marines qui dégradent les vasières et la pression des activités humaines qui s'exprime par l'avancée du front urbain avec la mise en place de routes qui ceinturent les marées et assèchent la mangrove.

Cette progression de la mangrove s'explique par la combinaison de plusieurs facteurs dont ceux climatiques avec le retour de la pluviométrie depuis la fin des années 90, caractérisé de retour « relativement normal » par Diaw et al. (2007). Cette reprise survenue à la fin des 90 et au début des années 2000 a été beaucoup documentée par différents auteurs qui sont unanimes sur le regain pluviométrique au Sénégal (Leroux, 1995 ; Sène et Ozer, 2002 ; Sène, 2007 ; Diaw et al., 2007 ; Sarr, 2008 ; Descroix et al., 2015 ; Sagna et al., 2016) et dans le Sahel (Ozer et al., 2014 et 2015).

Un autre élément justifiant cette dynamique est le facteur physique lié à l'ouverture de la brèche en 2003 qui a fortement bouleversé les conditions écologiques locales (Sy, 2013 ; Niang, 2017 ; Niang et al., 2020). Ainsi, la dégradation des terres agricoles par la salinisation a occasionné la reconversion des acteurs vers l'exploitation des arches et des huîtres ce qui a favorisé la prise de conscience des autochtones sur l'importance de la mangrove (Sow et al., 2021 ; Le Partenariat, 2019).

Aussi, le nouveau paradigme impulsé par les acteurs territoriaux sous la tutelle du Cadre de concertation intercommunal (Saint Louis, Gandon, Gandiol) avec l'appui de partenaires au développement a permis non seulement l'accompagnement des acteurs locaux dans la gestion de cet écosystème, mais aussi, la coordination intercommunautaire des actions. De plus, les différentes initiatives émanant de ce cadre telles que la mise en place de GIE d'écogardes, les campagnes de reboisement, le renforcement de capacités dans le cadre de projets et programmes de sauvegarde, de conservation et de gestion, le soutien des initiatives locales, etc. ont favorisé la recolonisation et la progression des superficies de mangroves. Cette évolution permet le maintien des services écosystémiques, des fonctions

écologiques et des opportunités socioéconomiques qu'offre cet écosystème aux communautés locales.

Conclusion

Les superficies couvertes par la mangrove dans le bas delta du fleuve ont connu une progression assez remarquable passant de 1 105,82ha en 1980 à 1 482,32ha en 2021, soit +34,05%. Même si la tendance globale est à la hausse, il a été noté, entre 1980 et 2021, la disparition par endroit de la mangrove et sa réapparition dans ces espaces perdus. La péjoration climatique avant et pendant la première décennie de la période d'étude explique la dégradation de la mangrove à l'image des autres formations végétales (EPEEC, 1989 ; Marius, 2005 ; Diaw et al., 2007 ; Sarr, 2008). Les interventions humaines à travers les aménagements hydrauliques et le déboisement ont aussi contribué à déstabiliser l'équilibre fragile de cet écosystème. Au regard des résultats, il est clair que la progression de la mangrove à l'instar des autres classes de végétations naturelles s'explique non seulement par l'amélioration des conditions pluviométriques à partir de la fin des années 90 (Diaw et al., 2007 ; Sarr, 2008 ; Dièye et al., 2013), mais également par les nouvelles actions de sauvegarde, de conservation et de restauration de la mangrove dans le delta du fleuve Sénégal (Le Partenariat, 2019). Toutefois, même s'il subsiste des facteurs qui interviennent dans l'évolution de la mangrove, la pluviométrie apparaît comme le paramètre déterminant dans la croissance et le développement de cette ressource qui fait preuve d'une bonne résilience (Andrieu, 2021). Il serait donc important de faire une étude approfondie sur la corrélation entre la variation pluviométrique et la dynamique de la mangrove dans cette partie Nord du Sénégal.

