

Université Assane Seck de Ziguinchor



UFR Sciences et technologies

Département de Géographie

Mémoire de master

Spécialité : Environnement et développement

THÈME :

**ÉVOLUTION MORPHOSÉDIMENTAIRE DES  
PLAGES DE LA PETITE CÔTE : CAS DE LA  
STATION BALNEAIRE DE SALY (SENEGAL)**

Réalisé et soutenu, le 01 février 2020, par : Aïssatou SOW

Sous la supervision de

**Pr Boubou Aldiouma Sy, UGB**

Sous la co-direction de

**Dr Aïdara Ch. A. Lamine FALL, UASZ**

<b>Nom et prénom (s)</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>	<b>Établissement</b>
MBAYE Ibrahima	Maitre de Conférences CAMES	Président	UASZ
FALL Aïdara Ch. A. Lamine	Maître-Assistant CAMES	Co-encadreur	UASZ
SY Boubou Aldiouma	Professeur	Superviseur	UGB
FALL Boubacar	Assistant	Examineur	UCAD
FAYE Cheikh	Maitre-Assistant CAMES	Examineur	UASZ
WADE Cheikh Tidiane	Assistant	Examineur	UASZ

Année académique : 2018-2019

## Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

À mon défunt père Issagha SOW et à ma défunte homonyme Aissatou Coudy GADIO, que la terre leur soit légère ;

À ma mère Ndèye Fatou SEYDI ;

À ma sœur Mariétou FOFANA et à son époux Seydina Oumar FALL ;

À mon petit frère Babacar Mbaye SOW ;

À mes neveux Seydina Mouhamed FALL et Serigne Fallou FALL ;

À toute ma famille et à tous mes amis

## Remerciements

Au terme de la rédaction de ce mémoire, c'est un devoir pour moi d'exprimer en quelques lignes ma reconnaissance envers ceux qui ont de près ou de loin contribué à l'élaboration de ce travail. Qu'ils trouvent ici mes vifs respects et ma profonde gratitude.

Je remercie tout d'abord Dieu le Tout Puissant pour m'avoir donné la force et la capacité de réaliser ce travail.

Mes remerciements vont à l'endroit des membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail de recherche.

J'exprime ma profonde gratitude à mon directeur de mémoire Docteur Lamine FALL qui a bien voulu encadrer ce travail. Sa très grande disponibilité, son soutien constant, ses critiques fort constructives et ses conseils avisés furent très précieux pour moi tout au long de ces années de recherche. Plus qu'un professeur, vous avez toujours été un tuteur pour moi car depuis ma première année, vous ne cessez de me suivre. Que la paix soit avec vous.

J'adresse une mention spéciale à Docteur Boubacar FALL qui m'a accueilli dans son laboratoire et a accepté de co-encadrer ce travail mais également pour la qualité de l'encadrement. Malgré son emploi du temps très chargé, il a pu suivre avec un grand intérêt ce travail. Ses critiques et suggestions en plus de ses connaissances de la zone littorale m'ont beaucoup aidé dans mes analyses. Il a aussi fait preuve de beaucoup de patience et d'un sens élevé des relations humaines en me guidant toujours sur le terrain et en mettant à ma disposition non seulement des moyens matériels et financiers mais aussi son bureau et le laboratoire pour que je puisse travailler dans les meilleures conditions. Monsieur, plus qu'un enseignant, vous avez été un père pour moi. Je ne saurais vous remercier assez. Qu'Allah vous protège.

Je remercie Dr Ibrahima MBAYE pour avoir accepté de présider mon jury de soutenance, mais aussi Dr Cheikh FAYE et Dr Cheikh Tidiane WADE qui, malgré un emploi du temps chargé, ont volontairement accepté de juger ce travail. Je vous en suis très reconnaissante.

Je remercie tous les enseignants du département de géographie de l'Université Assane Seck de Ziguinchor et les intervenants pour la qualité des enseignements dispensés et leur disponibilité. Je veux citer Dr Oumar SY, Dr Omar SALL, Dr Alvares G. F. BENGA, Dr Tidiane SANE, Dr Abdourahmane M. SENE, Pr Pascal SAGNA, Dr Alla MANGA, Pr Cheikh Samba WADE, Pr Paul NDIAYE, Dr KANE.

Mes remerciements s'adressent aussi :

À ma très chère mère pour son amour, l'éducation qu'elle m'a donnée, ses sacrifices, son soutien constant.

À ma très chère famille pour son amour et son soutien : Mariétou FOFANA, Mariama Touti FOFANA, Adama FOFANA, Toumani FOFANA, Dieynaba MANE, Cheikhou FOFANA, Mamadou SOW, Babacar Mbaye SOW, Seydina Omar FALL, Abdou Khadre GASSAMA, Mami BA.

À ma sœur et meilleure amie Fatima DIALLO et à ses parents Marème SOW et Lémou DIALLO pour leurs conseils et soutiens.

J'exprime ma sincère reconnaissance à Papa SAGNE, à Jean Pierre Gane SARR, doctorants au département de géologie de l'UCAD et à Papa Waly BAKHOUM doctorant à l'ISE, pour leur disponibilité, leurs conseils et suggestions très pertinentes. Vous avez fait preuve de beaucoup de pédagogie et d'un sens aigu des relations humaines. Vous m'avez accompagné sur le terrain et suivi au laboratoire tout au long de mes campagnes de mesure et de mes traitements de données. Vous avez également été des grands frères. Je vous exprime ma profonde gratitude.

Je remercie également Adjaratou FALL du département de géologie de l'UCAD, Ndeye Coumba SARR de l'ISE pour m'avoir soutenu et accompagné sur le terrain.

À mes camarades de promotion : Moussa TAMBA, Lamine KOUNDOUL, Maimouna DAFF Sokhna Mame Yandé NGOM, Mor Kéba KOTE, Edouard DIONE, Moustapha DIEYE, Henry Marcel SECK, Makhtar DIOP ...

Mention spéciale au groupe des SIX (Aissatou CISSE, Marie Nelly SAGNA, Oumou DIAO, Awa SADIO et Awa BADIANE) avec vous j'ai passé les moments les plus importants de mon cursus universitaire, qui m'ont beaucoup marqué et qui resteront à jamais dans mes souvenirs.

À mes prédécesseurs : Yancouba SANE et Mamadou BARRY, Ibrahima DIANKO, Jean Baptiste BIAYE mention spéciale à vous pour votre aide, vos conseils et votre disponibilité.

À mes jeunes frères et sœurs : Mouhamadou DIALLO et Oumar SY de la licence 3 de Géographie et Alioune GUEYE, Marie Héléne FAYE et Luc DIATTA du Master 2 géographie.

À mes très chers amis : Jean Estèbou SAMBOU, Amadou DIEYE, Pape Saliou NDIONE, El Hadj Ndiassé NDIONE, Maguette Diop, Khadidiatou NGER, Baba VILANE, Nicolas BENGA, Aminata DEMBELE, Déthié DIAW, Mouhamed MBAYE pour m'avoir soutenu et encouragé tout au long de ce travail.

Aux agents de la Direction de l'Environnement particulièrement ceux de la Division « Gestion du Littoral » où j'ai effectué un stage, pour leur ouverture, leurs conseils.

À Monsieur Mouhamed THIOYE, directeur du cabinet Maxen pour l'opportunité offerte à travers un stage et à tous les consultants du cabinet pour leurs soutiens et leurs conseils.

## SIGLES ET ABREVIATIONS

ANSD :	Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie
ANACIM :	Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie
DPM :	Domaine Public Maritime
DEEC :	Direction de l'Environnement et des Établissements Classés
UE :	Union Européenne
UEMOA :	Union Economique et Monétaire Ouest Africain
UTM	Universal Transverse Mercator
FIC :	Front Intertropical de Convergence
GIEC :	Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
INTAC	Projet d'Intégration de l'Adaptation au Changement Climatique dans le Développement Durable au Sénégal
P 1, 2, 3 :	Profil 1 ,2 ,3
PNUE :	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PLGIZC :	Plan Local de Gestion Intégrée des Zone Côtière de Mbour
RGPHAE	Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage
SAPCO :	Société d'Aménagement et de Promotion des Côtes et zones touristiques du Sénégal
SIG :	Système d'Information Géographique
UASZ :	Université Assane Seck de Ziguinchor
UCAD :	Cheikh Anta Diop de Dakar

## RÉSUMÉ

Les littoraux font l'objet de convoitise et sont confrontés à des problèmes tels que l'érosion côtière. C'est en ce sens que nous nous sommes intéressés à la station balnéaire de Saly, située sur le littoral de la petite côte, entre Ngaparou et Mbour. L'objectif de cette étude est de comprendre le fonctionnement morphosédimentaire de ses plages. Pour l'atteindre, nous avons adopté une méthodologie axée sur la revue documentaire, les enquêtes, la cartographie et l'utilisation des méthodes topographiques et sédimentologiques. Trois profils ont été levés mensuellement de façon perpendiculaire à la ligne de rivage le long de la zone d'étude, entre octobre 2017 et mars 2018. Les résultats d'enquêtes montrent que les facteurs de l'érosion côtière à Saly sont d'ordre naturelles (houles et vagues, élévation du niveau marin ...). Ils sont amplifiés localement par des actions anthropiques telles que le prélèvement de sable marin, les aménagements et l'occupation du sol. Ces facteurs ont un impact sur le milieu physique et les activités socioéconomiques. Pour faire face à cette situation, des stratégies d'adaptation telles que l'installation d'épis et de brise-lames ont été initiées dans la zone. L'analyse morphologique montre une plage large au profil 1 (119,88m en moyenne) avec une pente faible (1,22 % en moyenne), alors que les plages des profils 2 et 3 sont étroites (respectivement 27,08 et 25,97m en moyenne) avec des pentes fortes (respectivement 8,01 % et 9,27 % en moyenne). Toutefois, les mouvements verticaux de ces trois profils montrent une prédominance de l'érosion.

Du point de vue sédimentologique, les sédiments du profil 1 sont globalement des sédiments très fins à fins, très bien à moyennement classés et à skewness majoritairement positif. Au niveau du profil 2, la taille des sédiments va globalement de très fins à très grossiers. Ces sédiments sont tous moyennement classés, à skewness variable. Pour le profil 3, les sédiments sont globalement des sédiments fins à moyens au niveau de la haute plage et au niveau du mi-estran. Ils sont fins, moyens et très grossiers au niveau de la mer et grossiers à très grossiers au niveau de la zone de déferlement. Ils sont très mal à très bien classés. Le skewness est négatif dans presque toutes les unités de la plage. Les diagrammes de dispersion Mz-Sigma montrent des sédiments plus ou moins homogènes au niveau des profils 1 et 2 et des sédiments plus ou moins hétérogènes au niveau du profil 3.

**Mots clés :** Saly, station balnéaire, érosion côtière, profil de plage, morphologie, sédimentologie, mouvements verticaux.

## ABSTRACT

Coastlines are coveted and face several problems such as coastal erosion. That's the reason why we were interested in the seaside resort of Saly, located on the coast of the Senegal small coast, between Ngararou and Mbour, with the aim of understanding its morphosedimentary functioning. To achieve this objective, we have adopted a methodology based on documentary reviews, surveys, cartography combined with topographic and sedimentological investigations. Three profiles were surveyed monthly, from October 2017 to March 2018, perpendicular to the shore along the study area.

The results show that the main coastal erosion factors in Saly are natural (swells and wave, sea level rise, etc.), amplified by anthropic actions such as the removal of sea sand, coastal management... They bring about important environmental and socio-economic impacts. To face this situation, adaptation strategies such as breakwaters have been implemented.

The morphological analysis shows a wide range in profile 1 (119.88m on average) with a slight slope (1.22 % on average), while the rangers in profiles 2 and 3 are narrow (respectively 27.08 and 25.97m on average) with steep slopes (respectively 8.01% and 9.27% on average). However, the vertical movements of these three profiles show a predominance of erosion.

From a sedimentological point of view, the sediments of profile 1 are generally very fine to fine sediments, very good to moderately classified and with predominantly positive skewness. At profile 2, the size of the sediments generally ranges from very fine to very coarse. These sediments are all moderately classified, with variable skewness. For profile 3, the sediments are generally fine to medium sediments at the level of the high range and at the level of the mid-foreshore at sea level and coarse to very coarse at the level of the surf zone. They are very poorly ranked very well. Skewness is negative in almost all of beach units. The Mz-sigma dispersion diagrams show more or less homogeneous sediments at the level of profiles 1 and 2 more or less heterogeneous sediments at the level of profile 3.

**Keywords:** Saly, coastal erosion, seaside resort, beach profile, morphology, sedimentology, vertical movements.

## SOMMAIRE

Dédicaces .....	ii
Remerciements .....	iii
SIGLES ET ABREVIATIONS .....	vi
RÉSUMÉ.....	vii
ABSTRACT .....	viii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
<b>PREMIERE PARTIE I : CADRE THEORIQUE ET METHODOOGIE DE RECHERCHE .....</b>	<b>3</b>
CHAPITRE 1 : Le cadre théorique .....	4
<b>CHAPITRE 2 : La méthodologie de recherche .....</b>	<b>11</b>
<b>DEUXEME PARTIE : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE .....</b>	<b>22</b>
CHAPITRE 3 : Le cadre physique général .....	23
CHAPITRE 4 : Activités Socio-économique.....	33
<b>TROISIEME PARTIE : MANIFESTATIONS DE L'EROSION COTIERE A SALY .....</b>	<b>36</b>
CHAPITRE 5 : Les facteurs de l'érosion côtière à Saly .....	37
CHAPITRE 6 : Les impacts de l'érosion côtière à Saly .....	46
CHAPITRE 7 : Les stratégies d'adaptation à l'érosion côtière à Saly.....	50
<b>QUATRIEME PARTIE : EVOLUTION MORPHOSEDIMENTAIRE DU LITTORAL DE SALY.....</b>	<b>53</b>
CHAPITRE 8 : Les résultats .....	54
CHAPITRE 9 : La Synthèse et les discussions .....	80
CONCLUSION GENERALE .....	87
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>88</b>
<b>WEBOGRAPHIE.....</b>	<b>92</b>

# INTRODUCTION GENERALE

La zone côtière constitue un lieu de contact entre trois domaines : la lithosphère, l'hydrosphère et l'atmosphère. Ces trois domaines interagissent de façon perpétuelle et déterminent la morphologie ainsi que le fonctionnement des zones côtières. En effet, selon Niang-Diop (1995), la lithosphère définit la morphologie de la zone côtière et représente la principale source des apports sédimentaires à la côte. L'hydrosphère et l'atmosphère sont des pourvoyeurs d'énergies qui, par le biais des circulations atmosphérique et océanique, créent et entretiennent les différents agents dynamiques naturels responsables des transports sédimentaires tels que le vent, la houle ou les courants.

Cet espace littoral est de plus en plus convoité en raison de ses atouts écologiques, sociaux et économiques. Il renferme les écosystèmes les plus diversifiés et concentre les plus grandes métropoles et la majorité de la population mondiale.

La zone côtière sénégalaise ne fait pas exception à cette règle. Longue de près de 700 km de Saint-Louis au Cap Skirring, la côte sénégalaise dispose de potentialités importantes qui en font un lieu d'intenses processus d'échanges naturels, d'urbanisation et de productions socio-économiques (tourisme, pêche, industrie, agriculture, mines, etc.). Ce dynamisme est à l'origine de la multiplication et de la diversification des activités qui accroissent le nombre d'utilisateurs. En effet, une bonne partie de la population sénégalaise vit sur le littoral et se trouve concentrée dans la plupart des grands centres urbains situés le long de la côte, entraînant très souvent une occupation anarchique et incontrôlée du littoral. Ce qui se traduit par une grande densité d'infrastructures industrielles et de population. En effet, l'espace littoral sénégalais a atteint, aujourd'hui, un niveau de saturation inquiétant en termes de concentrations démographiques et d'activités de toutes sortes. Par ailleurs, il est également confronté, en plus de ces forts enjeux socio-économiques à un phénomène d'érosion côtière quasi généralisé qui le rend très vulnérable.

D'après le rapport de la Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés (DEEC, 2008) du Sénégal, l'érosion côtière, représente non seulement une menace pour le développement touristique, mais aussi pourrait porter atteinte à la pérennité des infrastructures. Avec des causes assez diversifiées, l'érosion côtière est tout d'abord un phénomène naturel qui peut toutefois, être accentuée par les activités humaines. Ainsi, face à cette situation préoccupante, il s'avère important d'évaluer l'ampleur du phénomène en vue de contribuer à la recherche de solutions.

C'est ce qui explique le choix de la station balnéaire de Saly pour essayer de cerner les causes et conséquences de ce phénomène.

Cette étude a comme objectif principal de comprendre le fonctionnement morphosédimentaire des plages de Saly (plages de Lamantin beach, de Saly Coulan et de Saly Niakhniakhal). Pour cela, un suivi morphologique et sédimentologique y a été réalisé entre Octobre 2017 et Mars 2018. Il a permis plus précisément de mettre en évidence l'évolution mensuelle des caractéristiques morphologiques et sédimentologiques de ces plages durant la période considérée.

Ce mémoire comprend quatre parties :

-une première partie qui se focalise sur le cadre théorique où les différents termes et concepts utilisés ont été expliqués et clarifiés mais également sur la méthodologie de recherche ;

-une deuxième partie consacrée à la présentation de la zone d'étude, met l'accent sur les aspects physiques et socio-économiques ;

- une troisième partie axée sur les manifestations de l'érosion à Saly a permis de montrer les facteurs, les impacts et les stratégies de lutte mis en œuvre et enfin

- une quatrième partie portant sur l'étude morphosédimentaire des plages de Saly.

**PREMIERE PARTIE : CADRE THEORIQUE ET  
METHODOOGIE DE RECHERCHE**

# CHAPITRE 1 : CADRE THEORIQUE

## 1.1. Contexte et justification

Comme le souligne Paskoff (1993) : « les littoraux meubles progradants constituent des exceptions, la règle générale, c'est la régression des plages ». En effet, plus de 70% des côtes sableuses du monde connaissent des problèmes d'érosion côtière (Paskoff, 1995), matérialisés par des reculs de la ligne de rivage. La zone littorale est un lieu privilégié pour la pratique d'activités touristiques, de maraichage, de pêche... Dans ces conditions, même un faible taux de recul de la ligne de rivage peut engendrer d'importantes conséquences écologiques (disparition ou déplacement d'écosystèmes tels que les mangroves), économiques (destruction d'infrastructures et d'habitations), sociales (problèmes de déplacement et d'intégration des populations menacées), voire même culturelles (abandon de lieux de culte), (Niang-Diop, 1995).

