

UNIVERSITÉ ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR Des Sciences et Technologies

Département de Géographie

Master : Espaces, Sociétés et Développement

Spécialité : Environnement et Développement

Mémoire de Master

THÈME

ÉROSION CÔTIÈRE ET STRATÉGIES D'ADAPTATION FACE À LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE SUR LA PETITE-CÔTE SÉNÉGALAISE : CAS DES COMMUNES DE MBOUR ET DE SALY PORTUDAL (SÉNÉGAL)

Présenté par :

Djiby YADE

Sous la Direction de :

Pr Tidiane SANÉ, Maître de Conférences

Co- direction

Dr Mamadou THIOR, Assistant

Soutenu publiquement le 10/12/2022 devant le jury composé de :

Prénom(s) et Nom	Grade	Qualité	Établissement
Oumar SY	Professeur Titulaire	Président	UASZ
Tidiane SANÉ	Maître de Conférences	Directeur	UASZ
Mamadou THIOR	Assistant	Co-directeur	UCAD
Aïdara Chérif Amadou Lamine FALL	Maître de Conférences	Examineur	UASZ

Année universitaire 2021-2022

Dédicaces

Louage à Allah, Le TOUT-PUISSANT qui m'a permis de réaliser ce travail.

Je dédie ce mémoire à :

- mes chers parents pour leur encadrement, leur soutien, leurs prières qui m'ont beaucoup apporté durant toute ma vie ;
- mon frère aîné Moussa Yade qui m'a toujours accompagné et encouragé ;
- mes frères et sœurs ;
- toute la famille Yade de Keur Mbar ;
- tonton Babacar Gning qui m'a éduqué et accompagné depuis le bas âge et toute sa famille ;
- tous les habitants de mon village, Keur Mbar ;
- Ousmane Djabang et toute sa famille depuis Kandé ;

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce mémoire. Je leur exprime à travers ces quelques paragraphes ma profonde gratitude et reconnaissance.

Je remercie :

- mon encadreur, Professeur Tidiane Sané, qui a accepté d'encadrer ce travail et m'a permis de faire mes débuts dans la recherche scientifique ;
- Dr Mamadou Thior qui a co-encadré ce travail. Merci infiniment ;
- au Président du jury et à l'ensemble de son équipe ;
- tout le corps enseignant du département de géographie de l'Université Assane Seck de Ziguinchor pour la qualité de leurs enseignements et leur disponibilité. Je veux nommer le Pr Oumar Sy, Dr El Hadji Balla Djéye, Dr Ibrahima Mbaye, Dr Oumar Sall, Dr Cheikh Faye, Dr Aidara Chérif Amadou Lamine Fall, Dr Alvares Gualdino Fofoué Benga, Dr Abdourahmane Mbade Sene Dr Cheikh Tidiane Wade, Dr Demba Gaye, Pr Pascal Sagna, Dr Alla Manga, Mme Dabo ;
- Dr Boubacar Demba Ba et Dr Boubacar Solly pour leur appui en Géomatique ;
- Hubert Gérard Goudiaby et toute sa famille depuis Mbour qui m'ont accueilli lors de mes travaux de terrain.
- toute la population des communes de Mbour et Saly Portudal qui m'a permis de recueillir des informations utiles à notre travail ;
- toutes les équipes municipales des communes de Saly Portudal (le Premier adjoint au Maire) et de Mbour (le responsable du développement local, à Mme Camara, cheffe du Service régional Tourisme et sa secrétaire, à Mr Babacar Mbengue Sapco Saly ;
- toute ma famille ;
- tous les habitants de mon Village (Keur Mbar) pour leurs encouragements ;
- ma famille d'accueil à Ziguinchor ;

- Daouda Gning et toute sa famille depuis Bambey Sérère pour leur soutien ;
- M. Pape Omar Ndiaye pour son aide ;
- mon professeur de Lycée Felix Diouf pour m’avoir fait aimer la géographie ;
- toute la onzième promotion de géographie de l’Université Assane Seck de Ziguinchor.
- Boubacar Bouli et tous nos aînés

Je ne saurais terminer sans remercier toute l’équipe des géographes (Ibra Faye, Ibrahima Barro, Yaram Nar Diop, Ndeye Fama Diop), ainsi que Modou Faye mon camarade de promotion. Merci pour tout le soutien.

SOMMAIRE

<i>Dédicaces</i>	i
<i>Remerciements</i>	ii
Sigles et abréviations	vi
Résumé	vii
Abstract	viii
Introduction générale	1
PREMIERE PARTIE : CADRE THEORIQUE ET METHODOLOGIE	5
Chapitre I : Cadre théorique et discussion conceptuelle	6
Chapitre II : Démarche méthodologique	15
Chapitre III : Analyse des potentialités naturelles et socio-économiques de la Petite-Côte sénégalaise.....	32
Conclusion de la première partie.....	44
DEUXIEME PARTIE : ÉROSION COTIERE DE LA PETITE-COTE : MANIFESTATIONS ET CONSEQUENCES	45
Chapitre IV : Érosion côtière : manifestations et facteurs du dynamisme de la côte.....	46
Chapitre V : Analyse de l'évolution du trait de côte de la Petite-Côte de 1979 à 2022.....	61
Chapitre VI : Impacts environnementaux et socio-économiques de l'érosion côtière sur la Petite-Côte.....	75
Conclusion de la deuxième partie	80
TROISIEME PARTIE : STRATEGIES D'ADAPTATIONS ET DE RESILIENCE FACE A LA DYNAMIQUE COTIERE DANS UN CONTEXTE DE VARIABILITE CLIMATIQUE	82
Chapitre VII : Stratégies d'adaptation à l'érosion côtière.....	83
Chapitre VIII : Stratégies d'adaptation et de résilience face à la variabilité climatique.....	90
Conclusion de la partie 3	96
Conclusion générale	97
Références bibliographiques	99

Webographie	105
Liste des illustrations.....	I
Annexes	IV

Sigles et abréviations

ANACIM	: Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie
ANSD	: Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie
BAD	: Banque Africaine de Développement
BM	: Banque Mondiale
CCNUCC	: Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
DSAS	: Digital Shoreline Analysis System
EPGT	: Erreur de Position Globale du trait de côte
EPR	: End Point Rate
GIEC	: Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
IED	: Innovations Environnement Développement
INTAC	: Projet d'Intégration de l'Adaptation au Changement Climatique Dans le Développement Durable au Sénégal
LRR	: Linear Regression Rate
ONERC	: Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique
PDTE	: Projet de Développement du Tourisme et des Entreprises
PIB	: Produit Intérieur Brut
PME	: Petite et Moyenne Entreprise
PNUE	: Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PSE	: Plan Sénégal Emergent
RMS	: Root Mean Square
SAPCO	: Société d'Aménagement et de Promotion des Côtes et zones Touristiques du Sénégal
SIG	: Système d'Information Géographique
SRMG	: Service Régional des Mines et de la Géologie
SRT	: Service Régional du Tourisme
UTM	: Universal Transverse Mercator

Résumé

A l'image des côtes ouest-africaines, la Petite-Côte sénégalaise est soumise à une forte érosion côtière à la suite du changement climatique combiné à la pression anthropique.

L'objectif de ce mémoire est d'analyser l'érosion côtière sur la Petite-Côte sénégalaise et les stratégies d'adaptations mises en place. Au-delà de la revue documentaire, la collecte et le traitement des données d'enquêtes, une méthode statistique d'extrapolation et de calcul de tendances est mise en œuvre. Elle est basée sur le traitement des images satellitaires Landsat et des captures d'images du système Google Earth. Cette méthode a permis d'obtenir une représentation cartographique et graphique des résultats statistiques sur l'évolution du trait de côte entre 1979 et 2022. Les résultats obtenus par la cinématique du linéaire côtier à travers les indices End Point Rate (EPR) et Linear Regression Rate (LRR) ont globalement montré deux tendances. D'une part, on note un recul du trait de côte sur l'essentiel de la période considérée et, d'autre part, une faible accrétion sur toute la période sauf pour la période 2019-2022 dans le secteur de la station balnéaire de Saly où on note une forte accrétion dû aux nouvelles stratégies de protection mise en œuvre. Le taux de recul global obtenu à travers l'indice LRR qui considère toutes les dates (1979, 1989, 2003, 2011, 2019 et 2022) est, en moyenne, de 0,67 m/an. Cependant, la dynamique du trait de côte est très variable selon les périodes. Entre 1979 et 1989, le taux de recul est de 4,47 m/an et égale à 0,86 m/an pour la période 1989-2003. Pour les intervalles 2003-2011 et 2011-2019, le taux de recul est respectivement, en moyenne, égal à 1,74 et 1,67 m/an. Enfin pour la dernière période 2019-2022, le trait de côte a reculé de 4,43 m/an. Par ailleurs, les enquêtes de terrain montrent que l'avancée de la mer impacte négativement sur l'environnement et les activités socio-économiques. Le tourisme, l'une des principales activités de la zone, est le secteur le plus concerné à cause de la perte de plage et de la destruction des infrastructures touristiques. Il en est de même pour la pêche et les activités annexes (artisanat, transformation, commerce, etc.) qui dépendent largement du bon fonctionnement du tourisme et de la pêche. Pour faire face à ce phénomène d'érosion côtière, différentes stratégies (individuelles et collectives) ont été mises en place de façon structurale ou non structurale. Toutefois, l'efficacité et la durabilité de ces stratégies face à la variabilité climatique et ces corollaires sont toujours remises en question.

Mots-clés : érosion côtière, variabilité climatique, stratégies d'adaptation, Petite-Côte, Mbour, Saly Portudal.

Abstract

Just like the West African coast, the Senegalese Petite-Côte is subjected to strong coastal erosion following climate change combined with anthropic pressure.

The objective of this dissertation is to analyze the coast erosion on the Senegalese Petite-Côte and the adaptation strategies put in place. Beyond the documentary review, the collection and treatment of the data of surveys, a statistic method of extrapolation and calculation of tendencies is implemented. It is based on the treatment of satellite images Landsat and captures of images Google Earth system. This method allowed to obtain a cartographic and graphic representation of statistic results over the evolution of the coastline between 1979 and 2022. The results achieved by the kinematics of the coastline through the indexes End Point Rate (EPR) and Linear Regression Rate (LRR) have globally shown two tendencies. On the one hand, we notice the recession of the coastline on the essential of the considered period and on the other hand an accretion. On the one hand, there is a decline of the coastline over most of the period considered and on the other hand, a low accretion over the entire period except for 2019-2022 in the station sector resort of Saly Portudal where there is strong accretion due to the new protection strategies implemented.

The rate of global recession obtained through the index LLR which considers all all the dates (1979, 1989, 2003, 2011, 2019, 2022) is, on average, 0.67 m/year. Although, the dynamics of the coastline is very variable according periods. Between 1979 and 1989, the rate of recession is 4.47 m/year and equal to 0.86 m/year for the rate of the period 1989-2003. At the intervals 2003-2011 and 2011-2019 the rate of recession is respectively, on average, equal to 1.74 and 1.67 m/year. Finally, for the last period 2019-2022, the coastline receded of 4.43 m/year. Moreover, field surveys show that the advance of the sea impacts negatively on environmental and socio-economics activities. Tourism, one of the main activities of the zone, is the most concerned sector because of the loss beach and the destruction of tourist infrastructure. It is the same for fishing and secondary activities (craft, transformation, trade, etc.) which widely depend on the smooth functioning of tourism and fishing. To face this phenomenon, different strategies (individual and collective) have been implemented, structurally and not.

However, the effectiveness and sustainability of these strategies against climate variability and its corollaries are always called into question.

Keywords: coastal erosion, climate variability, adaptation strategies, senegalese Petite-Côte, Mbour, Saly Portudal

Introduction générale

Plus de 70% des côtes sableuses du monde connaissent des problèmes d'érosion côtière, matérialisés par des reculs de la ligne de rivage variant en moyenne entre 1 et 4m par an (Niang-Diop, 1995 ; Sy, 2013 ; Thior, 2020). Caractérisées par des enjeux très complexes, les zones côtières, sièges de plusieurs activités de développement et de grands pôles d'habitats, sont menacées par l'érosion marine. La complexité de ces enjeux s'explique d'une part, par la littoralisation des zones côtières qui ne cesse de croître et d'autre part, par les impacts des changements globaux. Bien que les littoraux représentent une part importante dans la survie et le développement de l'humanité, ils sont devenus plus fragiles face à l'érosion côtière, accentuée par les effets du changement climatique et l'intensité des activités humaines. Les conséquences de l'érosion côtière sont d'ordre écologique (destruction des plages, des mangroves, salinisation et acidification des parcelles rizicoles, etc.), économique (disparition des certaines activités, destruction des infrastructures, etc.).

En Afrique de l'Ouest, l'évolution de la ligne de rivage indique une régression globale des côtes (Faye, 2010), mais de façon ponctuelle. Le PNUE (1985), dans le cadre de son programme pour les Mers Régionales, a pu identifier les problèmes de l'érosion côtière auxquels étaient confrontés 21 pays des régions de l'Afrique de l'Ouest et du centre. Il estime que le taux de recul est de 1 à 6m par an de la Mauritanie au Liberia. La position de l'Afrique de l'Ouest expose ses côtes aux agents hydrodynamiques, ce qui explique la vulnérabilité des côtes ouest-africaines et leur exposition à l'intensité de l'érosion côtière.

Le Sénégal, avec une façade maritime de plus de 700 km, n'échappe pas à ce phénomène. En effet, les différents types de côtes (sableuses, rocheuses et vaseuses), du pays subissent différemment l'érosion côtière. Elle est plus intense au niveau des côtes sableuses à l'image de celle de la Petite-Côte. Dans l'ensemble, le taux de recul du trait de côte au Sénégal est de 2,5m par an (Faye, 2010).

Phénomène naturel, l'érosion côtière est de plus en plus intense dans la façade maritime de la Petite-Côte sénégalaise. Soumise à une houle de Nord-Ouest dont l'énergie est réduite suite à la réfraction et à la diffraction autour de la presqu'île du Cap Vert, ainsi qu'à la houle Sud-Ouest et celle Australe qui se caractérisent aussi par une réfraction et une diffraction à l'approche de la côte, la Petite-Côte est marquée par une succession de caps et de baies dont la disposition est contrôlée par la tectonique (Niang-Diop, 1995). Elle est caractérisée par des

côtes sableuses couplées à un cordon littoral de faible largeur, ce qui accentue sa vulnérabilité face à l'intensité des activités humaines et des changements globaux (changement climatique et ses corollaires).

Ces facteurs pèsent lourd sur la balance des menaces d'érosion qui guettent le littoral de la Petite-Côte sénégalaise, où sont développées plusieurs activités socio-économiques. L'économie de cette partie est globalement orientée vers le secteur touristique. Cette activité est accompagnée par d'autres secteurs comme la pêche et le commerce. Ces secteurs d'activités sont de moins en moins favorisés par rapport au tourisme à cause de l'ampleur que prend ce secteur dans cette partie du pays mais aussi aux problèmes auxquels ils sont confrontés. La Petite-Côte est caractérisée par un certain potentiel touristique d'ordre naturel à savoir les longues et belles plages, l'ensoleillement et un climat modéré. C'est ce qui explique la volonté des autorités étatiques à faire du secteur touristique un levier de développement et de création d'emplois sur la Petite-Côte sénégalaise en y déployant beaucoup de moyens. C'est ce qui vaut au secteur du tourisme son affirmation comme principale activité économique de cette zone en particulier et du pays en général vu les nouvelles orientations politiques en faveur de ce secteur. Le tourisme au Sénégal est considéré comme la deuxième source de devises du pays et représente 7% du PIB en 2019 (ANSD, 2020 ; ministère du Tourisme et de l'aviation civile, 2020). Donc, on peut dire que ce secteur joue un rôle très important dans l'économie du pays. La Petite-Côte représente la partie là mieux exploitée en matière de tourisme, donc très important pour le développement du Sénégal.

Cette activité, qui joue un rôle important dans le développement économique de cette zone et du pays en général, ainsi que l'environnement du littoral de la Petite-Côte est constamment menacé de disparition par le recul du trait de côte. L'érosion côtière correspond à une perte graduelle de matériaux vers la mer touchant tous les types de littoraux, qu'ils soient sableux, vaseux, ou rocheux. Elle résulte des effets combinés de la marée, de la houle, et des courants induits par des vents et des processus continentaux (par exemple : pluies, ruissellements, etc.) ainsi que du déficit de sédiment côtier (Observatoire de la côte Aquitaine, 2016). Telle que définie, l'érosion côtière est bien une réalité dans la Petite-Côte.

L'intérêt porté à cette étude est d'avoir une meilleure compréhension de la dynamique du littoral de la Petite-Côte sénégalaise dans le contexte de la variabilité climatique, des impacts de l'érosion côtière sur l'environnement biophysique et les activités socio-économiques et d'analyser les stratégies d'adaptation. Les enjeux socio-économiques et environnementaux qui

pèsent sur le littoral de la Petite-Côte sénégalaise suscitent une réflexion sur la dynamique de cette côte. Elle porte sur une question principale : qu'est-ce qui caractérise la nouvelle dynamique du littoral de la Petite-Côte sénégalaise et comment s'adapter face à cette dynamique dans un contexte de la variabilité climatique ? Plusieurs questions spécifiques en découlent : quels sont les facteurs de la nouvelle dynamique du littoral de la Petite-Côte sénégalaise ? Comment se manifeste cette dynamique du littoral de la Petite-Côte ? Quels sont les impacts environnementaux et socio-économiques de la dynamique du trait de côte ? Quelles sont les stratégies d'adaptation pour une gestion durable de ce littoral ? Autant d'interpellations qui ont fait l'objet de réflexion et d'analyse transversale du phénomène de l'érosion côtière sur le littoral de la Petite-Côte sénégalaise.

Le choix de ce thème se justifie par le fait que la Petite-Côte est exposée aux agents hydrodynamiques par sa position géographique. Sa plage principalement sableuse, et siège de plusieurs activités socioéconomiques, est en érosion, ce qui en fait un terrain favorable d'observation. Cette situation laisse un besoin urgent d'intégrer l'approche cartographique (SIG) dans l'intérêt de la surveillance du dynamisme de la côte. Par ailleurs, l'intérêt de connaître localement les impacts du changement climatique et l'érosion côtière pour une gestion préventive et durable de cet environnement nous a poussés à choisir ce sujet. Aussi, le littoral de la Petite-Côte est une zone très importante dans le développement économique du pays, car c'est un espace dont l'activité principale (tourisme) pèse lourd sur l'économie du pays. Il est donc judicieux de mener une réflexion en vue de protéger ce littoral dans le but de conserver les différentes activités socio-économiques ainsi que son environnement biophysique.

L'objectif général de cette étude est d'analyser l'érosion côtière sur la Petite-Côte sénégalaise et les stratégies d'adaptations mises en place.

De façon plus spécifique, il s'agit de :

- Etudier l'évolution de la ligne de rivage de la Petite-Côte ;
- Examiner les impacts environnementaux et socioéconomiques de l'érosion côtière ;
- Evaluer les stratégies d'adaptation et de résilience mises en œuvre.

L'hypothèse générale sur laquelle est fondée cette étude est que les caractéristiques morpho-pédologiques et la pression anthropique sur ce littoral renforcent sa vulnérabilité face à la variabilité climatique et affaiblissent la capacité de résilience de la population. La première

hypothèse spécifique est que le littoral de la Petite-Côte sénégalaise est très dynamique et les causes sont diverses. La deuxième hypothèse spécifique laisse penser que les impacts environnementaux et socio-économiques qui en résultent sont importants. Les différentes stratégies d'adaptation mises en place restent partiellement efficaces.

Au regard des objectifs fixés, le travail est structuré comme suit :

La première partie, consacrée d'abord à la revue documentaire, est structurée autour de la discussion conceptuelle (chapitre I), pour mieux cerner le sujet et comprendre les concepts utilisés, et de la démarche méthodologique utilisée (chapitre II). Elle se termine par l'analyse des potentialités biophysiques et socio-économiques de la Petite-Côte sénégalaise (chapitre III).

La deuxième partie porte sur la caractérisation de l'érosion côtière et l'analyse des facteurs à l'origine du dynamisme du littoral de la Petite-Côte (chapitre IV). L'étude de l'évolution de la ligne de rivage de 1979 à 2022 (chapitre V) et l'analyse des impacts environnementaux et socio-économiques de l'érosion côtière sur la Petite-Côte (chapitre VI) constituent les derniers chapitres de cette partie.

La troisième et dernière partie, est consacrée à l'évaluation des stratégies d'adaptation à l'érosion côtière (chapitre VII) et du mode de résilience adopté pour faire face à la variabilité climatique (Chapitre VIII) et ses conséquences.

PREMIERE PARTIE : CADRE THEORIQUE ET METHODOLOGIE

L'érosion côtière est un phénomène global qui a fait l'objet de plusieurs études. Cependant, la méthodologie utilisée pour aboutir à des résultats varie d'un auteur à un autre. Dans cette partie, nous allons d'abord retracer l'historique de l'érosion côtière à travers différents auteurs qui ont travaillé sur la question dans différentes zones, puis démontrer la méthodologie utilisée et terminer par l'analyse des potentialités biophysiques et socio-économiques de la Petite-Côte sénégalaise.

Chapitre I : Cadre théorique et discussion conceptuelle

Dans ce chapitre, il s'agit d'abord de faire l'état de l'art. Cette partie a permis de visiter les travaux qui ont été faits sur l'érosion côtière et les problématiques qui lui sont associées. Ensuite, la discussion conceptuelle a permis d'aborder les définitions données par les autres auteurs, des concepts utilisés dans ce travail, mais aussi de donner notre point de vue sur ces concepts pour une meilleure compréhension de l'argumentaire développé dans ce travail de recherche.

I.1. Etat de l'art

La problématique de l'érosion côtière est devenue aujourd'hui une préoccupation majeure qui attire l'attention et la curiosité de beaucoup de chercheurs. Beaucoup de travaux ont été réalisés sur cette problématique en rapport avec le changement climatique. Notre zone d'étude a fait l'objet plusieurs publications scientifiques sur ces problématiques.

Dans son mémoire intitulé « Vulnérabilité du littoral de Palmarin (Petite-Côte, Sénégal) face au changement climatique », Diedihou, 2010 montre que la Petite-Côte est très vulnérable au changement climatique et particulièrement à l'élévation du niveau marin. Il révèle que les conditions physiques sont défavorables mais le phénomène de l'érosion côtière est accentué par l'intensité de la littoralisation de la Petite-Côte et des activités socio-économiques (tourisme et pêche). Il estime que le recul du trait de côte est en moyenne 2,2m par an entre 1954 et 2002, un recul qui touche toute la côte mais de façon ponctuelle. De même, il démontre que les impacts physiques, environnementaux et économiques de l'élévation de la mer se traduiront par des inondations et des pertes économiques très importantes. Enfin, il précise que les stratégies mises en place sont inefficaces.

Dans sa thèse intitulée « Dynamique du littoral de la Casamance : caractéristiques morpho dynamiques, changements environnementaux et impacts socioéconomiques », Thior (2020) a démontré, à travers une méthodologie qui combine à la fois les outils d'analyse spatiale (SIG et télédétection), avec les démarches géomorphologiques, basées sur des mesures directes, que l'évolution du littoral casamançais est à l'image du reste du littoral sénégalais et de l'Afrique de l'Ouest. Il a démontré que l'évolution de la ligne de rivage des côtes casamançaises est d'ordre naturel et anthropique. Pour les facteurs naturels, il révèle que la fréquence et l'intensité des houles et des vagues, l'élévation du niveau marin, les caractéristiques bathymétriques autour de l'embouchure de la Casamance et la topographie de la région sont les principales

causes de l'érosion côtière. En ce qui concerne les facteurs anthropiques, ils résultent généralement des installations touristiques, de l'extraction du sable, de l'exploitation des écosystèmes, des aménagements hydrauliques et des réalisations d'infrastructures. Dans ses perspectives, il laisse croire que des méthodes d'aménagement adaptées pourraient permettre une exploitation durable de ce littoral.

Sissoko (2001), dans « Etat de l'érosion côtière au Sénégal », explique que le phénomène de l'érosion côtière est très remarquable sur toute la côte. L'auteur démontre ainsi que les facteurs de l'érosion côtière sont à la fois d'ordre naturel (intensité et fréquence des houles, élévation du niveau marin, déficit sédimentaire, etc.) et anthropique (prélèvement de sable, constructions de bâtiments sur les plages, constructions d'ouvrages perpendiculaires à la côte qui entravent les transits sédimentaires, rejets d'eaux usées sur les plages entraînant la destruction du substrat). De même, elle démontre que l'érosion côtière a des impacts sur l'environnement et les activités socio-économiques au Sénégal comme : la destruction des infrastructures économiques et des établissements humains, l'ensablement des chenaux d'accès, la formation de bancs de sable et l'enclavement des îles (Djifère et Dionewar par exemple), la destruction des bancs de filaos (langue de barbarie et grand côte), la rupture de la flèche de Sangomar. Enfin, elle a montré que certaines stratégies ont été mises en place, mais elles s'avèrent inefficaces.

Dans leur article intitulé « Changements climatiques, changements du littoral et évolution de la vulnérabilité côtière au fil du temps : comparaison de territoires français, canadien et sénégalais », Weissenberger et al. (2020) ont démontré, qu'en raison de la proximité des habitants à la côte, de nature sableuse, donc meuble, du substrat côtier et de l'accélération de l'érosion côtière attribuable au moins en partie aux changements climatiques, l'érosion côtière menace maintenant les habitants de Joal, comme à Mbour qui est le deuxième centre de pêche du Sénégal, où l'érosion côtière réduit l'espace pour les pirogues et pose des problèmes de logistiques aux pêcheurs artisanaux.

Dans son mémoire intitulé, « Evolution morpho sédimentaire des plages de la Petite-Côte : cas de la station balnéaire de Saly (Sénégal) », Sow (2020) a démontré que l'érosion côtière sur la Petite-Côte Sénégalaise est due à des facteurs naturels tels que la houle et se manifeste par un recul de la ligne de rivage. De même, elle démontre que les facteurs de l'érosion côtière sur la Petite-Côte, d'ordre naturel, sont amplifiés par des actions anthropiques. Ainsi, elle en déduit les impacts sur le milieu physique comme le recul de la ligne de rivage et la disparition des

plages. Ces impacts environnementaux ont des répercussions sur les activités socio-économiques comme le ralentissement des activités touristiques à cause de la disparition des plages. Enfin, elle démontre que les stratégies de lutte ne sont pas durables.

Dans sa thèse intitulée « Dynamiques sédimentaires et risques actuels dans l'axe Saint-Louis – Gandiol, littoral Nord du Sénégal », Sy (2013) explique la situation de la dynamique du littoral de Saint-Louis. Il démontre que la dynamique de ce littoral est à la fois due aux facteurs naturels et anthropiques. Parmi les facteurs naturels qu'il a mis en exergue, on peut citer les variations morpho sédimentaires des plages, les caractéristiques granulométriques caractérisées par une dominance des houles, et le transfert de sédiments assurés par les houles, vagues et la dérive littorale facilitée par le caractère sableux de la côte. Pour lui, la morphologie des falaises explique cette dynamique. L'anthropisation du littoral Gandiol-Saint-Louis et le prélèvement de sable font partie des facteurs responsables de la dynamique du littoral Nord du Sénégal. Par ailleurs, il précise que cette dynamique influence négativement les activités socio-économiques du littoral, base de l'économie de cette zone. Enfin, il a démontré que les stratégies d'adaptation mise en place sont inefficaces. C'est à ce titre qu'il a proposé un modèle d'aménagement qui pourrait garantir la protection de ce littoral.

L'ensemble de ses auteurs démontre la réalité de l'érosion côtière sur les côtes sénégalaises. Cependant, l'intensité de l'avancée de la mer diffère d'un littoral à un autre. Il en est de même pour les facteurs de la dynamique des littoraux selon leurs caractères géomorphologiques.

De par sa position géographique, la Petite-Côte sénégalaise est exposée aux agents hydrodynamiques (houles, vagues, vents, etc.). Cette exposition explique l'intensité de l'érosion côtière dans cette zone. Toutefois, l'avancée de la mer dans cette partie du littoral sénégalais est accentuée par sa forte littoralisation et ses conséquences. Le recul du trait de côte impacte négativement sur les activités socio-économiques et sur l'écosystème du littoral. Face à l'importance de la zone côtière (une forte concentration humaine et d'activité socio-économiques), il faut envisager des mesures efficaces et efficientes pour la protection de ce littoral.

I.2. Analyse conceptuelle

L'analyse ou la discussion conceptuelle permet de mieux comprendre les concepts que nous avons utilisés. C'est dans cette optique que nous analysons et discutons des principaux concepts en rapport avec notre thématique de recherche.

Érosion côtière :

Etymologiquement, le terme érosion côtière signifie l'action de « ronger ».

-L'érosion côtière est définie par Brunet et al. (2005) comme étant un « enlèvement de matières aux sols et aux roches par des agents naturels : les eaux courantes (érosion fluviale torrentielle), les glaciers et leur fonte (érosion glaciaire), le vent (érosion éolienne), la mer (érosion marine ou littorale), ainsi que les éboulements et les glissements » ;

-George et Verger (2006) ont défini ce concept comme « un ensemble de phénomènes extérieurs à l'écorce terrestre (ou phénomène exogène) qui contribuent à modifier les formes créées par les phénomènes endogènes (tectonique endogène et volcanisme) ;

-Boudjiéra (2010) a donné une définition plus complète en mettant en relief les aspects naturels et anthropiques. Il définit l'érosion côtière en ces termes : « l'érosion côtière est un phénomène naturel, d'observation courante essentiellement caractéristique de l'évolution superficielle de la croûte terrestre sous l'effet de déplacement des sédiments par les vagues. Elle est surtout due à une pénurie en sédiments. Cette pénurie qui a commencé à se manifester à la fin de la transgression postglaciaire, été accentuée à l'époque contemporaine par les actions anthropiques, en particulier la construction de barrages sur les fleuves, l'artificialisation des côtes, la déforestation, etc. » ;

-L'érosion côtière est un aléa naturel qui se définit comme la perte graduelle de matériaux qui entraîne le recul de la côte et l'abaissement des plages (GIEC, 2019) ;

- Pour l'Observatoire de la côte Aquitaine (2016), l'érosion côtière résulte des effets combinés de la marée, de la houle, et des courants induits des vents et des processus continentaux (par exemple : pluies, ruissellements, etc.) ainsi que du déficit de sédiment côtier.

En se basant sur toutes ces définitions, on peut dire que l'érosion côtière peut être définie comme étant le fait que la mer avance de plus en plus sur les continents en réduisant les espaces littoraux à cause des facteurs naturels mais amplifiée par les actions anthropiques. Elle se traduit par un recul de la ligne de rivage et/ou un abaissement du niveau des plages avec la disparition progressive des stocks de sédiments.

Littoral :

- Martonne (1909) définit le littoral en ces termes : « le domaine littoral comprend tout ce qui, soit au-dessous, soit au-dessus du niveau moyen des eaux, est soumis à l'action des forces responsables du tracé de la côte et de ses changements... »

- George et Verger (2013) définissent le littoral comme étant « le domaine géographique où se déplace la ligne de contact instantané entre l'atmosphère, la lithosphère et l'hydrosphère. On considère par-là que l'aspect privilégié est le physique au détriment de l'humain ».

- Le littoral est la bande de terre constituant la zone comprise entre une étendue maritime et la terre ferme, le continent, ou l'arrière-pays. (Le Dictionnaire Environnement, 2001).

-Pour Akadje (2010), le littoral signifie au sens physique du terme la « bande comprise entre le niveau des plus basses mers et celui des plus hautes mers, donc ce que couvre et découvre la mer ».

Donc, on peut dire que le littoral est la bande comprise entre le continent et les eaux marines et/ou fluviales.

Adaptation :

-L'adaptation est la démarche d'ajustement au climat actuel ou à venir, ainsi qu'à ses conséquences. Il s'agit à la fois de réduire les effets préjudiciables du changement climatique tout en exploitant les effets bénéfiques (GIEC, 2019).

- Démarche d'ajustement au climat actuel ou attendu, ainsi qu'à ses conséquences. Pour les systèmes humains, il s'agit d'atténuer les effets préjudiciables et d'exploiter les effets bénéfiques. Pour les systèmes naturels, l'intervention humaine peut faciliter l'adaptation au climat attendu ainsi qu'à ses conséquences. (GIEC, 2007).

- Adaptation correspond aux modifications des attributs fondamentaux d'un système en réponse au climat et à ses conséquences. (IPCC, 2019).

On peut retenir que l'adaptation est assimilée à un changement de pratiques ou de modes d'emploi dans le but d'atténuer ou d'effacer les potentiels effets négatifs et risques par rapport à un phénomène sans compromettre la capacité d'en tirer profit. C'est en quelque sorte la capacité d'ajustement par rapport à un phénomène nouveau.

Trait de côte :

Le trait de côte est un concept très difficile à cerner à cause de sa dynamique et sa nature multiple selon les auteurs. Ainsi, sur le terrain, on peut identifier plusieurs types de traits de côte.

- Thior (2020) définit le trait de côte en ces termes : « il s'agit tout d'abord de la ligne qui doit marquer la limite jusqu'à laquelle peuvent atteindre les eaux marines. On peut donc dire que c'est la limite la plus extrême que puissent atteindre les eaux marines, c'est-à-dire l'extrémité du jet de rive lors des fortes tempêtes survenues aux plus hautes mers de vives eaux ».

-Diatta (2020) pense que le trait de côte est « la ligne de démarcation entre l'influence des eaux marines et la terre ».

- Roubertou et Bonneval (1965) et Faye (2010) définissent le trait de côte comme « la ligne des plus hautes mers possibles, résultant du jeu normal de la marée astronomique et des autres causes de variation du niveau de la mer, mais compte non tenu des variations accidentelles dues à certains phénomènes météorologiques exceptionnels ».

- Dans « le dictionnaire de la géographie », George et Verger (2013) l'ont défini comme « une limite entre la bande de la terre qui confine à la mer et à la zone soumise directement à l'action des vagues en fonction de la marée »

- Quant à Baulig (1956) et Faye (2010), ils considèrent le trait de côte comme « la limite entre la côte et le rivage... (limite qui) se déplace avec l'état de la mer et avec la marée ».

- « Cette notion censée représenter la frontière entre les domaines maritime et terrestre est problématique et sujette à controverse en raison de la grande diversité des critères d'identification : géomorphologie, marée, végétation » (Faye, 2010).

- Pour Morissette (2007), il existe d'autres critères d'identification du trait de côte qui se rapportent aux éléments tels que la ligne de démarcation terre-eau, la ligne du niveau moyen des mers, la ligne des pleines mers supérieures de marée moyenne et pour finir la ligne des pleines mers supérieurs de grande marée.

Donc, on peut dire que le trait de côte correspond à la limite mouvante qui sépare la mer du continent. Dans notre étude, nous avons utilisé la ligne instantanée de rivage comme ligne de référence.

Variabilité climatique :

- Elle désigne l'ensemble des variations des caractéristiques climatiques en un endroit donné, au cours du temps : réchauffement ou refroidissement. Certaines formes de pollution de l'air, résultant d'activités humaines, menacent de modifier sensiblement le climat, dans le sens d'un réchauffement global. Ce phénomène peut entraîner des dommages importants : élévation du niveau des mers, accentuation des événements climatiques extrêmes (sécheresses, inondations, cyclones ...), déstabilisation des forêts, menaces sur les ressources d'eau douce, difficultés agricoles, désertification, réduction de la biodiversité, extension des maladies tropicales, etc. (Normes : Le Dictionnaire Environnement, 2001).

- Le réchauffement climatique est un phénomène global de transformation du climat caractérisé par une augmentation générale des températures moyennes (notamment liée aux activités humaines), et qui modifie durablement les équilibres météorologiques et les écosystèmes. Lorsque l'on parle du réchauffement climatique aujourd'hui, il s'agit du phénomène d'augmentation des températures qui se produit sur Terre depuis 100 à 150 ans. Depuis le début de la révolution industrielle, les températures moyennes sur terre ont en effet augmenté plus ou moins régulièrement. Le GIEC (2019) précise qu'en 2016, la température moyenne sur la planète terre était environ 1 à 1,5° au-dessus des températures moyennes de l'ère préindustrielle (avant 1850).