References:

1. ADG (Aide au Développement Gembloux), (2011). Manuel de Capitalisation de l'expérience, Guide pratique à l'usage des Communautés Rurales du Delta du Saloum, Sénégal: la mangrove, un écosystème à protéger, 92 p.
2. Andrieu J. et Méring C., (2009). 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 Géba (Guinée Bissau). *Télédétection* 8 (2), 93-118.
3. Andrieu J., (2021). L'évolution de la mangrove (1979-2019) du Saloum au Geba, par télédétection. In *Vulnérabilités des sociétés et des milieux côtiers et estuariens d'Afrique de l'Ouest*. Actes du Colloque international LMI-PATEO – UASZ, 19-22 novembre 2019, L'Harmattan, pp. 569-578

4. Descroix L., Diongue-Niang, A., Panthou, G., Bodian, A., Sane, Y., Dacosta, H. et Quantin G., (2015). Évolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest à travers deux régions : La Sénégambie et le bassin du Niger moyen. *Climatologie*, 12, 25–43.
5. Diagne A. P., (1998). Cartographie de l'évolution de la mangrove de Saint-Louis. Université Gaston Berger de Saint-Louis, 98p.
6. Diaw A. T., Sané T., Sagna P. et Diop M., (2007). Péjoration climatique et dégradation des formations forestières en Haute-Casamance. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, n° 42, p. 31-40.
7. Dièye E. H. B., Diaw A. T., Sané T. et Ndour N., (2013). Dynamique de la mangrove de l'estuaire du Saloum (Sénégal) entre 1972 et 2010. *Cybergeo : European Journal of Geography*. Doc 629.
8. Dièye E. H. B., Sané T., Solly B., Diédhiou P., Ba B. D., Thior M., Méring C., Sy O. et 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 Cacine (Guinée-Bissau). In *Vulnérabilités des sociétés et des milieux côtiers et estuariens d'Afrique de l'Ouest. Actes du Colloque international LMI-PATEO – UASZ, 19-22 novembre 2019*, In *Vulnérabilités des sociétés et des milieux côtiers et estuariens d'Afrique de l'Ouest. Actes du Colloque international LMI-PATEO – UASZ, 19-22 novembre 2019*, L'Harmattan, pp. 579-593.
9. Dutartre A., (2020). Valoriser le typha en Afrique de l'Ouest. Centre de ressources EEE, <http://especes-exotiques-envahissantes.fr/valoriser-le-typha-en-afrique-de-louest/>.
10. EPEEC (Equipe Pluridisciplinaire pour l'Etude des Ecosystèmes Côtiers)., (1989). Programme COMARAF : Productivité des estuaires et mangroves d'Afrique de l'Ouest, Atelier de recherche conjointe, Estuaire du Fleuve Sénégal du 27 février au 6 mars 1989, Rapport Technique, UNESCO, PNUD, 55 p.
11. FAO, (2009). L'importance des forêts de mangrove pour la pêche, la faune sauvage et les ressources en eau en Afrique, 151 p.
12. Folega F., Rakotondrasoa M. A., Walakperkouma-Woegan Y., Agbelessessi K. M., Pereki H., Polo-Akpisso A., Batawila K. et Akpagana K., (2017). Écologie et dynamique spatio-temporelle des mangroves au Togo, 23p.
13. Gueye A., (2009). Présentation de la mangrove la plus septentrionale de l'Afrique de l'Ouest. <http://www.africagreenmagazine.com/2019/09/presentation-de-la-mangrove-la-plus.html#>.