A l'échelle de l'Afrique de l'Ouest et du Centre, le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), dans le cadre de son Programme pour les Mers Régionales, a identifié les problèmes d'érosion côtière auxquels étaient confrontés les 21 pays de cette région (PNUE/UNESCO/ONU-DAESI, 1985 ; Ibe et Quelennec, 1989). Il est établi que les taux de recul de la ligne de rivage sont relativement faibles en Afrique de l'Ouest (1 à 6 m par an de la Mauritanie au Libéria), comparés à ceux enregistrés dans le golfe de Guinée (2 à 30 m par an de la Côte d'Ivoire au Nigéria ; Ibe, 1988 ; Rossi, 1989).

Le Sénégal, situé en Afrique de l'Ouest, possède une façade maritime de 700km environ (Diaw, 1997) le long de laquelle sont présents trois types de côtes : les côtes rocheuses, les côtes vaseuses souvent colonisées par les mangroves et les côtes sableuses.

Les côtes rocheuses sont limitées à la tête de la Presqu'île du Cap Vert et à quelques caps situés au Sud de Dakar. Les estuaires à mangrove caractérisent la plupart des embouchures des grands fleuves tels que le Sénégal où la mangrove est relique, le Saloum et la Casamance. Les côtes sableuses occupent plus de la moitié du littoral et forment deux grands ensembles séparés par la Presqu'île du Cap Vert : la Grande côte au Nord et la petite côte au Sud.

Au niveau de la Grande Côte situé entre Saint Louis et Dakar, les effets de l'érosion se font beaucoup sentir. L'habitat et les infrastructures sont menacés dans certains endroits. C'est dans ce contexte que Sy (2013) affirmait : « *sur cette façade urbanisée, l'habitat social et les infrastructures socio-économiques sont menacés. La falaise du Gandiolais se caractérise par une érosion constante et variable selon les sites* ».

En Basse Casamance, le phénomène d'érosion côtière est de plus en plus présent. Les impacts se manifestent notamment sur le plan socio-économique par des dommages occasionnés au cadre bâti, des perturbations des activités économiques et une hausse des coûts d'entretien des

infrastructures côtières à l’instar du quai de pêche (Sarr, 2012). Ses manifestations se font également ressentir sur le plan écologique par la perte ou la modification d’habitats qui se répercute sur les activités traditionnelles des communautés littorales (Thior, 2013).

Ainsi, avec le phénomène d’érosion côtière induit par des facteurs naturels et anthropiques, les activités socio-économiques dans les milieux côtiers demeurent plus que menacées. En effet, même si les taux enregistrés paraissent faibles, il faut les considérer au regard de l’intense développement que connaissent les zones côtières.

Depuis plus d’une décennie, la Petite côte subit l’effet des vagues qui grignotent de jour en jour ses plages. L’érosion de presque tous les estrans de Rufisque, à la pointe de Sangomar en passant par la station de Saly est le signe d’une dégradation qui semble être irréversible (Faye, 2010). Dans beaucoup de zones qui, jadis, bénéficiaient d’une centaine de mètres de plage, il ne reste plus que des portions congrues, grâce aux digues de protection qui ont été érigées pour ne pas que les plages soient totalement englouties.

Le phénomène d’érosion côtière prend de plus en plus d’ampleur sur la Petite Côte notamment à Saly. Les conséquences de la recrudescence de l’érosion côtière dans le contexte actuel de changement climatique y sont bien visibles. Elles se manifestent par des reculs sans précédent de la ligne de rivage qui impactent l’habitat et les installations hôtelières. Selon le Plan Local de Gestion Intégrée des Zones Côtières de Mbour (PLGIZC, 2013), le recul annuel y est d’environ 0,57 m entre 1954 et 2006. Les activités socio-économiques et le milieu physique sont de ce point de vue, sérieusement menacés.

Le choix de ce sujet se justifie par la nécessité de mieux connaître le fonctionnement morphosédimentaire du littoral de Saly, mais également identifier les facteurs et les impacts de l’érosion côtière afin d’évaluer les stratégies mises en place par les autorités et les populations locales.

## **1.2. État de l’art**

L’érosion côtière est un phénomène majeur observé depuis des milliers d’années. Elle affecte les côtes du monde notamment celles sableuses. Elle devient de plus en plus problématique au point que le monde scientifique s’y intéresse davantage afin de trouver des solutions. Ainsi, des écrits et publications traitant cette question ont été lus pour mieux appréhender notre thématique de recherche.

Dans son ouvrage intitulé « Côtes en danger », Paskoff, (1993) fait le point des différents aspects de la question. Un premier chapitre étudie les variations récentes du niveau de la mer et ses causes possibles en faisant la part des certitudes et des nombreuses interrogations qui demeurent, en

particulier sur les éventuelles conséquences d'une accentuation de l'effet de serre. Un second chapitre est consacré à l'érosion des plages, quasi générale aujourd'hui, à ses causes et à ses conséquences. La suite logique de ces perturbations est examinée dans le troisième chapitre. L'auteur passe également en revue les avantages et les inconvénients des différentes techniques de protection face au recul des littoraux.

Dans sa thèse intitulée « L'érosion sur la Petite Côte du Sénégal à partir de l'exemple de Rufisque. Passé - Présent – Futur », Niang-Diop, (1995) montre que les phénomènes d'érosion côtière peuvent ne pas avoir que des causes naturelles. L'homme, par ses activités, peut interférer avec les agents naturels et amplifier le phénomène. Il peut ainsi intervenir principalement de deux manières : soit en modifiant les apports sédimentaires par la construction de barrages sur les fleuves, les extractions de sable sur les plages ou au large, le durcissement de la ligne de rivage, la destruction de la végétation littorale ; soit en interférant avec le transport littoral, essentiellement par la construction de structures perpendiculaires au rivage qui peuvent interrompre ou stopper une partie du transport sédimentaire effectué par la dérive littorale.

Cette hypothèse est appuyée par Sy, (2013) qui affirme dans sa thèse intitulée « Dynamiques sédimentaires et risques actuels dans l'axe Saint-Louis-Gandiou, littoral Nord du Sénégal » que les facteurs qui influencent les processus sédimentaires (transport de sédiment et mouvement du trait de côte) sont la morphologie côtière (caractéristiques des sédiments, le tracé de la côte) et les facteurs humains (occupations et usages). Les conséquences peuvent se manifester par des reculs du trait de côte et des menaces sur les infrastructures socioéconomiques.

Barry (2017) a fait l'analyse des images satellitaires de Landsat 1979, 1986, 2000 et 2015 dans son mémoire intitulé « Erosion Côtière et impacts dans la commune de Kafountine (Basse Casamance) » pour montrer l'évolution du trait de côte, l'occupation du sol et la dynamique de la végétation. Il a montré une variation de l'évolution du trait de côte selon les périodes, mais également sous l'effet des actions humaines. De 1979 à 2000, il note une dynamique progressive qui se traduit par une accumulation. Cependant, entre 2000 et 2015, la tendance du trait de côte est au recul suite aux travaux liés à l'aménagement du quai de pêche de Kafountine et aux activités touristiques. Cette étude a également montré une dynamique d'évolution de la mangrove, des autres types de végétation, des rizières et des tannes. Cette dynamique est sous l'influence des facteurs naturels et anthropiques. Elle a entraîné une perturbation des activités socioéconomiques liées à la riziculture, au tourisme et à la qualité de l'eau.

Dabo (2006), dans sa thèse : « Erosion Côtière au Sénégal : exemple de Mbour » a caractérisé l'évolution morphosédimentologique de la ville de Mbour entre avril 2001 et avril 2002 à travers la méthode topographique et la méthode sédimentologique. Il a différencié deux baies qui

constituent des ensembles isolés par des caps (unités géomorphologiques). Il a également subdivisé le littoral de Mbour en 10 profils (P1 à P10) et ces profils ont été analysés par baies. Ainsi sur le plan morphologique, la plage mbouroise présente entre avril 2001 et avril 2002 une largeur moyenne comprise entre 34,3 et 75,8 mètres. Ses pentes varient entre 0,07 et 0,10. Les largeurs les plus importantes sont enregistrées en P6 (75,8 m), P7 (69,7 m) et en P3 (60,5 m). Le bilan montre que les deux baies subissent aussi bien des mouvements d'érosion que d'accumulation. Cependant, ces mouvements sont plus importants au niveau de la baie 2 qu'au niveau de la baie 1 (moins affectée par les activités anthropiques). Le taux d'érosion maximum est le même pour les deux baies (-12,3 m par mètre linéaire de plage) alors que le taux d'accumulation maximum est de +11 m par mètre linéaire de plage dans la baie 2 contre +1,68 m<sup>3</sup> par mètre linéaire de plage dans la baie 1. Sur le plan sédimentologique, le bas estran du littoral mbourois est marqué par la présence d'une grande variété de sédiments : sédiments bimodaux, trimodaux, granules, sables moyens et sables fins. Dabo montre également à travers la cartographie, l'évolution historique de la ligne de rivage de Mbour (1946-2001). Les résultats ont montré, qu'en cette période (1946-2001), les plages de la ville de Mbour sont en érosion. Cette érosion a particulièrement affecté la baie 1. Quant à la baie 2, la tendance était à l'accumulation avec un taux maximal de +0,54 m/an. On note cependant une légère érosion (-0,61m/an) à l'extrémité Nord-ouest de la baie 2.

### **1.3. Questions de recherche**

La problématique à laquelle s'intéresse notre thème de recherche s'articule autour d'une question principale qui est :

Quel est le fonctionnement morphosédimentaire du littoral de Saly ?

De cette question générale, nous avons tiré les questions spécifiques suivantes :

- Quels sont les facteurs responsables de l'érosion côtière à Saly ?
- Quels sont les impacts de l'érosion côtière à Saly ?
- Quelles sont les stratégies mises en œuvre pour lutter contre l'érosion côtière à Saly ?
- Quelles sont les caractéristiques morphologiques et sédimentologiques assorties aux mouvements verticaux des plages de Saly ?

Ces différentes interrogations constituent le point focal de notre analyse qui s'articulera autour d'un objectif général et de trois objectifs spécifiques.

## 1.4. Objectifs

L'objectif général assigné à notre travail est de comprendre le fonctionnement morphosédimentaire du littoral de la station balnéaire de Saly. Cet objectif général se décline en quatre objectifs spécifiques que sont :

- Objectif spécifique 1 : Identifier les facteurs de l'érosion côtière à Saly
- Objectif spécifique 2 : Identifier les impacts de l'érosion côtière à Saly
- Objectif spécifique 3 : Évaluer les stratégies d'adaptation mises en œuvre pour lutter contre l'érosion côtière à Saly.
- Objectif spécifique 4 : Analyser l'évolution des caractéristiques morphologiques et sédimentologiques ainsi que les mouvements verticaux des plages de Saly

## 1.5. Hypothèses de recherche

Quatre hypothèses sont dégagées en fonction des objectifs spécifiques :

- L'érosion côtière à Saly est causée par des facteurs naturels et des facteurs anthropiques.
- L'érosion côtière impacte négativement sur le milieu physique et les activités socio-économiques.
- Les stratégies adaptatives initiées sont insuffisantes et peu efficaces au contexte du site de Saly.
- L'évolution des caractéristiques morphosédimentaires et les mouvements verticaux justifient l'action érosive des plages de Saly.

## 1.6. Analyse conceptuelle

L'analyse conceptuelle permet d'éclaircir les concepts de base utilisés pour une meilleure compréhension de notre thématique. De ce fait, nous nous sommes appesantis sur les différentes définitions données par différents auteurs.

### **Erosion côtière**

L'érosion, prise dans son sens étymologique, signifie l'action de ronger.

George (1990) la définit comme « *l'ensemble des phénomènes extérieurs (ou phénomènes exogènes) à l'écorce terrestre qui contribuent à modifier les formes créées par les forces endogènes (tectoniques et volcanismes). Cette modification se fait par enlèvement de matière (sols*

*et roches) : c'est l'érosion proprement dite, mais aussi par accumulation (dunes et moraines, cônes de déjection, etc.) ».*

Elle est aussi définie par Brunet et al. (2005), comme un « *enlèvement de matières au sol 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* ».

Compte tenu de ce qui précède, l'érosion côtière peut être considérée comme le fait que la mer ronge le continent. Elle peut aussi être définie comme l'avancée de la mer sur le continent causée par des agents naturels mais accélérée par les actions anthropiques, observables sur de longues périodes. C'est dans ce sens que Boudjéra (2010) définit l'érosion côtière comme « *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, a 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.* ».

### **Littoral**

Le littoral, tel que défini par George (1990) est « *un domaine géomorphologique compris, au sens strict, entre les plus hautes et les plus basses mers, mais en fait étendu à l'espace influencé par les forces marines agissant au contact du continent* ». Par ailleurs Paskoff (1994) définit le littoral comme « *l'intersection de la lithosphère avec l'hydrosphère marine* ». Selon George et Verger (2013), le littoral est « *le domaine géographique où se déplace la ligne de rivage qui est la ligne de contact instantané entre l'atmosphère, la lithosphère et l'hydrosphère* ». Mayer (2006) quant à lui définit le littoral comme étant « *la zone de contact entre le rivage et la mer* ». Nous conviendrons avec ces auteurs que le littoral correspond à la ligne de rivage. Mais nous ne manquerons pas de souligner qu'il n'existe pas une définition unique et précise du littoral. Certains auteurs mettent en avant l'aspect physique en omettant l'aspect social et vice versa. Cependant, en fonction des objectifs d'étude, chacun peut se permettre de définir son propre littoral. Dans notre cas, nous nous intéressons aux aspects physiques et humains du littoral. Du point de vue physique, nous pouvons le définir comme George et Verger (2013) : « *le domaine géographique où se déplace la ligne de rivage qui est la ligne de contact instantané entre l'atmosphère, la lithosphère et l'hydrosphère* ». Et du point de vue humain, le littoral est cet espace situé en bordure de mer, aménagé et où l'on observe un déroulement d'activités socio-économiques spécifiques. Ainsi, dans la station balnéaire de Saly, on note de plus en plus le

phénomène de littoralisation car étant non seulement un espace limité, mais aussi convoité, attractif, propice aux différents flux (échanges commerciaux, déplacements...). Certains auteurs tels que Brunet et *al*, (2005) définissent la côte comme synonyme du littoral. On peut ainsi distinguer entre côtes rocheuses et côtes sableuses ; les côtes rectilignes, les côtes découpées, les côtes basses, les côtes à falaises, etc. Certaines côtes sont dites étangs, marécageuses, à mangrove.

### **Station balnéaire**

« Une station balnéaire peut être définie comme un système territorial de production et de distribution de biens et services de loisir (hébergements et équipements). La station balnéaire est gérée comme une ville et organisée autour d'une mono activité socio-économique basée sur la valorisation des ressources humaines et naturelles (mer, climat, thermalisme,) » (European Commission, 2000). Il s'agit donc d'une ville littorale aménagée pour favoriser le tourisme balnéaire, soit les vacances au bord de mer et plus spécifiquement à la plage. Pour Georges (1990), « la station balnéaire est une station touristique. Cette dernière est un ensemble fonctionnel, spécifié par une vocation prédominante et caractérisé par une combinaison d'éléments d'hébergement touristique, d'équipements spécifiques de loisir et de services généraux (commerce, transport, etc.) ».

La station balnéaire est ainsi un site situé en bordure de mer, aménagé à des fins touristiques et qui regroupe toutes les activités socio-économiques.

### **Trait de côte**

Le trait de côte est « une courbe/ligne représentant l'intersection de la terre et de la mer dans le cas d'une marée haute astronomique et dans des conditions météorologiques normales. Par extension, c'est la limite entre la terre et la mer, c'est à dire la côte »<sup>1</sup>. Elle est aussi définie comme la « ligne qui marque la limite jusqu'à laquelle peuvent parvenir les eaux marines. Le trait de côte proprement dit est la limite la plus extrême que puissent atteindre les plus hautes eaux »<sup>2</sup>.

Nous pouvons ainsi dire que le trait de côte est la ligne qui sépare la mer du continent, mais cette limite n'est pas fixe et peut varier en fonction des marées. Dans certains cas, le trait de côte est assimilé à la ligne de rivage.

---

<sup>1</sup> <http://www.onml.fr/articles/la-gestion-du-trait-de-cote/>

<sup>2</sup> <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/trait-de-cote>

## CHAPITRE II : CADRE METHODOLOGIQUE

L'étude de l'évolution des littoraux est assez complexe car elle varie dans le temps et dans l'espace. L'étude du littoral de Saly qui a pour objectif de connaître son fonctionnement est basée sur une revue documentaire, des enquêtes de terrain, des méthodes numériques d'étude de l'évolution de l'occupation du sol, mais également sur des méthodes topographiques et sédimentologiques.

### 2.1 La revue documentaire

Elle constitue l'étape préliminaire et a été cruciale pour notre étude. Elle consiste à faire une revue de toute la littérature disponible en rapport avec notre thématique. Ainsi, nous avons collecté des informations au niveau des bibliothèques de l'Université Assane Seck de Ziguinchor (UASZ), de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), de la Société d'Aménagement de la Petite Côte (SAPCO), de l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD) et de la Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés (DEEC). Les informations recueillies nous ont permis de mieux comprendre les processus d'évolution des côtes et surtout les facteurs responsables et les impacts de ces processus.

### 2.2 Les enquêtes de terrain

- **L'acquisition des données d'enquêtes**

- ✓ **L'observation**

« *Au commencement de tout, il doit y avoir une observation car c'est la seule méthode scientifique fiable* » affirment Bastie et Dezert (1990). Premier contact direct avec la réalité terrain, l'observation nous a permis de faire l'état des lieux.

- ✓ **La pré-enquête**

Elle a permis d'apprécier et d'améliorer les questions avant d'entamer les enquêtes proprement dites. Elle a consisté, ici, à soumettre un questionnaire à 8 ménages par quartier. Au total deux quartiers et 16 ménages ont été ciblés. Rappelons que cette étape est cruciale pour tout "débutant" dans les travaux de terrain.

- ✓ **Les enquêtes proprement dites**

Un questionnaire a été élaboré pour le déroulement des enquêtes dans la station balnéaire de Saly. Il est un outil très pertinent pour la collecte de données. Il a permis de recueillir des données quantitatives et qualitatives concernant les facteurs responsables du processus d'érosion côtière à Saly, les impacts observés et les méthodes de lutte mises en œuvre.