-La variabilité climatique désigne des variations à l'état moyen et d'autres statistiques (écarts standards, phénomènes extrêmes, etc.) du climat à toutes les échelles temporaires et spatiales. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne) ou à des variations des forçages externes anthropiques ou naturels c'est-à-dire variabilités externes (ONERC ,2007).

Ainsi, on peut dire que la variabilité climatique peut être assimilée à l'ensemble des modifications et/ou des variations que connaissent les paramètres et propriétés du climat pendant une longue période donnée. Elle se rapporte à tout changement du climat dans le temps, quelle que soit son origine.

Vulnérabilité

-Chambers la définit en 1989 en ces termes : «la vulnérabilité est un concept probabiliste ; il saisit la relation ou la proximité d'un sujet avec un dommage. Le risque d'une personne de subir un dommage. Sa vulnérabilité est le résultat incrémental d'un ensemble de risques distincts mais reliés, c'est-à-dire : le risque d'être exposé à une menace, le risque de matérialisation d'une menace et le risque de manquer des protections nécessaires pour faire face à la menace. »

- « Nombreux sont les définitions, officielles ou non, de la vulnérabilité. Mais en règle générale, deux grandes distinctions apparaissent selon que l'on appréhende la vulnérabilité d'un point de vue social en tant que propension à l'endommagement, ou d'un point de vue technique en tant que mesure de l'endommagement » (D'Ercole, 1994 et 1996).

- « La vulnérabilité est un indicateur de mesure de l'impact potentiel d'une catastrophe sur un groupe, une construction, une activité, un service ou une aire géographique en tenant compte de sa nature ou de sa localisation » (Nations unies, 1997).

- Quant à Mordoch, 1994 et Moser, 1998, « la vulnérabilité décroît avec la résilience, c'est-à-dire la capacité à réagir et à faire face à un événement imprévu et croît avec la gravité de l'impact ».

Donc, on peut dire que la vulnérabilité est un indicateur qui permet de mesurer la capacité d'une personne ou d'un objet quel que soit sa nature de faire face à une situation menaçante.

Résilience

- Pour Tisseron (2009), la résilience désigne en physique mécanique une propriété d'élasticité et de résistance aux chocs des matériaux et, par analogie, indique dans le langage courant la résistance au changement. L'étymologie en précise le sens en renvoyant à la capacité d'un système à « rebondir » après une perturbation.

- Pour Béatrice Quenault (2013), la résilience renvoie à la capacité de faire face à un impact donné (comme l'aptitude d'une maison à résister à des vents violents ou à la sante physique d'un individu pour survivre à une vague de chaleur), plutôt que sur la résilience sociale ou dynamique, qui reflète la « capacité de réponse » face à un choc (capacité d'un territoire urbain, d'une communauté, d'un ménage ou d'un individu à récupérer ou à se reconstruire grâce à des capacités adaptatives liées à l'organisation sociale, économique ou institutionnelle).

- Timmerman (1981) a été l'un des premiers à parler de résilience des sociétés humaines au changement climatique. Selon lui, la résilience désigne la capacité de tout ou partie du système à absorber et à se relever de l'occurrence d'un aléa.

- Quant à Walker et ces collègues (2004), considèrent la résilience comme « la capacité d'un système à absorber les perturbations et à se réorganiser tout en opérant des changements de manière à conserver essentiellement les mêmes fonctions, structures, identité et rétroaction, en d'autres termes, pour rester dans le même bassin d'attraction ».

En définitive, on peut dire que la résilience renvoie à la capacité de se réorganiser pour faire face à une nouvelle situation drastique.

Conclusion

La revue documentaire nous a permis de comprendre que le phénomène de l'érosion côtière est un problème qu'on rencontre sur toutes les côtes du monde. Cependant, les différentes études montrent que ses causes et ses impacts varient dans le temps et dans l'espace. Les études réalisées dans ce domaine démontrent que l'efficacité des stratégies mises en place jusqu'à présent est remise en question.

Chapitre II : Démarche méthodologique

La méthodologie utilisée dans ce travail est basée sur un modèle de traitement de l'information géographique qui consiste à faire la revue littéraire des documents scientifiques abordant la thématique de l'érosion côtière, suivie d'enquêtes de terrain et de collecte de données géo-spatiales. L'objectif de cette partie est de détailler la démarche méthodologique mise en œuvre dans ce travail et qui nous a permis d'aboutir aux résultats escomptés.

II.1. Revue documentaire

Elle constitue la première étape de notre travail et s'est basée sur une consultation des documents (thèses, mémoires, articles scientifiques, rapports, etc.) qui sont en rapport avec notre thématique de recherche. En effet, nous avons utilisé les documents de la bibliothèque de l'université Assane Seck de Ziguinchor (UASZ) à travers notamment sa plateforme numérique <https://rivieresdusud.sn>, la bibliothèque numérique de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), de la société d'aménagement de la Petite-Côte (SAPCO) de Saly, de la mairie de Mbour, section du développement local. La consultation de ces documents nous a permis de mieux comprendre la dynamique du littoral et ses impacts.

II.2. Collecte et traitement des données

II.2.1. Données de terrain

Cette phase a commencé par le contact direct avec les réalités du terrain. Il s'agit de l'observation directe : une méthode connue pour mieux appréhender au préalable les questions étudiées. Elle permet, entre autres, de mesurer la pertinence de la problématique posée. Ainsi, elle nous a permis de mieux observer le phénomène étudié (érosion côtière), ses manifestations et ses impacts sur le littoral des communes de Saly Portudal et de Mbour.

II.2.1.1. Enquêtes socio-économiques

Pour réaliser les enquêtes de terrain, un questionnaire a été élaboré. Ce dernier a permis de recueillir des informations quantitatives et qualitatives sur l'érosion côtière, ses caractéristiques, les facteurs à l'origine de ce phénomène, ses impacts, et les stratégies de lutte mises en œuvre.

Ces enquêtes ont été menées dans les communes de Mbour (composée de 29 quartiers) et de Saly Portudal (composée de 16 quartiers). Dans chacune de ces communes, nous avons choisi

deux (2) quartiers (voir tableau 1) selon la technique d'échantillonnage aléatoire. Le choix des quartiers est fait après un diagnostic qui nous a permis de sélectionner les quartiers qui subissent le phénomène et dont les populations sont susceptibles de nous fournir des informations sur l'érosion côtière, ses manifestations, les facteurs responsables de la dynamique du littoral et les stratégies mises en œuvre.

Dans la commune de Saly Portudal, l'ANSD a recensé 5163 ménages repartis dans les seize quartiers (ANSD, 2013). Ainsi, nous avons choisi les quartiers de Saly NiakhNiakhhal composé de 397 ménages et Saly Coulang composé de 237 ménages.

Dans la commune de Mbour, composée de 28711 ménages répartis dans 29 quartiers selon l'ANSD en 2013, nous avons choisi deux autres quartiers à savoir le quartier de Grand Mbour I (854 ménages) et celui de Golf (480 ménages).

Dans l'ensemble, les quatre quartiers comptent 1968 ménages. Nous avons interrogé 295 ménages répartis comme suit : 128 ménages à Grand Mbour I, 72 à Golf, 60 à Saly NiakhNiakhhal et 37 à Saly Coulang. Le choix de ces quartiers est aussi basé sur leurs positions géographiques, sur le long du littoral de la Petite-Côte. La méthode d'échantillonnage aléatoire a été utilisée au cours de ces enquêtes avec un taux de représentativité de 15 %.

Cette méthode de Hervé Gumuchian et Claude Marois (2000) présente à la fois des avantages et des limites. En ce qui concerne les avantages, cette méthode est hautement généralisable, c'est-à-dire que chaque personne a une chance d'être sélectionnée. Elle facilite la compréhension, permet la projection de ses résultats et ne nécessite pas une décomposition de la population. Elle présente un faible biais et élimine les préjugés à cause de sa nature aléatoire. Cependant, si la représentativité n'est pas inclusive, les résultats pourraient être biaisés. De même, si la population cible est très importante ou est largement dispersée géographiquement, cette méthode ne serait pas efficace. La méthode aléatoire est également très coûteuse.

Méthodologie utilisée pour calculer le nombre de ménages à interroger :

$$Nm = \frac{\sum m * 15}{100}$$

Où

Nm = Nombre total de ménages à enquêter ;

$\sum m$ =somme des ménages des quatre quartiers ;

15% correspond à la représentativité

/100=295

On a :

$$Nm = \frac{\sum m * 15}{100} = 295$$

Nombre de ménage par quartier :

$$NM = \frac{\text{Nombre de ménages d'un quartier} * \text{Nombre total de ménages à enquêter}}{\text{Nombre total des ménages des 4 quartiers}}$$

Tableau 1: Nombre de ménages enquêtés par quartier

Communes	Quartiers	Nombre de Ménages	Nombre de Ménages interrogés	Pourcentage
Mbour	Golf	480	72	24,41
	Grand Mbour I	854	128	43,39
Saly	Saly NiakhNiakhal	397	60	20,34
Portudal	Saly Coulang	237	35	11,86
Total	4	1968	295	100

II.2.1.2. Guides d'entretien

Concernant les guides d'entretien, des entretiens individuels ont été fait avec le responsable du développement local de la commune de Mbour, la cheffe du service régional du tourisme, le responsable du projet des aménagements de protection à Saly Portudal (Sapco Saly), le premier adjoint au maire de la commune de Saly Portudal et des propriétés d'hôtels. Les questions étaient relatives à l'érosion côtière, aux facteurs responsables de la dynamique du littoral, ses

impacts environnementaux et socio-économiques et des stratégies d'adaptation à l'érosion côtière.

II.2.2. Données géo-spatiales

Pour suivre la dynamique du littoral de la Petite-Côte sénégalaise, nous avons utilisé six images géo-spatiales (voir tableau 2). Le choix de ces images est justifié à la fois par les périodes auxquelles elles correspondent, la disponibilité des données images, ainsi que la qualité des images. Les deux premières (1979 et 1989), sont des images satellitaires, correspondant aux périodes de sécheresse qui auraient été responsables d'une forte perte sédimentaire au niveau des zones littorales (Niang-Diop, 1995). Ainsi, la qualité moyenne de ces deux images permet d'identifier clairement la ligne de rivage. Les quatre autres dates (2003, 2011, 2019, et 2022) sont des images de Google Earth. La première (2003) correspond à la mise en place d'épis et de l'installation d'infrastructures touristiques (Sow, 2020) qui aurait un effet sur la morphologie de la plage. Les deux qui s'en sont suivies permettent, à travers leurs hautes résolutions (permettant d'identifier les limites humectation) de suivre l'évolution du trait de côte durant cette période. Le dernière (2022), qui se caractérise par une très haute résolution, a permis d'observer la situation actuelle et les effets des infrastructures de protection contre l'érosion côtière sur la dynamique actuelle de ce littoral.

Tableau 2: Données géo-spatiales utilisées.

Landsat				
Capteurs	Date d'acquisition	Bandes	Longueurs d'onde	Résolution
MSS	27/02/1979	4-Bleu	0,45-0,52 μm	60 m
		5-Vert	0,52-0,6 μm	
		6-Rouge	0,63-0,69 μm	
		7- PIR	0,76-0,9 μm	
Capteurs	Date d'acquisition	Bandes	Longueurs d'onde	Résolution
TM	11/01/1989	1-Bleu	0,45-0,52 μm	30 m
		2-Vert	0,52-0,6 μm	
		3-Rouge	0,63-0,69 μm	
		4- PIR	0,76-0,9 μm	
		5-SWIR 1	1,55-1,75 μm	
		7- SWIR 2	2,08-2,35 μm	

Google Earth				
Google Earth	07/03/2003	Google Earth	.....	90cm
	07/03/2011		.....	90cm
	10/01/2019		.....	90cm
	07/03/2022		.....	90cm

II.2.2. Traitement des images

Le traitement des données géo-spatiales nous a permis de suivre la dynamique du littoral de la Petite-Côte de 1979 à 2022.

II.2.2.1. Géo-référencement des images

Le géo-référencement est une opération qui consiste à corriger la géométrie des images pour faciliter leur superposition. Il s'agit de mettre les images dans un même système de projection géodésique : WGS84 UTM Zone 28N. Pour cela, on a choisi l'image la plus récente comme référence pour limiter la marge d'erreur. Ainsi, nous avons relevé des points de calages sur l'image de Google Earth et nous les avons copiés sur l'image à corriger à travers l'outil de géo-référencement du logiciel Arc GIS. Après géo-référencement, on est passé des images brutes à des images à références spatiales. Cette opération nous a permis de superposer les différentes images avec la moindre marge d'erreur. La marge d'erreur pour cette opération est inférieure à 1.

En ce qui concerne les images satellitaires, on a utilisé ce même type de format d'image pour pouvoir les superposer avec celles géo-référencées du système Google Earth.

II.2.2.2. Identification des classes thématiques et digitalisation des différents traits de côte

Pour analyser les facteurs à l'origine de la dynamique du littoral, nous avons généré des cartes d'occupation des sols. Il s'agit d'analyser l'évolution du bâti corolaire à la croissance démographique et d'en déduire les conséquences sur la stabilité du système côtier.

La méthode de classification supervisée par « maximum de vraisemblance » est utilisée pour le traitement des données satellitaires. Cette technique est utilisée pour identifier les zones similaires sur une image à travers la signature spectrale. Il s'agit d'identifier d'abord les sites

d'entraînement, c'est-à-dire les échantillons assez homogènes sur l'image et représentatifs des différents types de surfaces. Ces échantillons sont, ensuite, utilisés pour définir les classes spectrales qu'ils représentent (Faye et al., 2013 ; Thior et al., 2021).

Pour l'extraction de la ligne de rivage sur ces images, un recodage a été effectué afin de regrouper les pixels ayant les mêmes contrastes liés au trait de côte et les séparer des pixels des autres classes thématiques. Les résultats obtenus de ce traitement ont été intégrés dans un SIG avec les formats spécifiques.

II.2.2.2.1. Différents types de lignes de référence

Dans le volume 1 de sa thèse intitulée « Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie à la Guinée-Bissau (Afrique de l'Ouest) : Approches régionale et locale par photo, interprétation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes », Faye (2010) a mis en exergue la difficulté d'identifier le trait de côte. Des auteurs comme Parker (2001) expliquent toute la délicatesse de localiser et de positionner une limite entre la terre et la mer dans un espace aussi dynamique que le littoral dans son article intitulé « where is the shoreline ? The answer is not simple as one might expect ». De même, selon BIRD (2007), cette difficulté pratique se double également d'une confusion sémantique. Il souligne que dans la littérature anglo-saxonne et américaine en particulier, les termes shoreline et coastline sont souvent considérés comme synonymes alors qu'il faut les distinguer. Pour BIRD (2007), l'expression shoreline désigne la limite du plan d'eau en fonction des fluctuations du jet de rive et de marée, c'est-à-dire en français la ligne instantanée de rivage (que nous avons choisi comme ligne de référence dans notre étude), alors que coastline renvoie à la limite atteinte par les pleines mers de vives eaux d'équinoxe et pouvant être matérialisée selon le type de côte par le pied de falaise ou la limite de la végétation terrestre donc, en français, à la notion de trait de côte. Ainsi, Faye (2013) a distingué sept types de traits de côtes : rupture de pente, limites de végétation, niveaux instantanés de marée, datums marégraphiques, entités virtuelles, surface de la plage et conditions météorologiques. Cette variation des lignes de référence explique aussi la diversité des méthodes utilisées dans la détection de ces dernières. Ainsi, nous avons comme méthode de détection le traitement des images géo-spatiales.

A partir des images obtenues, nous avons distingué trois types de lignes références dans notre zone d'étude. Il s'agit, entre autres, de la ligne instantanée de rivage, les autres limites d'humectation et la limite supérieure de la plage. Cependant, seules deux de ces références (la

ligne instantanée de rivage et la limite supérieure de la plage) sont à la fois lisibles sur les différentes types d'images obtenues (images satellitaires et images de Google Earth). Ainsi, on constate que la limite supérieure de la plage qui correspond aux bâtis et à la végétation n'a pas trop bougée par rapport à la ligne instantanée de rivage : c'est ce qui justifie le choix de la ligne instantanée de rivage comme référence pour suivre l'évolution du trait de côte durant la période considérée, 1979-2022. Il existe plusieurs autres référentiels indicateurs de trait de côte :

✓ Ligne instantanée de rivage :

C'est une ligne très mobile, dont la position sur l'estran fluctue au rythme du jet de rive et de la nappe de retrait (Faye, 2010). C'est une ligne de démarcation entre le jet de la rive et la terre ferme. C'est une limite très instable dont les mouvements sont conditionnés par les conditions météorologiques, l'intensité des vents et le niveau de la marée : elle varie selon les conditions météorologiques qui prévalent sur le littoral considéré. Ainsi, son utilisation pour calculer l'évolution des traits de côte pendant une période considérée peut induire à des erreurs à cause de son instabilité. Cependant, ces erreurs peuvent être calculées en faisant le rapport de la hauteur de la mer sur pente de la plage (Thior, 2020).

✓ Les limites d'humectation :

Elles sont quasiment inexistantes sur les images Landsat à cause de leurs faibles résolutions (79m pour l'année 1979 et 30m pour celle de 1989). Cependant, elles sont facilement observables sur les images de Google Earth (photo 1) caractérisées par une haute résolution (50cm). Elles correspondent aux marées basses qui renvoient à l'extrémité du jet de rive au moment du repli de la marée et des hautes marées qui correspondent à l'extrémité du jet de rive atteinte par les dernières vives eaux. Leurs utilisations comme ligne de référence posent les mêmes problèmes que ceux de la ligne instantanée de rivage.

✓ La limite supérieure de la plage :

Elle fait référence à la fin de la plage à l'abord du continent. Elle est matérialisée soit par des constructions soit par la végétation sur ce littoral de la Petite-Côte sénégalaise. Cependant, son utilisation fait défaut sur cette partie du littoral car elle reste quasiment figée sur la période considérée.

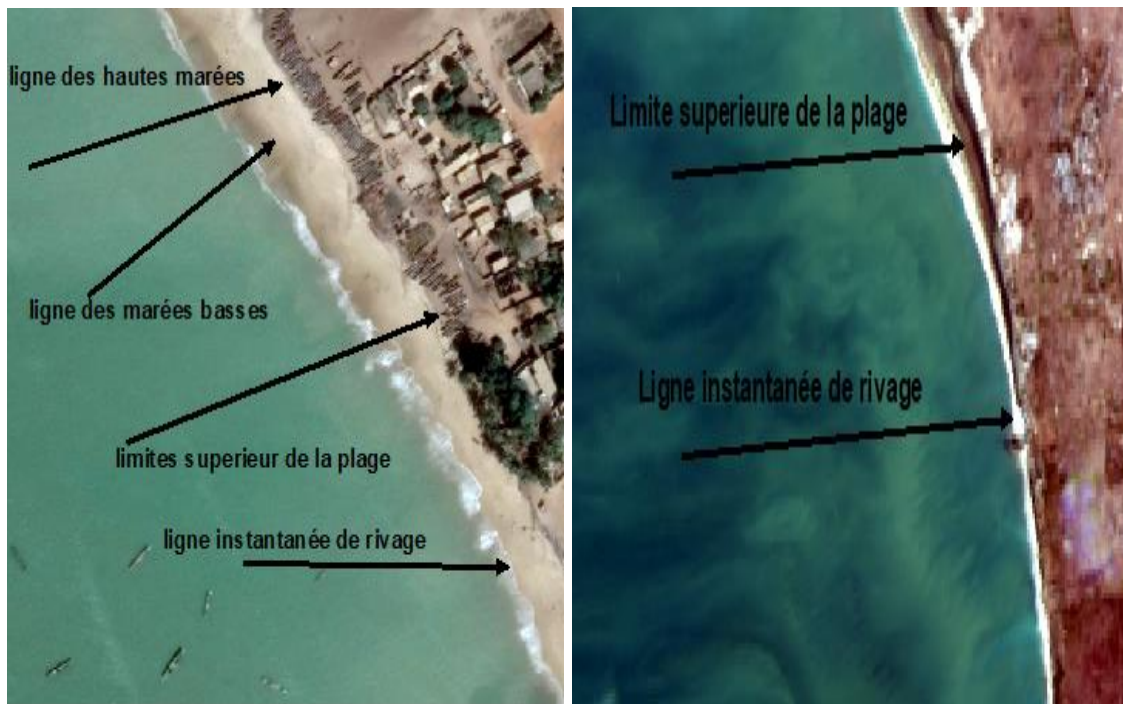


Photo 1: Les différents types de lignes de référence sur Google Earth (A) en 2022. Les différents types de lignes de référence sur images Landsat (B) en 1989.

II.2.2.2.2. Digitalisation des traits de côte

La digitalisation est une opération qui consiste à représenter les informations géographiques sous forme de points, de lignes ou de polygones. Pour cela, il faut d'abord créer un fichier de forme (Shapefile), puis renseigner le système de projection et définir le type de format géométrique de données à représenter (ici on a utilisé le format linéaire).

C'est ainsi que les différents traits de côte de toutes les dates ont été numérisés à travers le logiciel Arc GIS (fig. 1 et 2) pour permettre de suivre la dynamique du littoral de la Petite-Côte sénégalaise en se basant sur une superposition des différentes images couplée d'un calcul de la vitesse de l'évolution des traits de côte à travers l'outil « Digital Shoreline Analysis System » (DSAS). La ligne de référence utilisée pendant ces opérations (digitalisation des traits de côte et calcul de leurs évolutions) est la ligne instantanée de rivage.

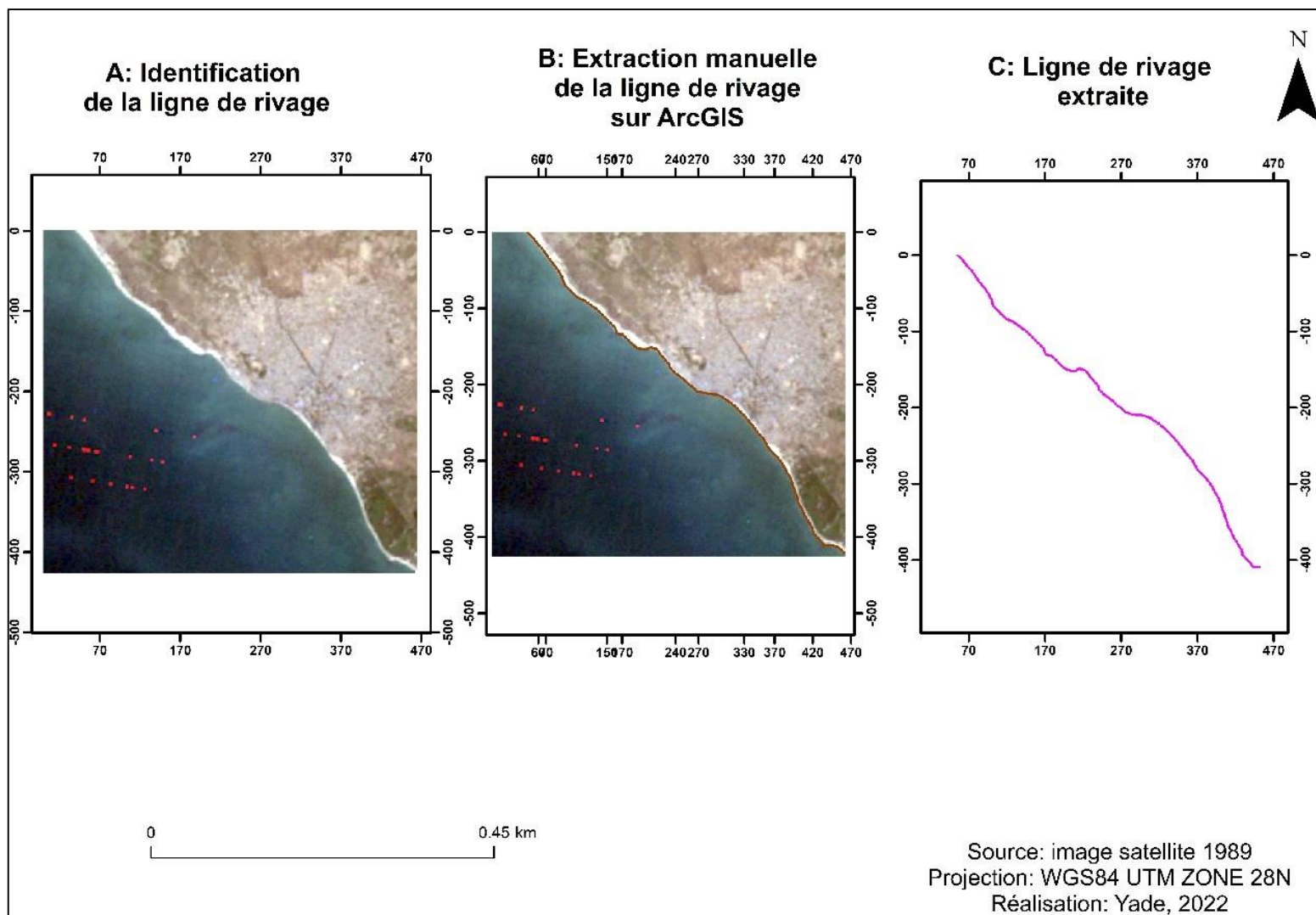


Figure 1: Processus d'extraction d'une ligne de référence sur image Landsat (la ligne instantanée de rivage).

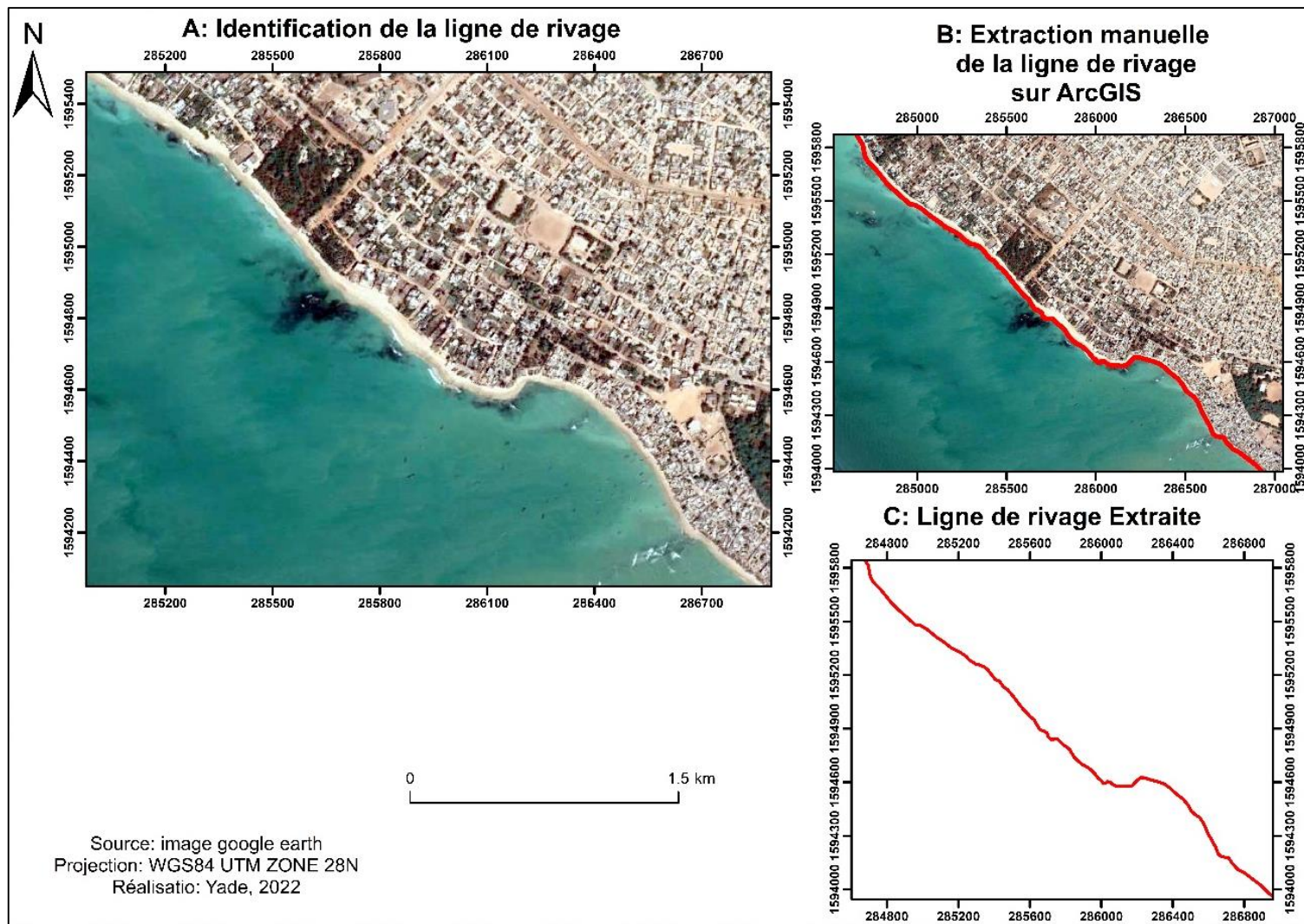


Figure 2: Processus d'extraction d'une ligne de référence sur image Google Earth (la ligne instantanée de rivage).

II.2.2.3. Calcul du taux d'évolution du trait de côte

II.2.2.3.1. Opérations prés calculs avec DSAS

Pour calculer le taux d'évolution du trait de côte pendant une période donnée, il faut d'abord faire certaines opérations. Ainsi, il faut considérer au minimum deux traits de côte d'une même série et, avec l'outil DSAS d'Arc GIS, faire les calculs, qui sont d'ailleurs automatisés avec cet outil, du taux d'évolution en m/an selon les manipulations exigées. Pour cela, il faut d'abord faire une mise en forme rigoureuse des données dans une géo-database personnalisée, la création d'une ligne de base et de transects équidistants, une estimation de l'incertitude liée à la méthode ainsi que le choix des statistiques de calculs des taux d'évolution (Juigner, 2012). Lorsque tous les paramètres d'entrée sont correctement renseignés, DSAS génère automatiquement, selon le pas de mesure défini, des transects perpendiculaires au linéaire côtier, mesure les écarts entre les traits de côte et calcule les taux moyens de déplacement le long de chaque transect (Faye et al., 2013 ; Himmelstoss et al.,2017 ; Thielier et al.,2012).

Avec la géo-database personnalisée créée (fig. 3), contenant essentiellement deux entités à savoir la « baseline » (contenant au moins une ligne de référence) et le « shorelines » (qui correspond aux traits de côte déjà numérisés sur ArcGIS) et avec l'aide du « Buffer-Shoreline » qui permet la stabilisation de l'espace linéaire sur lequel les traits de côte ont été numérisés, les calculs des statistiques ont été effectués. Il s'agit de créer les transects, ensuite faire le calcul des indices choisis selon leur pertinence à travers les manipulations exigées. Pour finir, on a fait la représentation graphique des statistiques issues des tables attributaires des indices calculés.

✓ *Baseline :*

C'est une ligne imaginaire à partir de laquelle, l'outil DSAS crée les transects qui croisent les différents traits de côte. Elle est parallèle aux traits de côte et sert de repère aux transects qui doivent être perpendiculaires à ce même baseline. Selon la forme de la côte, certains transects peuvent être déformés entraînant ainsi des formes aberrantes de ces derniers qui s'entrecoupent avant leur intersection avec les shorelines. Cependant ces erreurs peuvent être corrigées avec l'outil editor.

✓ *Shorelines :*

Ils correspondent aux traits de côte déjà numérisés dans la géo-database. Parallèles à la baseline, ces traits de côte permettent de faire les mesures dans l'interface DSAS. Pour faire le calcul des indices, il faut au minimum deux traits de côte de dates différentes.

✓ *Buffer-shoreline :*

Le Buffer-shoreline ou la zone de tempo est l'espace sur lequel les mesures de variation sont faites. Il permet de tracer les profils selon le côté choisi au préalable pour tracer la baseline (ici, on a choisi la limite à côté de la terre avec une zone tempo de distance égale à 150m qui les séparent des shorelines).

✓ Transects

Après la géo-database des différentes entités, il faut créer des transects qui permettront de calculer les indices choisis pour suivre l'évolution du trait de côte. Ils correspondent à des profils perpendiculaires à la ligne de base (baseline) et doivent impérativement couper tous les traits de côte qui leur sont perpendiculaires (Thior, 2020). Cependant, il arrive parfois qu'il ait des transects aberrants dus à la forme du linéaire côtier. Il faut alors les corriger pour ne pas induire en erreur les calculs automatisés par l'outil DSAS et fausser les résultats de l'évolution des traits de côte (Faye., 2010 ; Himmelstoss et al., 2017 ; Thior., 2020).

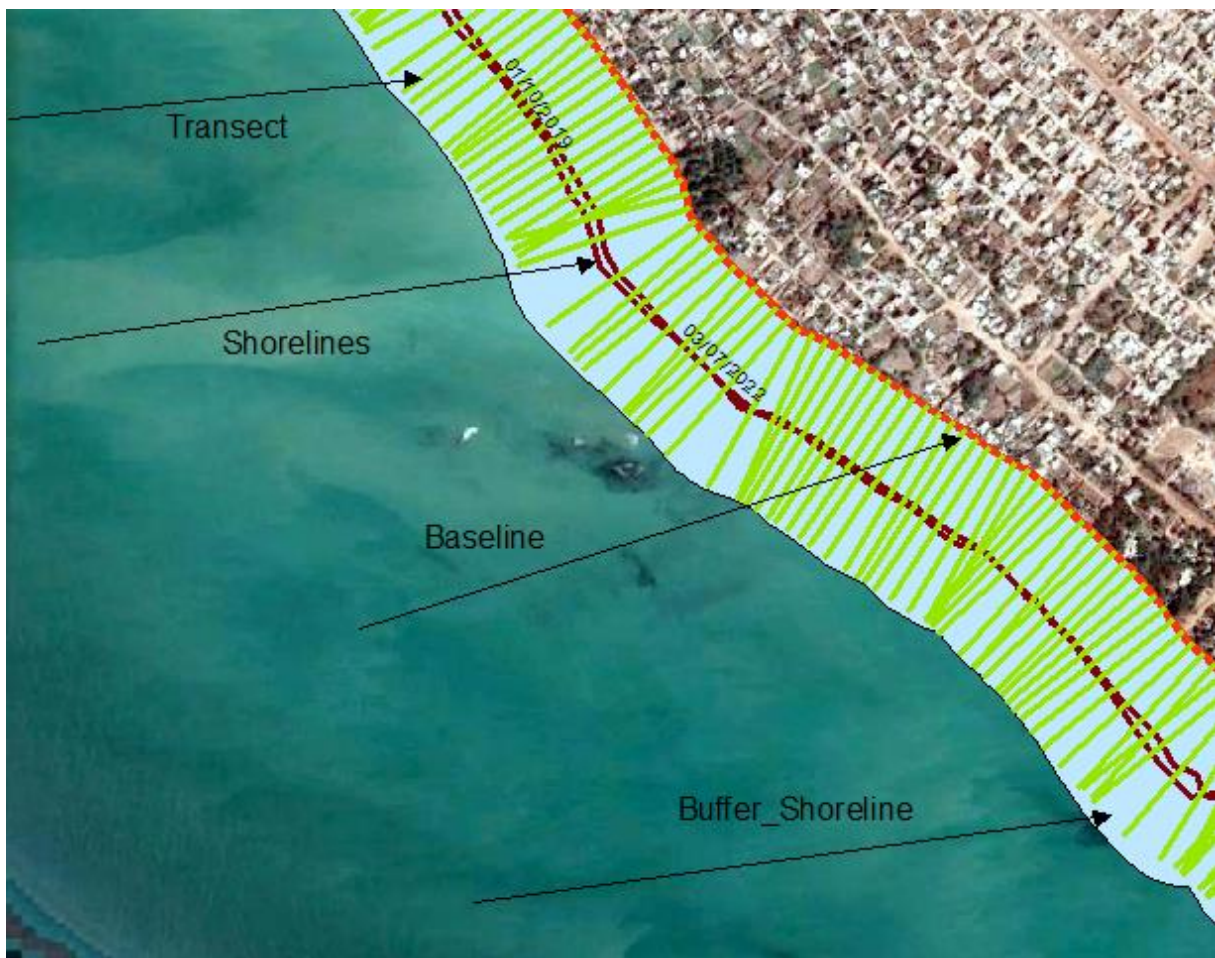


Figure 3: Les entités d'une géo-database personnalisée.