14. Jacoutot A., (2006). Modifications environnementales et conséquences dans le bas delta du fleuve Sénégal : cas du Gandiolais et du parc national de Diawling. Programme MIRA Recherche.
15. Le Partenariat, (2019). Projet valorisation et mise en valeur de la mangrove : delta du fleuve Sénégal, approche territoriale pour la gestion des espaces de mangroves, 4p.
16. Leroux M., (1995). La dynamique de la Grande Sécheresse sahélienne. Revue de Géographie de Lyon, vol. 70, n° 3-4, pp. 223-232.
17. Locatelli B., (2013), Services écosystémiques et changement climatique, Environnement et Société, Université de Grenoble, 80 p.
18. Mahé G., Paturel J. E., Serva E., Conway D. et Dézetter A., (2005). « The impact of land use change on soil water holding capacity and river flow modelling in the Nakambe River, Burkina-Faso » in Journal of Hydrology, pp. 33-43.
19. Marius C., (1985). Mangroves du Sénégal et de la Gambie : écologie, pédologie, géochimie, mise en valeur et aménagement. Paris, ORSTOM, 193, 357 p. Thèse Sciences naturelles, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 1984, ISBN 2-7099-0780-1
20. Ndour N., Dieng S. et 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 [en ligne], Volume 11 Numéro 3 | Décembre 2011, mis en ligne le 11 octobre 2016, URL : <http://vertigo.revues.org/11515> ; DOI : 10.4000/vertigo.11515.
21. Niang S., (2017). Dégradation chimique et mécanique des terres agricoles du Gandiolais (littoral Nord du Sénégal), analyse des dynamiques actuelles d'adaptation, Thèse de Doctorat unique, UGB, section géographie, laboratoire Leidi, 355 p.
22. Niang S., Sy A. A., Sow, S. et Sy B. A., (2020). Analyse par approche hydrogéochimique de la distribution spatiale de la salinité des eaux de la nappe et des sables Quaternaires du secteur des niayes du Gandiolais (Littoral Nord Sénégalais), European Scientific Journal August 2020 édition Vol.16, No.24 ISSN : 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431.
23. Ozer P., Djaby B. et De Longueville F., (2015). Évolution récente des extrêmes pluviométriques au Niger (1950-2014). Workshop « Coopération universitaire au développement avec le Niger », université de Liège Arlon Campus Environnement.
24. Ozer P., Hountondji Y.C., Gassani J. et al., (2014). Évolution récente des extrêmes pluviométriques en Mauritanie (1933-2010). Publications de l'Association Internationale de Climatologie, XXVIIe

- Colloque de l'Association Internationale de Climatologie 2-5 juillet 2014, Dijon (France), p. 394-400.
25. Pouyaud B., (1987). Variabilité spatiale et temporelle des bilans hydriques de quelques bassins versants d'Afrique de l'Ouest en liaison avec les changements climatiques. ORSTOM, Montpellier (France), 21 p.
 26. Pramova E., Locatelli B., Djoudi H. et Somorin O., (2012). Le rôle des forêts et des arbres dans l'adaptation sociale à la variabilité et au changement climatique, CIFOR, n° 14, 16 p.
 27. Sagna P., Ndiaye O., Diop C., Niang A. D., et Sambou P. C., (2016). Les variations récentes du climat constatées au Sénégal sont-elles en phase avec les descriptions données par les scénarios du GIEC ? Pollution atmosphérique n° 227, 2268-3798.
 28. Sarr M. A., (2008). Variabilité pluviométrique en Afrique de l'Ouest : dynamique des espaces végétaux à partir des images satellitales. Exemple du bassin versant du Ferlo (Sénégal). Climat et Sociétés : Climat et végétation, Journées de Climatologie de Nantes, 13-14 mars 2008, p. 57-76.
 29. Sène I. M., (2007). Impacts des changements climatiques sur l'agriculture au Sénégal : dynamiques climatiques, économiques, adaptations, modélisation du bilan hydrique de l'arachide et du mil. Thèse, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 301 p.
 30. Sène S. et Ozer P., (2002). Évolution pluviométrique et relation inondations-événements pluvieux au Sénégal. Bulletin de la Société Géographique de Liège, vol. 42, p. 27-33.
 31. Servat E., Paturel J.E., Lubes N.H., Kouamé B., Travaglio M. et Marieu B., (1997). « De la diminution des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale », Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series 4A-Earth and Planetary Science, pp. 679-682.
 32. Sow E. et Ba T., (2019). Evolution de la Mangrove de la Reserve de Biosphère du Delta du Saloum, Sénégal, 20p.
 33. Sow E., Coly O., Ndiaye P.A. et Niang C., (2021). Exploitation de l'espèce *Anadara Senilis* (Arches) dans le Parc National de la Langue de Barbarie (PNLB), Gandiol (Sénégal). European Scientific Journal, ESJ, 17 (39), 117.
 34. Sow S. A. et Gaye D., (2016). « Impacts des variations pluviométriques sur les écoulements de surface dans la vallée du Sénégal » Revue de Géographie de l'Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO N° 05- Oct. 2016, Vol. 2, 17 p.
 35. SY A. A., (2013). Dynamique sédimentaire et risques actuels dans l'axe Saint-Louis-Gandiol, littoral Nord du Sénégal, Thèse de Doctorat, UGB, 293 p.

36. UICN, (2010) : Les Mangroves du Sénégal : Situation actuelle des ressources, leur exploitation et leur conservation, 66 p.
37. www.worldometers.com.
38. www.zhujiworld.com.