La commune de Saly comprend 16 quartiers (ANSD, 2013). Parmi ces derniers, nous avons choisi deux (2) selon la technique de l'échantillonnage au jugé. L'utilisation de cette technique est fondée sur certains jugements au sujet de l'ensemble de la population. L'hypothèse qui sous-tend ici son

utilisation est que nous avons sélectionné (après la pré-enquête) les quartiers les plus susceptibles de fournir des informations sur les impacts de l'érosion côtière et les stratégies d'adaptation développées.

En 2013, 5163 ménages répartis dans 16 quartiers ont été dénombrés dans la Commune de Saly (RGPHAE, 2013). Dans la station balnéaire, on y trouve deux quartiers : Saly Coulan et Saly Niakhniakhal. Le nombre total de ménages de ces deux quartiers est de 636 dont 238 pour Saly Coulan et 398 ménages pour Saly Niakhniakhal. Le choix de l'échantillon s'est établi selon le critère de la localisation des quartiers à proximité du littoral.

Ainsi, pour le choix de la population à interroger, nous avons jugé nécessaire de faire une enquête ménage suivant un échantillonnage par quota. De ce fait, nous avons choisi un taux représentatif de 15,7% du nombre de ménage des deux quartiers retenus pour les enquêtes afin de déterminer la taille de l'échantillon en appliquant cette méthode de calcul :  $(632 : 15,7) \times 100$ . Cela nous donne un nombre de 100 ménages à interroger, ce qui constitue notre population mère.

Pour répartir ces 100 ménages sur les deux quartiers retenus, il a été choisi un échantillonnage par quota basé sur le nombre de ménage par quartier pour calculer la part relative (%) à attribuer à chaque quartier. La formule suivante a été utilisée :  $n = \frac{\text{Nombre de ménages par quartier}}{\text{Nombre de ménages total}} \times 100$  ménages. L'échantillon reflète le pourcentage des ménages de chacun des quartiers (tableau 1).

**Tableau 1:** Nombre de ménages enquêtés par village

Quartier	Nombre de ménages	Nombre de ménages interrogés	Pourcentage
Saly Coulan	238	37	37,4
Saly Niakhniakhal	398	63	62,5
Total	636	100	100

Source : Données d'enquête (Sow, 2017)

#### ✓ Le Guide d'entretien

Des entretiens individuels directs ont été faits avec le Maire de la commune de Saly, le Directeur d'exploitation de la SAPCO Saly, cinq (5) hôteliers et dix (10) artisans afin d'avoir un aperçu des conséquences de l'érosion côtière sur les activités économiques, le milieu physique et l'habitat. Nous avons aussi échangé sur la dynamique économique et environnementale de la zone.

- **Le traitement des données**

Les données collectées lors des enquêtes de terrain ont été traitées avec les logiciels sphinx et Excel. Des représentations graphiques ont été faites pour montrer l'opinion des populations

locales sur la situation du littoral de Saly, les facteurs de l'érosion côtière, les impacts ainsi que les stratégies.

### **2.3 L'étude de l'occupation du sol**

- **L'acquisition des données satellitaires**

L'étude de l'occupation du sol est basée sur un outil d'utilisation d'images satellitaires. Nous avons utilisé deux (2) images satellitaires acquises avec *Google Earth* en 2003 et 2017. Le choix de ces dates est lié à l'évolution du littoral de Saly, aux facteurs anthropiques qui restent un élément important dans la dynamique du littoral. En effet, la mise en place d'épis en 2003 aurait entraîné un déficit sédimentaire avec des conséquences sur la zone littorale (Niang-Diop 1995). L'étude cartographique couvre les années 2003 (implantation des infrastructures touristiques) et 2017.

La capture des images géospatiales a commencé par la délimitation de la commune de Saly et le choix du niveau de zoom. Ainsi, nous avons choisi une résolution spatiale qui nous a permis de bien percevoir les détails de l'occupation du sol, en particulier le sol nu, la végétation, les habitations, la plage etc.

- **Le traitement des données**

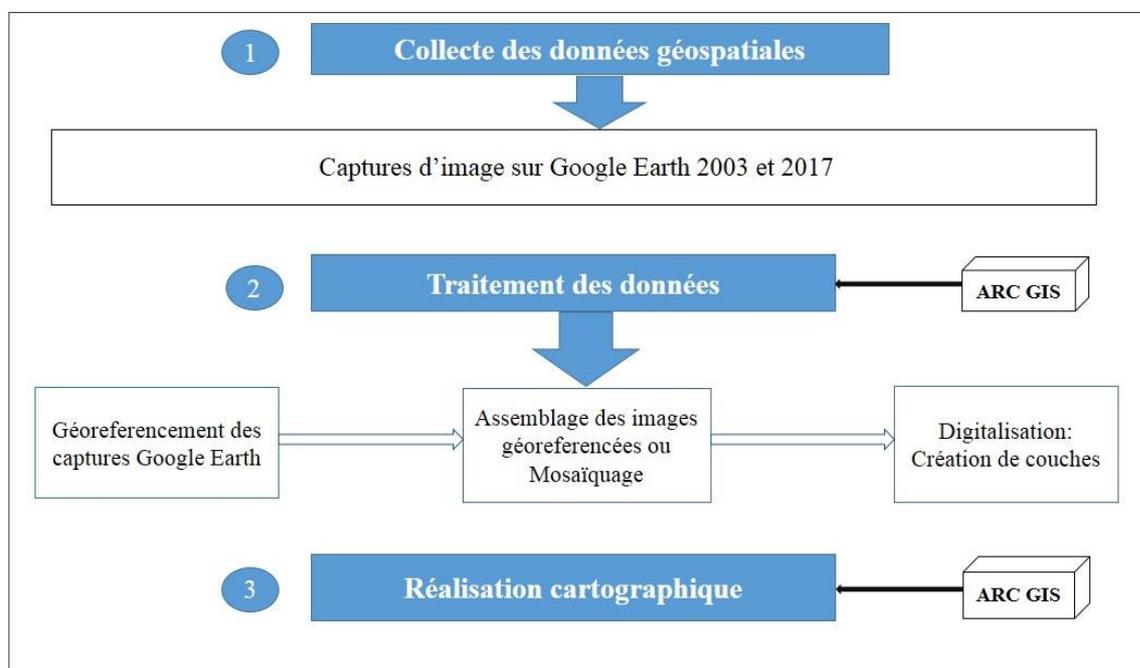
Le traitement des données collectées nous a permis d'extraire les informations les plus significatives à travers différentes étapes : géoréférencement, mosaïquage et digitalisation.

- ✓ **Le géoréférencement**

Le géoréférencement consiste à corriger la géométrie et la localisation de toutes les données spatiales disponibles par rapport à une référence spatiale connue. Cette référence peut être une donnée raster ou une donnée vectorielle résidant dans le système de projection et de coordonnées cartographiques appropriées. Pour exploiter les données de notre SIG, nous avons utilisé un système de coordonnées projetées (UTM) de Saly ou géographiques (WGS84). Ainsi, les différentes captures sont géo référencées avec des points de contrôle relevés sur Google Earth. Par la suite, nous avons procédé à la saisie des points de calage. Les points saisis ont permis de créer une transformation polynomiale qui déplace le jeu de données raster de son emplacement actuel vers l'emplacement correct. Le calcul de l'erreur moyenne quadratique doit être inférieur à 1.

## ✓ La digitalisation

La numérisation est un procédé qui permet de retracer tous les objets géographiques : lignes, points et polygones. Il s'agit de créer une base de données spatiale dans Arc catalog. Il s'en suit des séries de dessins de tous les éléments géométriques ayant un lien avec le projet. Ainsi, nous avons défini 6 classes : bâti, végétation, sol nu, plage, océan et route. La superficie de chacune des classes est calculée pour chaque date. La comparaison des surfaces occupées par les classes identiques à des périodes différentes permet de mettre en évidence les différentes évolutions de l'occupation du sol.



**Figure 1:** Schéma de la méthodologie cartographique

### 2.4 Les méthodes topographiques et sédimentologiques

L'étude de l'évolution morphosédimentaire du littoral de Saly est basée sur l'utilisation de méthodes topographiques et sédimentologiques

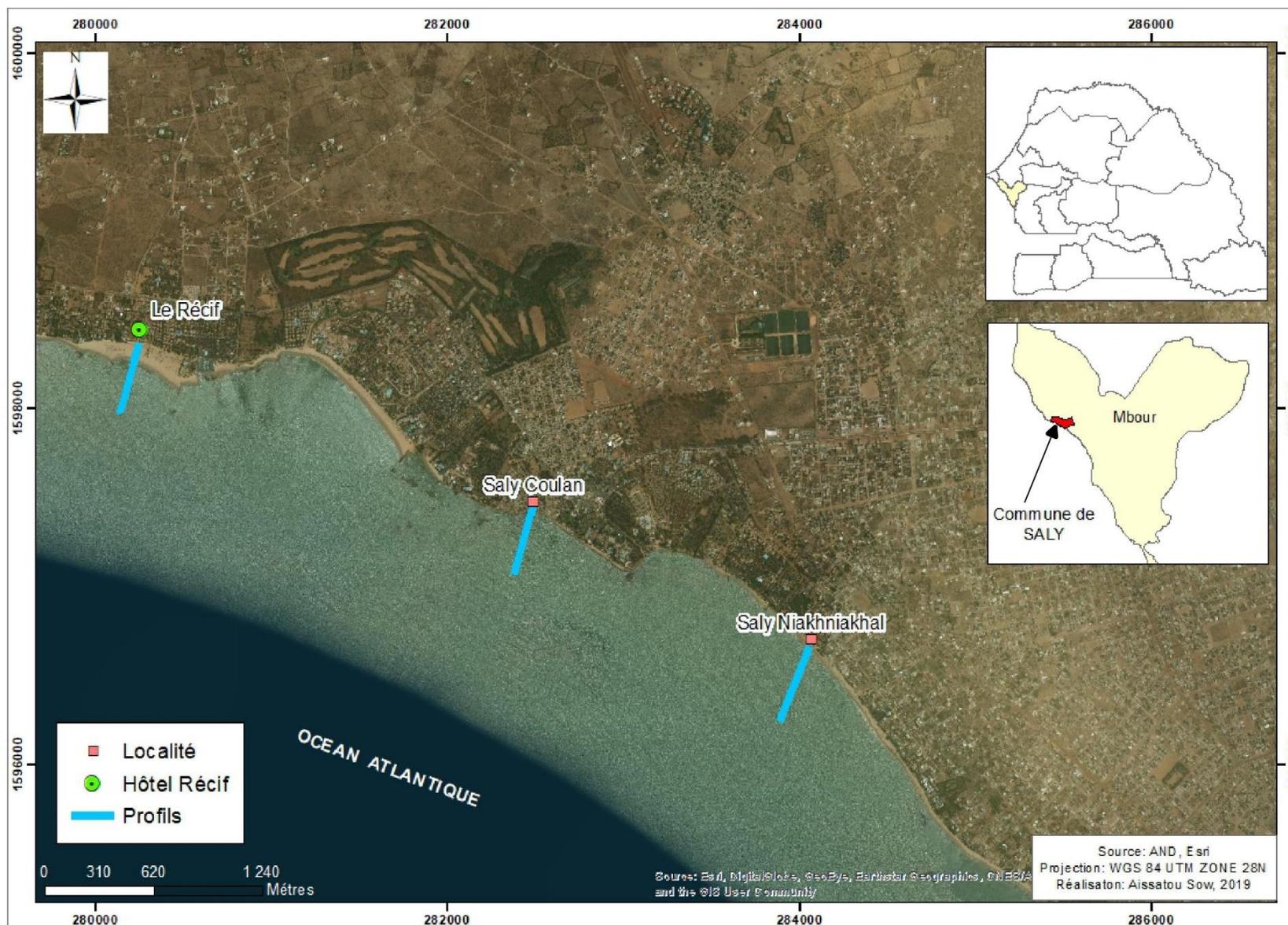
#### 2.4.1 Les méthodes topographiques

- L'acquisition des données topographiques

Les levés topographiques consistent à mesurer la morphologie de la plage par une série de profils perpendiculaires à la ligne de rivage, depuis l'arrière plage jusqu'à la zone de déferlement comme indiqué par Ibe et Quélenec (1989). Ils permettent d'observer les variations morphologiques mensuelles des plages durant la période d'étude. Ainsi, trois (3) profils de plages ont été levés

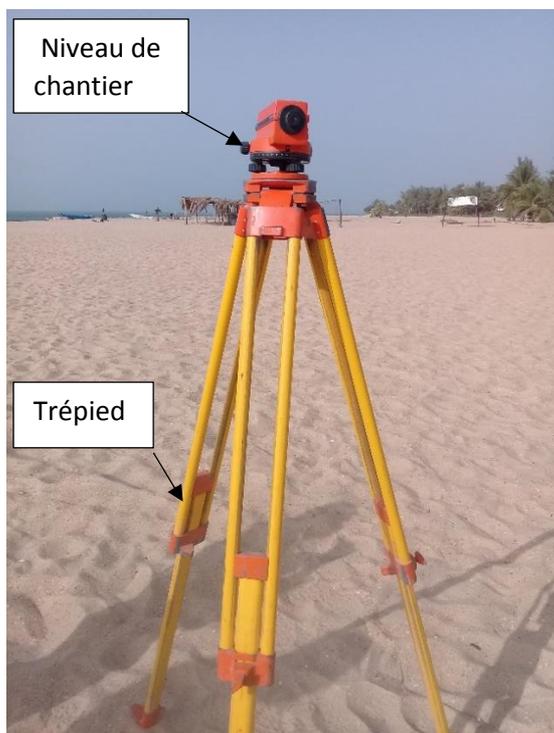
perpendiculairement à la ligne de rivage le long de la zone d'étude (carte 1). Ils ont été répartis comme suit :

- ✓ un profil 1 (P1), encadré par deux épis et se trouvant en face de l'hôtel le récif, sur la plage de l'hôtel Lamantin Beach ;
- ✓ un profil 2 (P2) se situant dans le quartier de Saly Coulan caractérisé par la présence de brises lames ;
- ✓ un profil 3 (P3) situé dans le quartier de Saly Niakhniakhal ; un secteur qui ne comporte aucune structure de protection. Cela pourrait permettre de mieux apprécier l'influence de ces structures de protection sur la dynamique du littoral.



**Carte 1** : Localisation des profils à Saly

Les profils ont été levés à l'aide d'un niveau de chantier et une mire (photos 1 et 2).



**Photo 1** : Niveau de chantier et trépied



**Photo 2** : Mire

A partir d'une borne fixe, d'un repère arrière lointain et grâce à une valeur d'angle de la tourelle du niveau, un repère arrière fixe est choisi. Ceci permet de contrôler la direction du profil durant toute la campagne de mesure pour permettre une comparaison rigoureuse des profils dans le temps. Il faut signaler que les repères arrière sont localisés suffisamment en arrière de la plage pour ne pas être détruits. Les points de rupture de pente ont été minutieusement levés afin que le profil mesuré puisse s'ajuster le plus possible à la morphologie observée. Les mesures ont été faites pendant les périodes de marées basses de vives eaux, correspondant à la pleine lune.

- **Le traitement des données topographiques**

Les profils de plage (courbe distance/dénivelé) ont été établis à partir des données topographiques en utilisant le logiciel informatique « Profiler 3.0 XL » qui est une extension de Microsoft Excel. Ensuite les profils déjà établis ont été importés dans le logiciel « Adobe Illustrator 10 » pour les annotations ainsi que la délimitation des différentes unités morphologiques. La forme (concave ou convexe) et la comparaison des profils dans le temps (superposition) ont permis de déterminer les tendances évolutives (érosions, accumulations, équilibres) des plages.

- ✓ **Analyse morphologique**

Pour chaque profil, ont été déterminées (largeur et pente) des différentes unités morphologiques de la plage. Les pentes moyennes, exprimées en pourcentage, sont calculées automatiquement par le logiciel « Profiler 3.0 XL » par la formule suivante :  $P (\%) = \Delta H / \Delta D \times 100$

P = pente moyenne en %       $\Delta H$  = dénivelée (m)       $\Delta D$  = distance (m)

#### ✓ **Analyse des mouvements verticaux**

L'analyse des mouvements verticaux permet de déterminer les volumes d'accumulation ou d'érosion par superposition des profils deux à deux dans un intervalle de temps séparant deux campagnes successives. En considérant qu'il n'y a pas de modifications à 1 mètre de part et d'autre du profil, le volume de sable érodé (-) ou accumulé (+) (en mètre cube par mètre linéaire de plage : m<sup>3</sup>/m) est calculé entre deux campagnes et pour chaque unité morphologique, par le logiciel « Profiler 3.0 XL » par la formule :  $V = S \times l$

V = Volume érodé ou accumulé en m<sup>3</sup>    S = Surface érodée ou accumulée en m<sup>2</sup>    l = mètre linéaire de plage.

Les méthodes de calculs utilisées ont évidemment des limites, mais elles permettent néanmoins d'obtenir une idée d'ensemble des mouvements verticaux affectant un profil donné (Niang-Diop, 1995 ; Fall, 2004).

### **2.4.2 Les méthodes sédimentologiques**

#### • **Acquisition des données sédimentologiques**

Du point de vue sédimentologique, l'étude morphosédimentaire réalisée a pour objectif de déterminer les variations granulométriques mensuelles des profils transversaux. Ainsi, des échantillons sédimentologiques ont été prélevés mensuellement dans différentes unités morphologiques des plages (haute plage, mi-estran, niveau mer ou bas estran et zone de déferlement des vagues). Seuls les sédiments superficiels ont un intérêt pour cette étude car ce sont eux qui traduisent le dernier type de dynamique précédant l'échantillonnage. De ce fait, le prélèvement se faisait par simple raclage dans la couche superficielle des sédiments pour éviter d'avoir des échantillons qui sont des mélanges de différentes laminées, et donc des conditions de dépôts différentes (Chauhan, 1992 ; in Sagne 2015).

#### • **Traitement des données sédimentologiques**

Les sédiments prélevés ont été lavés sur un tamis de 50 µm sous l'eau dans le but d'enlever les sels et les impuretés, puis séchés à l'étuve. Un volume de 150 g de sédiments secs a fait l'objet d'une décarbonatation par attaque à froid à l'acide chlorhydrique à 30 %. A la suite de plusieurs lavages, l'échantillon décarbonaté a été séché à l'étuve puis pesé, ce qui a permis de déterminer le pourcentage de carbonates de calcium (% de CaCO<sub>3</sub>) par la formule suivante :

$$\%CaCO_3 = \frac{150g - \text{poids après attaque}}{150g} \times 100$$

Ensuite, cet échantillon décarbonaté a fait l'objet d'un tamisage à sec sur une série de 16 tamis (photo 3) de norme AFNOR (série de raison  $\sqrt{10}$  10). La durée du tamisage est de 15 minutes et l'intensité vibratoire a été maintenue constante pendant toute cette durée. Les refus pondéraux des tamis ont été pesés avec une balance de précision (au milligramme près), puis reportés sur une fiche de tamisage.