II.2.2.3.2. Calculs statistiques

Il s'agit de choisir les indices à calculer selon leur pertinence et de faire le calcul avec l'outil DSAS pour suivre la dynamique du linéaire côtier.

II.2.2.3.2.1 Indices à calculer

Pour calculer l'évolution des traits de côte, nous avons utilisé deux indices en fonction de leur pertinence. Concernant l'écart entre deux dates (deux traits de côte successifs), nous avons utilisé l'indice EPR (End Point Rate) qui s'avère être plus pertinent et, pour l'évolution globale, on a choisi l'indice LRR (Low Regression Rate-of-change) qui est le plus pertinent (Thior, 2020).

L'EPR permet de mesurer l'évolution entre deux traits côte successif. Il correspond à la distance qui sépare deux traits de côte de deux dates successives. Ainsi, lorsqu'on dispose uniquement de deux trait de côte, l'EPR reste un bon indice pour évaluer la cinématique (Thieler et al., 2005 ; Himmelstoss et al., 2017 ; Tahri et al., 2017).

L'indice LRR permet de mesurer l'évolution globale sur toute la période considérée. Ainsi, il estime l'évolution de chaque trait de côte sur l'ensemble de la période considérée. Sa pertinence se mesure par rapport au nombre de segments : il faut au moins avoir plus de deux segments.

II.2.2.3.2.2 Calcul des indices et représentations graphiques

- ✓ Le calcul des indices se fait automatiquement avec DSAS après avoir choisi les indices à calculer. Ainsi, DSAS utilise les transects pour calculer le taux d'évolution de trait de côte entre deux dates (EPR) ou sur toute la période considérée (LRR).
- ✓ La représentation graphique correspond à la visualisation des résultats obtenus après le calcul des indices (fig. 4). Elle permet de voir l'évolution du trait de côte entre deux dates ou sur toute la période considérée par secteur du linéaire utilisé en se basant sur une classification des transects faits automatiquement avec DSAS sur ArcGIS (Thior, 2020).

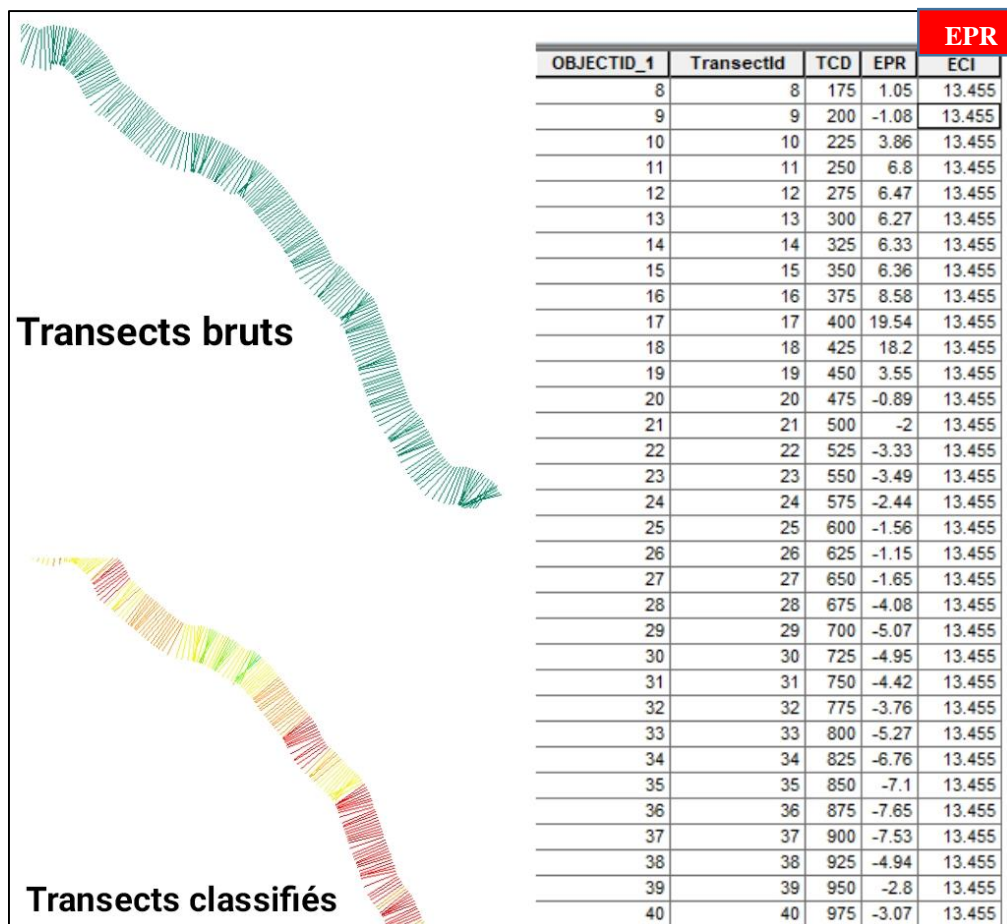


Figure 4: Représentation graphique des indices et transects.

II.2.2.4. Limites de la méthodologie

Comme toute méthodologie, celle utilisée pour ce mémoire connaît quelques limites. Il s'agit des erreurs de pixels, des erreurs liées au géo-référencement, à la digitalisation des traits de côte et les erreurs liées à la variation de la marée.

-Les erreurs de pixels correspondent à 30 m pour les images satellitaires utilisées et à 0,5 m pour les images de Google Earth ;

-L'erreur liée au géo-référencement (RMS) est automatiquement donnée par le logiciel lors de la correction géométrique ;

-L'erreur liée à la digitalisation est obtenue en numérisant plusieurs fois le trait de côte de la même date et en calculant la moyenne ;

-Quant à l'erreur liée au marnage, elle est obtenue en faisant le rapport entre le marnage et la pente de la plage. Or à Saly Portudal, la pente est de 9,23% et le marnage moyen est de 1,58 m.

Ces erreurs doivent être prises en compte et intégrées tout au long du processus de traitement des données géo-spatiales. La combinaison de l'ensemble de ces erreurs donne l'erreur globale appelée l'Erreur de position Globale du trait de côte (EPGT). En effet, il faut alors intégrer ces erreurs dans l'analyse de l'évolution du trait durant de la période considérée.

Pour calculer l'erreur de position globale du trait de côté, on utilise l'équation suivante :

$$E_{pt} = \sqrt{E_p^2 + E_g^2 + E_d^2 + E_o^2}$$

Et

$$E_{\alpha} = \frac{\sqrt{E_{pt1}^2 + E_{pt2}^2}}{Période(t)}$$

E_{pt}: Erreur de position globale du trait de côte
 E_g : Erreur de Géo référencement (RMS)
 E_d : Erreur de digitalisation
 E_o : Erreur de l'oscillation de marée
 E_p : Erreur de pixel
 E_α : Erreur globale en moyenne en m/an

Par exemple pour la période 2003-2011, on a :

- Pour l'image de 2003
 - Erreur de géo-référencement =1
 - Erreur de pixel =0,5
 - Erreur digitalisation=3,35
 - Erreur de l'oscillation de la marée =0,20
- Pour l'image de 2011
 - Erreur de géo-référencement = 0,98
 - Erreur de pixel = 0,5
 - Erreur digitalisation = 2,49
 - Erreur de l'oscillation de la marée = 0,20²

Pour calculer l'erreur de la période 2003-2011, on :

$E_{pt} 2003 = \sqrt{1^2 + 0,5^2 + 3,35^2 + 0,20^2} = 3,70$	et	$E_{pt} 2011 = \sqrt{0,98^2 + 0,5^2 + 2,49^2 + 0,20^2} = 2,72$
$E_{pt} = 3,70$		$E_{pt2} = 2,72$

Alors

$$\alpha = \frac{\sqrt{3,70^2 + 2,72^2}}{8} = \frac{\sqrt{6,42^2}}{8} = \frac{6,42}{8} = 1,14 \text{ m/an}$$

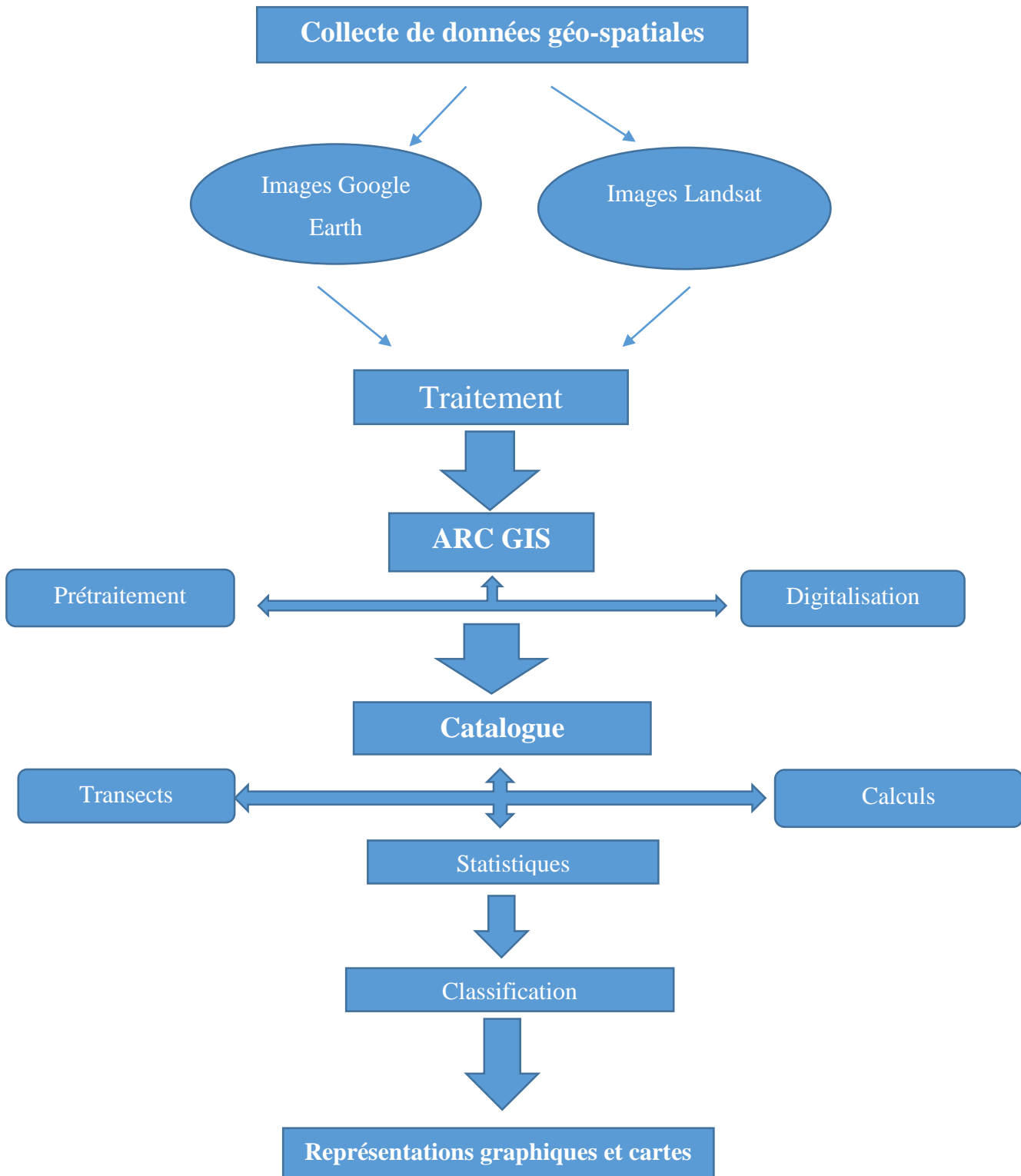


Figure 5: Synthèse de la méthodologie de calcul du taux d'évolution du trait de côte

Conclusion

Pour atteindre notre objectif, nous avons adopté une méthodologie structurée comme suit : d'abord, nous avons fait la revue documentaire de la littérature disponible traitant de notre thématique qui a permis de mieux appréhender le sujet. Ensuite, nous avons effectué des enquêtes de terrain (observation directe, des enquêtes socio-économiques et des guides d'entretien) pour appréhender les réalités de la zone d'étude et recueillir l'avis des habitants et acteurs de la zone. En fin, la cartographie à travers des images Landsat et des captures du système Google Earth par le logiciel Arc-map a permis de suivre l'évolution du trait de côte entre 1979 et 2022.

Chapitre III : Analyse des potentialités naturelles et socio-économiques de la Petite-Côte sénégalaise

L'analyse des potentialités physiques et socio-économiques de la Petite-Côte sénégalaise permet de mieux comprendre les aspects économiques qui gravitent autour de cette frange littorale afin de les mettre en relation avec les dynamiques océaniques et socio-spatiales observées dans cette zone.

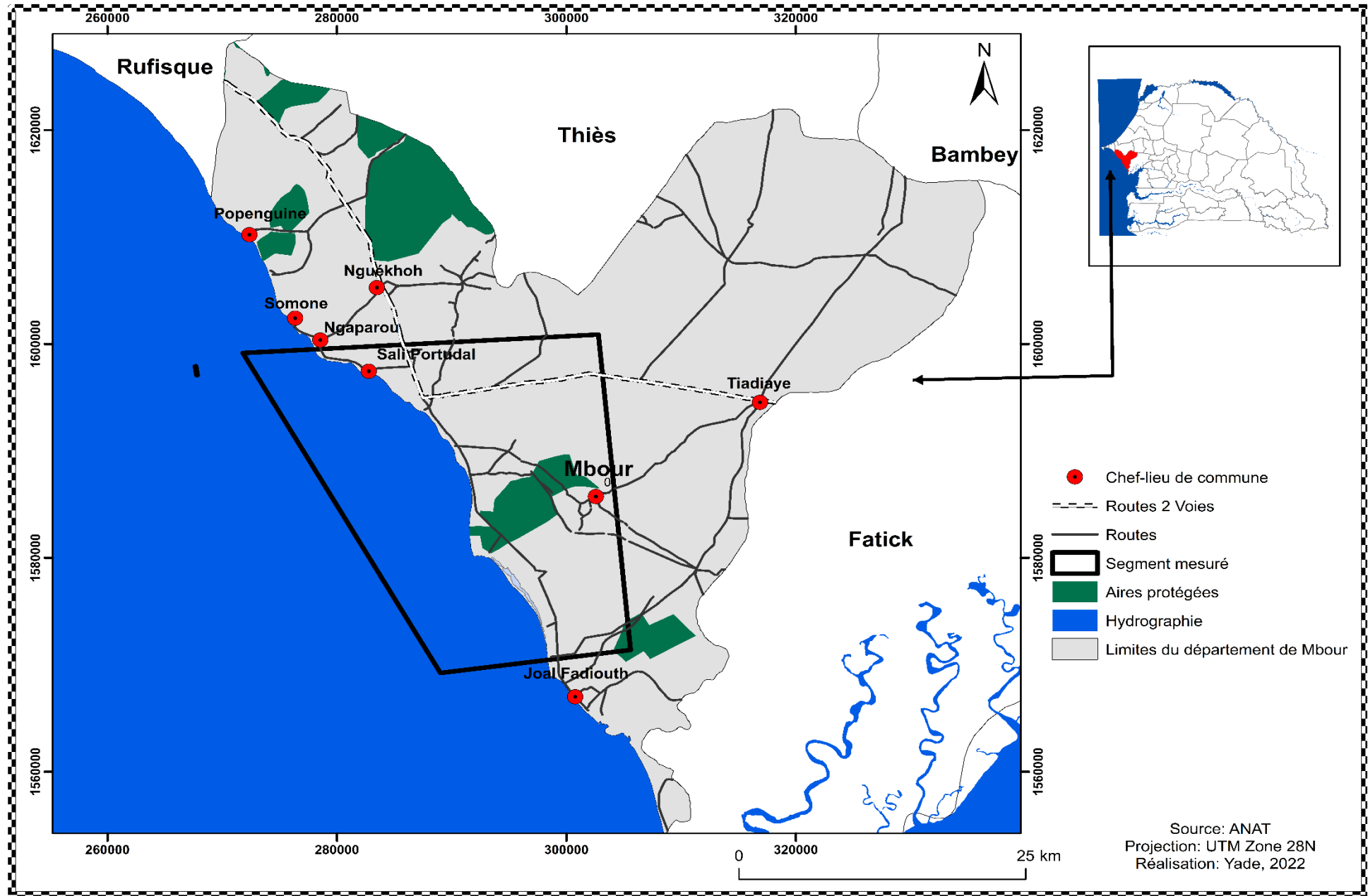
Dans ce chapitre, il s'agit d'abord de faire une brève présentation de la zone étude qui est une étape très importante dans le cadre d'une recherche scientifique, car elle permet de mieux comprendre ce qui se passe dans la zone d'étude. Ensuite, nous allons décrire et analyser les potentialités biophysiques avant de se pencher sur celles socio-économiques.

III.1. Présentation de la zone d'étude

Cette section porte sur la présentation géographique de la Petite-Côte sénégalaise et celle de ses caractéristiques biophysiques.

III.1.1. Situation Géographique

Situé environ 80 km de Dakar, les communes de Saly Portudal et Mbour se trouvent sur le littoral de la Petite-Côte sénégalaise dans le département de Mbour, appartenant à la région de Thiès (carte 1).



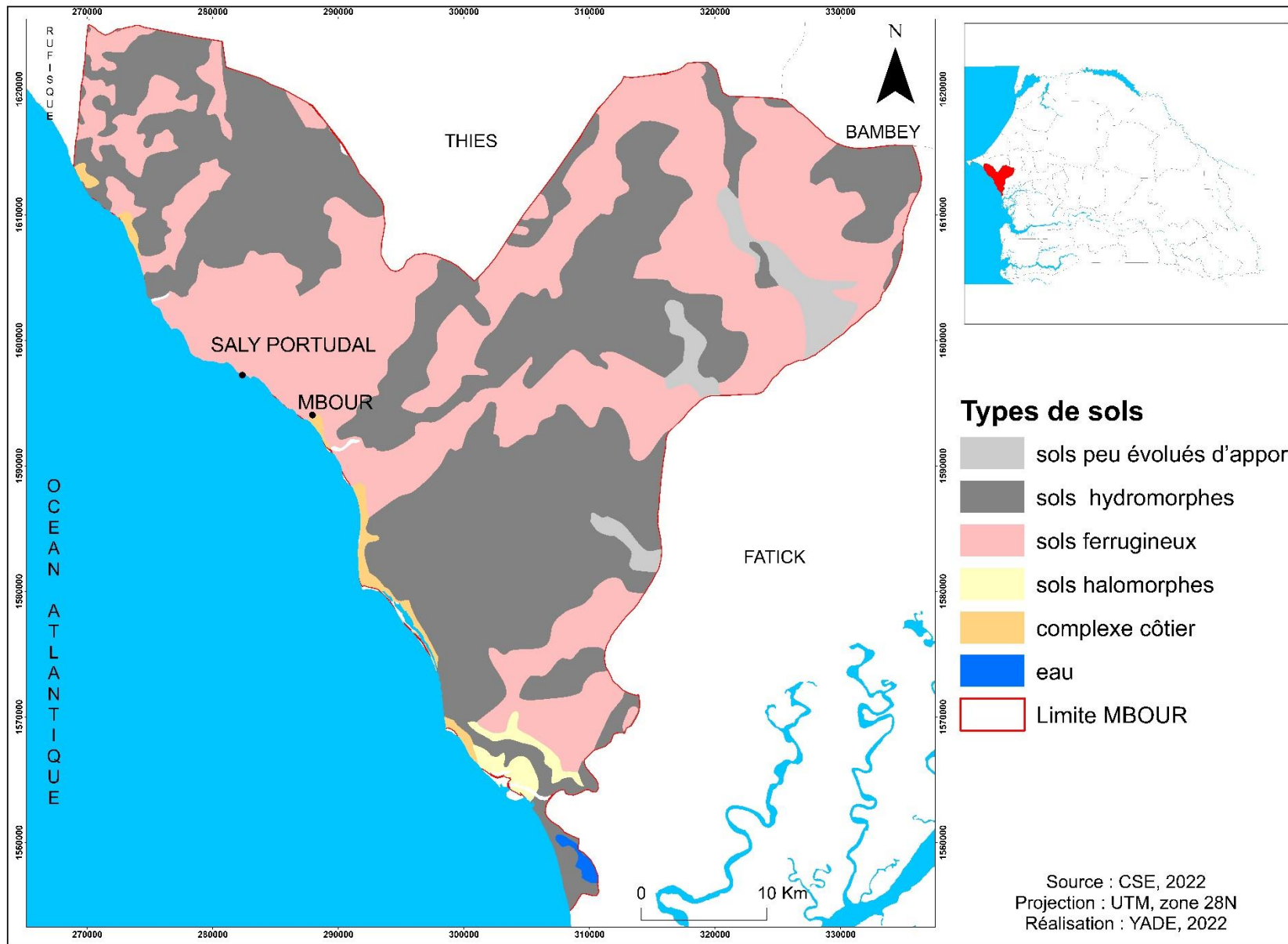
Carte 1: Localisation de la zone d'étude

III.1.2. Caractéristiques physiques

Le cadre physique joue un rôle important sur la dynamique du littoral. En effet, ce sont les aspects physiques qui définissent en grande partie l'évolution des zones littorales.

III.1.2.1. Caractéristiques géologiques

Sur le plan géologique, le département de Mbour se situe sur le bassin sénégalo-mauritanien caractérisé par une structure cassante et une composition de cuirasses ferrugineuses du horst de Ndiass (Diouf, 2015). Ainsi, cette zone aurait connu l'existence d'une anomalie gravimétrique positive qui a été attribuée à l'existence d'une intrusion située environ à 5 km de profondeur qui aurait créé une structure anticlinale d'axe Nord-Sud, affectant de nombreuses failles (Dabo, 2006). Dans cette partie, on y trouve différents types de faciès à l'instar du calcaire (durs, gréseux, dolomitiques, etc.), de l'argile, des grès de plage, ainsi que des dunes et du sable de plage (Elouard, 1967 ; Dabo, 2006). Ces faciès sont des sédiments meubles et par conséquent augmentent la vulnérabilité de ce littoral face aux assauts des agents hydrodynamiques. L'estran de la plage de la Petite-Côte est caractérisé par une faible topographie avec des pentes variant entre -3 à 16 % (Carte 2).



Cartes 2: Les types de sols de la zone d'étude

III.1.2.2. Caractéristiques climatiques

Le climat du département de Mbour, à l'instar de celui du pays, est caractérisé par deux saisons (saison sèche de 8 à 9 mois et une saison des pluies de 3 à 4 mois à Mbour). La pluviométrie dans cette zone est marquée par une alternance d'années pluvieuses et d'années durant lesquelles la pluviométrie est déficitaire (fig. 6)). Le déficit pluviométrique entraîne une réduction des apports sédimentaires des systèmes fluviaux et marins (Niang-Diop, 1995) et a des impacts non négligeables sur la morpho dynamique des côtes.

Cependant, depuis la fin de la sécheresse des années 70, on note une légère augmentation des pluies.

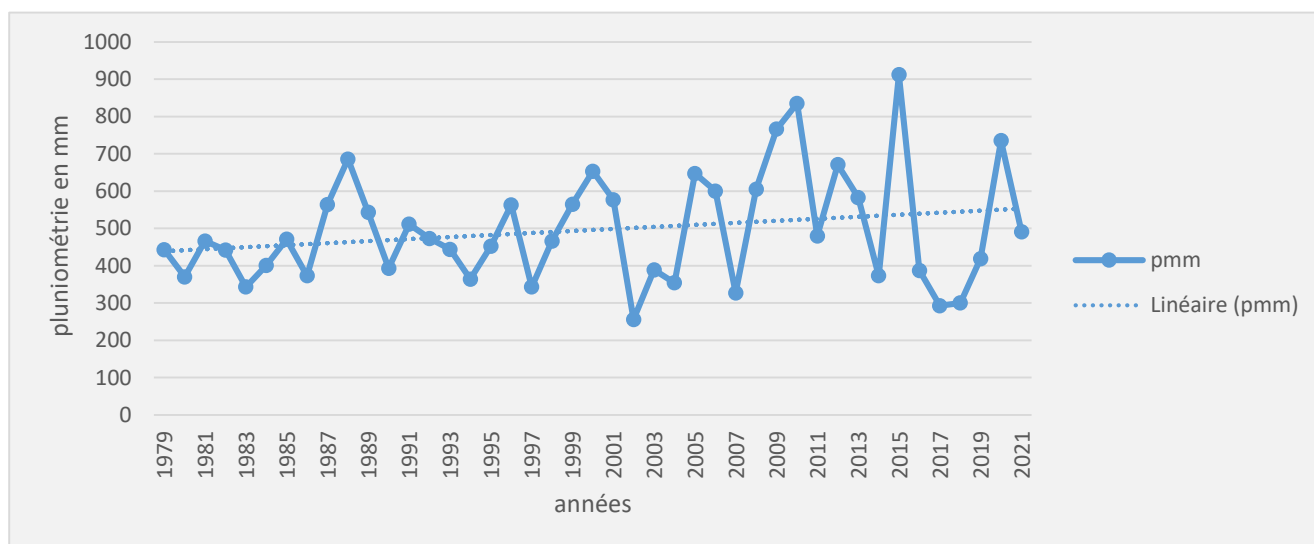


Figure 6: Evolution de la pluviométrie à la station de Mbour de 1979 à 2021

En ce qui concerne la température, Mbour appartient au domaine tropical nord-soudanien caractérisé par une alternance de deux périodes thermiques contrastées (une période de chaleur et une période de fraîcheur). Cependant, la situation géographique de la zone d'étude (à proximité du littoral) réduit régulièrement les températures caractérisées par une augmentation légère entre 1979 et 2021 (fig. 7). L'augmentation des températures entraîne la fonte des glaciers et par conséquent augmente le niveau de la mer qui accélère l'érosion des côtes.

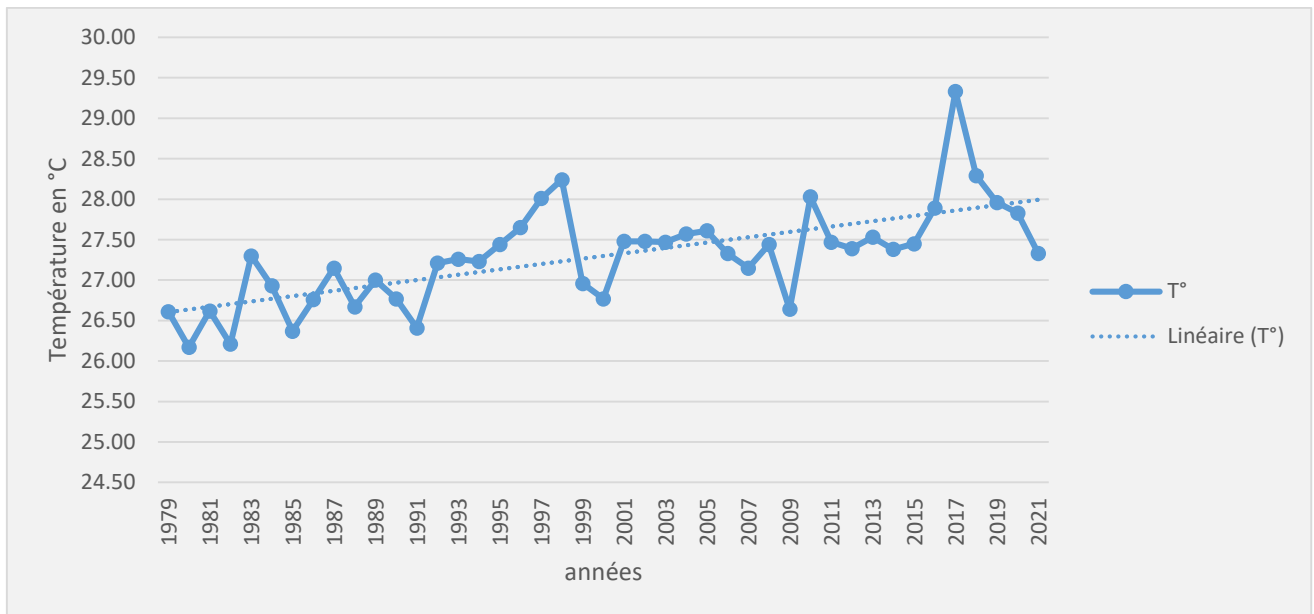


Figure 7: Evolution de la température à la station de Mbour de 1979 à 2021

Les deux vents qui dominent dans cette partie du pays sont l’alizé maritime entre décembre et avril et la mousson de mai à novembre, un vent d’Ouest à Sud-ouest. Ces deux vents sont caractérisés par de faibles vitesses variantes entre 4 à 6 m/s. Cependant, ils contribuent à la dynamique du trait de côte de par leurs caractères qu’ils impriment à la circulation océanique.

Les principaux aspects hydrodynamiques qui concernent le littoral de la Petite-Côte sénégalaise sont les marées, les houles, les vents ainsi que les courants marins.

III.2. Potentialités naturelles et socio-économiques de la Petite-Côte sénégalaise

La Petite-Côte sénégalaise regorge d’énormes potentialités physiques et socio-économiques. Sa position géographique (au bord de mer) joue un rôle important dans l’existence de ses potentialités. Dans cette section, nous analysons d’abord les potentialités naturelles avant de se pencher ensuite sur celles socio-économiques.

III.2.1. Potentialités naturelles

Le Département de Mbour est caractérisé par différentes potentialités naturelles qui s’articulent autour, des plages, des ressources minières, des ressources énergétiques, des ressources hydrauliques et des terres agricoles, et des ressources halieutiques.

III.2.1.1. Belles plages ensoleillées

La morphologie du site est caractérisée par la présence d'une flèche et d'une altitude faible (0 à 4m) au Sud, aux alentours des lagunes. La zone présente de belles plages réparties entre la baie de Ngaparou, celle de Saly Tape, de la grande baie entre Saly Portudal et Saly NiakhNiakhal, et l'anse de la pointe Sarène (PDTE, 2020) Elle est aussi ponctuée par des marigots et de petits estuaires. Du Nord au Sud, le littoral est une côte meuble bordé d'encrochements. Le site est aussi caractérisé par de belles plages de sables ensoleillées pendant presque toute l'année, ce qui lui confère son statut de premier site de tourisme balnéaire au Sénégal.

III.2.1.2. Industries et mines

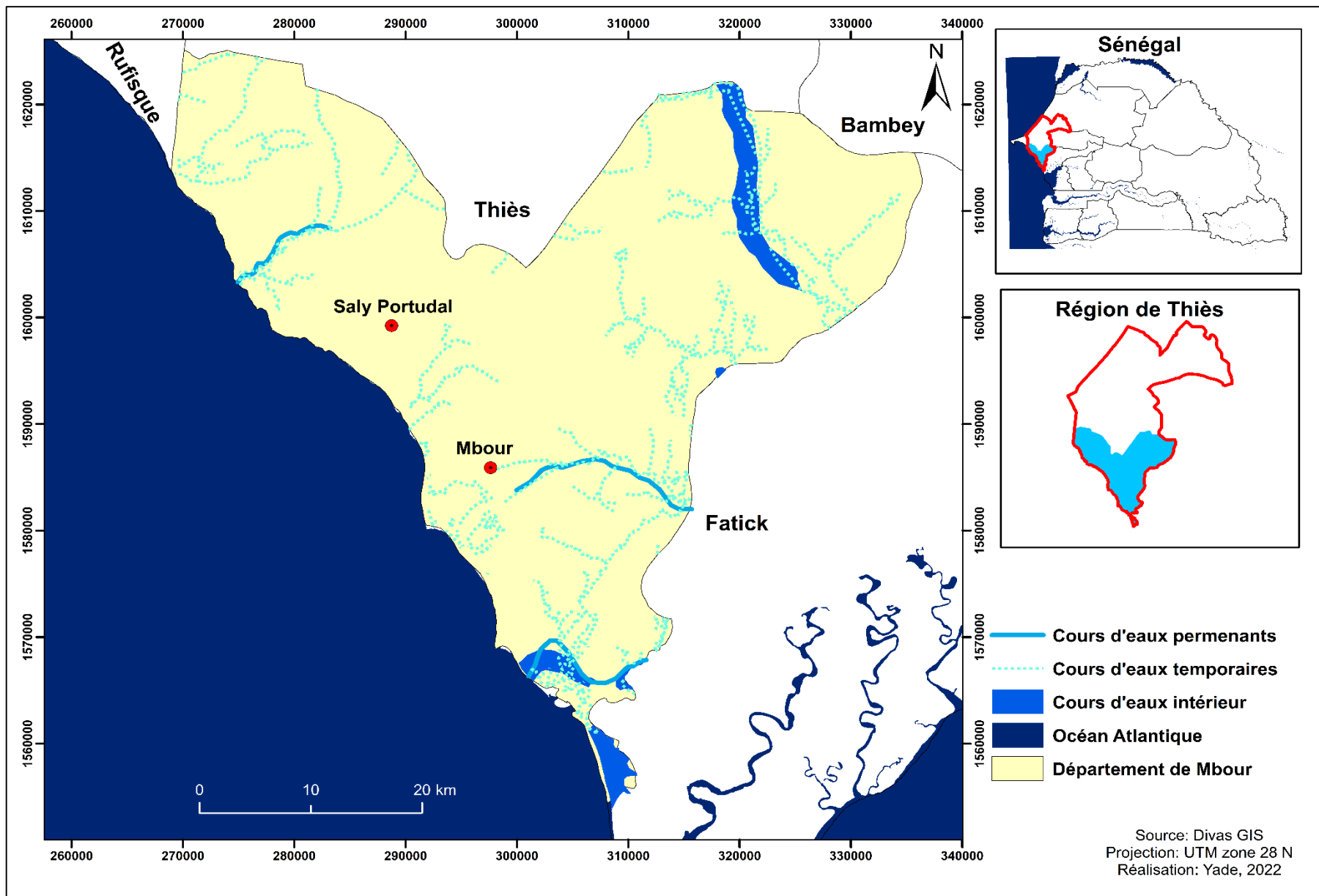
Le département de Mbour est caractérisé par ses potentialités en matière de ressources minières. Ces ressources extractives permettent la production du ciment exploité par l'usine ciment du sahel (Service Régional des mines et de la géologie de Thiès, 2006). De même, on y trouve des unités industrielles d'exploitation des eaux de la nappe, ce qui justifie la présence de l'usine de l'eau Kirene. On y trouve également des carrières de latérites à Sindia, et d'Attapulgit à Warang, à Mbodjène et à Nianing (Service Régional des mines et de la géologie de Thiès, 2019). La région de Thiès est l'une des régions les plus dynamiques du Sénégal en ce qui concerne la disponibilité et l'exploitation des mines et des carrières. Cela se justifie par la présence de grandes entreprises d'exploitation minière comme les industries chimiques du Sénégal (ICS) qui exploitent le phosphate, les cimenteries du Sahel et Dangote. Cette région est caractérisée par de nombreuses carrières dont 13 se trouvent dans les localités de Bandia et de Pout (ANSD Thiès, 2021).

III.2.1.3. Potentialités en ressources énergétiques

En termes d'énergie, la Petite-Côte sénégalaise regorge d'énormes potentialités énergétiques renouvelables. Il s'agit, entre autres, de l'énergie solaire. Cette zone est couverte par le soleil pendant presque toute l'année. Avec ses quelques cours d'eau intérieurs et la présence de la mer, l'exploitation de l'énergie hydroélectrique devrait permettre de servir la plupart de la population. Ainsi, l'énergie éolienne devrait être valorisée. Cependant, l'exploitation de ces potentialités fait défaut dans cette zone à l'image du pays.

III.2.1.4. Hydrologie et terres agricoles

La Petite-Côte est caractérisée par d'énormes potentialités agricoles. Dans le département de Mbour, l'agriculture joue un rôle important dans l'économie et dans l'employabilité. De même, cette zone se distingue par ses nombreux cours d'eau intérieur et ses nappes exploitables pour l'irrigation des terres agricoles. En effet, les collectivités locales de Ngueniène et de Fissel se localisant dans le département de Mbour constituent de grands pôles de production agricole grâce à leurs nombreuses potentialités pédoclimatiques. Dans ces deux communes sont pratiquées deux types de cultures : les cultures maraichères et les cultures vivrières (IED AFRIQUE, rapport de 2021). Or, l'agriculture assure 9,4 % du PIB national en 2018 (ANSD, 2019). Donc, on peut dire que l'exploitation des potentialités hydro-agricoles dans cette zone serait un levier important dans le développement économique du pays en général et de la région en particulier.



Cartes 3: Hydrologie du département de Mbour

III.2.1.5. Ressources halieutiques

De par sa position géographique, à proximité du littoral, avec une façade longue de 75 km de Ndayane à Joal, la Petite-Côte est une zone qui possède d'énormes potentialités en termes de ressources halieutiques. Dans cette partie du pays, des fruits de mer y sont abondants. Elle est aussi caractérisée par une abondance et une diversité d'espèces pélagiques côtières à cause de la largeur de son plateau continental (SRSD Thiès, 2006).

L'exploitation non rationnelle de ces ressources en particulier des plages a un impact non négligeable sur la dynamique du littoral de la Petite-Côte sénégalaise.

III.2.2. Potentialités socio-économiques

Les communes de Saly Portudal et de Mbour comptent au total 259698 habitants avec respectivement 26937 habitants pour Saly et 232761 habitants pour la commune de Mbour (ANSD, 2013). Elles se caractérisent par d'énormes potentialités socio-économiques. Ces potentialités se traduisent par la diversité des activités économiques dans lesquelles s'active la population. Parmi ces activités, on a le tourisme, le commerce et l'artisanat, la pêche et les activités culturelles.

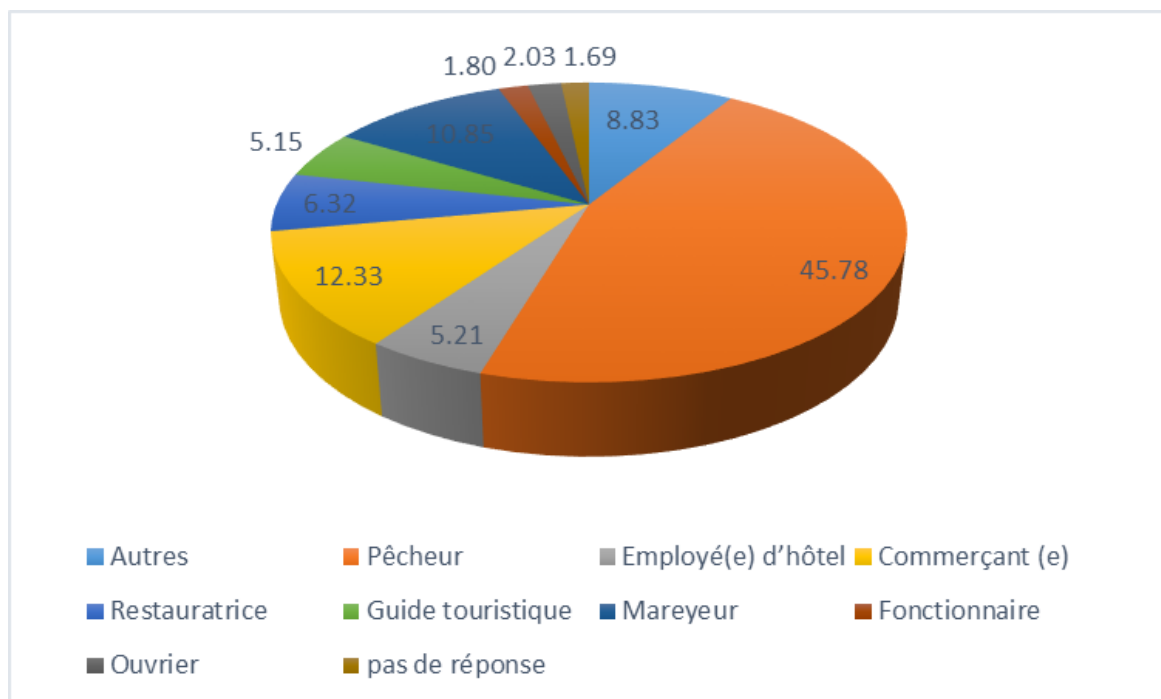


Figure 8: Répartition des secteurs d'activités dans les communes de Saly Portudal et Mbour (données enquêtes, 2022)

III.2.2.1. Potentialités touristiques

L'activité touristique constitue un levier important dans l'économie du département de Mbour. Cependant, le nombre de personnes qui s'activent dans ce secteur varie d'une commune à une autre. Sur les personnes enquêtées à Saly, 30% sont dans ce secteur contre 6% dans la commune de Mbour. En effet, l'installation de la station balnéaire de Saly lui confère cette avancée sur ce secteur par rapport à la commune de Mbour. Le tourisme domine l'économie de la commune de Saly qui présente tous les atouts favorables à ce secteur. Sa position géographique lui confère des réelles potentialités pour le développement du secteur touristique. En effet, Saly bénéficie de belles plages avec un taux d'ensoleillement important. Ainsi, des hôtels, des résidences, des auberges, des campements d'hébergements, etc. sont installés tout au long de ses plages.

Le tourisme constitue le poumon de l'économie de Saly, car son développement permet de booster les autres activités économiques comme l'artisanat, le commerce, le transport, l'hôtellerie, etc. De ce fait, le secteur touristique constitue un réel atout de développement de l'économie de la région et du pays d'une manière générale. Il joue aussi un rôle important dans la lutte contre le chômage avec la création d'emploi : plus de 3000 emplois par saison (Sow, 2020). Le tourisme sur la Petite-Côte sénégalaise occupe la seconde place après la capitale : Dakar (service régional du tourisme de Thiès). Malgré son attractivité, ce secteur rencontre quelques difficultés : la saisonnalité de l'activité, problèmes de financement, faiblesse de la diversité de l'activité, ainsi que l'érosion côtière qui a occasionné la fermeture de beaucoup d'hôtels et campements durant ces dernières années.

III.2.2.2. Potentialités commerciales et artisanales

Le commerce constitue la deuxième activité la plus pratiquée dans les deux communes (12,33% de la population active enquêtées). La pluralité des nombres de marchés hebdomadaires, permanents et des supermarchés, épiceries, et supérettes témoigne de l'importance du secteur du commerce dans les communes de Saly Portudal et de Mbour. Il faut aussi préciser que le développement du commerce est étroitement lié à celui du tourisme et aussi à la forte démographie (259,698 habitants) des communes : ce qui signifie un important marché de consommation.

L'artisanat, associé au commerce, jouent un rôle important dans l'économie locale de ces communes. Il est étroitement lié à l'activité touristique vue le nombre important de boutiques artisanales installées le long des plages, qui vendent uniquement des objets d'art, et la présence

de villages artisanaux dans les deux communes. En 2006, 1827 artisans résidant à Mbour étaient inscrits à la chambre de métiers (Service Régional des mines et de la géologie de Thiès, 2006) alors qu'en 2019 le nombre d'inscrits est passé à 2009 (Situation économique et Sociale de la région de Thiès, édition 2019). En effet, l'organisation et l'intégration de ce secteur dans le secteur formel de l'économie du pays pourraient être très productives dans le développement et la création d'emplois sur la Petite-Côte.

III.2.2.3. Potentialités liées à l'activité de pêche

La pêche constitue le premier secteur d'activité des deux communes (45,78% de la population enquêtée). Elle constitue la base de l'économie du département. Mbour constitue l'un des premiers ports de pêche du Sénégal. La forme de pêche qui se pratique dans cette zone est la pêche artisanale. Avec ses 200 km de côte, comprenant deux façades maritimes : celle du nord avec 200 km de longueur de Cayar à Diogo caractérisée par deux saisons de pêche : celle de Cayar (de janvier en juin) et celle de Mboro et de Fass-Boye (de juin en Aout) et une façade du sud longue de 75 km (Ndayane à Joal) où la pêche est pratiquée pendant toute l'année, la Petite-Côte constitue un véritable potentiel pour le développement du secteur de la pêche. En effet, la région de Thiès occupe une place importante dans ce secteur, car en 2019, elle a contribué à hauteur de 44,9% de la pêche artisanale au Sénégal (ANSD, 2020). Le secteur de la pêche a contribué de 2,3 % du PIB national en 2019 selon l'ANSD (2020). Donc, on peut dire que la pêche joue un rôle important dans l'économie du pays. Ce secteur a généré d'autres sous-secteurs comme la transformation et le commerce des produits halieutiques. Selon le service régional de la pêche de Thiès (2019), les ressources halieutiques les plus pêchées dans cette zone sont les poissons, les mollusques et les crustacés.

Cependant, le secteur de la pêche se heurte à d'énormes difficultés dans cette zone : baisse de reproduction des ressources halieutiques, problèmes de conservation des produits pêchés, les problèmes avec la pêche industrielle, les problèmes induits par le changement climatique et l'érosion côtière (problèmes d'espace pour le stationnement des pirogues). De ce fait, il serait judicieux d'entamer des politiques de gestion de ces potentialités pour assurer leur durabilité.

III.2.2.4. Potentialités culturelles

La ville de Mbour est caractérisée par sa diversité culturelle. En effet, elle est occupée par plusieurs ethnies : Lébous, Maures, Sérères, Toucouleurs, Socés, Diolas, Balantes, etc. La pluralité des ethnies explique en partie sa diversité culturelle. En effet, chaque ethnie a ses

pratiques culturelles qui lui son propre. C'est ce qui explique la création du FESCUM (Festival des cultures de Mbour) par les autorités locales en 2009. Cet événement est un moment de communion et de partage des différents acteurs culturels de Mbour. C'est un lieu qui abrite aussi différents sites et monuments historiques (Église de Ndiana, Tumulus sérère de Mbafaye, Sangomar, etc.)

Cependant, ce potentiel culturel n'est pas bien exploité dans cette partie du pays. C'est ce qui explique la faiblesse du tourisme culturel sur la Petite-Côte au profit du tourisme balnéaire. La valorisation du secteur culturel dans cette zone permettrait une diversification du tourisme qui constitue en grande partie le poumon de l'économie de la zone.

Conclusion

La Petite-Côte sénégalaise est caractérisée par d'énormes potentialités physiques et socio-économiques. Sur le plan physique, elle bénéficie de belles plages bien ensoleillées, de mines, de ressources énergétiques, d'une hydrologie et de terres de cultures abondantes et des ressources halieutiques. En ce qui concerne les potentialités socio-économiques, la Petite-Côte est une zone où le tourisme, le commerce et l'artisanat, la pêche artisanale et la culture se développent. Ainsi, on y trouve des sites et des monuments historiques. La mise en valeur de toutes ces potentialités serait d'une importance capitale pour le développement économique de la Petite-Côte sénégalaise en particulier et du pays en général.

Conclusion de la première partie

Dans cette partie, nous avons d'abord fait la revue documentaire qui nous a permis de mieux cerner notre problématique de recherche en exploitant différents documents traitant notre problématique de recherche, puis la discussion conceptuelle ayant permis de définir les mots clés du thème. Ensuite, nous avons expliqué la méthodologie que nous avons utilisée pour aboutir à nos résultats. Cette partie se résume en deux étapes : la revue documentaire et, la collecte et le traitement des données. Cette première partie s'est terminée par une analyse des potentialités physiques et socio-économiques de la Petite-Côte sénégalaise.

Dans la deuxième partie, nous allons nous intéresser sur l'érosion côtière à travers ses manifestations et ses conséquences.

DEUXIEME PARTIE : ÉROSION COTIERE DE LA PETITE-COTE : **MANIFESTATIONS ET CONSEQUENCES**

La Petite-Côte sénégalaise est économiquement l'une des côtes les plus dynamiques du Sénégal. Cependant, son dynamisme économique est menacé par sa vulnérabilité à l'érosion côtière. Cette vulnérabilité s'explique à travers plusieurs facteurs. Dans cette partie, il s'agit d'abord de mettre l'accent sur les manifestations de l'érosion côtière, puis sur les facteurs à l'origine de la dynamique du littoral, ensuite sur l'évolution du linéaire côtier de 1979 à 2022 et enfin sur l'analyse de ses impacts.

Chapitre IV : Érosion côtière : manifestations et facteurs du dynamisme de la côte

Dans ce chapitre, nous avons mis l'accent sur les manifestations et les facteurs de la dynamique du littoral de la Petite-Côte sénégalaise.

IV.1. Les manifestations de l'érosion côtière sur la Petite-Côte

À l'instar des différentes côtes du monde, la Petite-Côte sénégalaise est affectée par le phénomène de l'érosion côtière. En effet, 97 % de la population enquêtées affirme l'existence du phénomène de l'érosion côtière sur le littoral de la Petite-Côte (fig. 9). Ce littoral est caractérisé par une côte sableuse, donc avec des sédiments meubles : c'est ce qui facilite l'action des agents hydrodynamiques sur l'évolution du littoral. Le littoral de la Petite-Côte sénégalaise connaît à la fois des zones érosives, des zones de stabilité et une faible partie d'engraissement. Ainsi, cette zone est caractérisée par une dynamique intense due à des facteurs naturels, amplifiés par les actions anthropiques. En effet, ses caractéristiques géomorphologiques facilitent l'action des agents hydrodynamiques (houles, vents et courants marins, etc.). De même, l'effet de la variabilité climatique et ses corollaires expliquent l'évolution rapide de ce littoral. La littoralisation à outrance de cette zone couplée aux différentes actions anthropiques (prélèvement de sable, occupation anarchique et construction non règlementée, fermeture de lagune, etc.) intensifie l'avancée de la mer dans cette partie du littoral.

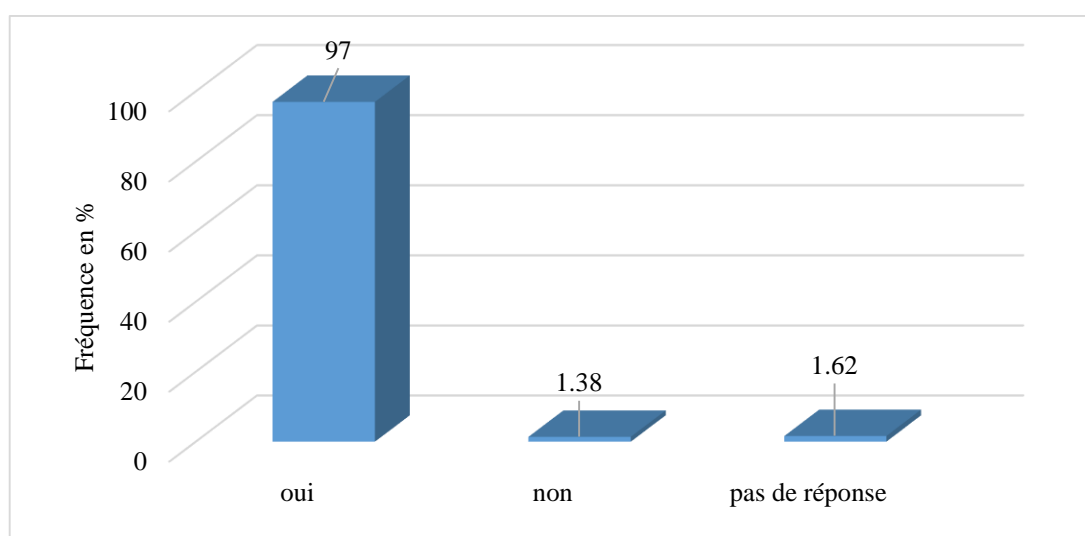


Figure 9: Existence de l'érosion côtière à Salé Portudal et à Mbour selon la population (données enquêtes, 2022).

L'avancée de la mer sur ce littoral est de plus en plus intense. En effet, 73,56% de la population enquêtée affirme que l'érosion est forte dans cette partie du littoral de la Petite-Côte, 24,41% pense que l'avancée de la mer est moyenne dans cette partie et seulement 2,03% laisse croire que l'érosion côtière est faible sur ce littoral (fig. 10).

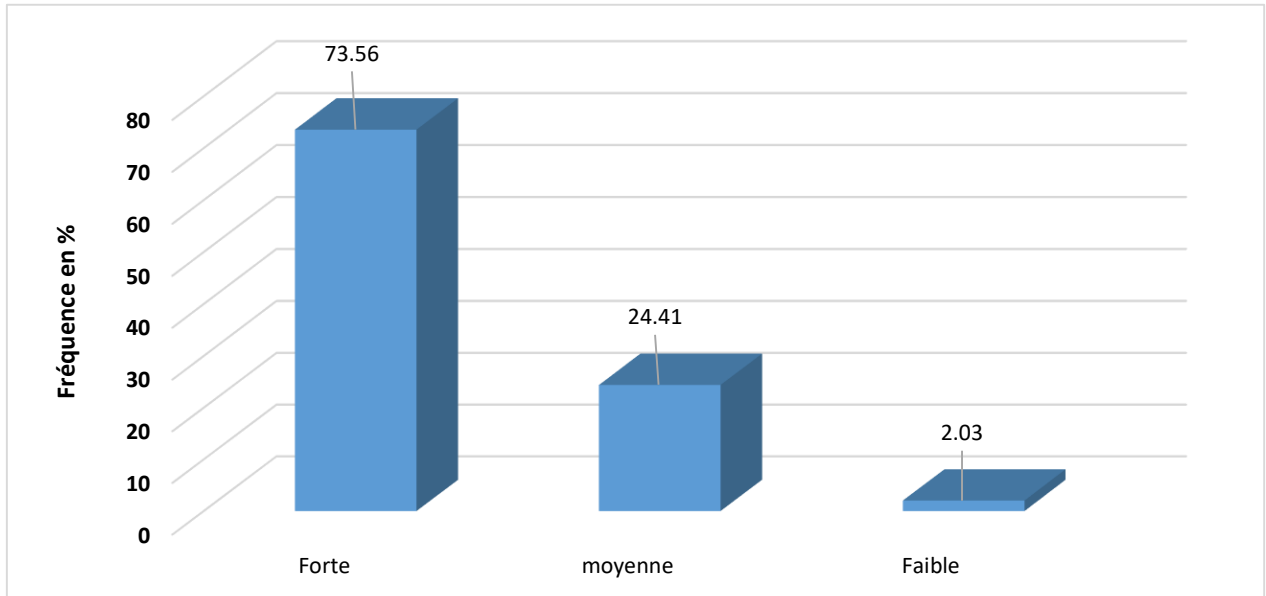


Figure 10: L'intensité de l'avancée de la mer selon la population (données d'enquêtes, 2022)

Sur la Petite-Côte sénégalaise, 65,08% de population pense que l'avancée de la mer est sporadique et 26,44 pense que cette avancée est permanente (fig. 11).

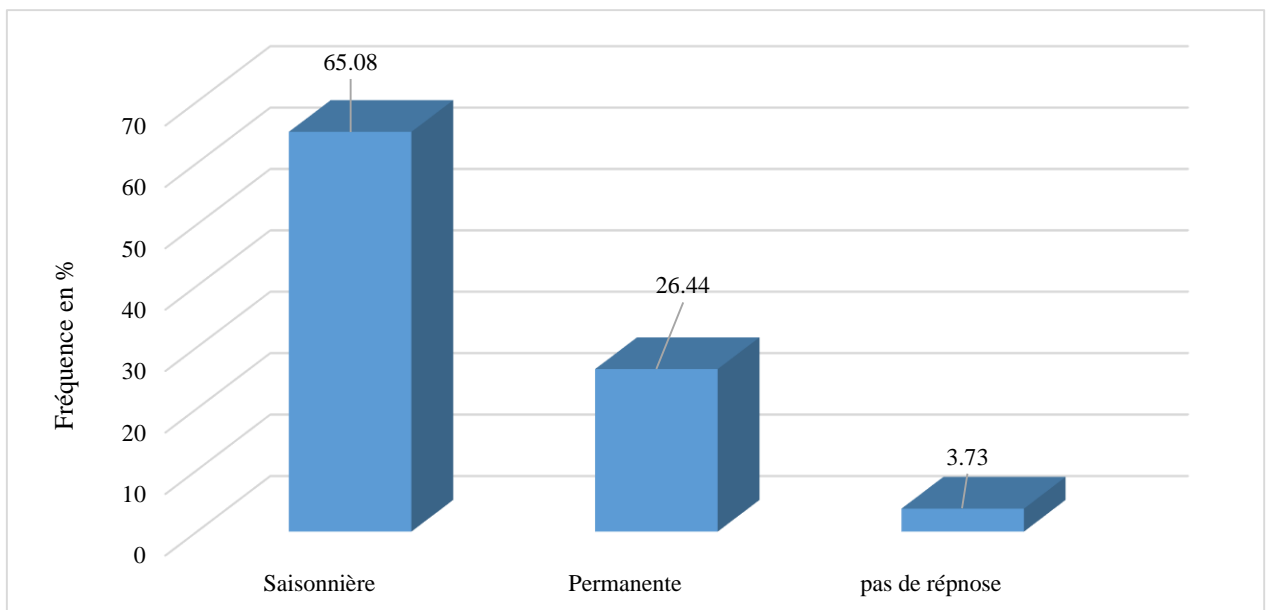


Figure 11: Fréquence de l'avancée de la mer selon la population (données d'enquêtes, 2022).

Sur les 65,08% qui pensent que l'avancée de la mer est périodique, 99,99% affirme que cette avancée se passe en période d'hivernage. Cette période correspond à la présence des houles du Sud-ouest sur la Petite-Côte sénégalaise (Niang-Diop, 1995), ce qui pourrait justifier l'avancée importante de la mer durant cette période (fig. 12).

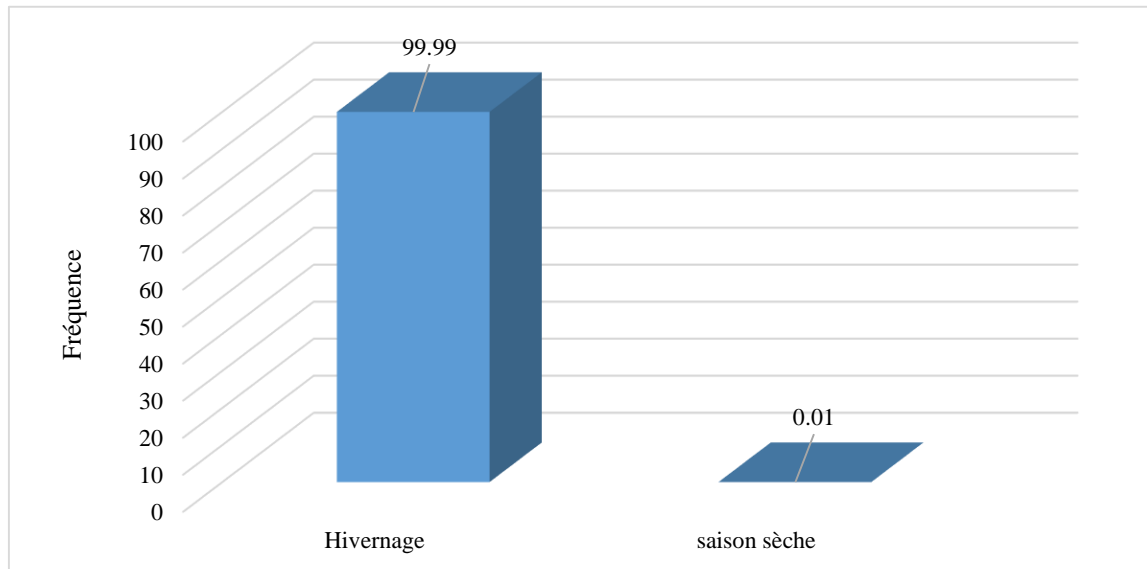


Figure 12: Période pendant laquelle la mer avance de plus en plus selon la population (données d'enquêtes, 2022).

IV.2. Facteurs de la dynamique du littoral

La dynamique du littoral de la Petite-Côte est le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs. D'une part, les facteurs naturels comme l'effet du changement climatique à travers l'élévation du niveau de la mer, l'action des agents hydrodynamiques et l'instabilité des pentes seraient à l'origine de cette dynamique (Dabo, 2006). Cependant, des facteurs anthropiques, à l'instar du prélèvement de sable, des constructions sur les plages, la fermeture des lagunes, etc., intensifient la dynamique du littoral de la Petite-Côte. La figure 13 ci-dessous montre que 58% des populations enquêtées pensent que l'avancée de la mer de cette zone est due à des facteurs naturels et 42% laissent croire que cette dynamique est intensifiée par les actions anthropiques.

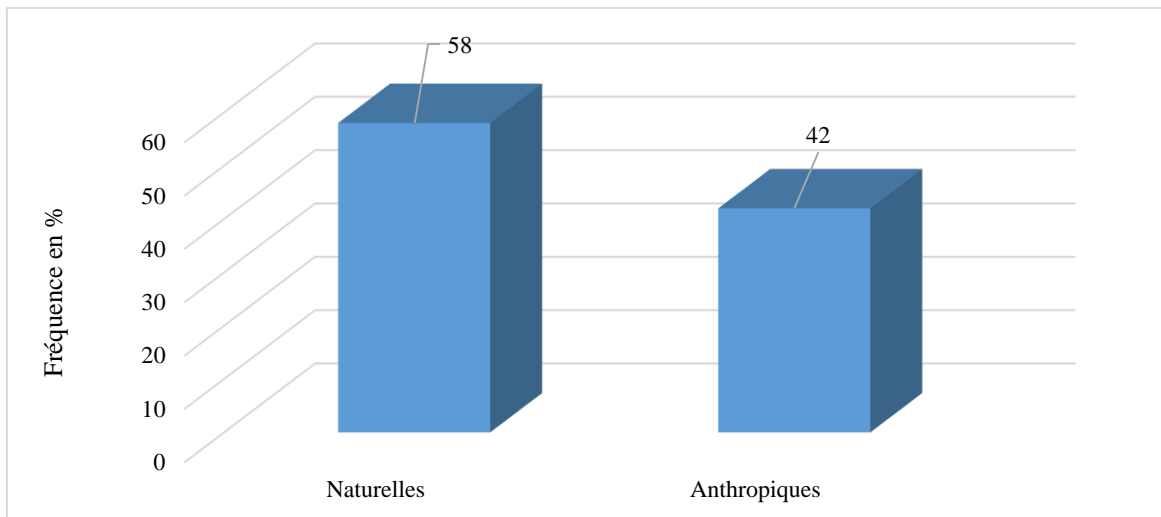


Figure 13: Nature des causes de l'érosion côtière selon la population (données enquêtes, 2022).

IV.2.1. Facteurs naturels

Les agents naturels ont une influence forte sur la dynamique du littoral de la Petite-Côte sénégalaise. Il s'agit principalement de l'action des vagues et houles, de l'élévation du niveau marin, de la topographie du milieu (basse) et du déficit sédimentaire, etc.

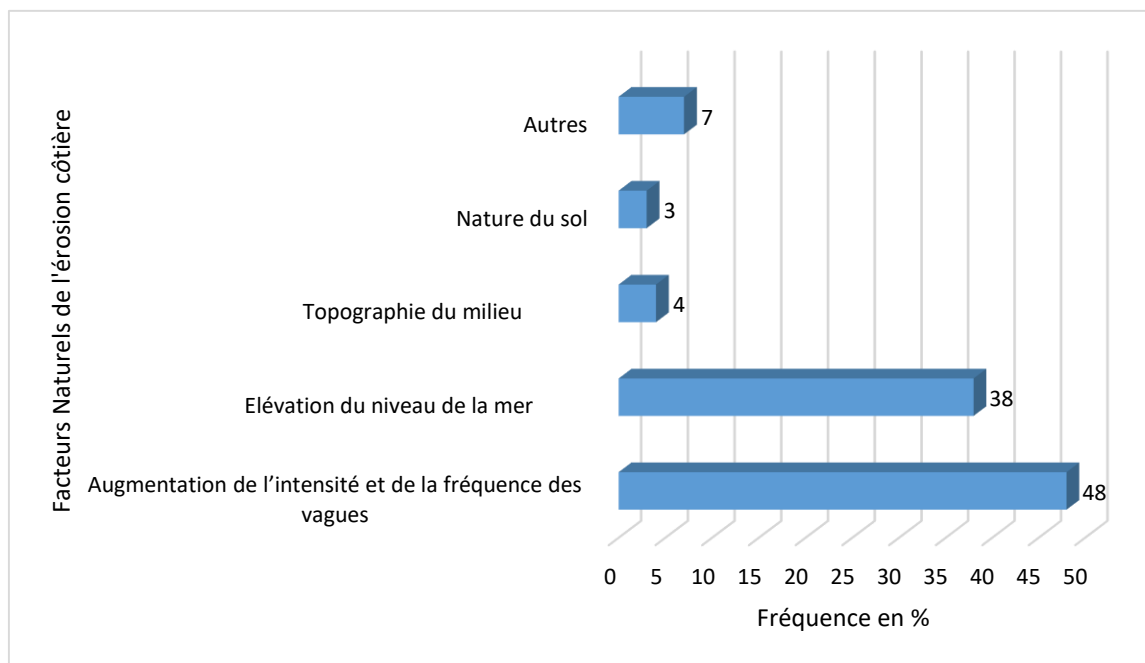


Figure 14: Les facteurs naturels de l'érosion côtière sur la petite-côte sénégalaise selon la population (données d'enquêtes, 2022).

L'analyse la figure 14 montre que l'augmentation de l'intensité et de la fréquence des vagues et houles ainsi que l'élévation du niveau de la mer sont les principaux facteurs naturels qui sont à l'origine de la dynamique actuelle du littoral de la Petite-Côte sénégalaise selon la population. En effet, 48% de la population enquêtée pense que l'augmentation de l'intensité et de la fréquence des vagues et houles sont les agents responsables de cette dynamique et 37 % soutiennent l'élévation du niveau de la mer. De même, d'autres facteurs comme la faiblesse de la topographie, le déficit sédimentaire, etc., influencent cette dynamique.

IV.2.1.1. Les agents hydrodynamiques

La Petite-Côte sénégalaise est soumise aux agents hydrodynamiques. Ces derniers jouent un rôle déterminant sur la dynamique du littoral à travers leurs mouvements. Il s'agit alors de caractériser les effets de ces agents sur la dynamique du trait de côte de ce littoral.

IV.2.1.1.1. Les houles

Les houles créent des phénomènes d'engraissement, d'érosion et de transit sédimentaire. Elles induisent les vagues qui provoquent l'usure des falaises et des microfalaises meubles (Thior., 2020). Elles permettent de mieux comprendre les formes des estrans et leur cinématique. En effet, la compréhension de ces derniers permet de déterminer l'évolution d'un estran en fonction des houles dominantes et de leurs interactions avec le vent et les courants (Robin, 1984). Son intensité d'agissement dépend de sa direction, de sa hauteur et de son intensité. A l'image des côtes ouest-africaines, les côtes sénégalaises sont touchées par deux types de houles selon plusieurs auteurs (Sall, 1982 ; Diop, 1990 ; Niang-Diop, 1995 ; Faye, 2010). Il s'agit de la houle du Nord-ouest et celui de Sud-ouest.

- ✓ La houle du Nord-ouest : prenant naissance dans l'Atlantique Nord, cette houle est présente pendant toute l'année et est oblique aux côtes sénégalaises. Partant du Nord vers le sud, elle subit une modification de ses paramètres au large des côtes : on parle de déferlement. Elle est caractérisée par une longueur d'onde en eau profonde de 302 m, une hauteur moyenne de 1 m et d'une période de 12 à 15 s en moyenne. Avant d'atterrir sur la Petite-Côte, elle subit des diffractions et connaît une forte diminution de son énergie et avec un angle d'incidence oblique au rivage. Cette modification influence la transition sédimentaire.
- ✓ La houle Sud-ouest : originaire de l'Atlantique Sud, cette houle se manifeste pendant la période d'hivernage et agit sur la Petite-Côte sénégalaise. Cependant, ses effets sont

moindres sur cette côte, car son intensité se réduit au large de la côte. Son influence se limite par l'orientation des dunes sableuses vers le Nord sur les côtes à embouchures micro-tidales. C'est cette action qui explique la transition sédimentaire sur la Petite-Côte.

IV.2.1.1.2. Les vagues

Formées à travers le transfert d'énergie induit par les vents, les vagues se caractérisent par leur longueur d'onde, leur amplitude, leur période et leur vitesse. Elles se propagent à l'interface entre la mer et l'air en suivant la direction du vent. L'énergie induite par la vague est proportionnelle à sa hauteur. A l'approche de la côte, la vague s'affaiblit et subit un déferlement. Sa puissance érosive dépend de sa hauteur et de la vitesse du vent. Selon Van et al. (2012), l'efficacité de l'action des vagues est ressentie entre 0 et 30 m sur l'estran et ne dépasse pas les 100 m. Sur les pentes douces, à l'image de celles de la Petite-Côte sénégalaise, les vagues jouent un rôle moindre dans le processus de l'érosion côtière. Toutefois, à cause de la nature de sa roche (roche meuble) les vagues font transiter des sédiments de la plage vers la mer quand elles se retirent après leur déferlement.

IV.2.1.1.3. La dérive littorale et les courants marins

Induite par les vagues qui sont obliques au rivage, la dérive est un courant parallèle à la côte. La dérive du littoral est la principale cause de la transition sédimentaire sur les côtes (Niang-Diop, 1995 ; Sy, 2013). En effet, après que les sédiments soient déposés par les courants d'arrachements vers le large des côtes, ils retournent en mer de façon perpendiculaire grâce aux reflux des courants de la dérive. L'action de la dérive est plus remarquable en période de grandes marées.

Sur la Petite-Côte, la dérive littorale dirigée du Nord vers le Sud est induite par les houles Nord-ouest qui contournent la Presqu'île du Cap-Vert (Riffault, 1980). Pendant la période d'hivernage, les courants sont dirigés dans le sens inverse (vers le Nord). Ces courants sont induits par les houles du Sud-ouest.

Au Sénégal, deux courants influencent la dynamique littorale : il s'agit de celui des Canaries qui se déplace vers le Sud tout au long de la côte sénégalaise et le contre-courant équatorial qui est chaud et qui vient de l'Ouest et s'écoule vers l'Est ; il est présent sur les côtes sénégalaises entre juin et août.