**Photo 3** : Colonne de tamis

Le poids des différents refus des tamis a été saisi dans le logiciel « GRADISTART » qui calcule automatiquement les pourcentages pondéraux de chaque fraction granulométrique et détermine les indices sédimentologiques correspondants.

Les indices granulométriques pris en compte sont uniquement ceux des sédiments unimodaux. Pour les sédiments bi à plurimodaux, les différentes populations et leur mode sont déterminés. Les différents indices calculés sont :

- ✓ **La moyenne (Mz)** : elle renseigne sur l'énergie du milieu (Reineck, Singh, 1975 In. Fall, 2004) et permet aussi de déterminer le type de sable en utilisant la classification de Wentworth (1922) (tableau 3).

**Tableau 2** : Classification de Wentworth (1922)

Sable très grossier	Sable grossier	Sable moyen	Sable fin	Sable très fin	Silt
2000µm	1000µm	500µm	250µm	125µm	63µm

Elle est obtenue par la méthode suivante :

$$Mz = \frac{Q_{16} + Q_{50} + Q_{84}}{3}$$

Q représente les quartiles

- ✓ **L'indice de classement ou Sorting Index (Sigma)** : ce paramètre donne une indication sur la distribution des tailles par rapport à la moyenne de l'échantillon ; le classement est d'autant plus mauvais que l'indice est grand. La formule utilisée est la suivante :

$$Sig(\sigma) = \frac{Q_{84} - Q_{16}}{4} + \frac{Q_{95} - Q_5}{6,6}$$

L'échelle de classement utilisée est celle de Folk et Ward (1957).

**Classement (Sigma)**

Très bien classé

----- **0,35**

Bien classé

----- **0,50**

Moyennement classé

----- **1,00**

Mal classé

----- **2,00**

Très mal classé

----- **4,00**

- ✓ **Le coefficient d'asymétrie ou Skewness (Sk)** : Il renseigne sur le degré d'étalement des particules (fines ou grossières) par rapport au mode de l'échantillon. Il prend une valeur négative lorsque l'étalement se fait du côté des

sédiments grossiers et une valeur positive lorsque l'étalement s'effectue du côté des particules fines. Les courbes symétriques ont un Skewness voisin de zéro.

$$SK = \frac{(Q_{16} + Q_{84}) - 2Q_{50}}{2(Q_{84} - Q_{16})} + \frac{(Q_5 + Q_{95}) - 2Q_{50}}{2(Q_{95} - Q_5)}$$

### **Conclusion**

En résumé, on peut retenir de ce qui précède que le cadre théorique nous a permis d'exploiter les différents écrits qui sont en rapport avec le littoral et de comprendre les problèmes auxquels ses littoraux font face. La méthodologie quant à elle est basée sur la revue documentaire, les enquêtes, la cartographie et les méthodes topographiques et sédimentologiques.

Dans la deuxième partie, nous allons nous intéresser à la présentation de la zone d'étude à travers ses caractéristiques physiques et socioéconomiques.

## **DEUXIEME PARTIE : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

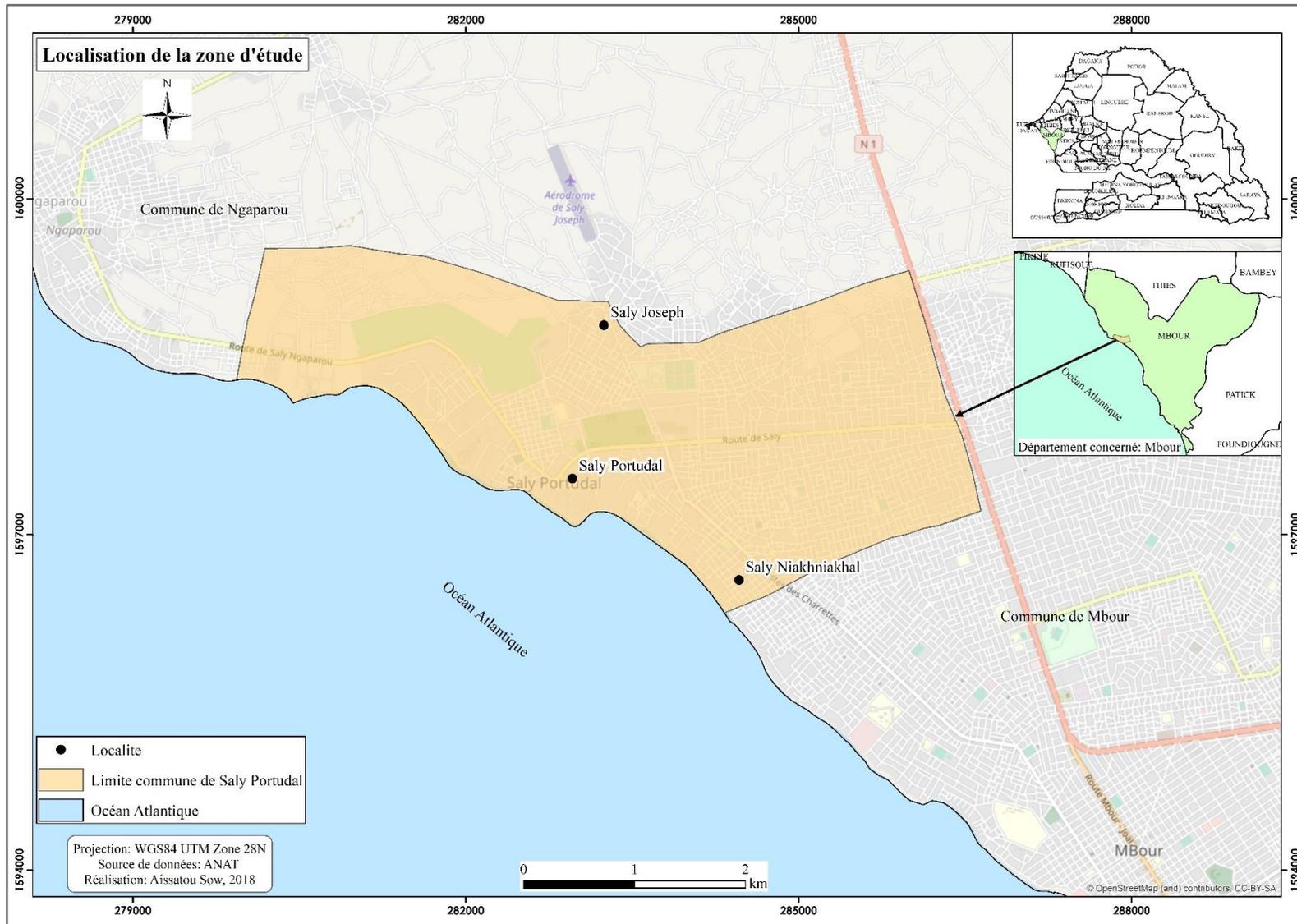
La présentation des caractéristiques de la zone d'étude est primordiale et est très importante dans toute étude. Dans cette partie, il s'agira de présenter le cadre physique général et les activités socioéconomiques de la zone d'étude.

## **CHAPITRE 3 : CADRE PHYSIQUE GENERAL**

Le cadre physique général joue un rôle très important dans l'évolution du littoral. Il s'agit du cadre géologique, des caractéristiques climatiques et des aspects hydrodynamiques. Dans ce chapitre, nous présenterons en premier lieu la situation géographique de la zone d'étude avant de nous focaliser sur l'analyse des éléments physiques en vue d'appréhender leurs impacts au niveau du littoral de Saly.

### **3.1. Situation géographique**

Située sur la Petite Côte à 80 km de Dakar, la station balnéaire de Saly, faisant l'objet de notre étude, appartient au département de Mbour, région de Thiès. Cette station est située entre la commune de Ngaparou (extrémité Nord-Ouest) et le quartier de Saly Niakhniakhal vers Mbour (l'extrémité Sud-Est) (carte 2). Inaugurée le 24 Février 1983 par le Président Abdou Diouf, la station balnéaire demeure la première du genre en Afrique subsaharienne (Sapco, 2004). La commune de Saly compte 16 quartiers. Elle est composée de plages qui ont une faible largeur (10 à 70 m) et sont endossées par des dunes ogoliennes d'environ 2m de haut et 10 à 50 m large (Rapport INTAC, 2012).



**Carte 2** : Localisation de la commune de Saly

## 3.2. Cadre géologique

La région de Mbour est localisée sur le plan géologique dans la partie occidentale du bassin sénégalo-mauritanien. Ce dernier s'étend du cap Barbas (en Mauritanie) à Bissau (en Guinée Bissau), soit sur une longueur de 1400 km. Sa plus grande largeur se trouve au Sénégal avec 560 km au droit de Dakar (Diouf, 2015).

Les caractéristiques de la zone littorale sont fortement tributaires de l'histoire géologique de la région

### 3.2.1. Structure tectonique

D'une manière générale, la partie occidentale du bassin sénégalo-mauritanien, limitée à l'est par une zone de flexure continentale allongée plus ou moins selon le méridien 1S030'W, est marquée par une tectonique cassante qui s'organise autour de deux horsts, celui de Dakar et celui de Ndiass.

L'évolution de la région de Mbour est très liée à l'histoire tectonique du bassin qui est marquée par des périodes de paroxysmes entrecoupées de phases plus calmes. Certaines de ces phases tectoniques vont affecter l'évolution des cuirasses ferrugineuses du horst de Ndiass.

Les études géophysiques menées dans le bassin ont indiqué l'existence d'une anomalie gravimétrique positive dans la région de Mbour qui a été attribuée à l'existence d'une intrusion située vers 5 km de profondeur qui aurait créé une structure anticlinale d'axe N-S, affectée de nombreuses failles. Un accident important, d'orientation NE-SW, séparerait cette structure de celle de Ndiass (Liger, 1979 in Dabo, 2006).

### 3.2.2. Affleurements

Dans la région de Mbour prédominent les affleurements de calcaires paléocènes qui sont des calcaires durs, parfois gréseux (Tessier, 1952 in Dabo, 2006). Dans les environs (marigots de Balling et de Tiémassass, lit de la Somone), on trouve ces calcaires avec des faciès zoogènes, gréseux ou dolomitiques. Tessier (1952) signalait aussi un affleurement de calcaires karstiques du Paléocène en bord de mer à Mbour. Des formations argileuses à attapulгите reposant sur un niveau glauconieux et phosphaté avec des débris de poissons ont été reconnues dans le ravin de Tiémassass et dans les puits à l'est de Mbour (puits de M'boulène) par Tessier en 1952. Ces formations ont été attribuées à l'Eocène inférieur.

Les formations du Quaternaire sont bien représentées dans la région et ont fait l'objet d'une description par Elouard et *al.* (1967). Elles reposent sur un niveau de gravillons

ferrugineux enrobés d'argiles issues du démantèlement des cuirasses ferrugineuses de la butte de Gandigal. Les formations dominantes sont des formations dunaires (dunes rouges), mises en place à l'Ogolien. Entre Mbour et Joal peuvent s'observer, à proximité du littoral et à la faveur de dépressions, des formations attribuées au Nouakchottien. Il s'agit en particulier de la terrasse de Mbodiène, décrite par Debenay et Sellion (1983), et représentée notamment par des sables argileux à *Anadara senilis* (Dabo, 2006). Les dépôts les plus récents sont représentés par une succession de cordons littoraux dont le plus interne est en général caractérisé par une présence importante d'ilménite. Par ailleurs, le marigot de Tiémassass présente un gisement préhistorique avec un outillage lithique important et assez diversifié mais pose des problèmes de datation (Diagne, 1987 in Dabo, 2006).

Les grès de plage se sont mis en place à l'Holocène. Ils représentent des formations sédimentaires disposées en dalles inclinées vers la mer et indurées par la suite d'une cimentation carbonatée au niveau de l'estran. Ils sont associés aux sables de la plage fossile holocène (Dalongeville et Sanlaville, 1984 ; Laborel, 1984 ; Nesteroff, 1954 ; Mary, 1984 ; Khalaf, 1988 in Dabo, 2006)

### **3.3. Caractéristiques climatiques**

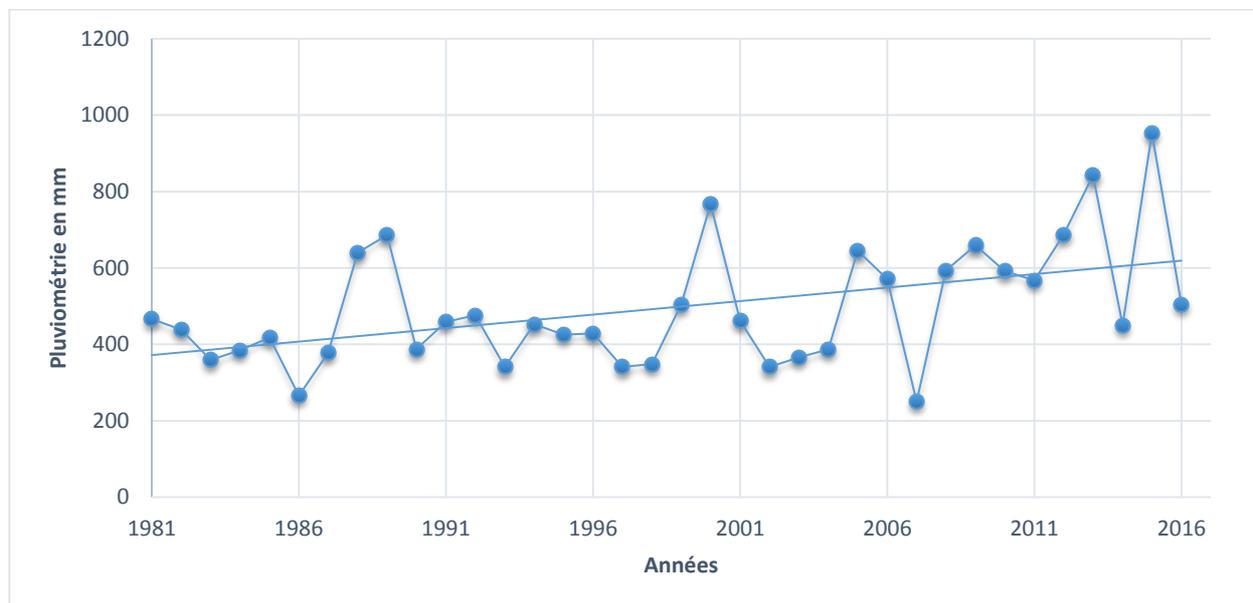
Les paramètres climatiques de la commune de Saly (Station de Mbour) sont caractérisés à travers, les précipitations, la température et les vents.

#### **3.3.1. Pluviométrie**

Deux saisons s'alternent dans la zone de Saly : une saison des pluies et une saison sèche. La saison des pluies dure 3 à 4 mois environ (entre juin et octobre). Le début et la fin de cette saison sont liés aux déplacements du Front Intertropical de Convergence (FIC). Cette période est dominée par les flux de mousson (porteurs de potentiels précipitables) de direction Sud-Ouest. Ces flux de mousson sont issus de l'anticyclone de Sainte-Hélène (Sakho, 2011). La saison sèche s'étend quant à elle sur sept mois (de novembre à mai). Elle est marquée par l'absence de pluies. Cependant, des pluies dites « pluies hors saison » ou encore « pluies de heug » sont parfois enregistrées dans la zone. Elles sont liées aux perturbations polaires, générant des circulations cycloniques qui mettent en contact les zones des moyennes latitudes aux zones équatoriales, ce qui se traduit par des contrastes thermiques susceptibles d'atteindre des points de rosée ; elles sont en général insignifiantes mais peuvent parfois atteindre des valeurs élevées et avoir de graves conséquences socio-économiques (Sakho, 2011).

La pluviométrie de Saly connaît une légère augmentation depuis 1981. La courbe de tendance montre une variation interannuelle de la pluviométrie. Les années 1983, 1986, 1987, 1990,

1993, 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2002, 2003, 2004, 2007, 2014 et 2016 sont marquées par un déficit pluviométrique avec moins de 400 mm d'eau en moyenne alors que l'année 2015 demeure l'année la plus pluvieuse avec 952,9mm. Cela pourrait traduire un retour pluviométrique après la sécheresse notée dans les années 1970 (figure 2).

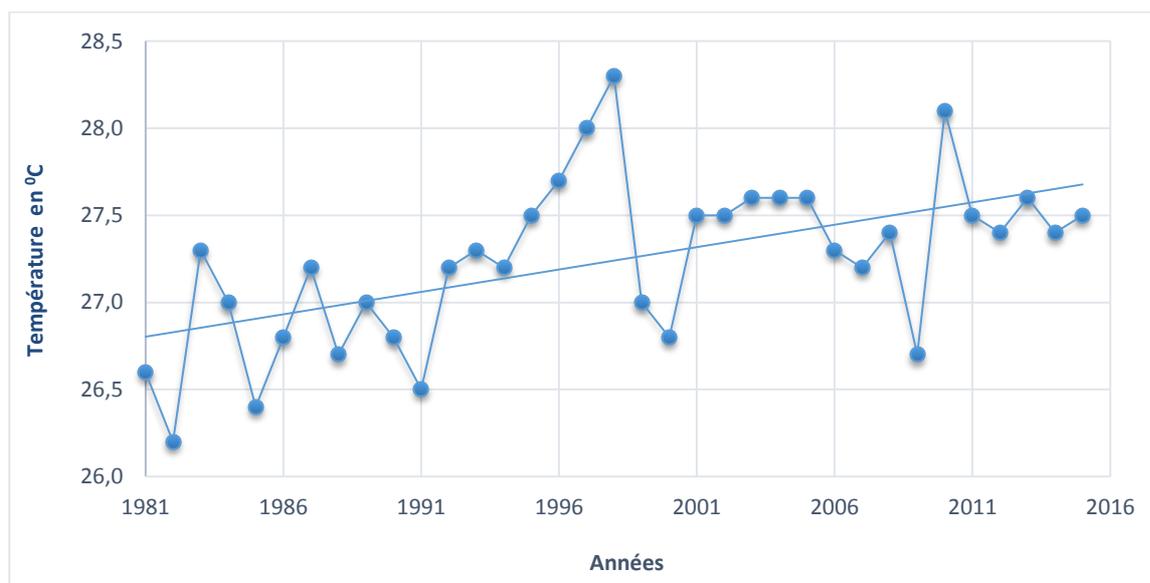


**Figure 2** : Evolution de la pluviométrie de Saly de 1981 à 2010 (ANACIM, 2016)

### 3.3.2. Température

La zone de Saly appartient au domaine tropical Nord-soudanien caractérisé par l'alternance de deux périodes thermiques contrastées : une période de chaleur et une période de fraîcheur.