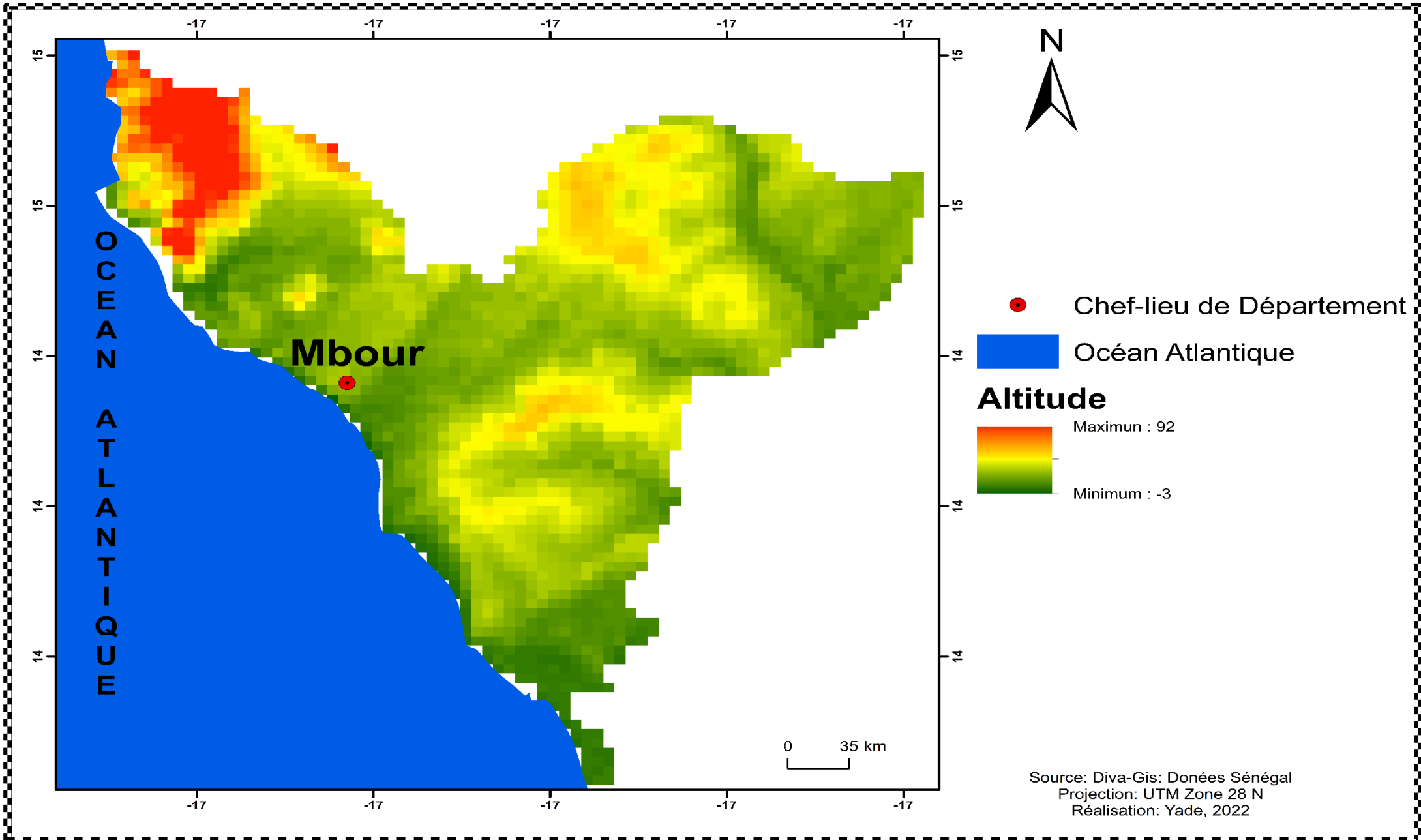
IV.2.1.2. Effets du changement climatique

Les côtes sénégalaises font partie des plus vulnérables à l'élévation du niveau de mer, qui est une des manifestations majeures de la variabilité climatique. Si l'on croit aux projections du GIEC avec le RCP85, durant la période 2081-2100 on attend à une augmentation entre 0,45 à 0,85m par rapport à la période 1986-2005. Cette même projection prévoit une augmentation de température entre 2,6 à 4,8°C durant cette période si l'on ne fait rien pour atténuer les causes de changement climatique (augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère par les activités humaines par exemple). L'augmentation des températures entraîne la fonte des glaciers et par conséquent l'augmentation du niveau de mer. Cette élévation du niveau de la mer affectera toutes les côtes sénégalaises et les rendra de plus en plus vulnérables à l'érosion. Denis et al. (1995) ne sont pas loin de cette projection car ils projettent à une perte des côtes d'une valeur comprise entre 55 à 85 km² d'ici 2100 suite à une élévation de 1 m.

L'érosion continue des zones côtières s'intensifie et s'étend, l'élévation du niveau de la mer s'ajoutant aux pressions causées par l'usage des terres dans certaines régions (GIEC, 2019). La dégradation des terres imputable à la variabilité climatique est accentuée par l'élévation du niveau de la mer. L'analyse des enregistrements marégraphiques de Dakar démontre que le littoral sénégalais a connu une élévation moyenne du niveau marin de 1,44 mm par an (Elouard et al., 1967). Étant donné que la Petite-Côte sénégalaise connaît une élévation du niveau de la mer, elle subit forcément ses effets à l'instar de la dégradation des zones côtières, d'autant plus que ce littoral est sableux.

IV.2.1.5. Topographie basse

La Petite-Côte sénégalaise est caractérisée par une topographie basse (carte 2). Cette basse topographie se justifie par ses faibles altitudes qui varient entre 1 à 2 m IGN en moyenne. Cette faible élévation expose la côte à l'accélération de l'érosion côtière, car elle augmente l'intensité des agents hydrodynamiques (houles, courants marins, vents, etc.) et par conséquent entraîne la destruction des plages ainsi que des infrastructures socio-économiques qui se trouvent sur ce littoral.



Cartes 4: Modèle numérique de terrain du département de Mbour

L'analyse de la carte 2 montre que le littoral de la Petite-Côte a pratiquement une topographie relativement basse, car se situant entre -3 et 16 m d'altitude du Sud vers Somone. Cependant, vers le plateau de Diass, les altitudes sont plus élevées avec 92 m d'altitude. Cette basse altitude sur le littoral explique sa vulnérabilité face aux assauts de la mer.

De même, les trois profils (au Nord, au milieu et au Sud) que nous avons réalisés confirment la faiblesse de la topographie sur le littoral de la Petite-Côte sénégalaise (fig. 15, 16 et 17).



Figure 15: Profil 1 se situant au Nord entre Somone et l'hôtel Lamantin (source : image Google Earth, juin 2022).



Figure 16: Profil 2 se situant au milieu entre Saly et Mbour (source : image Google Earth, juin 2022).



Figure 17: Profil 3 se situant au Sud de l'hôtel Club Safari (source : image Google Earth, juin 2022).

En considérant les trois profils, on constate que les pentes varient entre 0,7 et 7,4 %. Les pentes maximales (4,8 % P1, 6 % P2 et 7,4% P3) se situant sur les limites entre la mer et le continent expliquent le niveau faible de la topographie du littoral et par conséquent sa vulnérabilité face aux actions des agents hydrodynamiques. Globalement, la pente moyenne dégagée par les trois profils est de 3,46 % (tableau 3).

Tableau 3: Pourcentage des pentes sur les trois profils topographiques de la Petite-Côte

Profils	Minimum (P en %)	Maximum (P en %)	Moyenne (P en %)
Profil 1	0,8	4,8	2,8
Profil 2	1,1	6	3,55
Profil 3	0,7	7,4	4,05
Moyenne des trois profils			3,46

IV.2.2. Facteurs anthropiques

Les facteurs naturels sont une partie intégrante des causes de l'érosion côtière. En effet, celle-ci est amplifiée par les actions des hommes. La littoralisation des côtes couplées aux différentes activités que les hommes mènent sur le littoral influencent la dynamique des zones côtières. Parmi les activités que l'on mène sur le littoral de la Petite-Côte et qui ont des impacts sur sa dynamique, on peut noter l'extraction de sable, l'occupation anarchique des plages et la construction d'ouvrages perpendiculaires aux côtes et l'intervention sur le régime de transport de sédiments (en plus du prélèvement de sable) à travers la fermeture des lieux de passage des eaux et/ou le transfert de risques par des aménagements de protection. Les avis des personnes enquêtées sont consignés dans la figure 18.

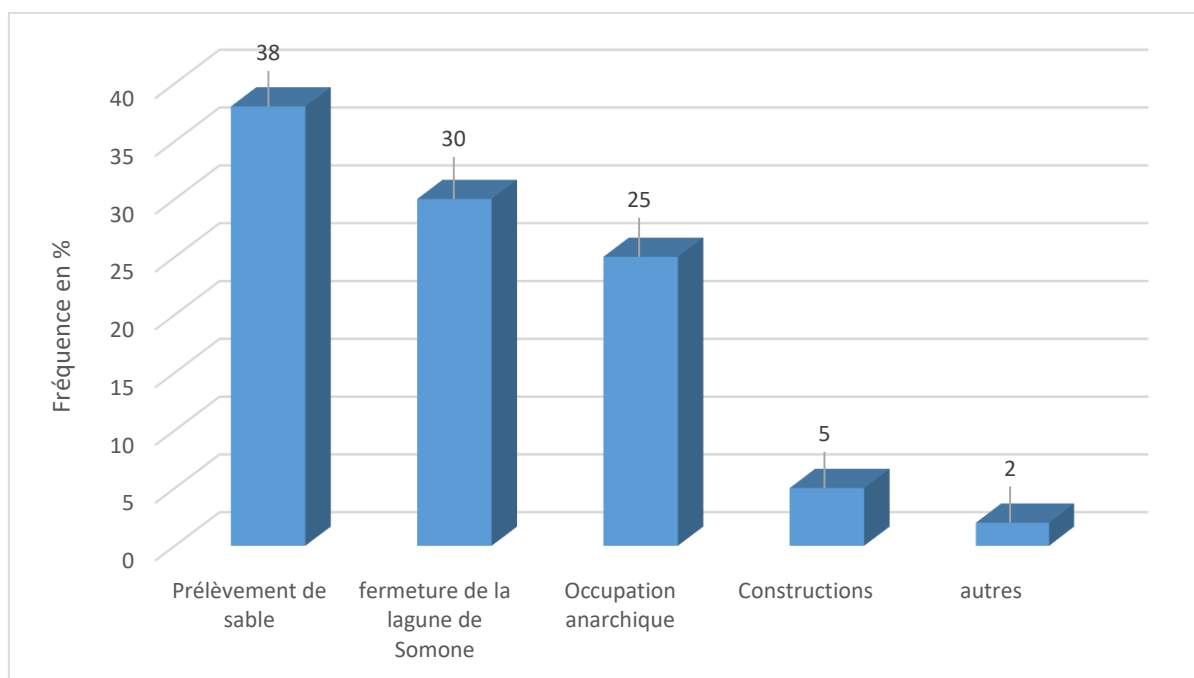


Figure 18: Les facteurs anthropiques de l'érosion côtière sur la Petite-Côte sénégalaise selon la population (données d'enquêtes, 2022).

IV.2.2.1. Prélèvement de sable

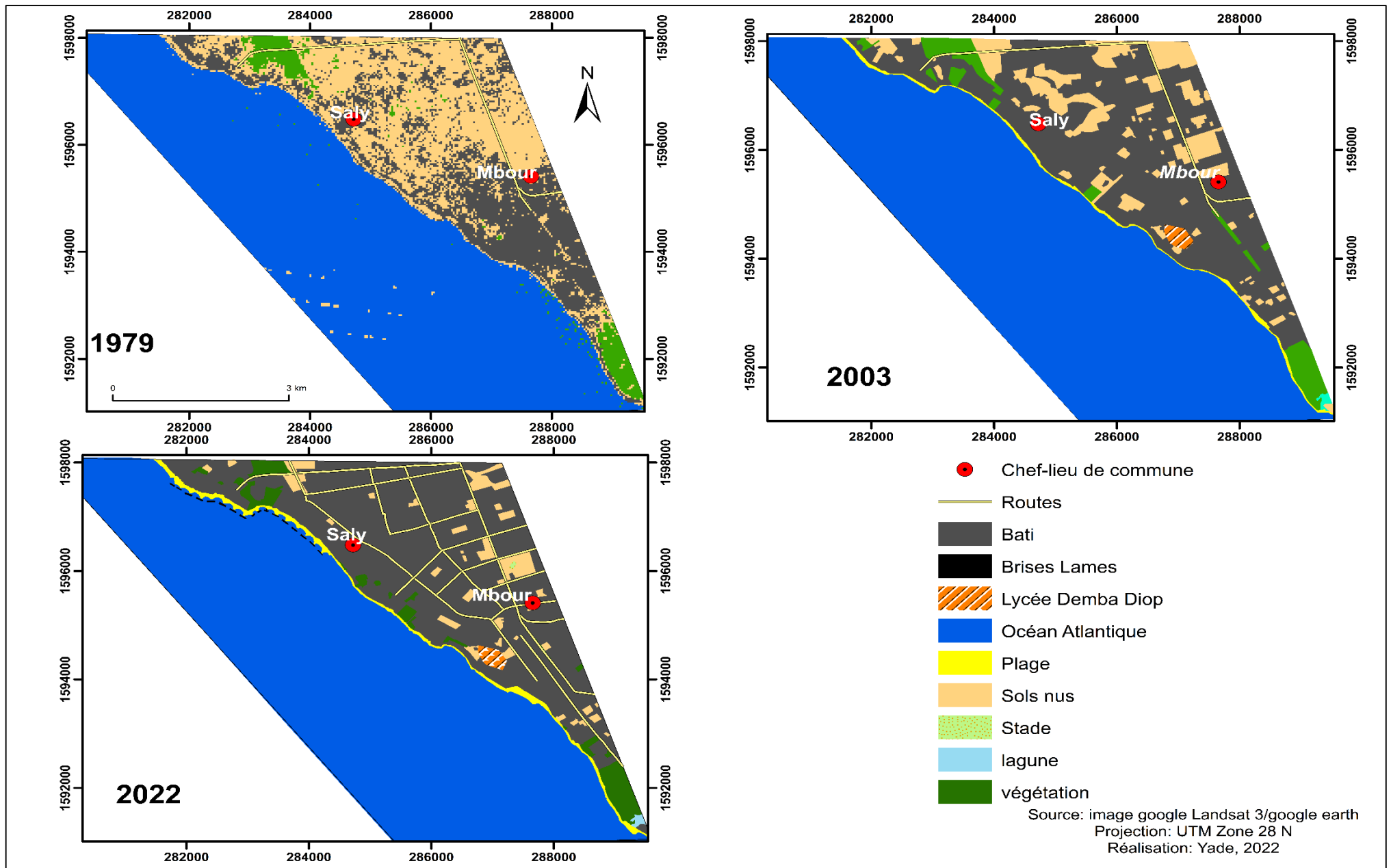
Le prélèvement de sable est un phénomène réel sur les plages de la Petite-Côte sénégalaise. Ce prélèvement de sable marin est dû à la littoralisation intense couplé à de nouveaux besoins de constructions en dur dont le sable marin correspond au profil parfait de sable utilisé : sa composition granulométrique varie entre 0,063 mm et 0,6 mm, avec une moyenne de 0,2 mm (Adjoussi, 2001). De même, ce type de sable est accessible mais aussi à moindre coût. L'extraction du sable marin entraîne un déséquilibre de la plage si les apports de sédiments ne parviennent pas à combler ce déficit et par conséquent, entraîne l'érosion des plages. Dans la zone où la pêche est l'activité dominante, selon les interrogés, un autre type de prélèvement de sable marin est effectué : c'est le prélèvement fait par les pêcheurs. En effet, quand ils vont en mer, pour assurer la stabilité de leurs pirogues, ils remplissent leurs pirogues par des sacs de sable marins. Selon eux, 10 à 12 sacs de 50 kg sont prélevés par chaque pirogue à chaque fois qu'il doit quitter les plages et cela de façon permanente. Et une fois en pleine mer après avoir pêché, ils jettent les sacs de sables prélevés en mer. Selon Dabo (2006), ces abus et pratiques affectent inévitablement l'équilibre entre la plage et le proche plateau continental et intensifient le recul côtier.

IV.2.2.2. Occupation anarchique et constructions non règlementées

La littoralisation s'intensifie de plus en plus sur la Petite-Côte sénégalaise et exerce une forte pression foncière sur cette dernière. De même, le littoral de la Petite- Côte subit les effets d'une occupation anarchique et des constructions qui sont perpendiculaires à la côte. Ainsi, on note une forte évolution des constructions. Ceci explique l'évolution rapide de la surface bâtie sur la Petite-Côte : donc une forte pression foncière (carte 3). Dans le secteur de la commune de Mbour, les constructions concernent généralement l'habitat en dehors de quelques infrastructures comme le quai de pêche sur la plage du quartier Teffess et des stations d'essence pour l'approvisionnement en carburant (essence) des pirogues. En revanche, pour la commune de Saly les infrastructures touristiques dominent l'évolution du bâti sur les plages. En effet, sur le long de la plage de Saly, on observe différents types d'infrastructures touristiques : hôtels, campements, auberges, et des boutiques artisanales liées au tourisme, etc. Ces constructions sur la plage influencent la transition sédimentaire et par conséquent diminuent le stock de sédiments sur la côte. Cette réduction des sédiments se traduit par une érosion du littoral.

Le désir d'habiter à proximité de la plage pour pouvoir bien profiter des services du littoral ou de bénéficier de son exploitation (activités touristiques et de pêche, etc.) expose de plus en plus le littoral au phénomène de l'érosion côtière ; car ces constructions diminuent l'apport en sédiments et par conséquent occasionnent l'érosion des côtes.

En revanche, la perpendicularité des constructions occasionne le dépôt des sédiments en amont par rapport au sens de la dérive et par conséquent entraîne un engraissement dans cette partie et un déficit dans la partie aval (Paskoff, 1993 ; Sow, 2020)



Cartes 5: Occupation du sol de la partie littorale des communes de Mbour et Saly Portudal entre 1979 et 2022

L'analyse de la carte d'occupation des sols a permis de constater une évolution durant les 43 ans considérés. Ainsi, on note une augmentation de la surface bâtie et une diminution des surfaces des sols nus, de la végétation et de la plage. La surface bâtie est passée de 129,93 ha en 1979 à 1092,51 ha en 2003 puis 1265,37 ha en 2022 (fig. 19). A l'espace de 43 ans, la surface bâtie a augmenté de 1135,46 ha. En ce qui concerne le sol nu, on constate une véritable diminution, car passant de 967,62 ha en 1979 à 325,94 ha en 2003 et 111,02 ha en 2022. Cela explique la forte pression anthropique sur le littoral de la Petite-Côte sénégalaise. Cette forte pression anthropique augmente la vulnérabilité de la côte et son exposition à l'érosion côtière. Cette forte anthropisation du littoral s'explique par sa position géographique et les nombreuses opportunités et services qu'il offre. Par contre, la faible représentation de la végétation en 1979 pourrait être expliquée par le fait que cette date correspond aux années de sécheresses des années 1970.

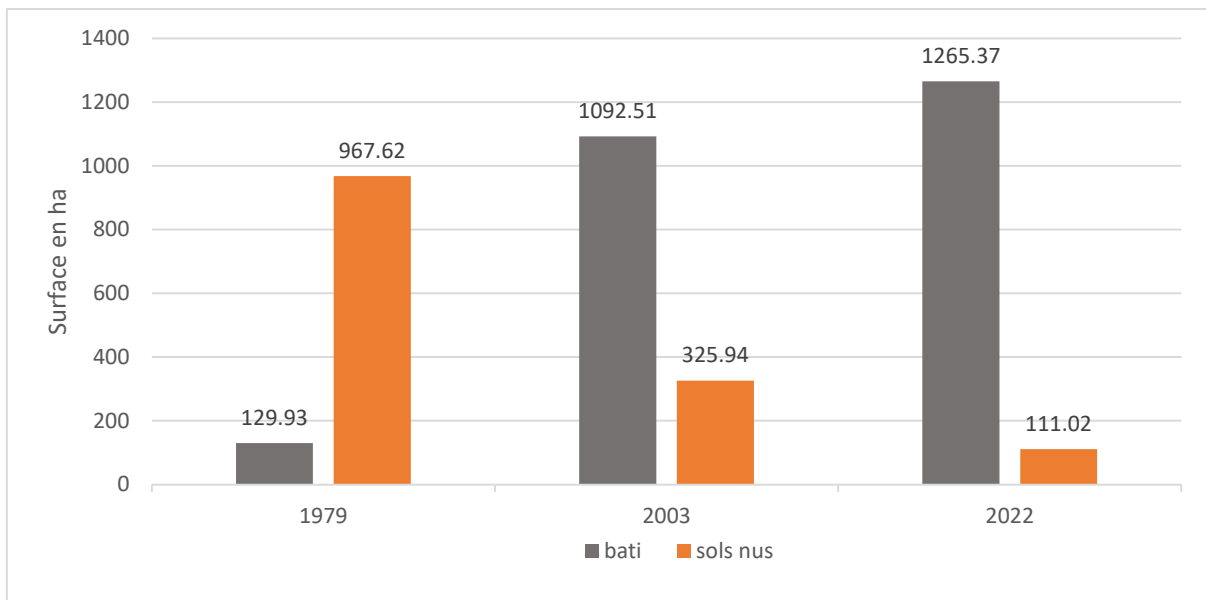


Figure 19: Evolution de l'occupation du sol de 1979 à 2022 (Données cartographiques : Yade, 2022).

IV.2.2.3. Fermeture de lagune de Somone et le transfert des risques

Pour la population enquêtée, plus de 30% pensent que la déclassification de la lagune de Somone en 2016 pour raison touristique par décret présidentiel a précipité à sa fermeture et a entraîné le transfert des risques avec la mise en place des ouvrages de protection à Saly. C'est l'un des plus grands facteurs anthropiques qui intensifient l'érosion côtière sur la Petite-Côte. En effet, la fermeture de la lagune augmente l'intensité des vagues sur les plages à proximité à cause du blocage des eaux qui y passaient. Ceci entraîne l'accrétion sur cette partie entre les

deux cours d'eau. Or, l'occupation anarchique des berges de la lagune de Somone, les nombreux hôtels et habitations construits autour du bassin versant, ont fini par constituer un bouchon qui, progressivement, empêche la mer et la lagune de se communiquer. Ces installations entraînent par conséquent un blocage du transit sédimentaire.

Le transfert de risques est une réalité dans toutes les côtes du monde qui ne sont pas protégées. Dans la commune de Mbour, plus particulièrement dans le quartier de Golf, les populations constatent l'accélération de l'érosion côtière depuis l'installation des infrastructures de protections à Saly (photo 2).



Photos 2: Ouvrages de protection sur les plages de Saly occasionnant le transfert de risques (YADE, février 2022).

Conclusion

En définitive, les facteurs à l'origine de la dynamique du littoral de la Petite-Côte sont multiples. Ils sont d'ordre naturel comme l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues et des houles, l'élévation du niveau de mer et la faiblesse de sa topographie. Toutefois, cette dynamique du littoral de la Petite-Côte sénégalaise est accélérée aussi par les activités socio-économiques. L'analyse de l'évolution du trait de côte à partir de l'imagerie géo-spatiale permet d'avoir une idée plus précise sur l'intensité du phénomène.

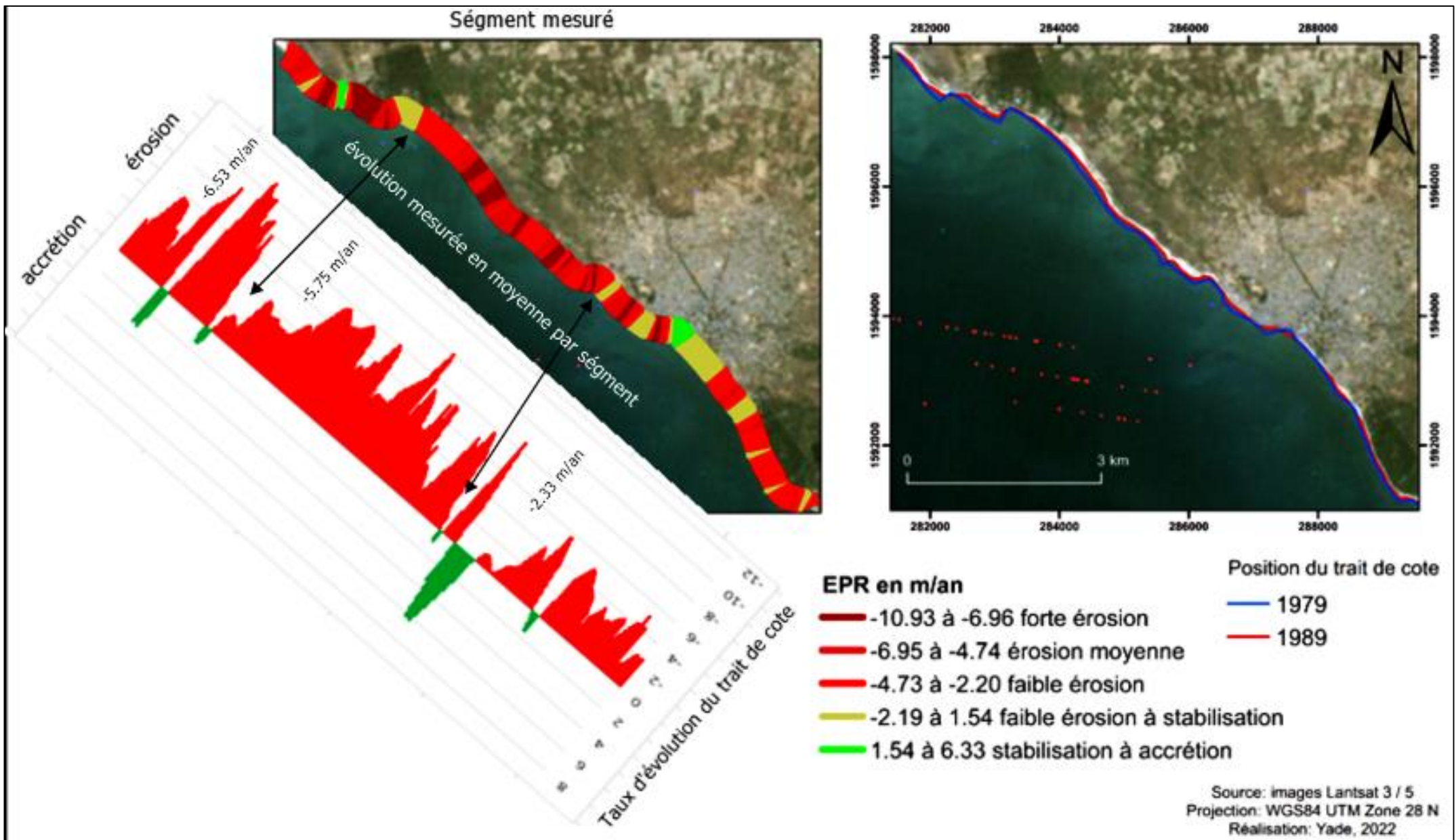
Chapitre V : Analyse de l'évolution du trait de côte de la Petite-Côte de 1979 à 2022

Dans ce chapitre, il s'agit de suivre l'évolution du linéaire côtier de 1979 à 2022 avec des intervalles d'entre 1979 et 1989, entre 1989 et 2003, entre 2003 et 2011, entre 2011 et 2019 et entre 2019 et 2022. L'indice EPR permet de mesurer la distance entre deux traits de côte : c'est-à-dire le trait de côte entre deux dates. Ceci permettra d'appréhender la variation temporelle de la cinématique littorale de chaque ligne de référence considérée. Après avoir analysé l'évolution du trait de côte des différentes dates compilées par deux, on a fait l'analyse globale sur toute la période retenue (de 1979 à 2022) en utilisant l'indice LRR qui permet de faire la compilation de l'évolution du trait des différents segments. Dans ce site, nous avons observé trois situations : une érosion, une stabilisation et une accrétion.

V.1. Evolution du trait de côte entre 1979 et 1989

Les années 1979-1989 correspondent à la période où le littoral est plus dynamique sur tous les intervalles considérés avec un taux de recul moyen annuel de 4,47 m/an. Ce taux de recul est supérieur à la marge d'erreur qui est égale à 4,25 m/an.

Sur le segment médian vers le Nord du segment (de Saly vers Somone), l'érosion est beaucoup plus forte avec un taux de recul de 10,93 m/an. Ce secteur est aussi caractérisé par une érosion moyenne de 6,95 m/an voire faible (2,19 m/an) et d'une accrétion moyenne de 6,33 m/an. Dans le secteur Sud du segment (Mbour sérère, Teffess, Golf), l'érosion est faible avec un taux de recul de 4,73 à 2, 20 m/an (carte 6). Ce secteur Sud est aussi caractérisé par une stabilisation du linéaire côtier. Entre ces deux situations, on constate une situation qui tend vers une stabilisation du Sud vers le segment médian (Mbour sérère vers Teffess), surtout dans le quartier Teffess où l'ancien port colonial a joué un rôle important dans la stabilisation du littoral. Sur le segment médian (Mbour extension et quarter Résidence), à côté de la stabilisation, on note aussi une accrétion moyenne de 6,33 m/an.



Cartes 6: Evolution du trait de côte des communes de Saly Portudal et de Mbour entre 1979 et 1989

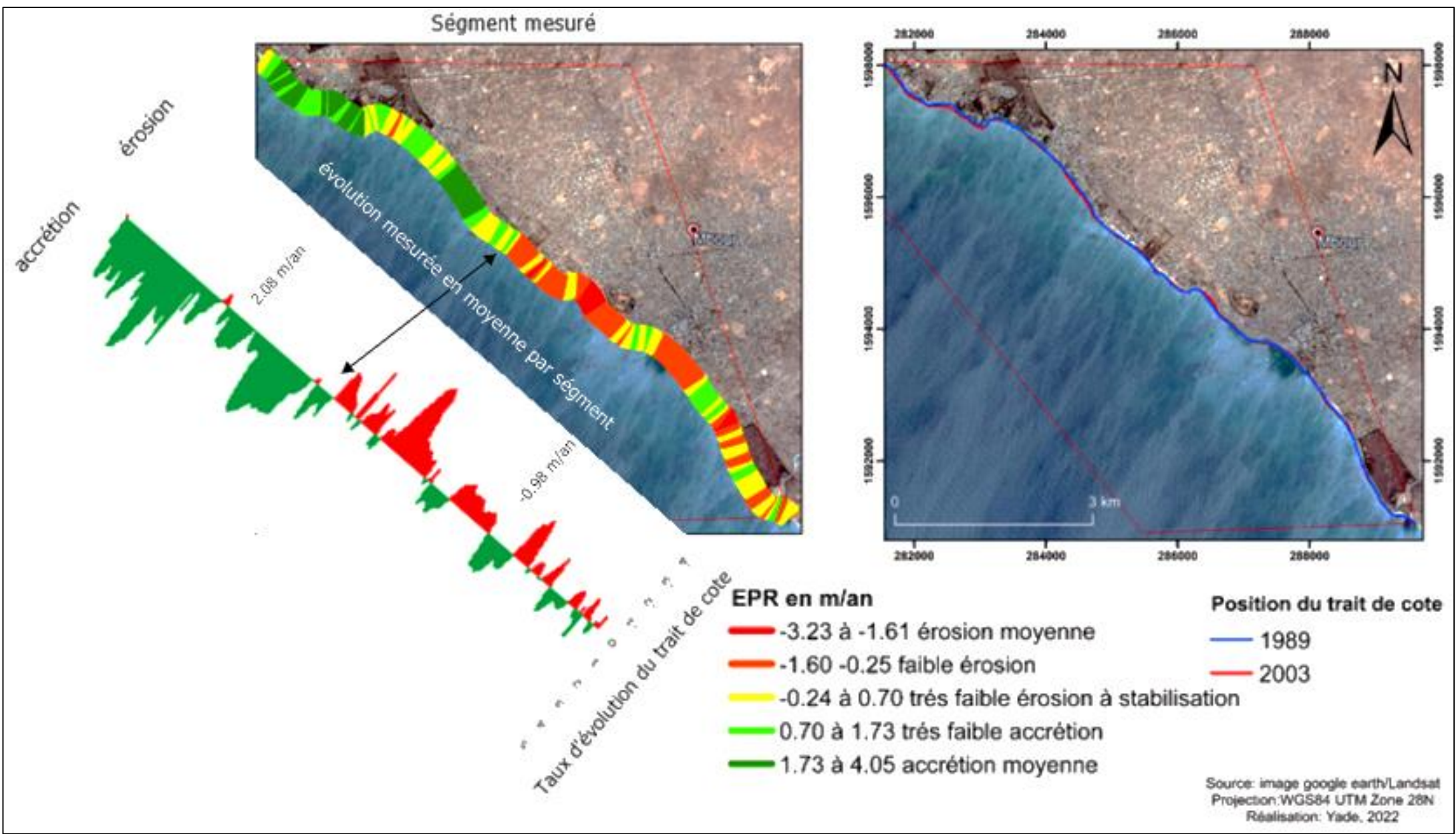
Globalement, le bilan de l'évolution du linéaire côtier est négatif avec 9,7 m perdus concernant 421 transects du total analysé, mais il existe des secteurs où l'on note une pro-gradation avec un gain de 4.98 m gagnés correspondant à 40 transects durant ces dix années. Ainsi, pendant cette période, on note que le taux d'érosion moyen annuel est de 4,47 m/an et le taux d'accrétion moyen annuel de 2,80 m/an. En effet, la période 1979-1989 correspondant aux périodes de sécheresse qui auraient été responsables d'une forte perte sédimentaire au niveau des zones littorales : c'est ce qui justifie la forte érosion pendant cet intervalle. Ces résultats sont inclus dans une marge d'erreur de 4,25 m/an. Donc on peut dire que le bilan est globalement négatif pendant cette période.

V.2. Evolution du trait de côte entre 1989 et 2003

Contrairement à la période 1979-1989, cette période est moins mouvementée. Elle est caractérisée par une érosion faible, une stabilisation sur tout le secteur et une accrétion moindre.

Sur la carte 7, l'érosion est moindre au segment médian (quartier résidence, Grand Mbour I) et sur une petite partie du sud (Mbour Sérère, Teffes) avec un taux de recul de 3,23 m/an. Ainsi, on note une érosion très faible du milieu vers quelques parties du Sud du segment (1,60 m/an). La stabilisation est mieux représentée sur ce segment, car on la trouve presque sur toutes les parties du segment du Nord au Sud. La partie Nord du segment (de Saly NiakhNiakhal à Somone) est caractérisée par une accrétion moyenne qui va de l'ordre de 1,73 à 4,05 m/an. Une très faible accrétion est notée sur une petite partie du Nord, au milieu et vers le Sud du segment avec un taux de pro-gradation de 0,70 à 1,73 m/an.

Globalement, le bilan pendant cette période est positif avec un taux moyen annuel d'accrétion de 1,24 m/an et un taux de recul de 0,86 m/an inclus dans une marge d'erreur de 2,16 m/an, donc susceptible d'affecter les résultats. Ainsi, on note une progression de 7,7 m concernant 280 transects sur les 459 transects calculés et une régression de 6,92 m sur une période de quatorze ans (carte 5).



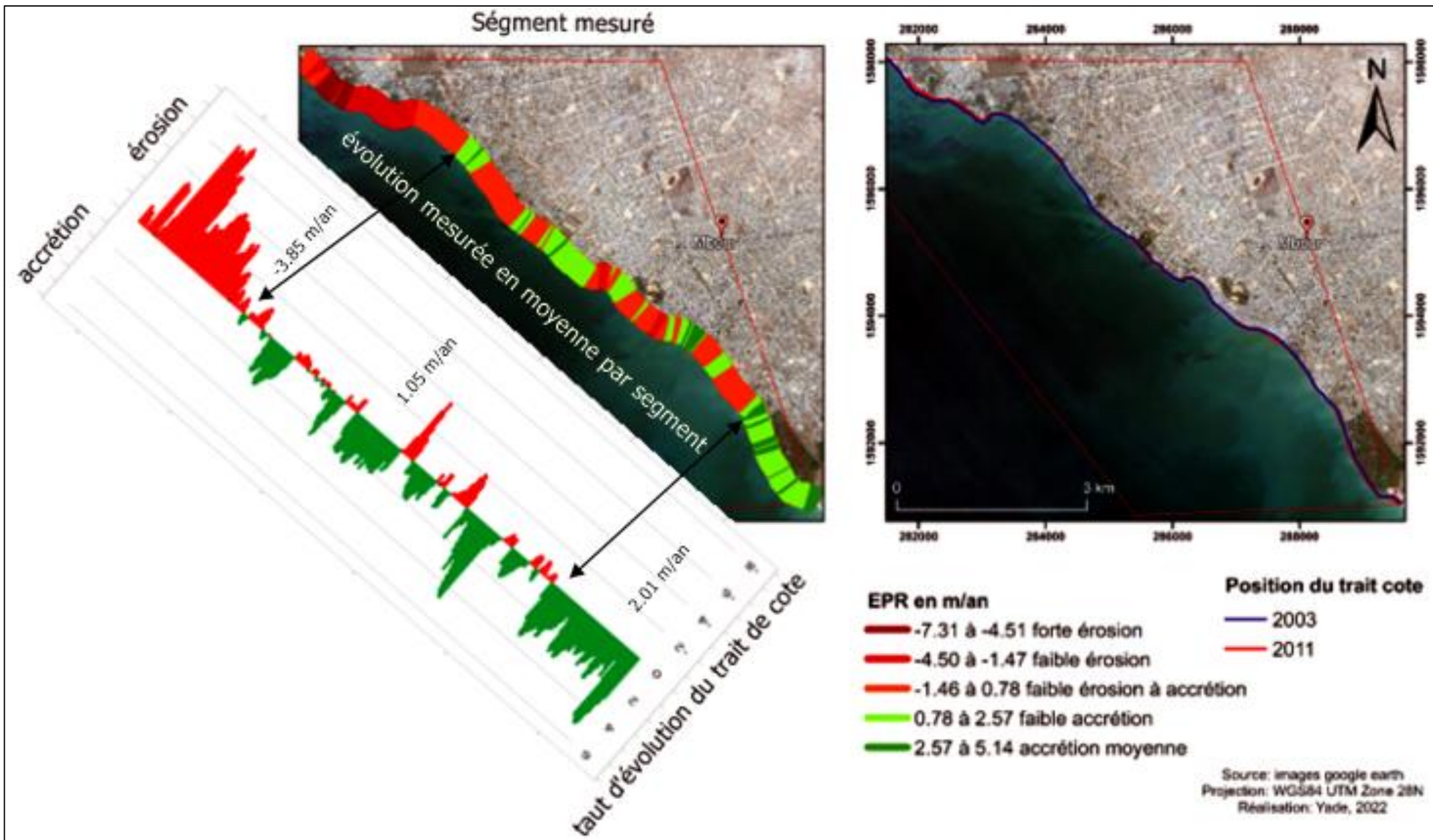
Cartes 7: Evolution du trait de côte des communes de Saly Portudal et de Mbour entre 1989 et 2003

V.3. Evolution du trait de côte entre 2003 et 2011

La période 2003-2011 est un peu mouvementée avec une accélération de l'érosion par rapport à la période précédente (1989-2003). Durant cette époque, on constate une faible accrétion comparée à l'érosion.

L'analyse de la carte 8 fait ressortir deux situations, à savoir une situation d'érosion d'une part et une situation d'accrétion d'autre part. Le secteur Nord du segment (Saly Coulang-Somone) et une petite partie du milieu (Golf) sont caractérisés par une forte érosion de l'ordre de 7,31 m/an et d'une érosion moyenne voir faible de 4,46 à 1,47 m/an. De même, du milieu vers le Sud du segment, on constate une faible érosion qui tend vers une stabilisation (1,46 à 0,78 m/an). Une faible accrétion est notée au Sud et au milieu du segment (0,78 à 2,57 m/an). L'accrétion moyenne (5,14 m/an) est beaucoup plus manifeste au Sud du segment (Mbour sérère, Teffess).

Cette période est caractérisée par une opposition du secteur Nord qui se caractérise par une forte érosion (7,31 m/an) et celui du Sud qui se caractérise globalement par une accrétion moyenne (5,14 m/an). Toutefois, le bilan global est légèrement négatif avec un taux d'accrétion de 1,72 m/an soit une progression de 12,12 m concernant 258 transects sur 454 transects et d'un taux de recul de 1,74 m/an soit une perte de 13,41 m sur une période de huit ans (carte 6). La marge d'erreur durant cette période étant égal à 1,14 m/an, inférieur à ces taux, n'affecte pas vraiment les résultats.



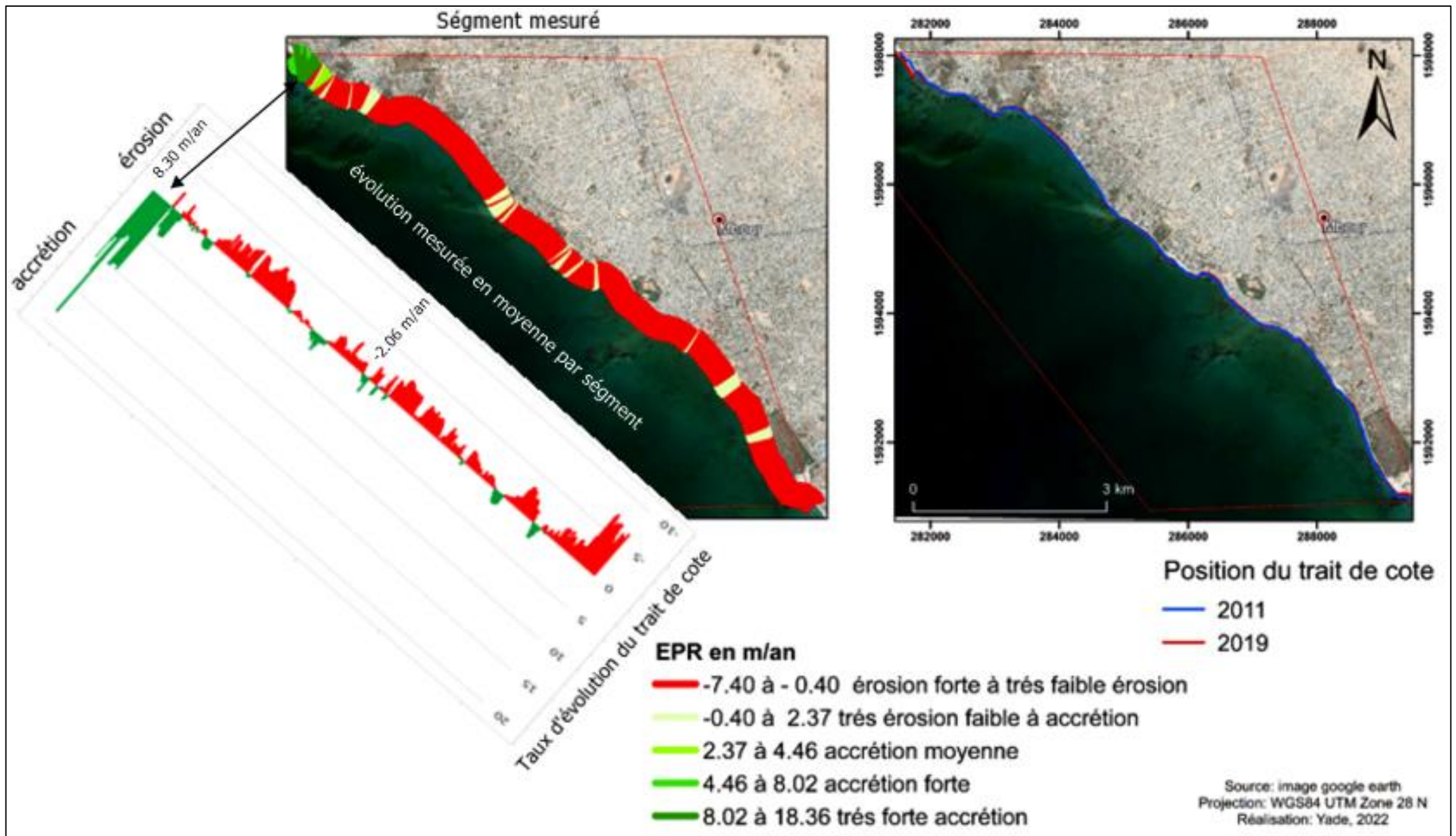
Cartes 8: Evolution du trait de côte des communes de Saly Portudal et de Mbour entre 2003 et 2011

V.4. Evolution du trait de côte entre 2011 et 2019

Pendant la période 2011-2019, l'érosion domine sur presque tout le secteur. Cette période peut être considérée alors comme une période à forte érosion (carte 7).

L'analyse de la carte 9 révèle que cette période est pratiquement érosive. Ainsi, on constate une érosion forte (7,40 m/an) du Nord au Sud du segment alterné par des secteurs de très faible érosion (0,40 m/an). Cependant, à la dernière partie Nord du segment (Somone), on observe une très forte accrétion avec un taux d'évolution de 18,36 m/an. Ce secteur est aussi caractérisé par une forte accrétion de 8,02 m/an. Le Nord est aussi caractérisé par une stabilisation. Cela s'explique par la fermeture de la lagune de Somone qui empêche la connexion entre la mer et le cours d'eau.

Sur la plupart du secteur, on a de l'érosion avec un taux moyen annuel de 1,67 m/an. Toutefois, dans le secteur Nord, l'accrétion domine avec un taux d'évolution moyen annuel de 2,50 m/an. Etant donné qu'à la marge d'erreur (0,55 m/an) est inférieur aux taux d'érosion et d'accrétion, elle n'influence pas trop les résultats. Pendant cette période, le bilan est globalement négatif avec une régression de 13,92 m concernant 356 transects sur 463 au total.



Cartes 9: Evolution du trait de côte des communes de Saly Portudal et de Mbour entre 2011 et 2019

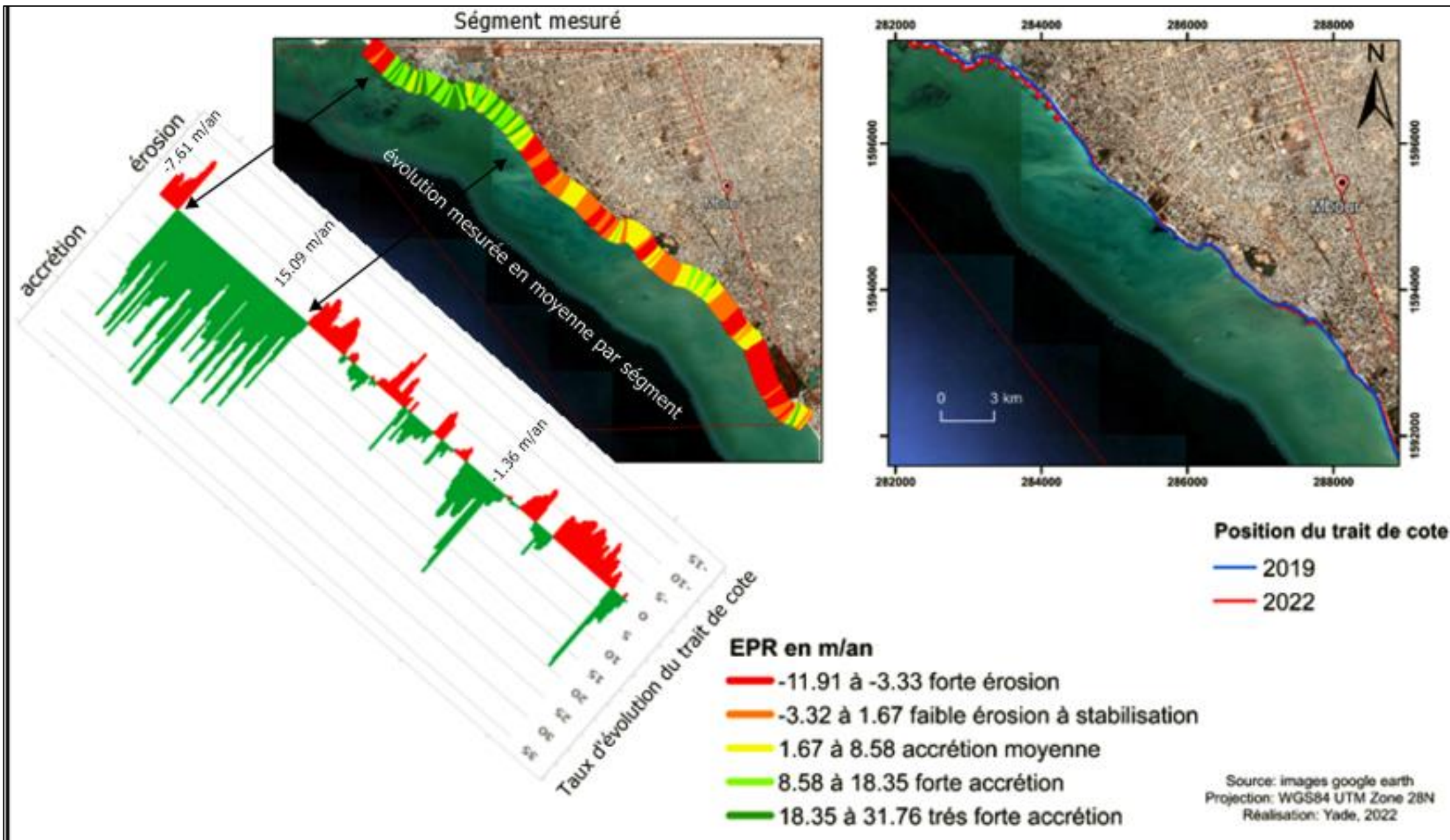
V.5. Evolution du trait de côte entre 2019 et 2022

Cette période correspond aux installations des infrastructures de protection du littoral dans les quartiers de Saly NiakhNiakhal et Saly Coulang qui abritent la station balnéaire touristique de la commune de Saly Portudal. Ces installations ont joué un rôle important dans la protection du littoral contre l'avancée de la mer et la récupération de la plage. Toutefois, ces installations ont entraîné le transfert de risque d'érosion dans les autres plages environnantes de la Petite-Côte à l'instar de celles de Golf et de Grand Mbour I. C'est ce qui explique une opposition de situations entre les plages protégées et celles non protégées.

L'analyse de la carte 10 fait ressortir deux situations contradictoires : une forte érosion d'une part sur des plages non protégées et d'autre part une très forte accrétion sur les plages protégées (Saly NiakhNiakhal et Saly Coulang). Dans le secteur Nord et Sud du segment et sur les plages de Golf et Grand Mbour I, on constate une forte érosion avec un taux de recul de 11,91 m. Du quartier Grand Mbour I vers le Sud du segment, on a aussi une érosion mais avec un faible taux de recul (3,32 m). Ces derniers secteurs sont aussi caractérisés par une faible et moyenne accrétion (1,67 à 8,35 m). Les secteurs de Saly NiakhNiakhal et Saly Coulang caractérisés par l'installation d'infrastructures de protection du littoral sont en très forte accrétion (31,76 m).

Cette période qui correspond à l'installation des ouvrages de protection sur les plages de la station balnéaire a un bilan global positif avec un gain de 35,75 m et pourtant ça concerne seulement 103 transects sur les 457 transects analysés. Ici, on constate que le nombre de transects en pro-gradation est largement inférieur à celui des transects en érosion (354 transects). Cependant, le taux d'accrétion moyenne annuelle représente plus du double de celui d'érosion moyenne annuelle (taux d'accrétion égale à 9,38 m/an et celui de l'érosion est de -4,32 m/an avec une régression de 12,96 m) : C'est ce qui explique le bilan positif durant cette période avec une marge d'erreur de 1,04 m/an, largement inférieur aux taux d'érosion et d'accrétion, donc n'affecte pas forcément les résultats. Toutefois, la forte érosion notée au Sud du segment (vers Golf) se justifie en partie par le transfert de risque des infrastructures de protection installées à Saly Coulang et Saly NiakhNiakhal.

L'installation des ouvrages de protection permet à la fois de protéger les littoraux et de récupérer de la surface perdue auparavant soit 50 m environ. En revanche, ces installations entraînent le transfert de risques d'érosion sur les plages environnantes (Grand Mbour, Golf, etc.) en particulier et sur les littoraux du monde en général.

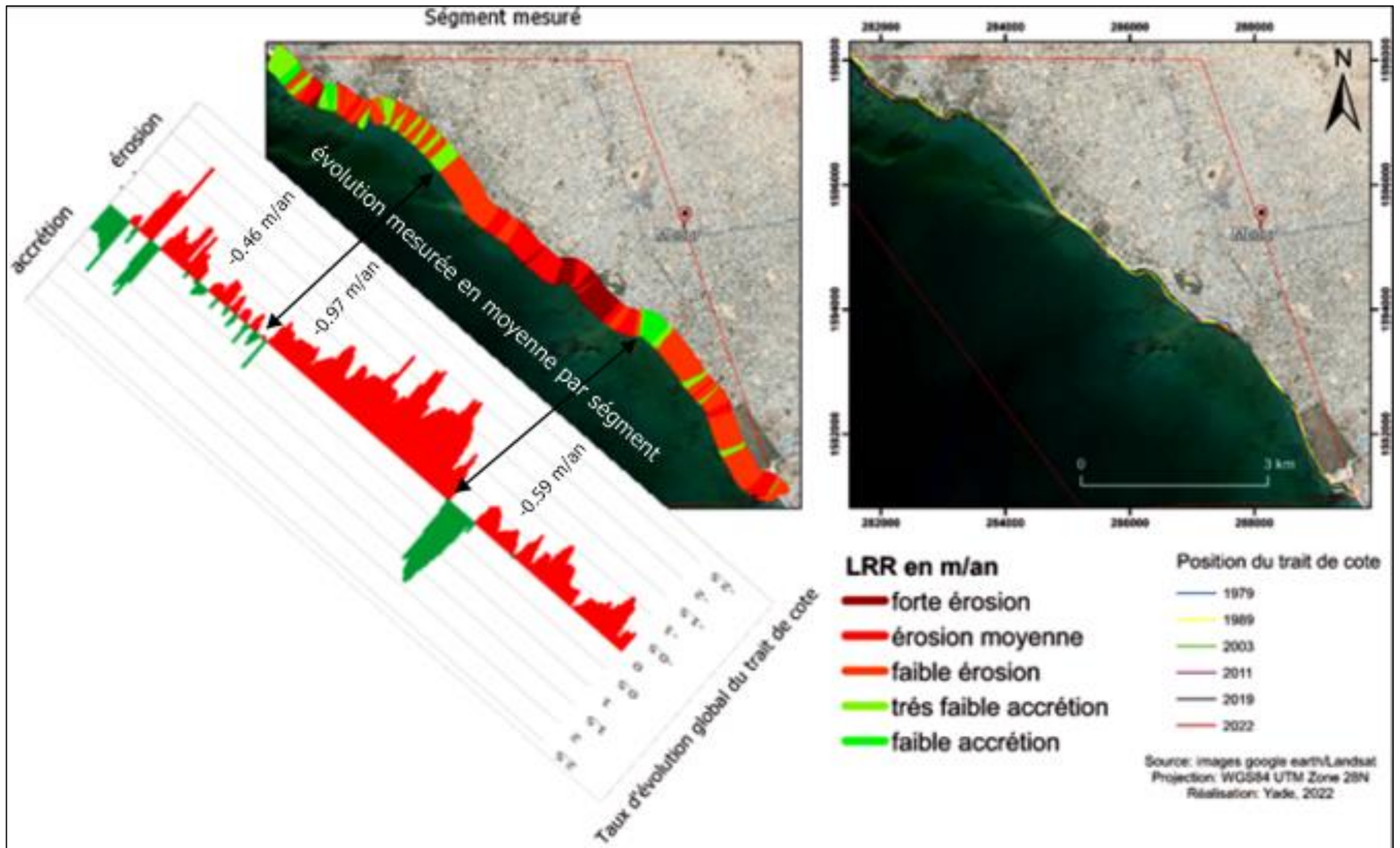


Cartes 10: Evolution du trait de côte des communes de Saly Portudal et de Mbour entre 2019 et 2022

V.6. Synthèse de l'évolution globale du trait de côte de 1979 à 2022

D'une manière générale, l'évolution du trait de côte durant les 43 ans est caractérisée par une dynamique globalement érosive. Toutefois, dans certaines parties de la zone, on constate que la pro-gradation est supérieure à l'érosion. On trouve ainsi des endroits qui sont trop proches de la stabilité du linéaire côtier.

L'analyse de la carte 11 montre que la tendance globale est négative avec un taux d'érosion de 0,67 m/an qui concerne 377 transects sur les 458 transects du segment. Toutefois, l'érosion varie d'un secteur à un autre, car au milieu (à Golf) et au Nord (Somone) on constate à la fois une très forte érosion et une érosion moyenne. Du milieu vers le Nord et la partie Sud sont caractérisés par une faible érosion. L'accrétion est moyenne durant les 43 ans avec une progression d'un taux moyen annuel de +0,71 m/an qui concerne seulement 81 transects. Cette situation se localise plus à Teffess et dans la commune de Saly Portudal caractérisée par l'implantation des infrastructures de protection du littoral et au Sud du segment. Le tableau 4 fait la synthèse de l'évolution du linéaire côtier de 1979 à 2022.



Cartes 11: Synthèse de l'évolution du trait de côte des communes de Saly Portudal et de Mbour de 1979 à 2022

Tableau 4: Synthèse de l'évolution moyenne du trait de côte des communes de Saly Portudal et de Mbour entre 1979 et 2022

Périodes Variables	Moyenne annuelle en m/an			Nombre de transects en érosion	Nombre de transects en pro-gradation	Totale érosion par période en m en moyenne	Totale accrétion par période en m en moyenne
	Erosion	Stabilisation	Accrétion				
79/89 (EPR)	-4,47	.....	+2,80	421	40	9,7	4,98
89/03 (EPR)	-0,86	00	+1,24	179	280	6,92	7,7
03/11 (EPR)	-1,74	00	+1,72	193	258	12,12	13,41
11/19 (EPR)	-1,67	00	+2,50	356	103	13,92	13,41
19/22 (EPR)	-4,32	.....	+9,38	187	270	12,96	35,75
Evolution globale (LRR)	-0,67	00	+0,71	377	81	96,98	49,8

Conclusion

La dynamique du littoral de la Petite-Côte varie dans le temps et dans l'espace. Ainsi, entre les différentes périodes considérées, on constate deux situations contradictoires. Entre 1979 et 1989, on constate que l'érosion est supérieure à l'accrétion, entre 1989 et 2003, la situation s'est inversée. En effet, la période 1979-1989 correspondant aux périodes de sécheresse qui auraient été responsables d'une forte perte sédimentaire au niveau des zones littorales. Entre 2003-2011 et 2011-2019, on constate que l'érosion est fortement supérieure à l'accrétion. La période 2019-2022, qui correspond à l'installation des infrastructures de protection, est marquée par une forte accrétion dans le secteur protégé contrairement aux sites non protégés. Globalement, le littoral de la Petite-Côte est en érosion.

Chapitre VI : Impacts environnementaux et socio-économiques de l'érosion côtière sur la Petite-Côte

Le phénomène de l'érosion côtière est bien réel sur la Petite-Côte sénégalaise. Toutefois, son accélération inquiète de plus en plus les populations. Sur les 295 personnes interrogées, 58% disent que l'avancée de la mer est de plus en plus rapide et 37% pensent à une érosion moyenne (fig. 20). En effet, cette avancée rapide de la mer vers le continent impacte négativement sur l'environnement littoral de la Petite-Côte et sur les activités socio-économiques.

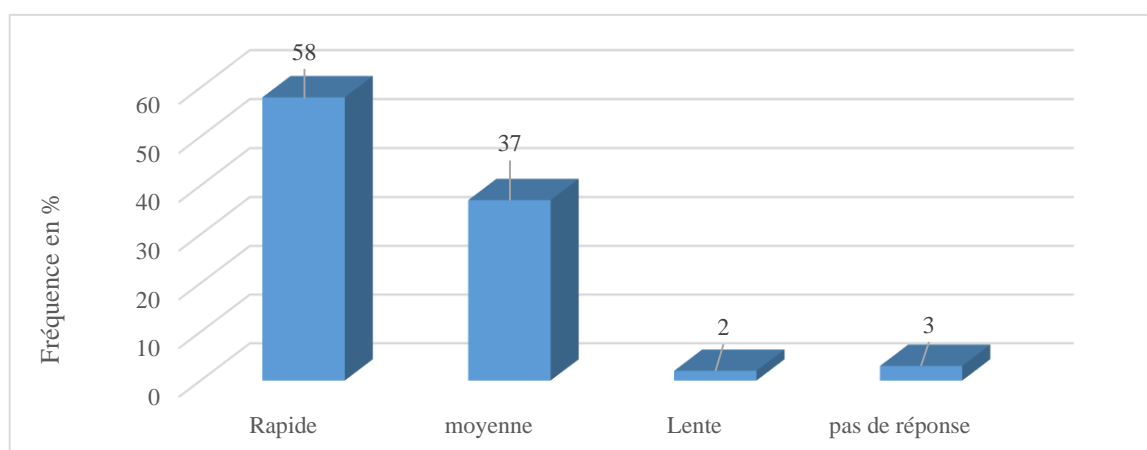


Figure 20: Vitesse de l'avancée de la mer selon la population (données d'enquêtes, 2022)

On note des impacts de l'érosion côtière sur ce littoral selon les autochtones. En effet, 30% des personnes interrogées pensent que l'érosion entraîne la perte des plages, 27% la destruction des infrastructures hôtelières, 24% la destruction d'habitats et 17% la dégradation des activités économiques (fig. 21).

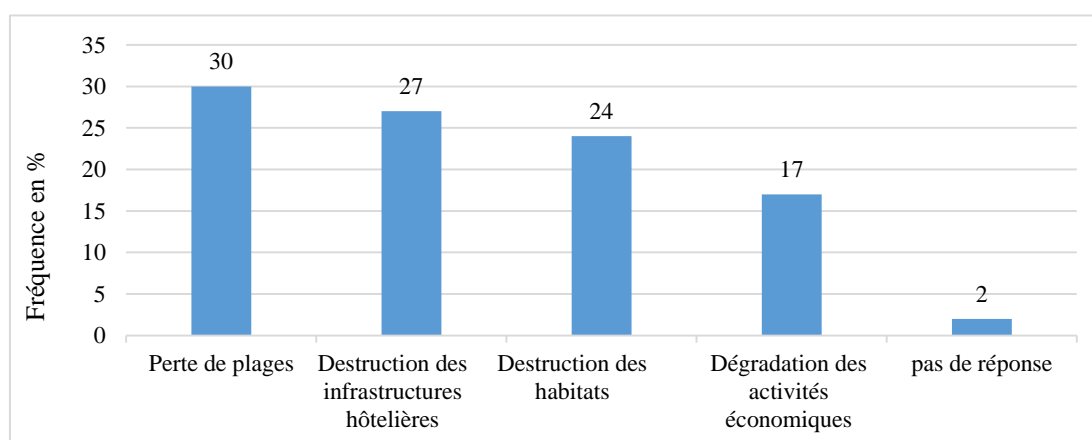


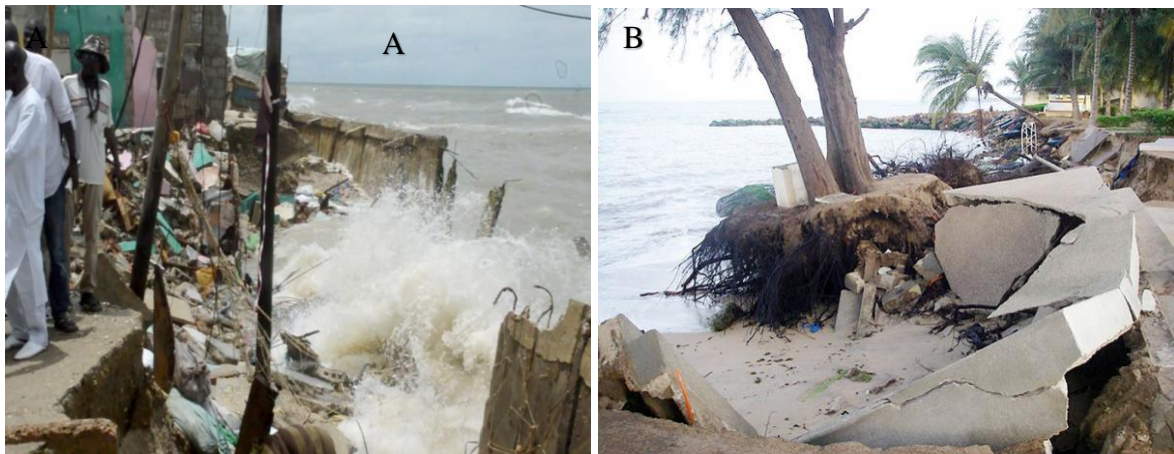
Figure 21: Nature des impacts de l'érosion côtière sur la Petite-Côte sénégalaise, selon la population (données d'enquêtes, 2022).

VI.1. Impacts environnementaux

L'environnement du littoral de la Petite-Côte sénégalaise est affecté par le phénomène de l'érosion côtière. Ces impacts se manifestent à travers le recul du trait de côte (0,67m/an en moyenne globale) et un déficit sédimentaire et par conséquent un rétrécissement des plages. Bien que l'écosystème côtier constitue en partie l'élément déclencheur des perturbations de l'environnement côtier à travers ses agents, il subit les répercussions de ces perturbations. En effet, ces perturbations qui sont à l'origine de l'érosion côtière déclenche un déséquilibre écologique de l'écosystème côtier. Ce déséquilibre perturbe le bon fonctionnement du système côtier. La dégradation de l'environnement physique impacte sur la reproduction des ressources halieutiques et accentue la dégradation des espèces végétales.

VI.1.1. Perte de plage

L'avancée de la mer est la principale cause de la perte de plage sur la Petite-Côte sénégalaise (photo 3). Ainsi, on note des pertes de plage sur ce littoral durant toute la période étudiée. La perte de plage cause d'énormes difficultés pour l'exploitation des services du littoral et impacte sur l'économie locale. On observe, hormis les deux premières périodes, une avancée de plus en plus importante de la mer d'une période à une autre. (voir tableau 4 : Synthèse de l'évolution moyenne du trait de côte entre 1979 et 2022).



Photos 3: Perte de plage à Golf (données image PressAfrik, 2018) (A) ; Perte de plage à Saly (données image Sénégal7, 2018) (B)

La perte de plus en plus de plages observées sur ce littoral impacte directement sur les activités socio-économiques à l'instar du tourisme dans la station balnéaire de Saly, de la pêche, de

l'artisanat, entre autres. De même, cette avancée de la mer a occasionné la destruction d'habitats et des infrastructures économiques.

VI.1.2. Déficit sédimentaire

A l'image du Sénégal, les caractéristiques géomorphologiques de la Petite-Côte lui expose à un déficit sédimentaire. En effet, le Canyon de Cayar qui se trouve au large des côtes sénégalaises présente une caractéristique majeure qui impacte sur la sédimentation de la région. Car, il interrompt brusquement les phénomènes de transit sédimentaires sur la marge Mauritanie-Nord Sénégal en piégeant la majeure partie du transit littoral sableux (Ibé et Queleennec, 1989). Or, une grande partie des sédiments qui transit du Nord vers le Sud est piégée par ce Canyon avant d'arriver sur la Petite-Côte sénégalaise et par conséquent entraîne un déficit de sédiments sur les plages de cette côte. De même, les constructions, qui sont perpendiculaires à la côte impactent négativement sur la transition sédimentaire et par conséquent bloquent les sédiments, ce qui se traduit par un déficit sédimentaire important.

VI.2. Impacts socio-économiques

L'économie des communes de Saly Portudal et de Mbour dépend pratiquement des activités qui se déroulent sur le littoral à l'instar du tourisme, de la pêche et de l'artisanat. En effet, l'érosion côtière constitue un véritable handicap au développement de ces activités. De même, elle cause d'énormes difficultés aux habitants qui vivent aux abords du littoral (fig. 22). En effet, elle a entraîné la destruction de nombreux habitats, surtout dans le quartier de Golf et par conséquent oblige les populations à déménager.

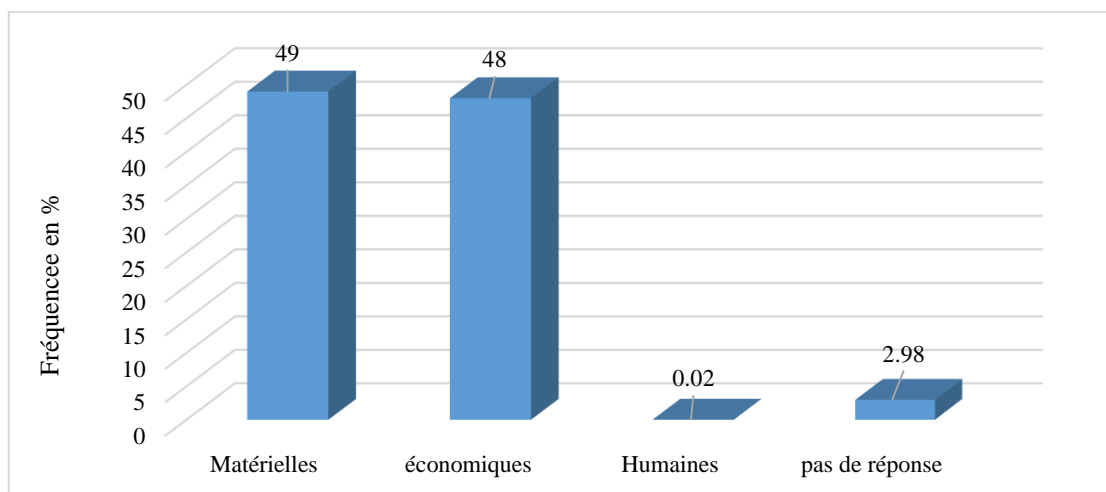


Figure 22 : Nature des pertes socio-économiques causées par l'érosion côtière selon la population (données d'enquêtes, 2022).

VI.2.1. Destruction des aménagements touristiques et d'habitats

Les conséquences de l'érosion côtière sur la vie des populations sont directement observables à travers les dégâts matériels. Dans les communes où sont menées les enquêtes, la population affirme avoir enregistré beaucoup de dégâts matériels. En effet, différents types de constructions ont été détruits par l'avancée de la mer. Dans le quartier de Golf, beaucoup d'habitations ont été détruites par l'érosion (photo 4), occasionnant le recasement des populations touchées ou menacées dans le quartier de « Baay Deuk. ». Dans ce même quartier, les stations d'essence hors-bord qui assurent l'approvisionnement des pirogues ont été dévastées par l'érosion côtière. Dans la commune de Saly, certains complexes hôteliers de la station balnéaire de la Petite-Côte ont vu leurs infrastructures détruites (photo 5) et d'autres menacées par l'érosion côtière. De même, des infrastructures artisanales et de restaurations ont été anéanties par l'avancée de mer.



Photo 4: Destruction d'habitats à Golf (A) ; Destruction d'hôtels à Saly Niakh-Niakhal (B).
(Source : Yade, Février 2022).



Photo 5: Destruction d’habitats à Saly Coulang (A) ; Destruction d’hôtels à Saly NiakhNiakhal (B).
(Source : Yade, Février 2022).

VI.2.2. Impacts sur les activités économiques

Les impacts de l’érosion côtière sur le milieu physique ont des répercussions directes sur la vie économique du milieu. En effet, chaque dégât impacte directement sur une activité économique. Par exemple la perte des plages les rend inexploitable et impacte directement sur le tourisme balnéaire qui est la principale activité économique dans la commune de Saly Portudal. De même, les pêcheurs de Golf affirment avoir un problème de stationnement de leurs pirogues à cause de l’avancée sans cesse de la mer. Le rétrécissement de la plage est un véritable problème pour les femmes transformatrices des produits de mer, car n’ayant suffisamment pas d’espaces où mener leurs activités de transformation. Le recul de l’espace pose aussi un problème de transport des produits halieutiques.

L’avancée de la mer a entraîné la destruction des hôtels et restaurants et a causé la fermeture de certaines infrastructures touristiques. Ceci a causé une baisse de l’activité touristique, le moteur de développement de cette ville. Par ailleurs, la baisse de l’activité touristique impacte sur les autres activités à l’instar du commerce, de l’artisanat, de la vente des produits de la mer, de la pêche, etc. Cette dernière occupe 40% des actifs dans les quartiers traditionnels de la commune de Mbour et fournit 70% des ressources financières de ces derniers (APIX_{sa}, PDTE, Projet de Développement du Tourisme et des Entreprises : Plan Local de Gestion intégrée de la zone côtière de Mbour, horizon 2022-2025). Selon ce programme, le tourisme et les sous-secteurs

auxquels il est lié, comme le commerce et l'artisanat constituent actuellement les principales sources de revenus des populations de la commune de Saly. Donc on peut en déduire que la baisse de l'activité touristique augmenterait le chômage et entraînerait par conséquent le ralentissement de l'économie de cette zone. Il faudrait alors mettre en œuvre des stratégies pour sauver cette activité en protégeant le littoral contre l'érosion côtière. C'est ainsi que certains aménagements de protection ont été mis en place pour atténuer les impacts de l'érosion côtière sur la vie des populations (photo 6).



Photo 6 : érosion des plages de Saly Coulang (A) et Saly NiakhNiakhal (B) (images Leral.net, 2018)

Conclusion

L'avancée de la mer impacte négativement sur l'écosystème de la zone côtière en modifiant sa morphologie avec le recul du trait de côte. Ces impacts environnementaux ont des répercussions sur la vie et les activités socio-économiques des populations. Les impacts socio-économiques sont : la destruction des infrastructures économiques (hôtels, campements, boutiques artisanales, etc.), d'habitats, le manque d'espace pour l'exploitation des ressources côtières (plages, espace pour la transformation des produits halieutiques, etc.).