La figure 3 ci-dessous présente l'évolution de la température moyenne entre 1981 et 2016 à la station de Mbour. Son analyse laisse apparaître une évolution marquée par des variations interannuelles très remarquables. Cependant, la tendance montre une légère augmentation de la température entre 1981 et 2016. La température moyenne annuelle sur les côtes sénégalaises pourrait augmenter de 1,12 à 1,23°C à l'horizon 2030 (EGIS, 2016a). Selon le rapport GIEC 2007, l'élévation du niveau de la mer concorde avec le réchauffement climatique. Sur l'ensemble de la planète, le niveau moyen de la mer s'est élevé de 1,8 mm/an depuis 1961 et de 3,1 mm /an depuis 1993, sous l'effet de la dilatation thermique et de la fonte des glaciers, des calottes glaciaires et des nappes glaciaires polaires. La moyenne thermique sur la période 2000-2010 est de 27,4° C.



**Figure 3** : Évolution des températures sur la Petite Côte, Station de Mbour de 1981 à 2016

### 3.3.3. Vents

Selon la position du Front Intertropical, Mbour est concerné par deux régimes éoliens :

- De décembre à avril : le régime éolien est dominé par des alizés d'Est basculant vers le Nord-Est en fin de saison. Les vitesses moyennes sont de 4 à 6m.<sup>s-1</sup> mais les maximas sont relativement faibles.
- De mai à novembre : le vent est majoritairement un vent de mousson de secteur Ouest à Sud-Ouest. La vitesse moyenne est plus faible (4 m.<sup>s-1</sup>) et il y a de nombreux jours sans vent (Sakho, 2011)

### **3.4. Aspects hydrodynamiques**

Les principaux agents de la dynamique côtière sont les marées, les vagues et les houles ainsi que les courants qu'elles induisent. Les houles et les vagues sont sous l'influence du vent.

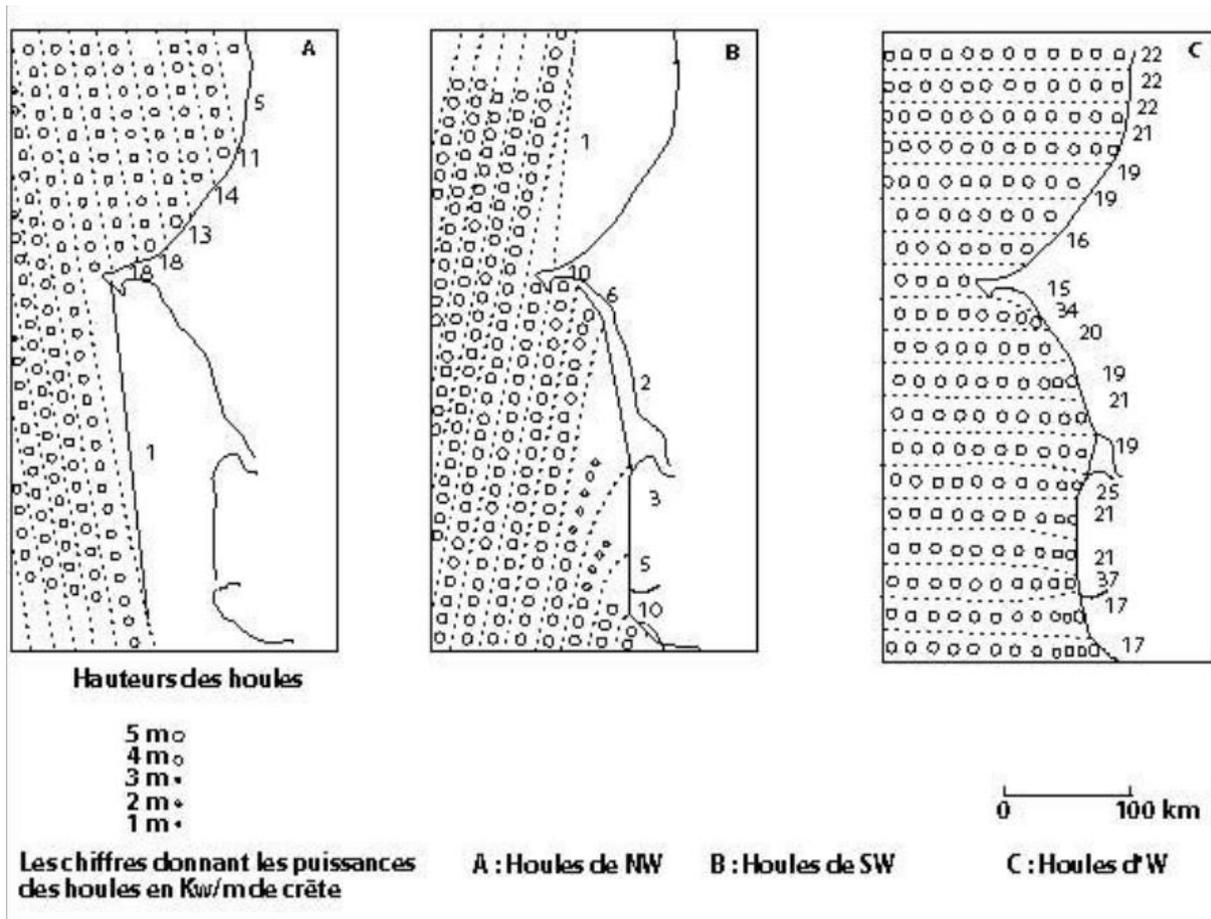
#### **3.4.1. Marée**

Due à l'attraction du soleil et de la lune sur les masses d'eau, la marée est un mouvement oscillatoire du niveau marin. Les côtes sénégalaises sont affectées par une marée de type semi-diurne. Elle comporte deux pleines mers et deux basses mers toutes les 24h 50 mn. Le marnage qui est la différence d'amplitude entre la basse mer et la pleine mer est relativement faible. Il varie entre 1,2 et 1,6 m en marée de vives eaux et entre 0,4 et 0,6 m en marée de mortes eaux ; ce qui classe le littoral sénégalais dans le régime des côtes microtidales (marnage moyen inférieur à 2 m). Sur les côtes sénégalaises, les courants de marée présentent des vitesses inférieures à 0,15 m.s<sup>-1</sup> (Niang-Diop, 1995). Ils n'ont donc qu'un rôle mineur dans l'évolution morphologique du rivage (Fall, 2012).

#### **3.4.2. Vagues et houles**

Ce sont des mouvements ondulatoires que subit la surface de la mer, sous l'influence du vent. L'agitation provoquée par la houle déferlant sur la plage immergée est responsable du déplacement de matériaux vers la plage ou vers le large. Ces mouvements donnent lieu à des variations du profil de plage à l'occasion des tempêtes. La houle joue alors un rôle important dans la dynamique des plages.

Selon Niang-Diop (1995), les côtes sénégalaises sont affectées par des houles d'origine lointaine et des « mers de vent » (ou vagues locales) qu'il est souvent difficile de distinguer. Ces mouvements ondulatoires peuvent engendrer des courants perpendiculaires (courants de houles) ou parallèles (courant de dérive littorale) à la côte. La dynamique littorale des côtes sénégalaises est marquée par trois régimes de houles (figure 4), issus des hautes latitudes (entre 40° et 60°) et des deux hémisphères (Niang-Diop, 1995).



**Figure 4** : Modèles de propagation des houles le long de la côte sénégalaise (Nardari, 1993)

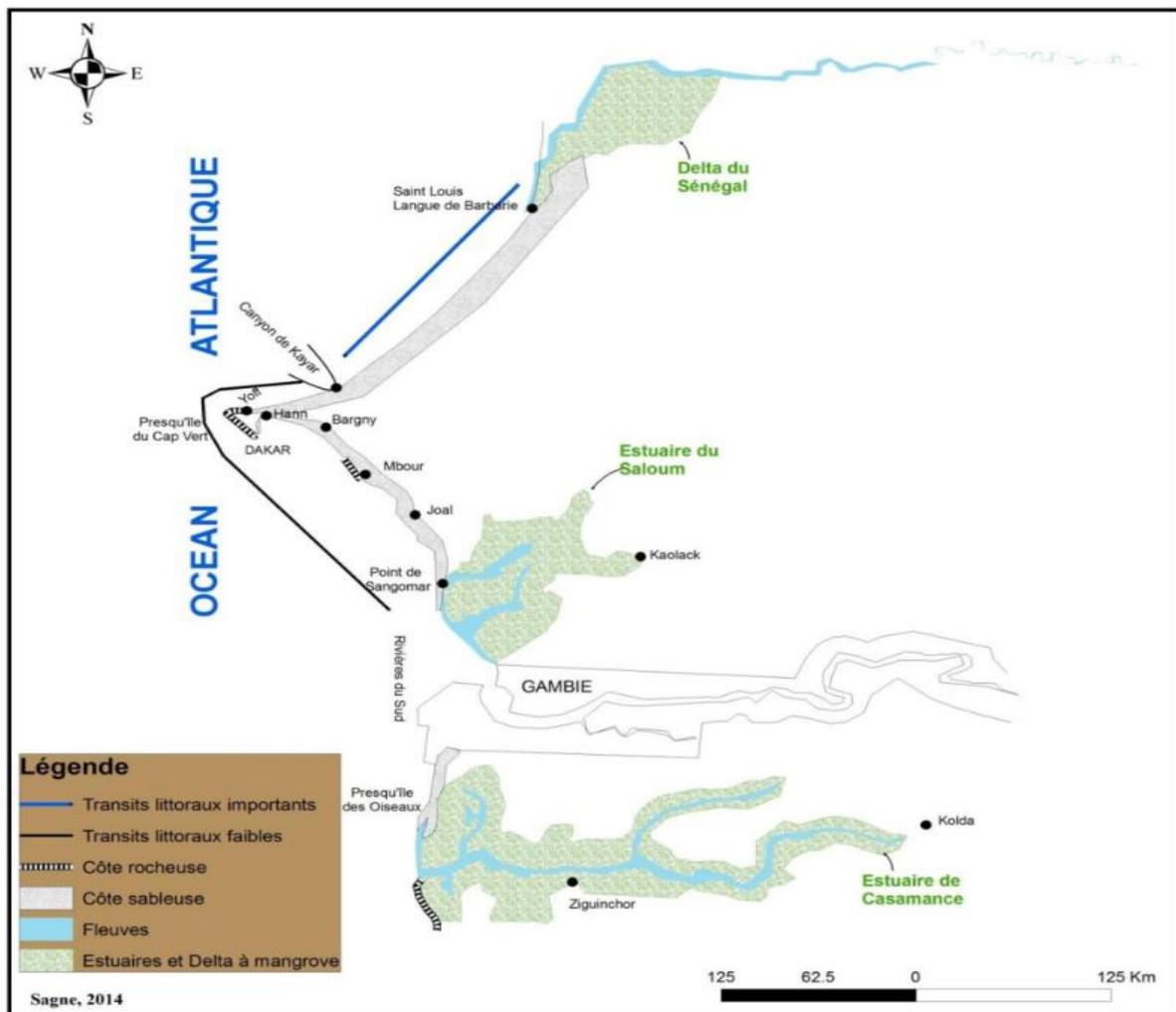
- Les houles du Nord-ouest (figure 5), issues de l'Atlantique nord, présentent une direction variante entre N320° et E20°. Elles sont présentes toute l'année et affectent principalement la côte au Nord du Cap Vert. Ces houles affectent également la tête de la Presqu'île du Cap Vert.
- Les houles du Sud-ouest, issues de l'Atlantique sud, affectent la côte au Sud de Dakar mais uniquement entre Juillet et Octobre. Elles ont une direction comprise entre N160° et W230°.

A ces deux types de houles, s'ajoutent les houles exceptionnelles d'Ouest dont la direction est N260° à 270°E. Elles affectent tout le littoral généralement aux mois d'Octobre, Novembre et Décembre. Elles semblent correspondre aux raz de marée signalés dans la mer des Caraïbes (Nardari, 1993).

Les houles induisent deux types de courant que sont :

-Les courants perpendiculaires à la côte toujours présents et intrinsèques à la houle. Ils jouent un rôle important dans le transit sédimentaire entre le large et la plage (onshore offshore), ceci en fonction de leur cambrure (rapport entre la hauteur et la longueur d'onde (Dwars *et al.*, 1979 in. Niang-Diop, 1995). Ainsi, une cambrure supérieure à 0,03 (houle de haute énergie) entrainerait les sédiments de la plage vers le large alors qu'une cambrure inférieure à 0,025 (houle de basse énergie) aurait un effet contraire (Niang-Diop, 1995). C'est ce qui est à l'origine du cycle de plage caractérisé par une alternance de périodes d'érosion et de périodes d'engraissement en fonction du régime des houles.

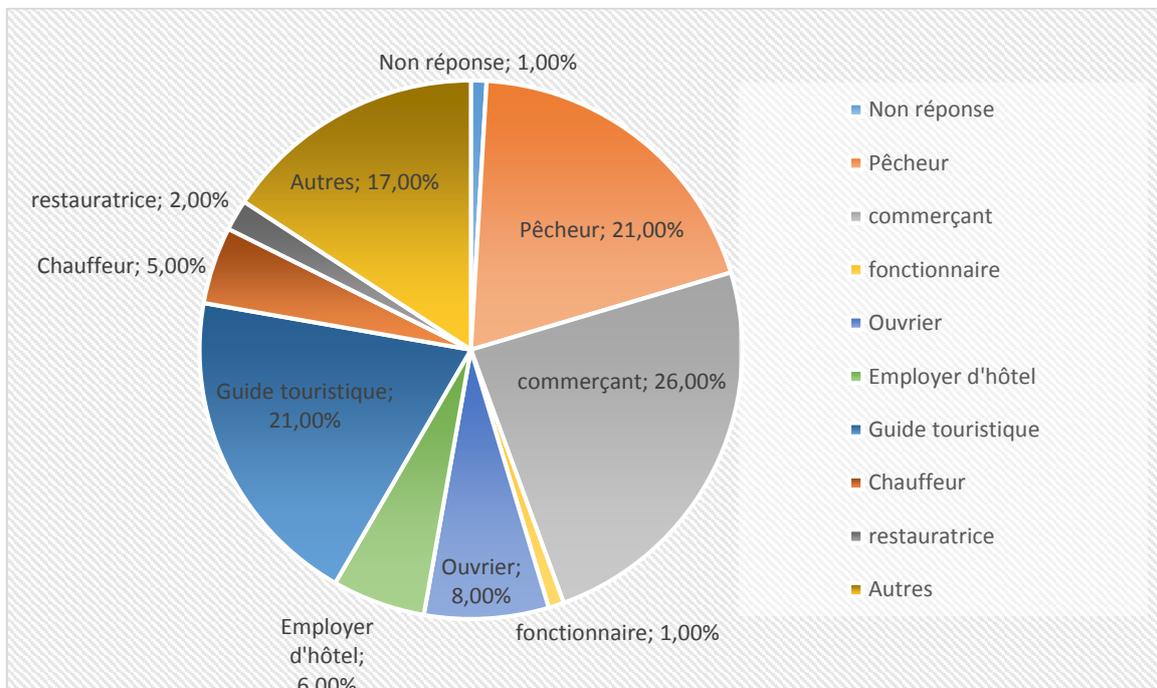
-Les courants parallèles à la côte encore appelés courants de dérive littorale sont engendrés par une obliquité de la houle au rivage (figure 5). La présence de tels courants, dirigés globalement du Nord vers le Sud, est attestée par les différentes flèches littorales allongées vers le Sud, les plus longues étant la Langue de Barbarie à Saint-Louis et la Pointe de Sangomar dans le Saloum (Niang-Diop, 1995). Ils charrient une bonne partie des sédiments parallèlement à la côte. Ces transits sédimentaires ont été évalués (figure 5), le long de la côte nord, entre 200 000 et 1 500 000 m<sup>3</sup> par an (transits importants). A partir de Kayar et jusqu'après Rufisque, ces quantités ont été estimées comme étant nettement moindres : 10 000 à 25 000 m<sup>3</sup> par an (transits faibles) (Barusseau, 1980 ; Sall, 1982 in DEEC, 2008). Cette diminution des apports sédimentaires serait due d'abord au rôle de piège à sédiments que joue le canyon de Kayar (Dietz *et al.*, 1968 in. DEEC, 2008) dont la tête se situe très près du rivage (Guilcher et Nicolas, 1954 in. DEEC, 2007) et ensuite à l'obstacle constitué par la tête de la Presqu'île du Cap Vert avec sa succession de caps et de baies qui ne favorise pas le cheminement des sables.



**Figure 5** : Transits littoraux sur la côte sénégalaise (Sagne, 2015)

## CHAPITRE 4 : Activités Socio-économiques

La commune de Saly compte une population de 26944 habitants (RGPHAE, 2013) qui s'active dans différents secteurs d'activités, parmi lesquels le tourisme, la pêche et le commerce demeurent les plus importants (figure 5).



**Figure 6** : Répartition des activités dans la commune de Saly (données d'enquêtes, 2017)

### 4.1. Tourisme

L'économie locale est principalement dominée par le tourisme balnéaire. La figure 2 ci-dessus montre la place importante qu'occupe le tourisme à Saly. Ainsi, 27% de la population enquêtée s'active dans le domaine du tourisme, 21% comme guides touristiques et 6% comme employés d'hôtels. En effet, la position géographique de la commune lui confère des potentialités réelles dans ce sous-secteur. Saly bénéficie en plus d'une large plage, d'un bon taux d'ensoleillement. Ces deux éléments constituent des atouts pour le développement du tourisme balnéaire. On note, le long de la plage, une floraison d'hôtels, de résidences, d'auberges et divers sites pour l'hébergement des touristes. La station compte actuellement 17 hôtels, dont 4 sont en cessation d'activités (Savana, Espadon, Coumba et Saly Princesse), 33 résidences et une trentaine d'auberges. Au total, la capacité d'hébergement peut être estimée à plus de 10 000 lits et le nombre d'emplois, saisonniers pour l'essentiel, à plus de 3 000. A l'exception de quelques hôtels comme le Palm Beach, le taux d'occupation des chambres atteint rarement 50% même en période de haute saison. De façon générale, le taux de fréquentation de ces réceptifs par les touristes a tendance à baisser et les promoteurs développent de plus en plus des stratégies pour

mieux capter la clientèle sénégalaise. D'ailleurs, en raison de la proximité de Dakar et la bonne desserte par les voies de communication, la station abrite beaucoup de séminaires et de réunions (Mairie de Saly, 2017).

Le recul de l'attrait de la station balnéaire de Saly et de la destination Sénégal en général, pourrait s'expliquer par la cherté de la destination Sénégal par rapport aux autres pays, la taxe aéroportuaire très élevée, le manque de promotion à l'étranger de la destination Sénégal. A cela s'ajoute les effets de l'épidémie d'Ebola qui a frappé l'Afrique de l'Ouest et la crise électorale que le Sénégal a frôlée en 2012. La concurrence de nouvelles destinations telles que la Mauritanie et les îles du Cap-Vert, mais aussi l'érosion côtière qui menace les installations touristiques constituent également des facteurs de reculs du tourisme dans la station balnéaire de Saly.

Cette situation a un effet sur le dynamisme des autres secteurs comme le commerce et l'artisanat qui sont de plus en plus plongés dans une relative crise.

#### **4.2. Commerce**

Le commerce arrive en deuxième position avec 26% de la population active. Il est indirectement lié au tourisme. L'existence d'un village artisanal et de boutiques réservées uniquement à la vente d'objets d'art, que l'on trouve au niveau de chaque hôtel, témoigne du lien étroit qui existe entre ces deux sous-secteurs. Le tourisme et les sous-secteurs auxquels il est lié, notamment le commerce et l'artisanat, constituent les principales sources de revenus des populations de la commune et du conseil municipal. Le commerce reste une des activités économiques les plus importantes de la collectivité. Il est symbolisé dans la commune par la présence de centres commerciaux, des boutiques, de restaurants.

#### **4.3. Pêche**

L'activité de pêche est assez développée dans la commune et peut être considérée comme le poumon de l'économie de la plupart des quartiers traditionnels de Saly. Elle arrive en troisième position avec 21% de la population active et est pratiquée par une grande partie de la population autochtone qui en tire des revenus substantiels. La forme de pêche locale encore pratiquée est la pêche dite artisanale, sans filets. Depuis quelques années, le secteur de la pêche vit une crise consécutive à la raréfaction de la ressource, au coût élevé des équipements, à l'absence d'unité de conservation, mais aussi aux difficultés croissantes d'accès à la plage du fait de la présence des hôtels, à la destruction du matériel de pêche par les bateaux, à l'érosion côtière, entre autres.

Cependant, il existe d'autres activités qui gravitent indirectement autour du tourisme, mais qui sont faiblement représentées. Il s'agit des ouvriers (8%), du transport (5%), de la restauration (2%).

### **Conclusion**

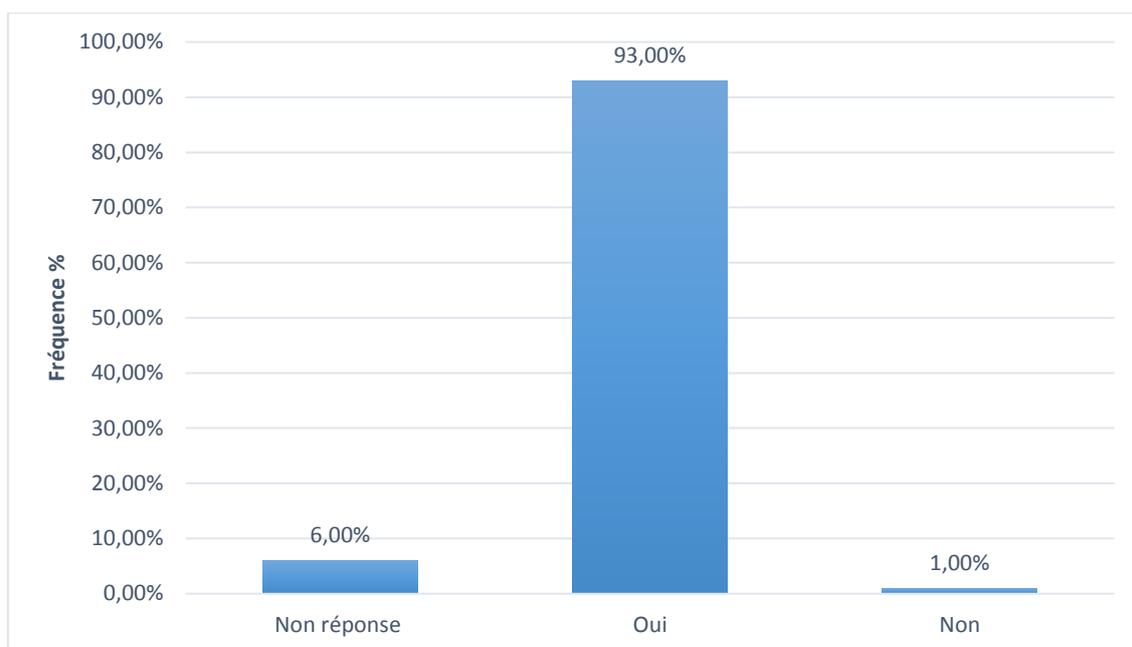
En conclusion, la station balnéaire de Saly située sur la petite côte entre Ngaparou et Mbour, appartient du point de vue géologique à la région de Mbour qui est localisée dans la partie occidentale du bassin sénégal-mauritanien. Du point de vue climatique, la zone de Saly est caractérisée par une alternance de saison sèche et de saison pluvieuse, de période de chaleur et de période de fraîcheur, et de deux régimes éoliens. Du point de vue hydrodynamique, ce sont les marées, les houles et les vagues, ainsi que les courants qu'elles induisent qui constituent les principaux agents de la dynamique côtière.

Quant aux activités socioéconomiques de la zone, elles sont caractérisées par la prédominance du tourisme balnéaire suivi du commerce et de la pêche. Cependant, la station balnéaire de Saly fait face au problème d'érosion côtière.

Partant de ce constat, nous nous intéressons, dans le chapitre 3, à la manifestation de l'érosion côtière dans la station balnéaire de Saly.

## TROISIEME PARTIE : MANIFESTATIONS DE L'EROSION COTIERE A SALY

Le littoral de Saly est affecté par une érosion côtière. 93% de la population interrogée affirment avoir noté une érosion au niveau littoral de Saly (figure 6) qui serait causée par des facteurs naturels et des facteurs anthropiques.

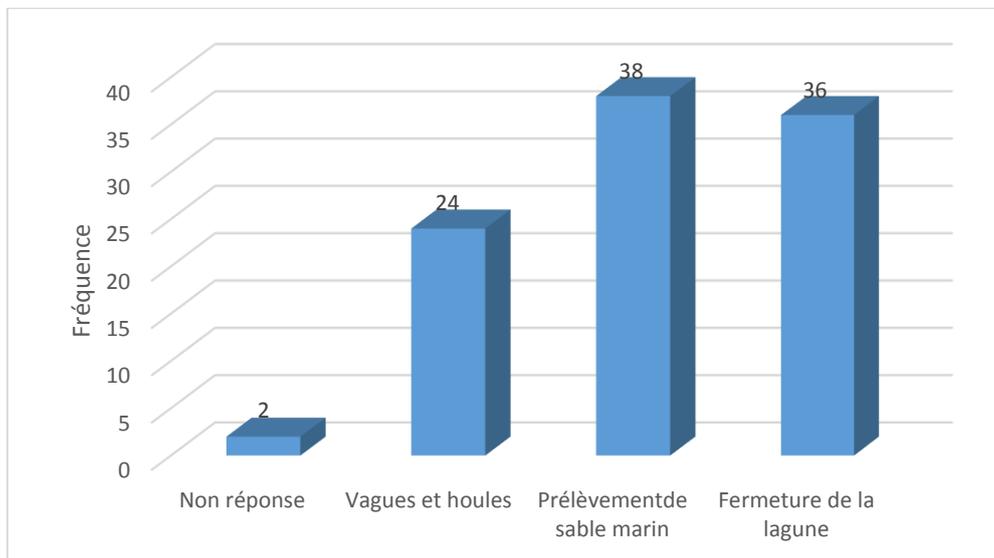


**Figure 7 :** Existence de l'érosion côtière à Saly selon la population (données d'enquêtes, 2017).

Cette érosion entraîne des impacts aussi bien sur le milieu physique que sur les activités économiques. Face à ces impacts, les populations ainsi que les autorités nationales et les autorités locales tentent de trouver une solution en mettant en œuvre des stratégies d'adaptation.

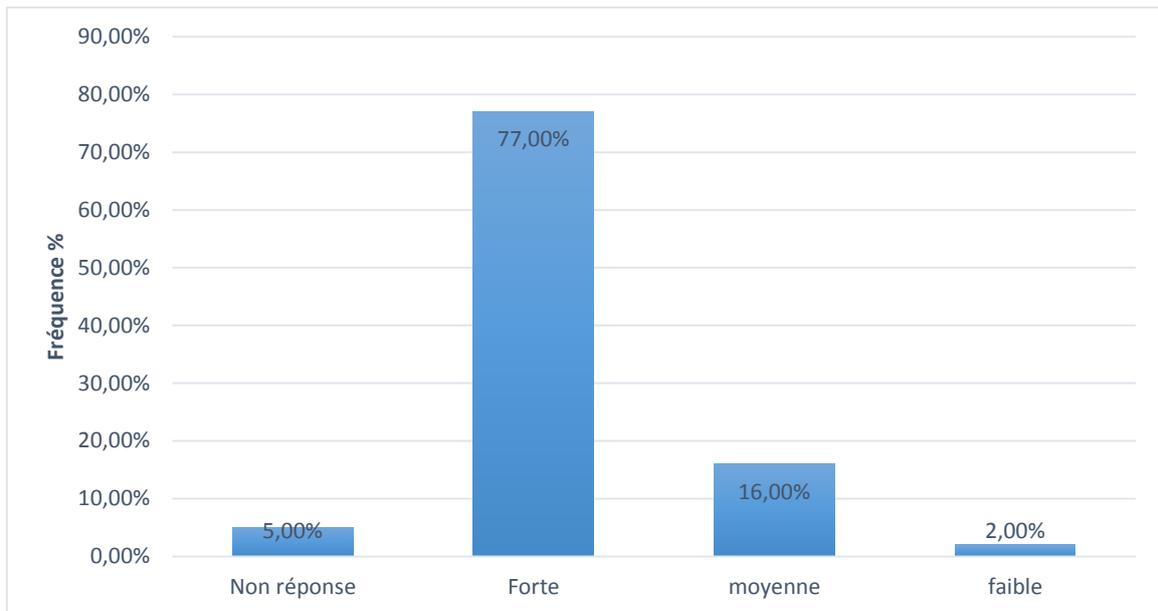
## CHAPITRE 5 : Les facteurs de l'érosion côtière à Saly

Les causes de l'érosion côtière sur la petite côte sont très variables et diffèrent d'un secteur à un autre. Ces causes sont à la fois naturelles et anthropiques. Parmi celles-ci, nous pouvons invoquer l'élévation du niveau marin, les vagues, le déficit sédimentaire, l'instabilité naturelle des pentes, la construction de bâtiments sur les plages, la construction d'ouvrages perpendiculaires à la côte etc. (Dabo 2006). La figure 7 ci-dessous montre la perception de la population interrogée sur les causes de l'érosion côtière à Saly. Ainsi, 24% des réponses données montrent que les vagues et les houles seraient à l'origine de l'érosion, 38% affirment que le prélèvement de sable serait la principale cause alors que 36% soutiennent que la fermeture de la lagune de Saly serait le principal facteur de l'érosion côtière à Saly.



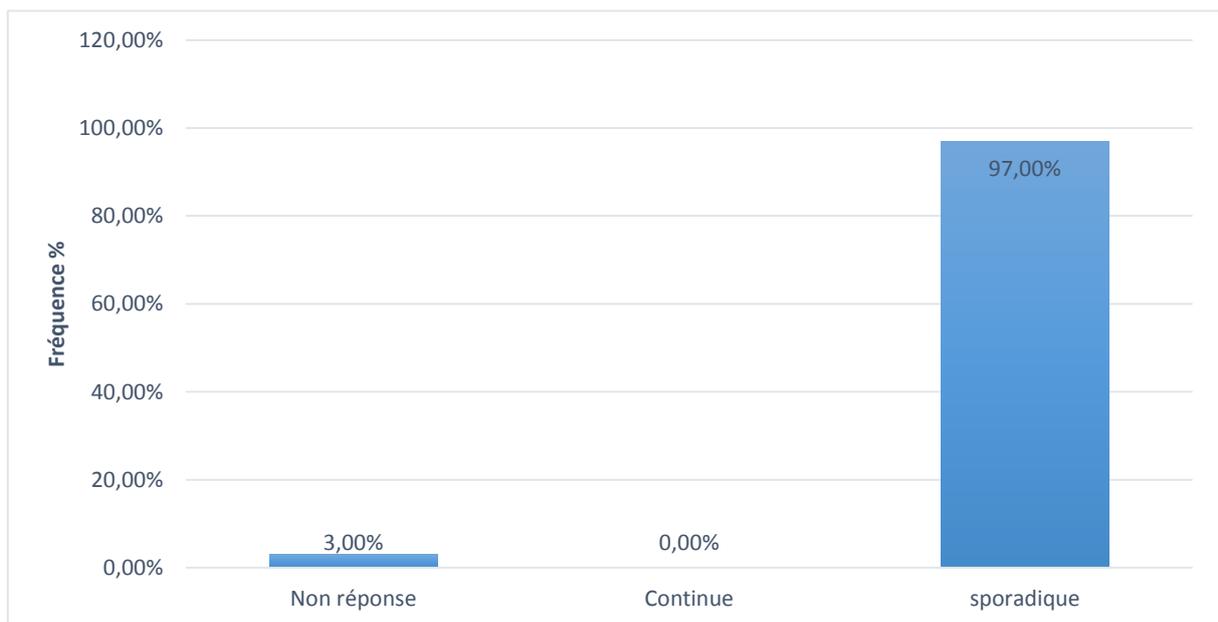
**Figure 8** : Perception de la population sur les causes de l'érosion côtière (données d'enquêtes, 2017).

L'intensité de cette érosion devient de plus en plus forte. Une bonne partie de la population interrogée (77%) soutiennent que la mer avance avec une forte intensité, 16% affirment que l'intensité de l'avancée de la mer dans la zone est moyenne alors que seulement 2% pensent que la mer avance avec une faible intensité (figure 8).



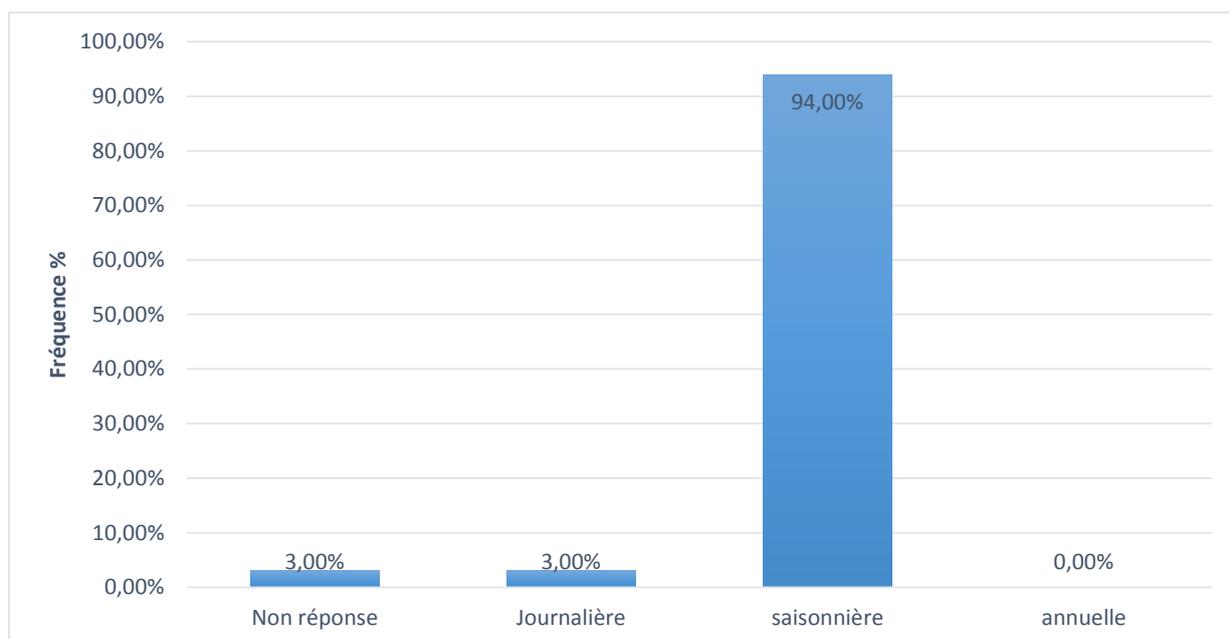
**Figure 9** : Intensité de l'avancée de la mer (données d'enquête 2017)

En réalité, à Saly la mer avance de façon sporadique comme l'affirment 97% de la population interrogée (figure 9).



**Figure 10** : Fréquence de l'avancée de la mer (données d'enquête 2017)

Le littoral de Saly est généralement affecté en saison hivernale et c'est d'ailleurs ce qu'affirme la population interrogée avec 94% des réponses qui montrent que la fréquence de l'avancée est saisonnière alors que seulement 3% montrent que la fréquence est journalière (Figure 10). Cela pourrait se justifier par la présence des houles du Sud-ouest sur la petite côte entre juillet et octobre (Niang-Diop, 1995), période qui correspond à l'hivernage au Sénégal. Ces houles seraient en fait à l'origine de l'érosion à Saly.



**Figure 11** : Perception de la population sur la fréquence de l'avancée de la mer à Saly (Données d'enquête, 2017)

### 5.1. Facteurs naturels

Les facteurs de l'érosion côtière sont d'abord naturels. A Saly, les vagues ou houles exceptionnelles ou « raz de marée » et l'élévation du niveau marin constituent les principaux facteurs naturels responsables de l'érosion côtière. La faible topographie de la zone et le déficit en sédiments peuvent également y être inclus.