Conclusion de la deuxième partie

L'érosion côtière est un phénomène bien réel sur la Petite-Côte sénégalaise. Les facteurs responsables de cette avancée de la mer sur le continent sont naturels (agents hydrodynamiques, élévation du niveau de la mer, déficit sédimentaire, etc.). Toutefois, elle est amplifiée par des actions anthropiques comme le prélèvement de sable, l'occupation anarchique et des constructions non réglementées et la fermeture de la lagune, etc. Les cartes de la cinématique du trait de côte montrent que ce littoral est très dynamique. Cette dynamique impacte

négativement sur le milieu physique en modifiant sa morphologie et sur la vie des populations.
C'est pourquoi des stratégies de lutte contre l'avancée de la mer ont été mises en place.

TROISIEME PARTIE : STRATEGIES D'ADAPTATIONS ET DE RESILIENCE FACE A LA DYNAMIQUE COTIERE DANS UN CONTEXTE DE VARIABILITE CLIMATIQUE

Dans cette partie, il s'agit d'abord d'identifier et d'évaluer les différentes stratégies d'adaptation à l'érosion côtière mises en place dans un contexte de changement climatique, ensuite nous proposerons des perspectives pour une gestion durable de cette zone côtière et de lutte contre le changement climatique.

La Petite-Côte sénégalaise fait partie des plus vulnérables à cause de sa faible topographie (1 à 2 m ING). Cette vulnérabilité s'est accentuée par la forte pression anthropique à travers des occupations anarchiques et des aménagements qui ne répondent pas aux normes requises pour les côtes, ce qui accentue l'érosion côtière dans cette zone. Au regard des impacts à la fois sur l'environnement littoral et sur les activités socio-économiques de l'érosion marine, différentes actions pour la protection du littoral ont été entreprises. Elles sont individuelles ou collectives.

Chapitre VII : Stratégies d'adaptation à l'érosion côtière

Ce chapitre traite des stratégies d'adaptation à l'érosion côtière qui sont mises en place par la population locale et/ou par les pouvoirs publics.

Les stratégies mises en œuvre pour la protection du littoral de la Petite-Côte se différencient par leurs natures et les méthodes utilisées. Ainsi, on note des stratégies individuelles d'une part et des stratégies collectives d'autre part. En ce qui concerne les méthodes, on en a deux : la méthode structurelle et la méthode non structurelle. Ainsi, trois types de stratégies ont été mises en place : individuelles, collectives et par partenariat (fig. 22).

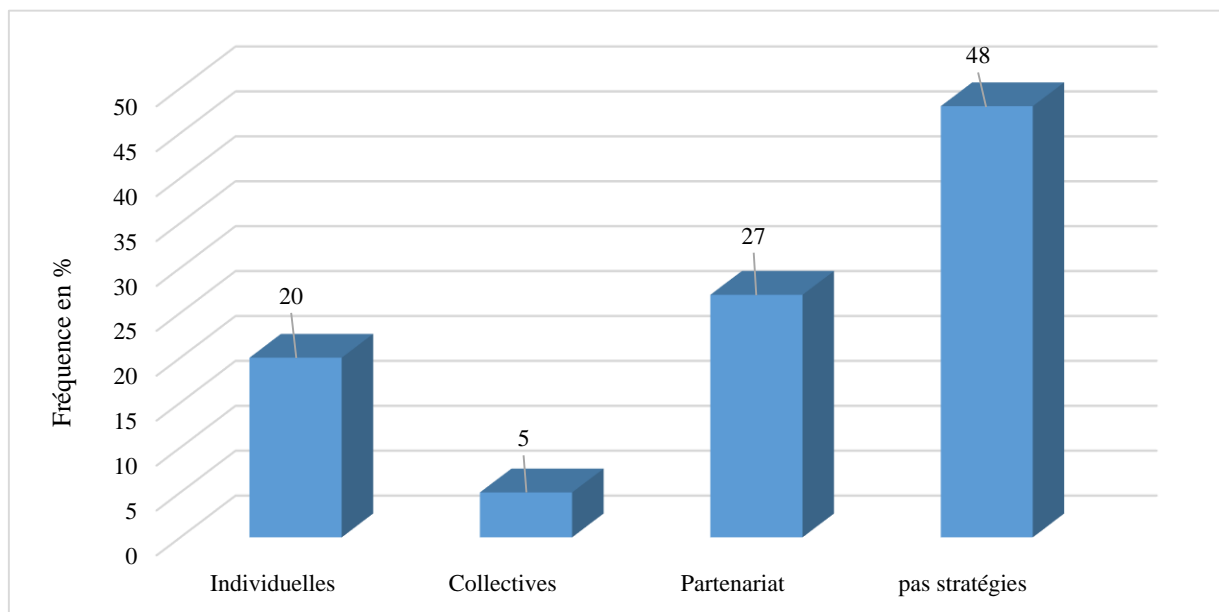


Figure 23: Types d'adaptation à l'érosion côtière sur la Petite-Côte selon la population (données d'enquêtes, 2022).

VII.1. Stratégies individuelles

Les stratégies individuelles concernent à la fois des méthodes structurales d'une part et des méthodes non structurales d'autre part. Dans les anciens quartiers de pêche comme celui de Golf par exemple, la méthode privilégiée est celle non structurale : c'est-à-dire des ouvrages de protection souples. Il s'agit de la mise en place des sacs de sable (photo 7) pour atténuer l'effet des vagues.

Par contre, dans la zone de Saly, siège de la station balnéaire de la Petite-Côte, les propriétaires des hôtels ont choisi la méthode structurale, c'est-à-dire des constructions d'ouvrages de protection dure. Il s'agit, entre autres, des murs de protections simples, des murs construits avec des pierres et d'enrochements, etc. (photo 7)



Photo 7: Stratégies d’adaptation individuelle à Saly, Enrochement (A) ; Stratégies d’adaptation individuelle à Golf, Sacs de sable (B) : (Source : Yade, Février 2022).

Cependant, ces stratégies individuelles se montrent inefficaces face à l’intensité des vagues. En effet, elles ne permettent pas d’arrêter définitivement l’avancée de la mer. Par ailleurs, 95,8% des interrogées pensent que ces mesures sont inefficaces, alors que 4,2% estiment qu’elles le sont moins (fig. 23). Des stratégies collectives ont donc été tentées plusieurs fois.

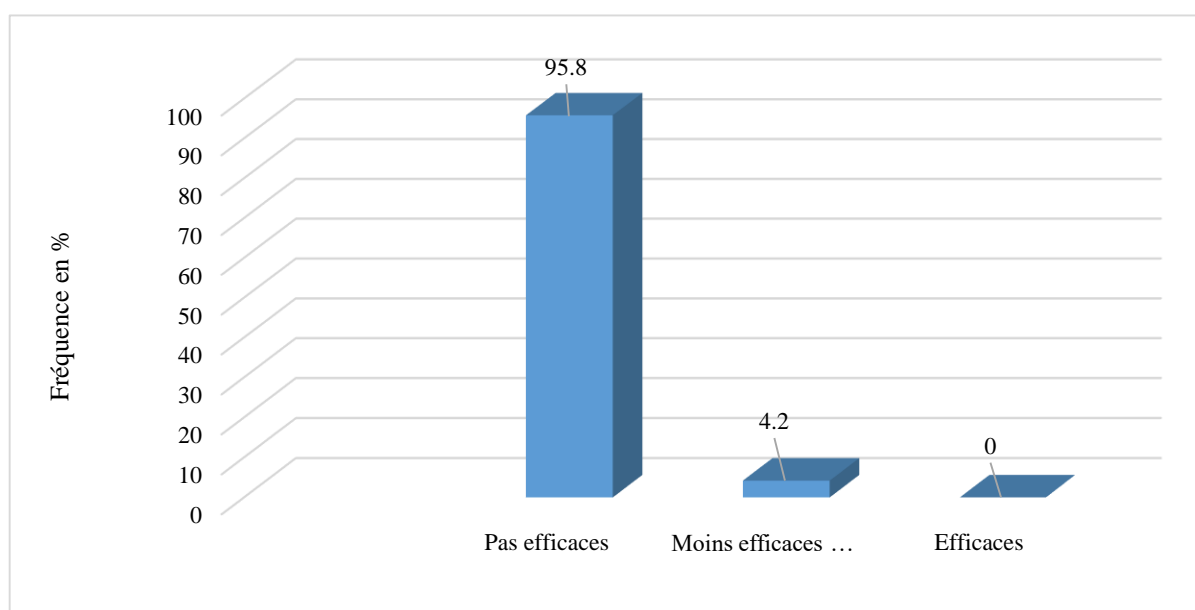


Figure 24: Efficacité des stratégies individuelles selon la population (données d’enquêtes, 2022).

VII.2. Stratégies collectives

L’inefficacité des stratégies individuelles a poussé aux propriétaires des hôtels et aux autorités à penser à des stratégies collectives. Les stratégies collectives sont de natures structurales, c’est-à-dire sont des types de constructions en dur. On en compte trois projets dont les deux premiers

ont eu des résultats mitigés, car ils se sont montrés inefficaces pour lutter contre l'avancée de la mer.

- ✓ En 2009, la mairie de Saly Portudal en partenariat avec les hôteliers, la SAPCO et le ministère de l'Environnement ont initié un projet collectif pour la protection du littoral de Saly, siège de la première station balnéaire du Sénégal. Ce projet élaboré sous la direction de l'ingénierie militaire a permis de ralentir l'avancée de la mer en quelques temps à travers la construction de digues et de brises lame. Cependant, ces ouvrages de protection n'ont pas pu résister face à l'intensité des vagues et ont fini par céder.
- ✓ Entre 2012 et 2015, les autorités ont mis en place le projet « Fonds d'adaptation ». Ce projet concerne les sites de Saly Portudal, de Joal et de Rufisque (Thiawllène). Le projet fond d'adaptation a permis la construction d'un mur de soutènement à Saly pour faire obstacle à l'avancée de la mer. Ce projet a permis de sécuriser les infrastructures qui existaient sur les plages de Saly comme la zone de transformation des produits halieutiques à Saly Coulang. Par l'entremise de ce projet, la zone de transformation a été réhabilitée (878 m²), le hangar construit, les claies de séchage réfectionnées, des toilettes fonctionnelles construites et des éclairages solaires installés. Ce projet, à l'image du premier projet n'a pas pu aussi résister aux assauts répétés de la mer et est voué aussi à l'échec, car, entre-temps, l'érosion côtière a causé la destruction de plusieurs constructions (infrastructures et habitats).

En définitif, les deux premiers projets collectifs pour la protection du littoral de la première station balnéaire du Sénégal ont été inefficaces pour lutter contre l'érosion côtière.

- ✓ En partenariat avec la banque mondiale, le gouvernement du Sénégal a initié le projet de croissance et de développement des exportations dont l'objectif principal est de promouvoir l'exportation, de permettre aux PME d'avoir accès aux marchés d'exportations, de soutenir le développement du tourisme et d'améliorer l'environnement des affaires. L'un des objectifs spécifiques de ce projet est la redynamisation du tourisme balnéaire de la station de Saly en passant par une restauration et une protection de ses plages sur une longueur de 4,5 km. Pour cela, différentes actions ont été menées selon l'évolution du trait de côte et le secteur concerné. Il s'agit, entre autres, des opérations de dragages, de remblaiements et de rééquilibrages des plages. Le projet a aussi permis la construction des ouvrages de

fixation et de protection des plages comme les épis et brises lames immergées et émergées sur le long des plages de Saly NiakhNiakhal et Saly Coulang (photo 8).



Photo 8:stratégies d’adaptation collectives (Brises Lames) à la station balnéaire de Saly
(Source : Yade, Février 2022).

Selon la population, ces nouvelles stratégies de protection (dragages, remblaiement, construction d’épis et de brises lame) sont efficaces. En effet, 58 % des personnes interrogées les jugent satisfaisantes, 30 % moins satisfaisantes et 9 % très satisfaisantes (fig. 24). Ces nouvelles stratégies ont permis la récupération d’environ 50 m sur les plages de Saly et leur stabilisation. Cette récupération a permis leur exploitation et la redynamisation en même temps du tourisme balnéaire qui a été fragilisé par l’érosion côtière par les pertes de plages et la destruction des plusieurs hôtels. Elle a permis alors la création d’emplois et le développement

des autres activités économiques (pêche, commerce, artisanat, restauration, etc.) sur le littoral. Cependant, la durabilité de ces ouvrages de protection (40 à 50 ans environ) suscite des incertitudes sur l'avenir de la station balnéaire et des habitations.

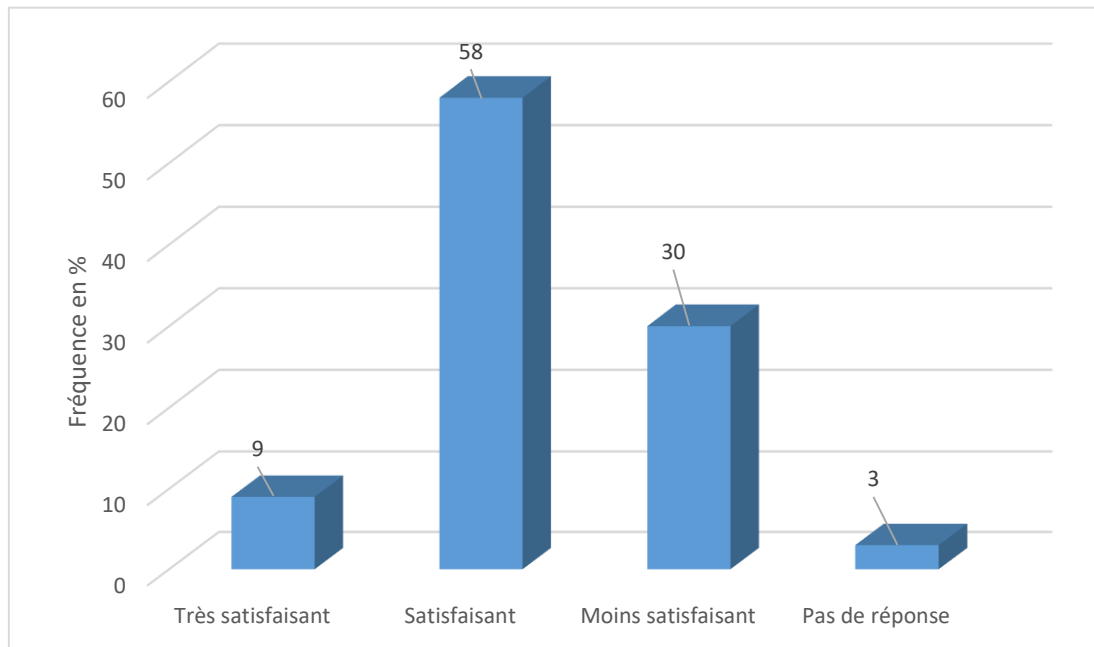


Figure 25: Evaluation des stratégies d'adaptation faites à travers le partenariat par la population (données d'enquêtes, 2022).

Toutefois, dans les quartiers qui ne sont pas concernés par le projet comme les quartiers de Golf et Grand Mbour, les populations craignent un transfert de risques. Elles estiment que depuis la construction de ces nouveaux ouvrages à Saly, l'érosion s'intensifie de plus en plus dans leurs secteurs.

VII.3. Perspectives pour une gestion durable du littoral de la Petite-Côte

L'étude de la dynamique du littoral de la Petite-Côte nous a permis d'identifier les différentes causes de l'érosion côtière sur cette côte. Ces causes sont à la fois naturelles et anthropiques dont certaines sont réversibles. Cette étude nous a permis de mieux comprendre le fonctionnement de ce littoral et les facteurs responsables de sa dynamique. La Petite-Côte sénégalaise, siège de la plus grande station balnéaire du Sénégal est en érosion. Donc, l'activité touristique, ainsi que toutes les autres activités qui dépendent de la bonne marche du tourisme (commerce, artisanat, exploitation et commercialisation des produits de la mer, etc.) sont menacées de disparition. C'est dans cette optique nous proposons des perspectives de gestion

pour une exploitation durable de ce littoral qui est riche, mais trop fragile face à l'érosion côtière.

La gouvernance du littoral de la Petite-Côte doit être faite en tenant en compte d'abord des facteurs responsables de sa dynamique. La compréhension de ces facteurs par les décideurs leur permettra de mettre en place des politiques de gestion durables des zones côtières. Pour une gestion durable du littoral de la Petite-Côte, des interventions techniques, des institutions juridiques de gestion du littoral et des planifications, etc., s'imposent.

Dans le cadre d'une gestion durable, les décideurs doivent d'abord impliquer et sensibiliser tous les acteurs. Cette implication des acteurs facilitera la cogestion pour une exploitation durable des zones côtières. Car elle permettra d'engager la responsabilité individuelle et collective de tous les concernés pour une bonne gestion du littoral. De même, ils doivent faire des aménagements qui s'adaptent à la nouvelle dynamique du littoral et lutter contre l'occupation anarchique des plages. Dans le cadre des institutions juridiques, ils doivent établir des règles qui veillent à la fois sur l'occupation, les modes de construction et d'exploitation du littoral. Ceci doit être accompagné d'un suivi pour veiller au respect des normes qui régissent l'exploitation, l'occupation ou la construction sur le littoral. Le domaine public maritime est constamment agressé sur la Petite-Côte et plus particulièrement dans le site de Saly, siège de la station balnéaire et de plusieurs autres activités économiques. Les autorités doivent respecter et faire respecter ce domaine (de 100 m entre la mer et le continent) qui pourra, au-delà de contenir des infrastructures de défense (digues, mur de protection, épis, brises lames ou même faire le reboisement, etc.), permettre de sécuriser les infrastructures et les habitations contre l'avancée de la mer. Il faut ainsi installer un système de surveillance de la dynamique du littoral par l'entremise des systèmes d'information géographique et/ou par télédétection par exemple pour bien suivre son évolution et anticiper les éventuels dégâts que l'avancée de la mer pourrait entraîner. Cette surveillance permettra aux décideurs de prévenir les catastrophes causées par l'érosion côtière et de planifier des stratégies d'adaptation.

Cependant, dans l'immédiat, il faut des interventions techniques pour stopper l'avancée sans cesse de la mer sur le continent. Pour cela, il faut élargir les ouvrages de protection comme ceux qui sont faits à Saly et en même temps essayer de les adapter à la nouvelle dynamique du littoral pour atténuer le transfert de risques sur les plages environnantes. Donc, vu que le problème de l'érosion côtière est un phénomène mondial, il faut agir de façon globale tout en tenant compte

des réalités de chaque région et de chaque littoral c'est-à-dire à toutes les échelles : de l'échelle locale à celle globale.

Conclusion

Ce chapitre a permis de faire l'analyse des stratégies de protection mise en place. Elles sont de nature diverse, d'une part, des stratégies individuelles et d'autres part des stratégies collectives. Ces stratégies sont à la fois structurales et non structurales. Cependant, la plupart des stratégies non structurelles sont faites de façon individuelle. Ainsi, ce chapitre nous a permis de faire l'évaluation de l'efficacité de stratégies. Les stratégies individuelles et non structurales sont inefficaces, de même que certaines stratégies collectives et structurales à l'instar des murs de protection et des enrochements faits à Saly. Au regard des résultats mitigés des stratégies mises en place, quelques perspectives de cogestion avec tous les acteurs, des solutions techniques et de prévention sont dégagées dans cette étude.

Chapitre VIII : Stratégies d'adaptation et de résilience face à la variabilité climatique

Le climat a toujours connu des variations selon les époques et les milieux. Cependant, durant ces dernières décennies, on note une accélération du processus. Cette accélération de la variabilité climatique a beaucoup impacté sur l'environnement et la vie sociale. Ce chapitre traite des manifestations et des impacts de la variabilité climatique sur les littoraux et les stratégies de résilience pour atténuer les effets de cette variabilité climatique.

VIII.1. Manifestations et impacts de la variabilité climatique sur la Petite-Côte

Beaucoup de scientifiques et d'organisations se sont lancés dans la recherche pour déterminer les causes et trouver des solutions à ce phénomène. Selon le GIEC (2007, 4^{ème} rapport), 90% des causes du changement climatique observé depuis 1950 sont dues aux activités humaines. Le réchauffement climatique observé depuis 1950 est sans précédent. De même, dans son rapport de 2014, le GIEC confirme avec un degré de confiance élevé (95%) que l'homme est la première cause du réchauffement actuel de la planète depuis 1950. En effet, l'année 1950 correspond à l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère par les activités humaines. Cette augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère modifie l'équilibre écologique de la planète. Dans son 5^{ème} rapport de 2013, le GIEC affirme que ce réchauffement est constaté à la lecture des données atmosphériques et océanographiques relevées. Ainsi, elle est observable dans les modifications du cycle global de l'eau, dans la réduction des couvertures neigeuses et glaciaires ou encore dans l'observation des certains événements climatiques extrêmes. Le CCNUCC (1992) affirme que le changement climatique est directement ou indirectement lié aux activités humaines.

Le réchauffement climatique avec tous ces corollaires démontrés dans le 5^{ème} rapport de 2013 du GIEC est une cause directe de l'élévation du niveau marin. L'élévation du niveau de la mer est directement liée au réchauffement climatique à travers la dilatation de l'eau et la fonte des glaces polaires, inlandsis, des calottes, des glaciers et des permafrosts, qui augmente la part de l'eau liquide dans le bilan global de l'eau de la planète. Avec le réchauffement climatique qui ne cesse d'augmenter, le niveau moyen mondial des mers continuera de s'élever au cours du XXI^e siècle et de façon probablement plus rapide par rapport à la période 1971-2010. Le RCP8,5(2013), pessimiste, prévoit une augmentation de 0,45 à 0,82 m au niveau mondial. Selon ces projections, près de 70% des littoraux du monde vont connaître un changement du niveau des mers proches de l'élévation moyenne à plus ou moins 20%.

Dans les côtes sénégalaises, les prévisions laissent croire qu'on aura une augmentation de 2 à 5 fois plus que les taux d'élévation actuels. Ainsi, il prévoit une augmentation du niveau de la mer de 1 m d'ici 2100 (GFDRR,2011). Dans les zones où nous avons fait nos enquêtes, 95% des enquêtés pensent que le niveau de la mer a augmenté (fig. 26). Cependant, il faut préciser qu'ils n'en ont pas la certitude.

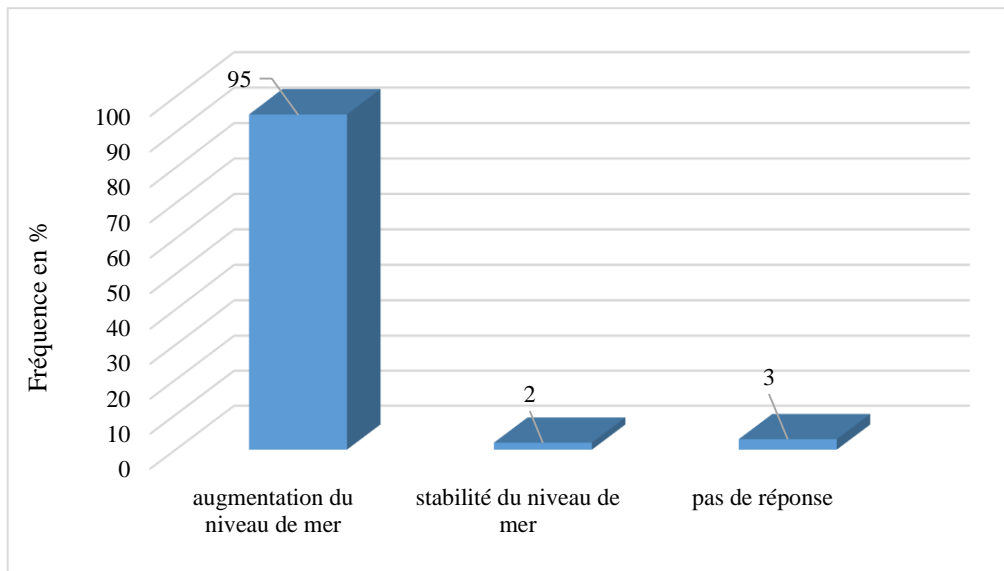


Figure 26: Perception de la population sur l'élévation du niveau de la mer (données d'enquêtes, 2022).

Le réchauffement climatique est une des causes directes de l'accélération de l'érosion côtière. Car, le réchauffement climatique entraîne l'élévation du niveau des mers, qui à son tour contribue largement à l'intensification de l'érosion des côtes. Selon Paskoff (2001), le phénomène de changement climatique est largement lié avec le processus d'érosion en ce sens qu'il résulte d'une forte émission de gaz à effet de serre dans l'atmosphère terrestre à la suite d'une importante industrialisation du monde actuel, mais également une destruction massive du couvert végétal et une perturbation de l'activité photosynthétique. Le GIEC confirme dans son 2^{ème} rapport de 2007 que l'érosion généralisée due aux changements climatiques est l'un des plus graves problèmes environnementaux auxquels la planète est confrontée. Le réchauffement climatique influence aussi bien l'élévation du niveau de mer que la variation du trait de côte. La fonte des glaciers, des calottes glaciaires et la dilatation des océans qui sont des impacts de l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère contribuent à l'augmentation du niveau de mer qui à son tour entraîne l'accélération de l'érosion côtière. Selon Belzile et al. (2008) l'accélération du recul des côtes est due en grande partie aux changements climatiques. Dans son rapport de 2018, l'UNESCO estime que les côtes

sénégalaises sont vulnérables à l'accélération de l'érosion côtière et cette vulnérabilité à l'accélération de l'érosion côtière est en grande partie due à des phénomènes de changement climatique. Dans l'ensemble des côtes sénégalaise, Dennis et al. (1995) estiment une réduction de -55 km² des plages suite à une recrudescence des phénomènes de l'érosion côtière d'ici 2100. La Petite-Côte sénégalaise est soumise aux effets du changement climatique et connaît depuis un certain temps une accélération du recul de ses côtes. Donc on peut dire que la Petite-Côte sénégalaise à l'instar des côtes à l'échelle mondiale est vulnérable aux changements globaux et cette vulnérabilité se traduit par une accélération de l'érosion côtière depuis quelques décennies.

VIII.2. Stratégies mise en place

Les effets du changement climatique se font ressentir sur toutes les côtes du monde. L'élévation du niveau de la mer, une conséquence directe de la variabilité climatique, est l'une des causes de l'accélération de la dégradation des côtes. Étant donné que le problème du changement climatique est un phénomène mondial, des solutions devront être cherchées au niveau global en intégrant toutes les échelles. Car il serait impossible de trouver des solutions régionales ou locales pour éradiquer ce problème.

Dans notre zone d'étude 98% des enquêtées sont conscientes des effets du changement climatique, mais ils n'ont pas envisagé des stratégies d'adaptation car déclarent-ils que c'est un phénomène naturel : « le phénomène du changement climatique est réel, cependant c'est phénomène naturel et on ne peut rien faire pour le changer ; tout ce qu'on peut faire c'est de s'en remettre en DIEU » déclarent-ils. Donc on peut en déduire que la population locale n'entame aucune stratégie de lutte contre le changement climatique.

En revanche, le gouvernement du Sénégal, les institutions régionales et internationales ont proposé différentes stratégies de résilience contre le changement climatique et en particulier dans les zones côtières.

VIII.2.1. Stratégies d'adaptation et de résilience mise en place par le gouvernement du Sénégal

Dans ce contexte de changement climatique où toutes les côtes sénégalaises sont affectées par l'érosion côtière qui ne cesse de s'accélérer, des mesures d'adaptation deviennent plus que jamais nécessaires. C'est ainsi que le gouvernement du Sénégal dans son plan d'action national pour l'adaptation au changement climatique élaboré en 2006 a proposé différentes stratégies

d'adaptation à la variabilité climatique, parmi lesquelles celles qui concernent les zones côtières. Dans ce document, quatre options ont été prises pour lutter contre les effets du changement climatique dans les zones côtières. Il s'agit des options d'ordre techniques, des options en matière de gestion des ressources naturelles, des options légales et institutionnelles et enfin des options de renforcement de capacité des acteurs.

- ✓ Les options d'ordre techniques : Dans ces options, tout le littoral sénégalais est pris en compte en variant les stratégies selon les secteurs. Dans le secteur Nord du Sénégal, les stratégies prises par le gouvernement sont les suivantes : ouvrages de types épis, fixation des dunes des flèches littorales et la récupération des sols salés. Dans le littoral de la Grande-Côte d'autres types de stratégies ont été mis en place : ouvrages de types brises lames, ouvrages de types épis, murs de protection, fixation et stabilisation des dunes et la lutte contre l'extraction frauduleuse du sable. Enfin, dans la zone Sud du pays la récupération des sols salés est la stratégie mise en évidence.
- ✓ En matière de gestion des ressources naturelles, l'option principale est la gestion intégrée des zones côtières en vue de protéger les écosystèmes et les espèces fragiles, comme les mangroves et les Niayes par exemple.
- ✓ En ce qui concerne les options légales et institutionnelles, on peut noter :
 - la redéfinition de la notion du domaine public maritime, de son extension et des activités qui y sont autorisées ;
 - l'application des règlements de protection du littoral en vigueur et leurs renforcements : les mesures contre le prélèvement de sable, celles relatives à l'occupation du domaine public maritime, à l'attribution des permis de construire et aux études d'impacts, tout en intégrant les questions du changement climatique ;
 - une loi du littoral ;
 - la réalisation de plans directeurs des villes côtières, afin de définir le plan d'occupation des sols, en tenant compte de l'évolution des zones côtières ;
 - créer une structure institutionnelle chargée du suivi des zones côtières, etc.
- ✓ En ce qui concerne le renforcement des capacités, il faut informer, sensibiliser, impliquer tous les acteurs concernés dans la gestion des zones côtières.

La question du changement climatique est bien intégrée dans le nouveau plan de développement (Le Plan Sénégal Emergent). Cette question est d'une importance capitale pour assurer un développement durable. Car les effets du changement climatique se font ressentir dans tous les

secteurs de développement. Dans le secteur de l'environnement, le Sénégal s'est engagé à intégrer les principes du développement durable dans ses politiques publiques nationales et à inverser les tendances notées par rapport à la déperdition des ressources environnementales. Pour cela, le Sénégal poursuit cinq objectifs dans le PSE à savoir : améliorer la base de connaissance de l'environnement et des ressources naturelles, intensifier la lutte contre la dégradation de l'environnement et des ressources naturelles dans le respect des conventions y afférentes, renforcer les capacités institutionnelles et techniques des acteurs dans la mise en œuvre des actions de conservation de l'environnement et des ressources naturelles, encourager la valorisation des ressources naturelles à l'instar des initiatives en cours dans la réserve de Bandia à Mbour et de Fatale dans le Saloum, et enfin préserver les réserves de la biosphère (parcs et réserves naturelles), promouvoir une économie verte et capter des financements pour les emplois verts.

VIII.2.2. Perspectives pour lutter contre le réchauffement climatique

Ailleurs, d'autres stratégies de lutte contre le changement climatique ont été entreprises par les grandes institutions régionales (la banque africaine de développement par exemple) et internationales (la banque mondiale) et des organisations intergouvernementales (le GIEC) et d'autres organismes. Il faut d'abord lutter contre l'augmentation des gaz à effet de serre émis dans l'atmosphère, qui est la principale cause du réchauffement climatique selon plusieurs organismes comme le GIEC, le CCNUCC, etc. Dans ce cadre, beaucoup de perspectives pour un développement durable de la planète ont été proposées avec le G20 par exemple qui prône une réduction de la pollution de l'atmosphère par les grandes entreprises industrielles dans les accords de Paris (COP 21,2015) : diminution de la pollution atmosphérique à travers le principe de pollueur-payeur.

Dans les zones côtières, il est nécessaire d'impliquer la population côtière dans ce combat. Weissenberger et Chouinard (2015) pense que la question de joindre toutes ces communautés dans ce combat se pose à deux niveaux : d'une part, au niveau géographique et technique, c'est-à-dire le moyen de communication approprié pour rejoindre la multitude de communautés côtières. Et d'autre part, la question du contenu, c'est-à-dire comment les connaissances des études de cas peuvent être convoyées de manière utile et compréhensible au communautés côtières. Pour Chouinard et al (2015), l'approche d'outils simples, mais efficaces comme le « mapping » ou des outils plus complexes comme la cartographie des zones d'inondations en fonction des scénarios d'augmentation du niveau de la mer permet aux communautés

d'atteindre plus d'autonomie dans la planification de l'adaptation. Dans les zones côtières, il est nécessaire d'élaborer des documents de planification de prévention contre les éventuels risques à court et à long terme de l'élévation du niveau de la mer causée par le changement climatique. Pour une bonne adaptation aux changements climatiques dans les zones côtières, il faut : avoir une modélisation climatique, faire une étude d'impact, un diagnostic de vulnérabilité et évaluer les risques qui traversent ces zones. Il faut également chercher des moyens financiers et techniques pour faire face à ces risques.

Dans le cadre général, pour lutter contre le changement climatique on peut privilégier les énergies renouvelables pour diminuer l'usage du carbone qui amplifie la libération des gaz à effet de serre dans l'atmosphère selon la Banque africaine de développement dans son programme « Les solutions pour le changement climatique : réponse de la Banque africaine de développement aux impacts en Afrique ». Dans le secteur agricole, la culture bio serait l'idéale selon la BAD. Ainsi, il faut protéger les écosystèmes contre la coupe abusive de bois pour assurer la séquestration du carbone afin de diminuer sa diffusion dans l'atmosphère. Pour cela, il faut un financement (fonds vert) pour une réhabilitation des écosystèmes dégradés. Pour le GIEC, la réponse qui aurait des effets immédiats sur l'atténuation des impacts de la variabilité climatique serait la conservation de la biodiversité comme les écosystèmes riches en carbone, les forêts, les mangroves, les zones humides et les pâtures extensives, etc. En revanche, les solutions qui auraient des effets dans le temps seraient le boisement et le reboisement, la restauration des écosystèmes riches en carbone, l'agroforesterie et la remise en état des sols dégradés (avec un degré de confiance élevé).

Conclusion

En définitive, le réchauffement climatique qui s'est accéléré depuis les années 50 à cause de l'augmentation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère par les activités humaines a des conséquences directes sur la biodiversité des zones côtières. En effet, le réchauffement climatique entraîne l'élévation du niveau de la mer à travers la fonte des glaciers, des calottes glaciaires, etc. Cette élévation du niveau de la mer augmente la vulnérabilité des zones côtières et intensifie l'érosion de ces dernières. Pour lutter contre cela, différentes propositions ont été faites par des gouvernements (comme celui du Sénégal dans le PSE), des organisations nationales, régionales (BAD) et internationales (GIEC, BM) pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et la conservation de la biodiversité, etc.

Conclusion de la partie 3

En résumé, dans cette partie, nous avons d'abord identifié et évalué les différentes stratégies de lutte contre l'érosion côtière mise en place. Ainsi, on constate une diversité des stratégies de lutttes (individuelles et collectives ; structurales et non structurales) et dont l'efficacité est toujours remise en question. En ce qui concerne le changement climatique, les causes sont pratiquement anthropiques selon les différents acteurs et leurs conséquences se sont ressenties partout dans le monde. C'est ce qui explique la mise en place des différents programmes de lutte contre ce changement climatique.

Conclusion générale

Siège de la première station balnéaire du Sénégal, la Petite-Côte sénégalaise, à l'image des côtes du monde, est très convoitée. Cependant, elle est vulnérable de par sa position géographique et sa morphologie. Les facteurs à l'origine du phénomène de l'érosion côtière sont naturels et anthropiques.

Les facteurs naturels qui sont à l'origine de la dynamique du littoral de la Petite-Côte sénégalaise sont multiples : l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des agents hydrodynamiques (houles, courants marins, vents, etc.), l'élévation du niveau de la mer, le déficit sédimentaire et la faible topographie. En plus de ces facteurs naturels, le phénomène de l'érosion côtière est accentué par les interventions de l'homme (prélèvement de sable, occupation anarchique et des constructions perpendiculaires à la côte, la fermeture de la lagune de Somone et le transfert de risque) sur le fonctionnement naturel du littoral.