#### ➤ Les « raz de marée » ou houles exceptionnelles

Les « raz de marée » ont été invoqués pour expliquer les ruptures des flèches littorales, en particulier au niveau de la Langue de Barbarie (Louise, 1918 ; Debaud, 1950 ; Guilcher et Nicolas, 1954 in Dabo, 2006). D'autres auteurs privilégient l'effet des crues (Bancal, 1923) ; mais les deux phénomènes peuvent se produire conjointement comme ce fut le cas lors de la rupture de flèches littorales de 1934 (Guilcher et Nicolas, 1954, in Dabo, 2006). Nardari (1993), signale pour les côtes sénégalaises, l'occurrence, très limitée, de houles d'Ouest (N260° à 2700 E) déclenchées par les cyclones qui se développent, entre octobre et décembre, dans la mer des Caraïbes. La côte de Saly fait exception à cette règle en enregistrant des puissances moyennes considérables de houles d'Ouest de 19 à 20 KW m-J de crête (Dabo, 2006).

### ➤ **L'élévation du niveau marin**

L'évolution à long terme du niveau marin a pu être mise en évidence par Elouard *et al.* (1977) à partir de l'analyse des enregistrements du marégraphe de Dakar. Ils montrent que le littoral sénégalais connaît une élévation moyenne du niveau marin de 1,4 mm par an.

Le réchauffement de l'atmosphère engendré par les émissions de gaz à effet de serre risque d'augmenter les taux d'élévation du niveau marin. Le niveau de la mer continue d'augmenter à un rythme accéléré (GIEC, 2019). Cette hausse du niveau marin entraîne des conséquences telles que l'érosion côtière (du GIEC 2019).

### ➤ **La topographie basse**

La basse topographie se justifie par les faibles élévations qui varient entre 01m et 02m IGN en moyenne. La faible élévation de Saly expose les investissements socioéconomiques à l'avancée de la mer (Rapport INTAC, 2012).

### ➤ **Le déficit sédimentaire**

L'exposition du site de Saly à l'érosion côtière est aussi tributaire du déficit de sédiments. En effet, au large du Sénégal se trouve un canyon connu sous le nom de canyon de Cayar. Ce dernier présente une caractéristique majeure influençant 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 Quélenec, 1989). Etant donné que le transit sédimentaire se fait du Nord au Sud, une grande quantité de sédiments est piégée par le canyon de Cayar avant d'arriver sur la petite côte. Ce qui rend difficile l'approvisionnement en sable sur les plages de Saly. De plus, les superficies occupées par les dunes ont diminué, passant de 22,57 hectares en 1946 à 0,99 hectare en 2001 (Dabo, 2006).

## **5.2 Facteurs anthropiques**

L'effet des phénomènes naturels traité ci-dessus peut être amplifié par les actions anthropiques. Parmi les activités humaines incriminées, on peut citer : le prélèvement de sable marin ; la construction de bâtiments sur les plages ; la construction d'ouvrages perpendiculaires à la côte qui entravent les transits sédimentaires.

### ➤ **Le prélèvement de sable marin**

Lorsque les prélèvements (sables et coquillages pour la construction) deviennent supérieurs aux apports sédimentaires, ils induisent un déséquilibre sur les plages, déclenchant ainsi le processus d'érosion. Cela est particulièrement notable sur le littoral de Saly où règne une dérive littorale et où les dunes littorales sont fixées par les aménagements anthropiques. Les prélèvements clandestins s'effectuent sur les plages, le long de la ligne de rivage. Ces abus et pratiques affectent inévitablement l'équilibre entre la plage et le proche plateau continental et intensifient le recul côtier (Dabo, 2006).

➤ **Les aménagements anarchiques**

La pression foncière et humaine, l'occupation anarchique et irrégulière du Domaine Public Maritime (DPM) ont accentué au cours de ces dernières années l'érosion côtière dans la station balnéaire de Saly. On observe sur toute la Petite Côte des constructions de nombreux cabanons, résidences privées et hôtels qui longent les plages. Or, le fait de construire sur la plage, ou à proximité, diminue le stock sédimentaire qui est régulièrement utilisé et remodelé par les houles. De ce fait, tout déficit sédimentaire créé, se traduit par une érosion des côtes.

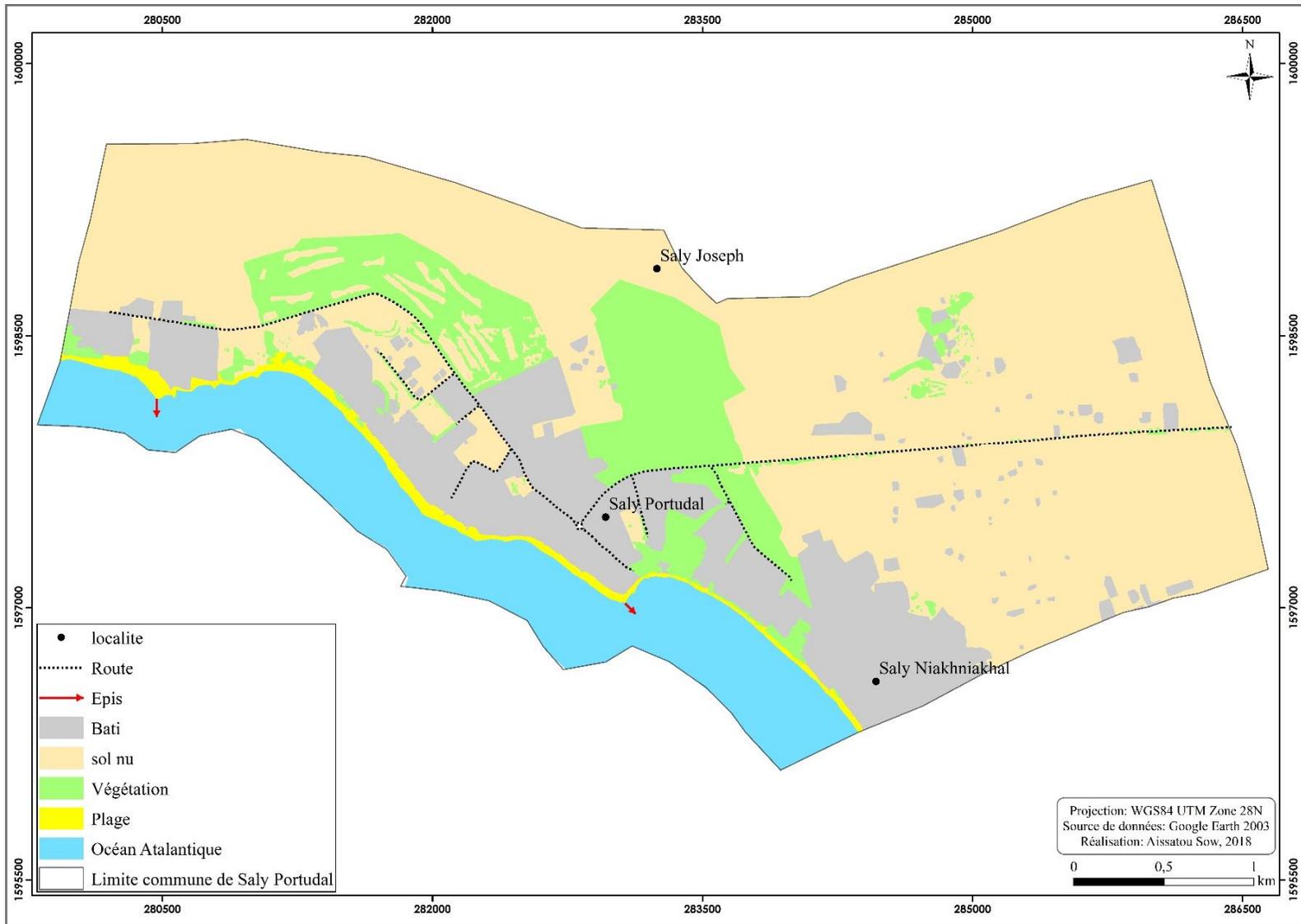


**Photo 4** : Exemple d'aménagement faite sur le DPM (Sow, 2017)

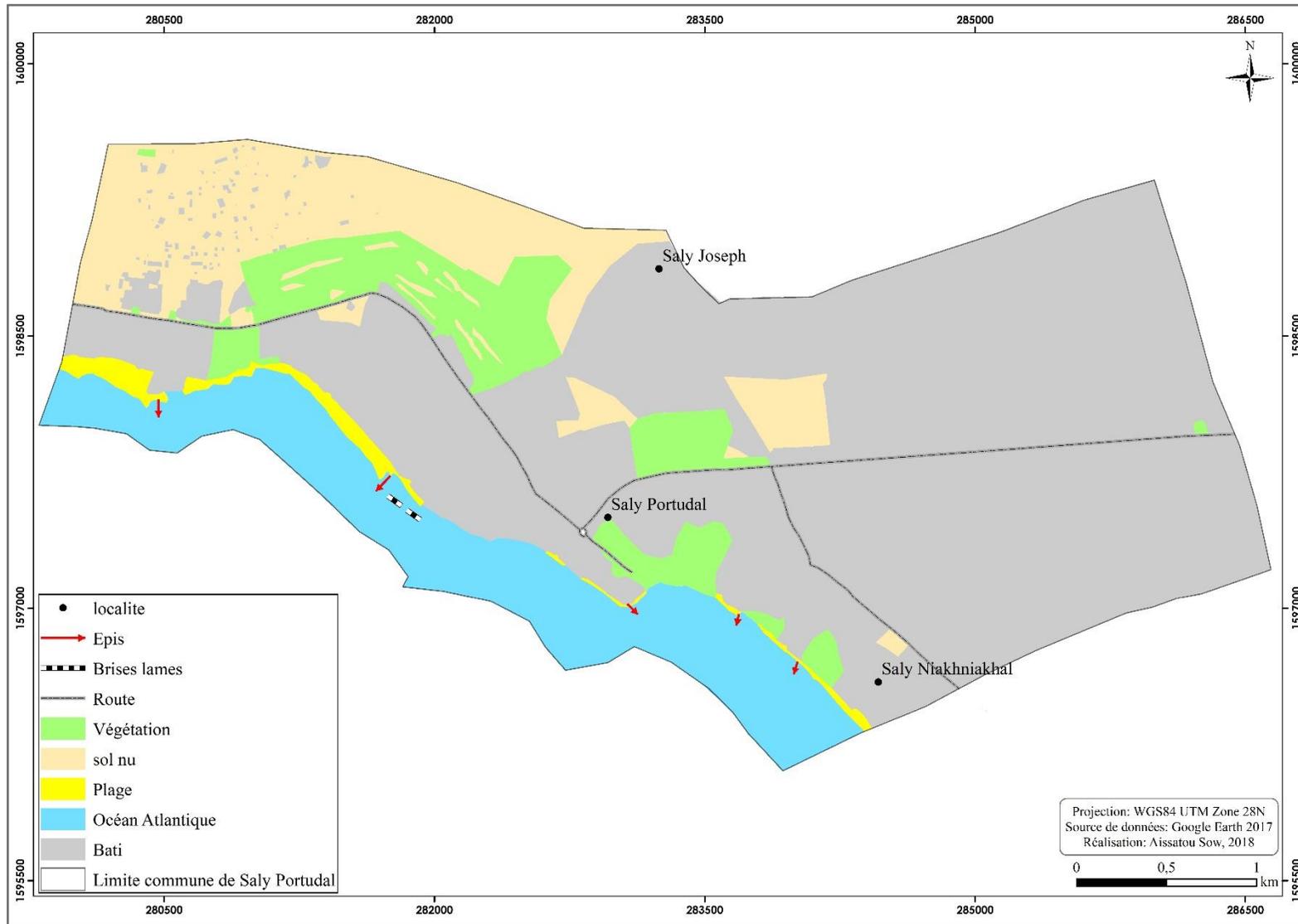
Cette nouvelle configuration du site de Saly se reflète dans l'occupation du sol. En effet, entre 2003 et 2017, l'occupation du sol a considérablement évolué à Saly. Les cartes 3 et 4 ci-dessous montrent l'évolution de la surface occupée par le bâti, la plage, le sol nu et la végétation en 2003 et en 2017. En 2003, le bâti occupe une surface de 245,20 m<sup>2</sup>, la plage occupe 21,37 ha,

le sol nu occupe la plus grande surface avec 763 m<sup>2</sup> et la végétation occupe 170,3 m<sup>2</sup>. La carte de 2003 montre également la présence des épis qui sont des ouvrages de protection contre l'érosion et dont le rôle est de retenir une bonne quantité de sédiments (carte 3).

En 2017, contrairement à ce qui a été observé en 2003, le bâti occupe une surface plus grande avec 872,21 ha alors que la plage occupe seulement 19,70 ha. La surface occupée par le sol nu est de 194,35 ha alors que celle occupée par la végétation est de 47,64 ha. Les ouvrages de protection (épis et brises lames) ont également augmenté en 2017 (carte 4).

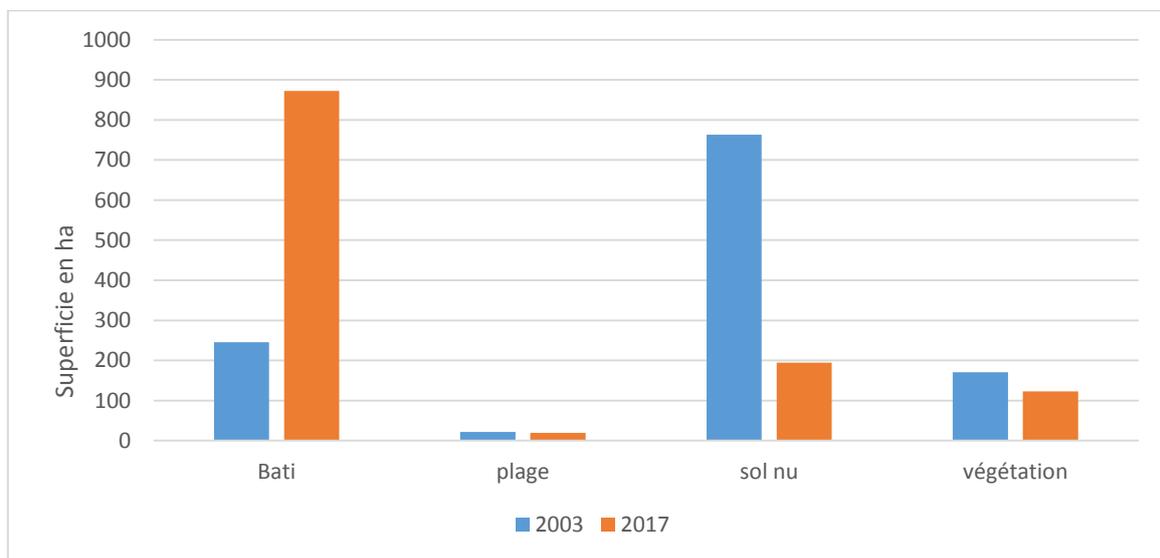


**Carte 3** : Occupation du sol à Saly en 2003



**Carte 4:** Occupation du sol à Saly en 2017

Une analyse comparative de l'occupation du sol à Saly de 2003 et 2017 (figure 11) permet de constater une augmentation de la surface du bâti et une diminution de la surface occupée par la plage, le sol nu et la végétation. En effet, entre 2003 et 2017, la surface du bâti est passée de 245,20 m<sup>2</sup> à 872,21 ha, soit une augmentation de 627 ha ; celle de la plage de 21,367 ha à 19,70 ha, soit une diminution de 1,67 ha ; le sol nu passe de 762,96 ha à 194,347235 ha, soit une diminution de 568,61 ha et la végétation est passée de 170,31 ha à 122,666623 ha, soit une diminution de 47,65 ha. Ceci peut être expliqué par une forte anthropisation de la zone au cours de ces dernières années. En fait, la zone, de par sa position géographique et les nombreuses opportunités qu'elle offre, constitue une zone d'attraction. De ce fait, les installations hôtelières, de même que les habitats ont augmenté au détriment du sol nu.

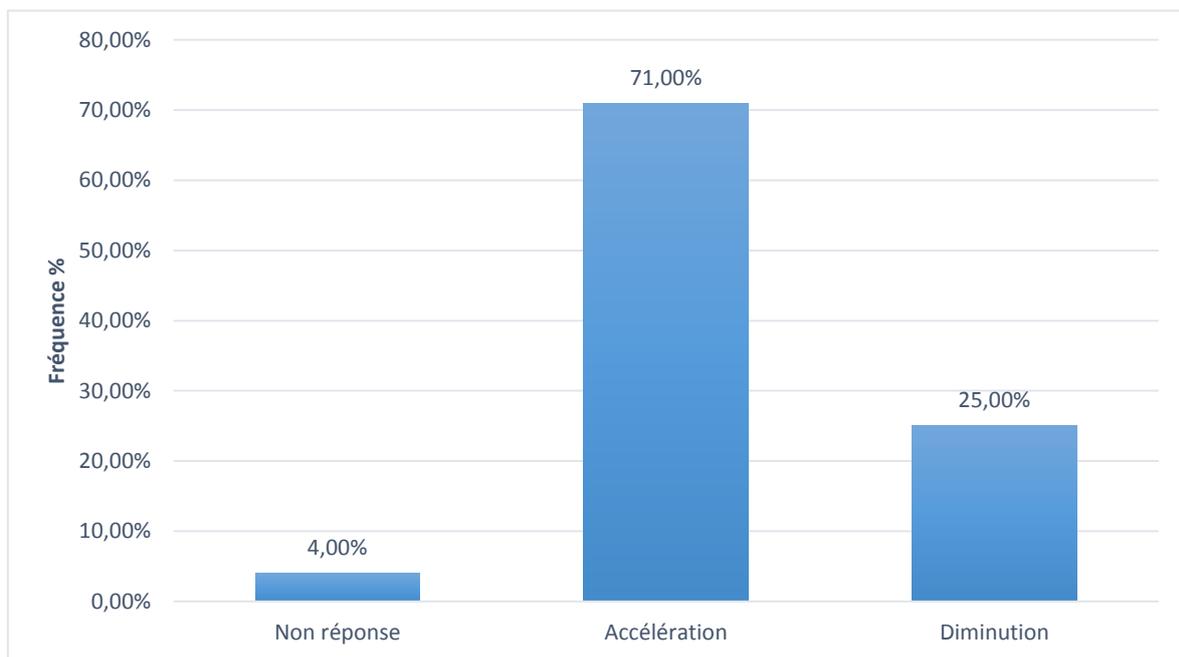


**Figure 12** : Occupation du sol à Saly entre 2003 et 2017

En outre, la construction d'ouvrages perpendiculaires au littoral tels que les épis, crée une interférence avec les transits littoraux ; la disposition des ouvrages suit peu la dynamique hydrodynamique et sédimentaire du littoral de Saly (INTAC, 2012). Ce qui entraîne un dépôt de sédiments du côté amont (par rapport au sens de la dérive littorale) et une érosion à l'aval de l'ouvrage.