La cartographie de la cinématique du trait de côte de 1979 à 2022 a permis de suivre la dynamique du littoral de la Petite-Côte. Durant ces 43 ans, deux principaux phénomènes sont constatés à savoir un recul et une pro-gradation de la côte. Entre 1979 et 1989, le taux de recul est de 4,47 m/an en moyenne et celui d'accrétion est de 2,80 m/an en moyenne. Entre 1989 et 2003, les taux de recul et d'accrétion ont connu des baisses car étant respectivement égaux à 0,86 et 1,24 m/an. Pendant la période 2003-2011, les taux de recul et d'accrétion sont respectivement de 1,74 et 1,72 m/an en moyenne. Entre 2011 et 2019, on constate que le taux d'accrétion (2,50 m/an en moyenne) est supérieur au taux de recul (1,67 m/an en moyenne). Cependant, cette période est caractérisée par un bilan globalement négatif, car on note un recul qui concerne 356 transects contre une accrétion qui concerne seulement 103 transects. La période 2019-2022 qui correspond à l'installation des infrastructures de protection est globalement caractérisée par un bilan positif avec un gain de 35,75 m avec un taux de pro-gradation de 9,38 m/an en moyenne et une perte de plage de 12,96 m avec un taux de recul de 4,32 m/an en moyenne.

La cinématique, par l'entremise de la cartographie, a permis de déterminer l'évolution du trait de côte durant les 43 ans et révèle une tendance globalement érosive sur la Petite-Côte sénégalaise.

Cette dynamique régressive du littoral de la Petite-Côte impacte négativement sur la biodiversité et sur les conditions de vie de la population. Ses impacts se traduisent par une perte de plages : globalement, on constate un changement de sa morphologie. Le recul du trait de côte a entraîné la destruction de plusieurs infrastructures touristiques (hôtels, boutiques artisanales, etc.) et des habitations, occasionnant le déplacement de la population. Ces impacts affectent aussi les activités socio-économiques comme le tourisme, le commerce, la pêche (destruction du quai de pêche), l'artisanat, etc.

Face aux impacts de l'érosion côtière sur l'environnement et sur la société, la population locale, les autorités locales et centrales ont entamé différentes stratégies de lutte. Les stratégies sont individuelles et collectives, structurales et non structurales. Cependant, les stratégies individuelles non structurelles sont inefficaces, tout comme certaines stratégies collectives et structurelles. L'inefficacité de ces stratégies s'explique par un manque de moyens techniques et financiers, surtout pour la population locale. Par contre, le partenariat avec la banque mondiale a permis de mettre en œuvre des ouvrages de protection solides et efficaces. Il s'agit du projet de croissance et de développement des exportations qui a permis la redynamisation du tourisme balnéaire de la station de Saly Portudal en passant par une restauration et une protection de ses plages sur une longueur de 4,5 km. Ce projet a permis de mettre en place des opérations de dragages, de remblaiements et de rééquilibrages des plages, ainsi que la construction des ouvrages de fixation et de protection des plages comme les épis et brises lames immergées et émergées sur le long des plages de Saly NiakhNiakh et Saly Coulang.

Toutefois, il est important de s'interroger sur la durabilité de ces infrastructures et de leurs impacts sur les zones côtières environnantes en particulier et du monde en général. Ainsi, avec les changements globaux, il est nécessaire que les autorités mettent en œuvre des stratégies de lutte inclusives.

Au regard de l'importance des activités socio-économiques (Tourisme, pêche, agriculture, saliculture, etc.) qui se déroulent sur le long du littoral de la Petite-Côte sénégalaise (de la Presqu'île du Cap-Vert au Delta du Saloum), d'une potentielle exploitation des ressources hydrocarbures et de sa vulnérabilité face à l'érosion côtière et aux changements climatiques, un document de planification des aménagements adaptés et de prévention des risques pour toute la Petite-Côte ne devrait-il pas être élaboré afin d'assurer une exploitation durable de ses ressources ? Cependant, ce document devrait prendre en compte les spécificités de chaque secteur le long de ce littoral.

Références bibliographiques

Abdelhamid B., 2010. Impact des structures hydrauliques sur l'érosion littoral en côte nord. Etude de cas précis : cas de Sept-Îles. Mémoire de Maîtrise, Université Montréal de Québec, 144p ;

Adjoussi P., 2001. Impacts du prélèvement de sable marin sur l'évolution du trait de côte à Yoff : Essai d'étude de vulnérabilité (Presqu'île du Cap Vert). Mémoire de DEA. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 72p.

AKADJE A.M.L.M.C., 2010. Analyse de la cinématique du trait de côte du Port-Ouuet à l'aide du couplage télédétection et SIG (Côte d'Ivoire), DEA, Université de Cocody-Abidjan, 42 p.

Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie. (2013), RGPHAE, 2013

Agence Nationale de la Statistique et de la démographie. (2019). Situation économique du Sénégal en 2018 (édition 2018). Repéré à <http://www.ansd.sn>

Agence Nationale de la Statistique et de la démographie. (2020). Situation économique du Sénégal en 2019 (édition 2019). Repéré à <http://www.ansd.sn>

Banque africaine de développement. (2012). Les solutions pour le changement climatique : la réponse de la banque africaine de développement aux impacts en Afrique, 48p. Repéré à <http://www.afdb.org>

Banque mondiale. (2007). ACC tourisme côtier Sénégal, 2017. Etude d'évaluation des impacts du changement climatique sur des zones côtières d'aménagement touristique au Sénégal et stratégies d'adaptation et de résilience. Rapport phase 1. Version 1.

Barry M., 2017 : Érosion côtière et impacts dans la commune de Kaffountine (Basse Casamance), mémoire de master, Université Assane Seck de Ziguinchor, 123p ;

Béatrice Quenault., 2013. Sur le champs/Sur le Terrain, politique et pratique de résilience : Retour critique sur la mobilisation du concept de résilience en lien avec l'adaptation des systèmes urbains au changement climatique. OpenEdition Journal, N°24. Repéré à : <http://doi.org/10.4000/echogeo.13403>.

Chouinard O, Weissenberger S et Lane D.,2015. L'adaptation au changement climatique en zone côtière selon l'approche communautaire : étude de cas de projets de recherche-action participative au Nouveau-Brunswick (Canada), Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, hors-série 23. Repéré à <https://vertigo.revues.org/16642>.

Doi : 10.4000/vertigo.16642

Belzile, 2008. Comprendre l'érosion côtière, rapport atelier de formation et d'échange. Saint-Siméon. Rapport final, 64p.

BOUDJERA A., 2010. Impact des structures hydrauliques sur l'érosion littoral en côte Nord : Etude de cas précis : CAS DE SEPT-ÎLES. Mémoire de maîtrise en géographie. Université de Québec à Montréal, 137 p.

BRUNET R, RERRAS (R) et THERY (H), 2005 : Les mots de la géographie : dictionnaire critique, Reclus-la documentation française, 518 pages.

Centre de Suivi Écologique (C.S.E.), (2004). Étude et cartographie du phénomène de l'érosion côtière dans la zone de Saly Portudal. Rapport final. Dakar, 28p.

Chambers R., 1989. Editorial Introduction: Vulnerability, Coping and Policy. IDS bulletin 20 2:1-7. Doi: 10.1111/j.1759-5436.1989.mp20002001.x

Ciss G.,1983. Le développement touristique de la Petite-Côte sénégalaise. Thèse de troisième cycle. Institut de géographie et d'étude régionales. Université de Bordeaux II, 202p.

COP 21. (2015). La conférence internationale sur le climat : L'accord de Paris.

Dabo B.,2006. Érosion côtière au Sénégal : l'exemple de Mbour. Thèse de Doctorat. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 150 p

DIATTA L.S., 2020. Impacts de la dynamique du littoral entre Cabrousse et Boudiediette (commune de Diémbéring) en Basse Casamance. Mémoire en géographie. Université Assane Seck de Ziguinchor, 119 p.

Dennis K C, Niang-Diop I, Nicholls R J., 1995. Sea-level rise in Senegal: Potential impacts and consequences. J. Coastal Res., Fort Lauderdale (Flo), Nicholls R J, Leatherman S P (eds) "the potential impacts of accelerated sea-level rise on developing countries", Sp. Issue 14.

D'Ercole R., 1996. De l'évaluation à la gestion des risques : la vulnérabilité en question. Pangea (Revue de CIFEG, Orléans), N° 25. p.5-12.

Descroix. L., Djiba, S., Sané, T., Tarchiani, V. (2015). Eaux et sociétés face au changement climatique dans le bassin de la Casamance. L'Harmattan. 16p

Diadihou Y B, 2010. Vulnérabilité du littoral de Palmarin (Petite-Côte, Sénégal) au changement climatique. Mémoire de Master de géographie. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 21p

Diop S, 1990. La côte ouest-africaine, du Saloum (Sénégal) à la Mellacorée (République de Guinée). Paris : ORSTOM, 1990, 366p.

Diouf S., (2015). Evolution morpho sédimentaire du littoral de Saly Portudal dans un contexte d'installation de brise-lames. Mémoire de Master. Géologie Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 65p. EMMANUEL B., 2017 : Etude des dynamiques du trait de côte de la région Bretagne à différentes échelles spatio-temporelles. Thèse de Doctorat en géographie. Université de Bretagne Occidentale-Brest, 320 p.

Elouard P., (1967). Le quaternaire de la région de Mbour (Sénégal). Livret et guide, excursion sur la Petite-Côte. 21-33 p.

Fall C B., 2012. L'érosion côtière du littoral mbourais : facteurs et impacts sur les activités socio-économiques ; Mémoire de master, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 71p ;

Faye I. (2010). Suivi des phénomènes et d'accumulation sur le littoral de Mbour à la pointe de Sarène de 1954 à 2007. Présentation, Programme Régional de Lutte contre l'Érosion Côtière, Sénégal, 22p. Repéré à <http://www.coastalmanagement.online/>

Faye G, 1993. Les impacts des activités économiques sur la dynamique du littoral de la Petite-Côte, de la Baie de Hann à Joal au Sénégal, RGLL, N°08, 12p

Faye G., 1993. L'érosion côtière sur le littoral Sud du Cap-Vert à L'embouchure du Saloum. Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 278p.

FAYE I.N., 2010. Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie à la Guinée-Bissau (Afrique de l'Ouest) : approches régionale et locale par photo-interprétation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes. Thèse de Doctorat en Géographie. Université de Bretagne Occidentale. (Volume 1) 321p.

GEORGE P, et VERGER (F), 1970. Dictionnaire de la géographie, 9^{ème} édition mise à jour, 6, avenue Reille, 1970, 75014 Paris.

GEORGE P et VERGER F, 2013, Dictionnaire de Géographie ,4eme édition, Paris PUF, 478p ;

GEORGE P, 1990. Dictionnaire de géographie, 4eme édition, Presse Universitaire de France, 510p ;

GFDRR. (2011). Global facility for disaster reduction and recovery. Annual rapport 2011.

GIEC. (2007). Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II, III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC, Genève, Suisse, 103 p.

GIEC. (2013). Hausse du niveau de la mer liée au changement climatique : rapport de la 12^{ème} session du groupe des experts du GIEC. GIEC, (2019). Le changement climatique, la désertification, la dégradation des sols, la gestion durable des terres, la sécurité alimentaire et les flux de gaz à effet de serre dans les écosystèmes terrestres. Repéré à <http://www.ipcc.ch>.

Hervé Gumuchian et Claude Marois.,2000. Les méthodes d'échantillonnage et de détermination de la taille de l'échantillon. Dans Presses de l'Université de Montréal. Repéré à URL : <http://books.openedition.org/pum/docannexe/image/14800/img-2.jpg>.

HIMMELSTONES E A., KRATZMANN M G., THIELER E R., 2017. National assessment of shoreline change Summary statistics for updated vector shoreline and associated shoreline change data for the Gulf of Mexico and Southeast coasts: U.S Geological Survey Open-File Report 2017-1015,8p., <http://doi.org/10.3133/ofr20171015>

IBE ET QUELENNEC R E., 1989. « Methology for assessment and control of coastal erosion in West and Central Africa », UNEP regional Seas Reports and Studies, Nairobi, N° 107, 107 p.

JUIGNER M., 2012 : Méthodologie pour l'analyse diachronique du trait de coté de l'observation du littoral des pays de Monts (Vendée). Mémoire de Master 2. Institut de géographie et d'aménagement régional de l'université de Nantes. <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1432295> Le Petit Larousse Illustré, Larousse/VUEF 2003, Paris Cedix 06. Montparnasse, 2004, 75583.

Martonne E De., 1909. Traité de la géographie physique. A. Colin, Paris, 910 p.

Ministère de l'Environnement et de la protection de la nature. (2006). Plan d'action national pour l'adaptation aux changements climatiques.

Morissette A., 2007. Evolution côtière haute résolution de la région de longue-riveforestville, côte nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, Québec. Mémoire de Master, Université du Québec, Rimouski, 195p.

Morduch J., 1994. Poverty and vulnerability. American Economic Review Papers and proceedings, 84, N°2, 221-225

Moser C., 1998. The Asset Vulnerability Framework: Re-assessing Ultra-Poverty Reduction Strategies. World Development Vol 1, N°26. 1-19.

NDIAYE DIA M., 2016. Dynamique, vulnérabilité socio-économique et gouvernance des littoraux de Saly Portudal et de Langue de Barbarie au Sénégal. Thèse de Doctorat. Université Gaston Berger de Saint-Louis, 342 p.

NGOM M.T., 2020. Problème de l'érosion côtière à Nianing, région de Thiès. Mémoire de Master de géographie. Université Assane Seck de Ziguinchor, 108 p

NIANG-DIOP I., 1995 L'érosion sur la Petite-Côte du Sénégal à partir de l'exemple de Rufisque. Passé - Présent - Futur. Thèse de Doctorat en Géologie Littoral. Université d'Angers. 477p.

Normes, 2001. Dictionnaire de l'Environnement. 3^{ème} édition. AFNOR. 262 p.

OBSERVATOIRE DU COTE AQUITAINE., 2016. Les risques côtiers. Repéré à <http://www.observatoire-cote-aquitaine.fr/>.

PARKER B, 2001. Where is the Shoreline? The answer is not simple as one might expect Hydro international, Vol 5, N°5, p.6 – 9.

PDTE, 2020. Plan local de gestion intégrée des zones côtières de Mbour. Plan local de gestion intégrée de la zone côtière. Livrable 2. Coly, A., Rapport multigraphié, 48 p.

PNUE., (1985). Méthodologie d'inventaire et de contrôle de l'érosion côtière dans la région de l'Afrique de l'Ouest et du Centre : Rapports et études des mers régionales (n° 107), 107p.

Sane T.,2017. Vulnérabilité et adaptabilité des systèmes agraires à la variabilité climatique et changements sociaux en basse Casamance (sud-ouest du Sénégal). Thèse de Doctorat de Géographie et Environnement. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 377p.

Service régional de la statistique et de la démographie de Thiès. (2007). Situation économique de la région de Thiès en 2006 (édition 2006). Repéré à <http://www.ansd.sn>

Service régional de la statistique et de la démographie de Thiès. (2021). Situation économique de la région de Thiès en 2019 (édition 2019). Repéré à <http://www.ansd.sn>

Sow A., 2020. Évolution morpho-sédimentaire des plages de la Petite-Côte : cas de la station balnéaire de Saly (Sénégal). Mémoire de Master, Université Assane Seck de Ziguinchor, 115p.

Sy M A A., 2013. Dynamiques sédimentaires et risques actuels dans la l'axe Saint-Louis-Gandiol, littoral du Nord du Sénégal. Thèse de Doctorat. Université Gaston Berger de Saint-Louis, 328p.

Thior M., 2020. Dynamique du littoral de la Casamance : caractéristiques morpho dynamiques, changements environnementaux et impacts socioéconomiques. Thèse de Doctorat. Université Assane Seck de Ziguinchor, 388p.

Thior et al, 2019., Érosion côtière et impacts socioéconomiques dans la commune de Diembéring en basse Casamance (Sénégal). Bulletin de l'IFAN Cheikh Anta Diop, Série B, Sciences Humaines, 21p.

Thior M.,2014. Impacts environnementaux et socio-économiques de l'érosion côtière dans la Commune Rurale de Diembéring (Basse Casamance). Mémoire de Master. Université Assane Seck de Ziguinchor, 132p.

Timmerman., 1989. Vulnerability, Resilience and the Collapse of society: A Review of Models and Possible Climatic Applications. Institute for environmental Studies, University of Toronto.

Tisseron S., 2009. La résilience. Que sais-je, Paris, PUF, 3^e édition.

Doi : 10.3917/puf.tisse.2017.02

Weissenberger S et Chouinard O (2015). Le rôle d'internet et des technologies de l'information et de la communication dans le partage de connaissance sur l'adaptation des communautés

côtières aux changements climatiques : retour sur l'expérience de création d'un contenu en ligne. Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, hors-série 23. Repéré à <https://vertigo.revues.org/16748>. Doi : 10.4000/vertigo.16748

Walker et al., 2004. Resilience, adaptability and transformability in socio-ecological systems. Ecology and society, Volume9, article n°2. Repéré à: <http://ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>

Webographie

Http://www.environnement.gouv.sn/article.php3?id_article=41

<Http://www.greenfacts.org/fr/dossiers/changement-climatique/>

<http://www.memoireonline.org>

<http://norois.revues.org/378>

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii>

<http://www.ansd.sn>

hypergéó.eu

<https://www.ecologie.gouv.fr/>

<https://www.historique-meteo.net/afrique/senegalgal>

Liste des illustrations

Table des cartes

Carte 1: Localisation de la zone d'étude	33
Cartes 2: Les types de sols de la zone d'étude	35
Cartes 3: Hydrologie du département de Mbour	40
Cartes 4: Modèle numérique de terrain du département de Mbour	53
Cartes 5: Occupation du sol de la partie littorale des communes de Mbour et Saly Portudal entre 1979 et 2022	58
Cartes 6: Evolution du trait de côte des communes de Saly Portudal et de Mbour entre 1979 et 1989	62
Cartes 7: Evolution du trait de côte des communes de Saly Portudal et de Mbour entre 1989 et 2003	64
Cartes 8: Evolution du trait de côte des communes de Saly Portudal et de Mbour entre 2003 et 2011	66
Cartes 9: Evolution du trait de côte des communes de Saly Portudal et de Mbour entre 2011 et 2019	68
Cartes 10: Evolution du trait de côte des communes de Saly Portudal et de Mbour entre 2019 et 2022	70
Cartes 11: Synthèse de l'évolution du trait de côte des communes de Saly Portudal et de Mbour de 1979 à 2022	72

Table des figures

Figure 1: Processus d'extraction d'une ligne de référence sur image Landsat (la ligne instantanée de rivage).....	23
Figure 2: Processus d'extraction d'une ligne de référence sur image Google Earth (la ligne instantanée de rivage).....	24
Figure 3: Les entités d'une géo-database personnalisée.	26
Figure 4: Représentation graphique des indices et transects.....	28
Figure 5: Synthèse de la méthodologie	30
Figure 6: Evolution de la pluviométrie à la station de Mbour de 1979 à 2021	36
Figure 7: Evolution de la température à la station de Mbour de 1979 à 2021	37

Figure 8: Répartition des secteurs d'activités dans les communes de Saly Portudal et Mbour (données enquêtes, 2022)	41
Figure 9: Existence de l'érosion côtière à Saly Portudal et à Mbour selon la population (données enquêtes, 2022).	46
Figure 10: L'intensité de l'avancée de la mer selon la population (données d'enquêtes, 2022)	47
Figure 11: Fréquence de l'avancée de la mer selon la population (données d'enquêtes, 2022).	47
Figure 12: Période pendant laquelle la mer avance de plus en plus selon la population (données d'enquêtes, 2022).	48
Figure 13: Nature des causes de l'érosion côtière selon la population (données enquêtes, 2022).	49
Figure 14: Les facteurs naturels de l'érosion côtière sur la petite-côte sénégalaise selon la population (données d'enquêtes, 2022).	49
Figure 15: Profil 1 se situant au Nord entre Somone et l'hôtel Lamantin (source : image Google earth, juin 2022).	54
Figure 16: Profil 2 se situant au milieu entre Saly et Mbour (source : image Google earth, juin 2022).	54
Figure 17: Profil 3 se situant au Sud de l'hôtel Club Safari (source : image Google earth, juin 2022).	54
Figure 18: Les facteurs anthropiques de l'érosion côtière sur la Petite-Côte sénégalaise selon la population (données d'enquêtes, 2022).	56
Figure 19: Evolution de l'occupation du sol de 1979 à 2022 (Données cartographiques : Yade, 2022).	59
Figure 20: Vitesse de l'avancée de la mer selon la population (données d'enquêtes, 2022) ..	75
Figure 21: Nature des impacts de l'érosion côtière sur la Petite-Côte sénégalaise, selon la population (données d'enquêtes, 2022).	75
Figure 22 : Nature des pertes socio-économiques causées par l'érosion côtière selon la population (données d'enquêtes, 2022).	77
Figure 23: Types d'adaptation à l'érosion côtière sur la Petite-Côte selon la population (données d'enquêtes, 2022).	83
Figure 24: Efficacité des stratégies individuelles selon la population (données d'enquêtes, 2022).	84

Figure 25: Evaluation des stratégies d’adaptation faites à travers le partenariat par la population (données d’enquêtes, 2022).....	87
Figure 26: Perception de la population sur l’élévation du niveau de la mer (données d’enquêtes, 2022).....	91

Table des tableaux

Tableau 1: Nombre de ménages enquêtés par quartier	17
Tableau 2: Données géo-spatiales utilisées.....	18
Tableau 3: Pourcentage des pentes sur les trois profils.....	55
Tableau 4: Synthèse de l’évolution moyenne du trait de côte entre 1979 et 2022	73

Table des Photos

Photo 1: Les différents types de lignes de référence sur Google earth (A). Les différents types de lignes de référence sur images Landsat (B).....	22
Photos 2: Ouvrages de protection sur les plages de Saly occasionnant le transfert de risque (Source : Yade, Février 2022).	60
Photos 3: Perte de plage à Golf (données image PressAfrik, 2018) (A) ; Perte de plage à Saly (données image Sénégal7, 2018) (B)	76
Photo 4: Destruction d’habitats à Golf (A) ; Destruction d’hôtels à Saly NiakhNiakh (B). (Source : Yade, Février 2022).	78
Photo 5: Destruction d’habitats à Saly Coulang (A) ; Destruction d’hôtels à Saly NiakhNiakh (B). (Source : Yade, Février 2022).....	79
photos 6 : érosion des plages de Saly Coulang et Saly NiakhNiakh (images Leral.net, 2018)	80
photos 7: :Stratégies d’adaptation individuelle à Saly, Enrochement (A) ; Stratégies d’adaptation individuelle à Golf, Sacs de sable (B) : (Source :Yade, Février 2022).....	84
photos 8: stratégies d’adaptations collectives (Brises Lames) à la station balnéaire de Saly (Source :Yade, Février 2022).	86

Annexes

Annexe 1 : Guide d'entretien adressé aux autorités locales

I. Identification

Nom :

Prénom :

Tel :

II. Érosion côtière

1°) Comment percevez-vous l'érosion côtière sur votre littoral ?

2°) Qu'est-ce qui est à l'origine de cette avancée de la mer ?

III. Impacts de l'érosion côtière sur la ville

3°) Quelles sont les conséquences socio-environnementales de l'érosion côtière ?

4°) Quels sont les impacts sur l'économie de la ville ?

IV. Les stratégies d'adaptation

5°) Quelles sont les stratégies que vous mettez en place pour stopper l'avancée de la mer ?

6°) Avez-vous des partenaires qui vous aident dans cette lutte ?

7°) Lesquels

8°) Quelle est la nature de ce partenariat ?

9°) comment appréciez-vous ce partenariat ?

10°) Comment jugez-vous l'efficacité et la durabilité de ces stratégies ?

Annexe 2 : Guide d'entretien adressé aux propriétaires d'hôtels

I. Identification

Nom :

Prénom :

Tel :

II. Erosion côtière

1°) Comment percevez-vous l'érosion côtière sur votre littoral ?

2°) Qu'est-ce qui est à l'origine de cette avancée de la mer ?

III. Impacts de l'érosion côtière sur l'hôtellerie

3°) Quelles sont les conséquences de l'érosion côtière sur votre secteur ?

4°) Quels sont les répercussions sur vos économies ?

IV. Les stratégies d'adaptation

5°) Quelles stratégies adaptez-vous pour lutter contre l'avancée de la mer ?

6°) Ces stratégies sont-elles efficaces et durables ?

7°) Avez-vous des partenaires ?

8°) Lesquels ?

9°) Quelle est la nature de ce partenariat ?

10°) Comment appréciez-vous ce partenariat ?

Annexe 3 : Questionnaire

**THEME : EROSION COTIERE ET ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE :
CAS DES COMMUNES DE MBOUR ET SALY PORTUDAL (la Petite-Côte sénégalaise)**

IDENTIFICATIONS :

REONDANT :

Quartier :

PRENOM :

NOM :

TEL :

ADRESSE :

PROFESSION :

Pêcheur commerçant fonctionnaire

Guide touristique Employé(e) d'hô Restauratrice

Transformatrice mareyeur ouvrier

Autres

AGE :

0-17 18-65 65 et plus

1°) Depuis quand habitez-vous dans ce quartier ?

-5 5-10 10-15 15-20 plus de 20 ans

QUESTIONS RELATIVES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET A L'EROSION COTIERE

2°) Connaissez-vous ce qu'on appelle changement climatique ?

Oui non

3°) Si oui, comment se manifestent-ils ?

Inondation vague de chaleur hausses des températures

Sècheresse hausse du niveau de la mer

Autres

4°) Comment appréciez-vous la température durant ces 30 dernières années ?

Plus chaude Moins chaude constante Pas d'observation

5°) Comment appréciez-vous les précipitations durant ces dernières années ?

Augmentation diminution constantes pas d'observation

6°) Connaissez-vous le littoral ?

Oui non

7°) comment appréciez-vous le niveau de la mer ?

Elévation Stable Baisse Pas d'observation

8°) Est-ce que vous avez remarqué une avancée de la mer ?

Oui Non Pas de réponse

9°) si oui depuis quand ?

2 ans 5 ans 10 ans 15 ans 20 ans +20 ans

10°) Combien de mètres par an ?

0.5 à 1m 1 à 2 2 à 3m 3 et plus

11°) Et quels sont les éléments qui vous permet de dire qu'il y'a une avancée ?

.....
.....

12°) L'intensité de l'avancé de la mer

Faible moyen Fort

13°) Cette avancée est-elle saisonnière ou permanente ?

Saisonnrière Permanente

14°) Quelle saison avance-t-elle le plus ?

Saison sèche Hivernage

15°) Les causes de cette avancé sont-elles naturelles ou anthropiques ?

Naturelles Anthropiques

16°) Naturelles

Élévation du niveau de la mer Augmentation de l'intensité et de fréquence des vagues

Topographie du milieu Nature du sol

Autres
.....

17°) Anthropiques

Constructions Occupation anarchique Exploitation marine Prélèvement de sable

Autres
.....

19°) Quels phénomènes avez-vous remarqué ?

Avancée stabilité Recul

18°) Comment appréciez-vous le rythme d'avancé de la mer ?

Rapide Moyen Lent

QUESTIONS RELATIVES AUX IMPACTS DE L'EROSION COTIERE

20°) Quels sont les impacts de l'érosion côtière ?

Destruction des infrastructures hôtelières Destruction des habitats perte de plages

Inondations Dégradation des activités économiques

Autres
.....

21°) Quelle est la nature des pertes causée par l'avancé de la mer ?

Humaines Matérielles ou économiques environnementale

22°) Quels sont les aspects les plus touchés ?

Pertes humaines Dégâts matériels L'économie

23°) Comment appréciez-vous la nature des pertes ?

Importante moyenne faible

24°) Etes-vous impactés ?

Oui non

25°) si oui directement Ou indirectement

26°) Comment êtes-vous impactés ?

.....
.....

27°) Quelles sont les activités les plus touchées ?

Pêche Tourisme Hôtellerie Artisanat Commerce

Autres
.....

28°) Et pourquoi ?

.....
.....
.....

29°) Avec l'érosion côtière, pratiquez-vous toujours votre activité ?

Oui Non

30°) Si non quelle est votre activité de reconversion ?

.....

QUESTIONS RELATIVES A L'ECONOMIE

31°) quelle est votre principale activité ? (Qui génère plus de revenu)

Pêche Tourisme Hôtellerie Artisanat Commerce Restauratrice

32°) Autres activités

.....
.....

33°) Votre activité a-t-elle une relation avec la mer ?

Oui Non

34°) Si oui quelles relations ?

.....
.....

35°) Est-ce que votre activité est menacé par l'érosion côtière ?

Oui Non

36°) Si oui comment ?

.....
.....

37°) Est-ce que les infrastructures qui se trouvent sur le littoral sont menacées par l'avancé de la mer ?

Oui non

38°) Si oui comment ?

Inondation Destruction

39°) Est-ce qu'il y'a des constructions qui sont détruites par la mer ?

Oui Non

40°) si oui quels genres de constructions ?

Hôtels Habitats Infrastructures

41°) Le degré d'importance des destructions :

Très faible faible moyen faible moyen fort fort très fort

QUESTION RELATIVES AUX STRATEGIES D'ADAPTATION

42°) Avez-vous entrepris des mesures de lutte contre l'érosion côtière ?

Oui Non

43°) quels genres ?

Collectives Individuelles

44°) Actions individuelles

45°) Actions collectives

46°) Sont-elles efficaces ?

47°) moins efficaces efficaces très efficaces mitigées pas efficaces

48°) Existe il des actions menées par des partenaires ?

Oui Non

49°) Si oui par qui ?

Gouvernement Collectivités locales ONG Autres

50°) Comment appréciez-vous les actions des partenaires ?

Moins efficaces efficaces très efficaces mitigées pas efficaces

51°) Envisagez-vous d'autres actions ?

Oui Non

52°) si oui lesquelles ?

.....

53°) Avec qui ?

Gouvernement ONG Partenaires internationaux Associations locales

54°) avez-vous des suggestions à faire ?.....

Annexe 4

Tableau de synthèse des erreurs

Date / Erreur	1979	1989	2003	2011	2019	2022
Erreur de pixel	30	30	0,5	0,5	0,5	0,5
Erreur liée au géo-référencement	0,96	0,55	1	0,98	0,75	0,79
Erreur liée à la digitalisation (multi-saisie)	2,23	1,95	3,35	2,49	3,10	2,01
Erreur liée à la variation de la marnage	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Erreur de position Globale du trait de côte	30,09	30,06	3,70	2,72	3,52	2,22
Erreur globale en moyenne par période en m/an	1979-1989	1989-2003	2003-2011	2011-2019	2019-2022	
	4,25	2,16	1,14	0,55	1,04	

Table des matières

Dédicaces	i
Remerciements	ii
Sigles et abréviations.....	vi
Résumé	vii
Abstract	viii
Introduction générale.....	1
PREMIERE PARTIE : CADRE THEORIQUE ET METHODOLOGIE.....	5
Chapitre I : Cadre théorique et discussion conceptuelle	6
I.1. Etat de l’art	6
I.2. Analyse conceptuelle.....	8
Conclusion.....	14
Chapitre II : Démarche méthodologique	15
II.1. Revue documentaire.....	15
II.2. Collecte et traitement des données.....	15
II.2.1. Données de terrain.....	15
II.2.1.1. Enquêtes socio-économiques.....	15
II.2.1.2. Guides d’entretien.....	17
II.2.2. Données géo-spatiales	18
II.2.2. Traitement des images.....	19
II.2.2.1. Géo-référencement des images.....	19
II.2.2.2. Identification des classes thématiques et digitalisation des différents traits de côte	19
II.2.2.2.1. Différents types de lignes de référence	20
II.2.2.2.2. Digitalisation des traits de côte	22
II.2.2.3. Calcul du taux d’évolution du trait de côte.....	25
II.2.2.3.1. Opérations prés calculs avec DSAS.....	25

II.2.2.3.2. Calculs statistiques	27
II.2.2.3.2.1 Indices à calculer	27
II.2.2.3.2.2 Calcul des indices et représentations graphiques	27
II.2.2.4. Limites de la méthodologie	28
Conclusion.....	31
Chapitre III : Analyse des potentialités naturelles et socio-économiques de la Petite-Côte sénégalaise.....	32
III.1. Présentation de la zone d'étude	32
III.1.1. Situation Géographique.....	32
III.1.2. Caractéristiques physiques	34
III.1.2.1. Caractéristiques géologiques	34
III.1.2.2. Caractéristiques climatiques.....	36
III.2. Potentialités naturelles et socio-économiques de la Petite-Côte sénégalaise	37
III.2.1. Potentialités naturelles	37
III.2.1.1. Belles plages ensoleillées	38
III.2.1.2. Industries et mines.....	38
III.2.1.3. Potentialités en ressources énergétiques	38
III.2.1.4. Hydrologie et terres agricoles.....	39
III.2.1.5. Ressources halieutiques.....	41
III.2.2. Potentialités socio-économiques	41
III.2.2.1. Potentialités touristiques	42
III.2.2.2. Potentialités commerciales et artisanales	42
III.2.2.3. Potentialités liées à l'activité de pêche.....	43
III.2.2.4. Potentialités culturelles	43
Conclusion.....	44
Conclusion de la première partie.....	44

DEUXIEME PARTIE : ÉROSION COTIERE DE LA PETITE-COTE : MANIFESTATIONS ET CONSEQUENCES	45
Chapitre IV : Érosion côtière : manifestations et facteurs du dynamisme de la côte.....	46
IV.1. Les manifestations de l'érosion côtière sur la Petite-Côte	46
IV.2. Facteurs de la dynamique du littoral	48
IV.2.1. Facteurs naturels	49
IV.2.1.1. Les agents hydrodynamiques	50
IV.2.1.1.1. Les houles.....	50
IV.2.1.1.2. Les vagues	51
IV.2.1.1.3. La dérive littorale et les courants marins.....	51
IV.2.1.2. Effets du changement climatique	52
IV.2.1.5. Topographie basse.....	52
IV.2.2. Facteurs anthropiques	55
IV.2.2.1. Prélèvement de sable.....	56
IV.2.2.2. Occupation anarchique et constructions non règlementées	57
IV.2.2.3. Fermeture de lagune de Somone et le transfert des risques	59
Conclusion.....	60
Chapitre V : Analyse de l'évolution du trait de côte de la Petite-Côte de 1979 à 2022.....	61
V.1. Evolution du trait de côte entre 1979 et 1989.....	61
V.2. Evolution du trait de côte entre 1989 et 2003.....	63
V.3. Evolution du trait de côte entre 2003 et 2011	65
V.4. Evolution du trait de côte entre 2011 et 2019.....	67
V.5. Evolution du trait de côte entre 2019 et 2022.....	69
V.6. Synthèse de l'évolution globale du trait de côte de 1979 à 2022	71
Conclusion.....	74
Chapitre VI : Impacts environnementaux et socio-économiques de l'érosion côtière sur la Petite-Côte.....	75

VI.1. Impacts environnementaux.....	76
VI.1.1. Perte de plage.....	76
VI.1.2. Déficit sédimentaire.....	77
VI.2. Impacts socio-économiques	77
VI.2.1. Destruction des aménagements touristiques et d’habitats	78
VI.2.2. Impacts sur les activités économiques.....	79
Conclusion.....	80
Conclusion de la deuxième partie	80
TROISIEME PARTIE : STRATEGIES D’ADAPTATIONS ET DE RESILIENCE FACE A LA DYNAMIQUE COTIERE DANS UN CONTEXTE DE VARIABILITE CLIMATIQUE	82
Chapitre VII : Stratégies d’adaptation à l’érosion côtière.....	83
VII.1. Stratégies individuelles	83
VII.2. Stratégies collectives.....	84
VII.3. Perspectives pour une gestion durable du littoral de la Petite-Côte.....	87
Conclusion.....	89
Chapitre VIII : Stratégies d’adaptation et de résilience face à la variabilité climatique.....	90
VIII.1. Manifestations et impacts de la variabilité climatique sur la Petite-Côte.....	90
VIII.2. Stratégies mise en place.....	92
VIII.2.1. Stratégies d’adaptation et de résilience mise en place par le gouvernement du Sénégal.....	92
VIII.2.2. Perspectives pour lutter contre le réchauffement climatique	94
Conclusion.....	95
Conclusion de la partie 3	96
Conclusion générale	97
Références bibliographiques	99
Webographie	105
Liste des illustrations.....	I

Annexes.....IV