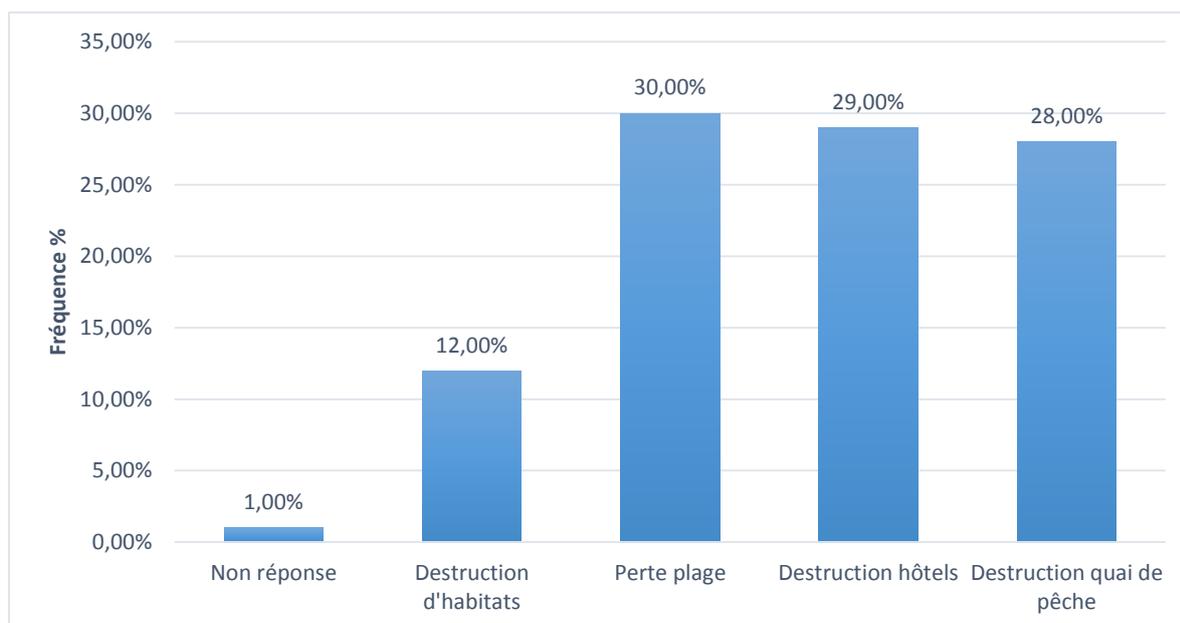
## CHAPITRE 6 : Les impacts de l'érosion côtière à Saly

Au cours de ces dernières années, la vitesse de l'érosion côtière à Saly s'accélère de plus en plus. 71% de la population interrogée affirment avoir notée une accélération alors que les 25% affirment avoir notée le contraire (figure 12). L'accélération de l'érosion côtière entraîne à cet effet des conséquences considérables aussi bien sur le milieu physique que sur les activités socio-économiques à Saly.



**Figure 13** : Vitesse de l'érosion côtière à Saly (données d'enquête ,2017).

Nous pouvons voir avec la figure 13 que 12% des réponses données par la population interrogée montrent que l'érosion côtière impacte sur les habitats, 30% sur la plage, 29% sur les hôtels et 28% affirment que l'érosion impacte sur le quai de pêche.



**Figure 14** : Perception de la population sur les impacts de l'érosion côtière (données d'enquêtes, 2017).

### 6.1. Impacts physiques

A Saly, les impacts de l'érosion côtière les plus visibles sont le recul du rivage et la disparition des plages.

#### ➤ Le recul du rivage

La conséquence la plus directe et la plus visible de l'érosion côtière dans la zone de Saly est le recul du rivage de 37 m à plus de 280 m entre 1946 et 2001 (soit 0.7m à 5 m par an) (Dabo, 2005). Ce phénomène menace les établissements hôteliers et les habitats qui se trouvent à côté du rivage.

#### ➤ La disparition des plages

En raison de l'érosion côtière, la quasi-totalité des plages de Saly sont devenues inexploitable, ce qui engendre une baisse des activités balnéaires. A la station balnéaire très convoitée de Saly-Portudal, la mer occupe pratiquement tout l'espace. Cela nuit non seulement l'économie locale, mais a aussi un impact négatif au niveau national. Cela entraîne également des conséquences sur les infrastructures touristiques et les habitats. Les hôtels et habitats sont détruits ou tout simplement abandonnés.



**Photo 5** : Destruction d'un hôtel à Saly



**Photo 6** : Erosion de la plage de Savana



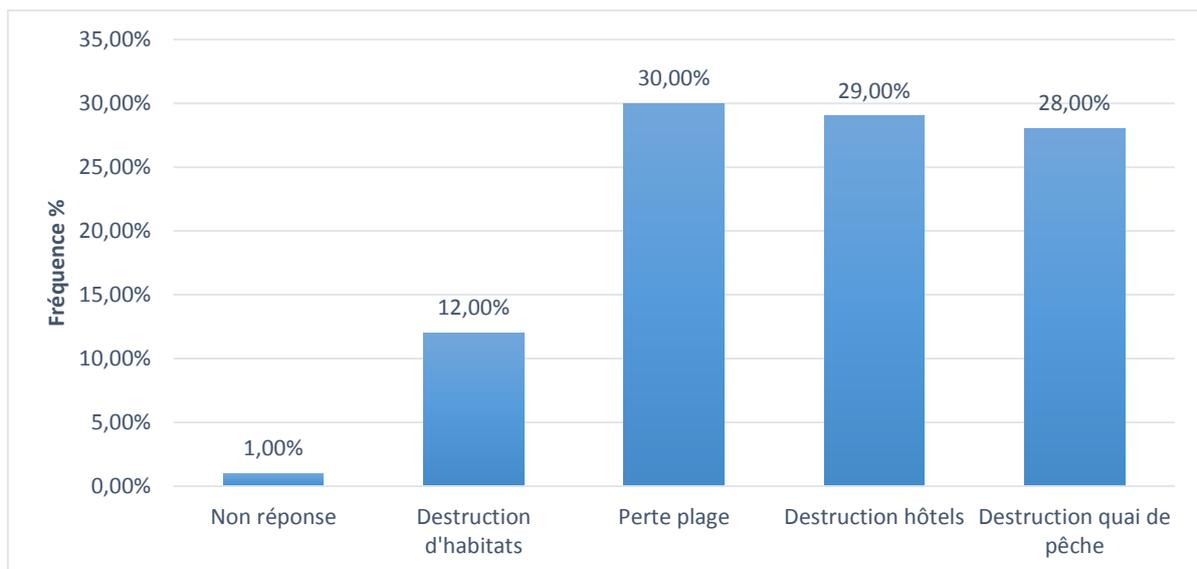
**Photo 7** : Perte de plage à Saly



**Photo 8** : Destruction d'arbre et du mur par les houles à Saly

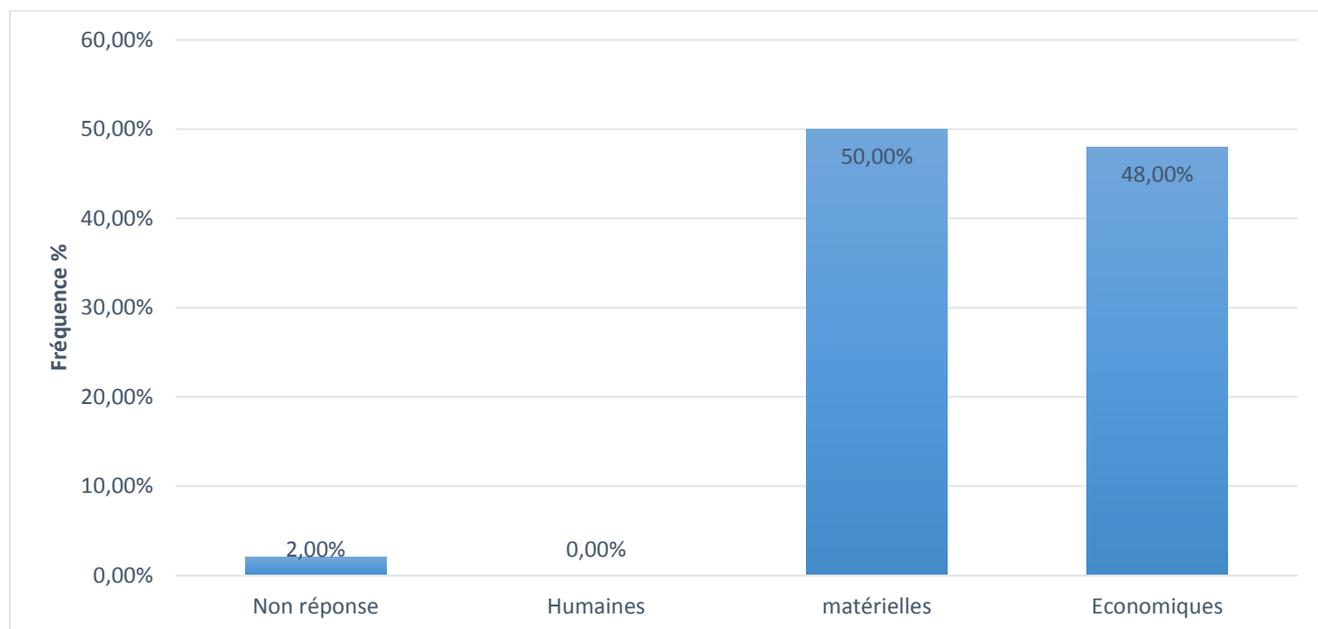
## 6.2. Impacts sur les activités socio-économiques

Les impacts de l'érosion côtière sur le milieu physique ont une conséquence directe sur la pratique des activités socioéconomiques. Selon les enquêtes faites, la disparition des plages et la fermeture de certains hôtels entraîne un recul du tourisme (figure 14).



**Figure 15** : Perception de la population sur les impacts de l'érosion côtière (données d'enquêtes, 2017).

La figure 15 montre que 50 % des pertes enregistrées sont de nature matérielle et 48 % sont de nature économique.



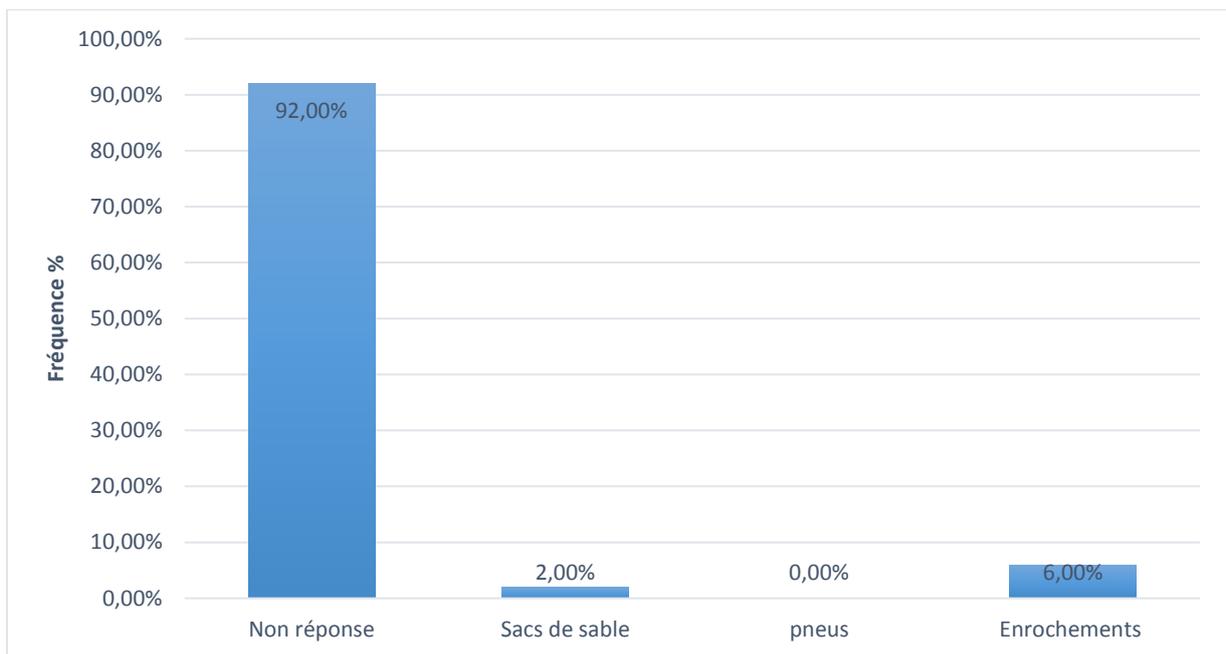
**Figure 16** : Nature des pertes lies à l'érosion côtière à Saly (données d'enquêtes, 2017).

Cela engendre le chômage de certains employés d'hôtels. Les artisans, les commerçants, les guides touristiques, les chauffeurs et les restauratrices ne sont pas épargnés. En effet, l'économie de la commune de Saly dépend principalement du tourisme. Une baisse de l'activité touristique porte préjudice non seulement à l'économie locale mais aussi nationale car la commune de Saly bénéficie le plus des retombées du tourisme sur la petite côte (INTAC, 2012). Avec la réduction du nombre de clients, bon nombre d'hôtels ont vu leur chiffre d'affaire diminué, ce qui implique un ralentissement de l'activité du transport et une réduction des besoins en produits de mer au niveau du village des pêcheurs.

Pour faire face à l'érosion côtière, des stratégies d'adaptation sont mises en œuvre.

## CHAPITRE 7 : Les stratégies d'adaptation à l'érosion côtière à Saly

La complexité des problèmes environnementaux sur le littoral exige une approche de solutions stratégiques qui prend en compte tous les facteurs de dégradation du littoral notamment les effets néfastes des changements climatiques, l'extraction frauduleuse du sable marin, l'occupation anarchique, etc. Face aux problèmes d'érosion côtière rencontrés à Saly, une partie de la population interrogée a tenté de mettre en œuvre des stratégies communautaires en utilisant des méthodes empiriques. La figure 16 montre que 2 % de la population ont mis en œuvre des sacs de sable, 6% des enrochements.



**Figure 17** : Stratégies d'adaptation mises en œuvre par la population (données d'enquêtes, 2017).



**Photo 9** : Sacs de sable comme stratégie d'adaptation



**Photo 10** : Enrochements comme stratégie d'adaptation

Cependant, ces méthodes ne sont pas efficaces avec le rythme auquel le littoral est affecté.

Pour pallier cela, les autorités locales et nationales ont installé des brise-lames et des épis pour la protection du littoral.

Toutefois, les épis ne sont pas totalement efficaces. En réalité, les épis piègent une bonne partie des sédiments charriés par la dérive du littoral et créent une zone d'accumulation en amont de la structure. En revanche, une zone déficitaire en sédiments se crée en aval de l'épi.

Ainsi, l'Etat du Sénégal, avec l'appui des partenaires au développement dont la Banque mondiale, l'UEMOA, la Coopération Japonaise, l'Union Européenne (UE), l'UICN etc., a mis en œuvre depuis quelques années un certain nombre d'actions de protection du littoral de Saly. Parmi les actions entreprises on peut citer :

**Le projet « Fonds d'adaptation » (2012-2015)**, qui a concerné les sites de Thiawène (Rufisque), Saly et Joal. A Saly, le projet a permis de réaménager la zone de transformation des produits halieutiques de Saly Coulan, d'améliorer les infrastructures préexistantes et les conditions de travail des femmes transformatrices. Cette aire de transformation des produits halieutiques avait été fortement endommagée par les assauts de la mer, réduisant fortement l'activité des femmes transformatrices. Grâce au projet, l'aire de transformation a été réhabilitée sur 878 m<sup>2</sup> avec la construction d'un mur de soutènement pour empêcher les infiltrations d'eau de mer qui venaient saper les fondements, la reconstruction du hangar, la réfection des claies de séchage, la construction de toilettes fonctionnelles et l'installation d'un éclairage solaire.

**Le projet de Croissance et de Développement des Exportations**, qui a été financé par la Banque Mondiale. Ce projet a pour objectif de promouvoir l'exportation, en favorisant l'accès des PME aux marchés d'exportation, en soutenant le développement du tourisme et en améliorant l'environnement des affaires. L'une des composantes du projet est de restaurer et protéger les plages de Saly sur une longueur de 4,5 km afin de redynamiser le tourisme balnéaire. Compte tenu de l'évolution de la ligne de rivage, le littoral de Saly a été subdivisé en quatre secteurs distincts. Pour chacun de ces 4 secteurs, des propositions d'aménagement adaptées ont été retenues. Ces travaux de restauration, protection et entretien de plage de Saly comportent, selon les secteurs :

- Une phase de construction d'ouvrages de fixation et de protection des plages de type épis et brise-lames immergées et émergées sur le front de mer de Saly entre l'hôtel Lamantin et les Cocotiers. Le projet prévoit également la modification d'ouvrages de protection existants et un rechargement massif des plages par l'apport de matériaux sableux sur ce même linéaire ;
- une phase d'exploitation comprenant des activités de rechargement en sable et d'entretien des plages de Saly et des mesures d'accompagnement de suivi et de rééquilibrage des plages.

### **Conclusion**

Les facteurs de l'érosion côtière à Saly sont d'abord des facteurs naturels (houles et vagues, élévation du niveau marin, déficit de sédiments...), amplifiés par des facteurs anthropiques (prélèvement de sable marin, aménagements inadaptés...)

Les cartes d'occupation du sol de 2003 et de 2017 montrent l'évolution de l'occupation du sol. La surface occupée par le bâti a augmenté alors que celle occupée par le sol nu, la plage et la végétation a diminué durant cette période. Ce phénomène entraîne des impacts sur le plan physique (recul du rivage, disparition des plages...) et sur l'activité socioéconomique. Pour faire face à cette situation, des ouvrages de protection tels que les épis et les brise-lames ont été installés le long de la plage.

Ainsi, il est important de voir l'influence de ces structures de protection sur la dynamique du littoral de Saly.

## **QUATRIEME PARTIE : EVOLUTION MORPHOSEDIMENTAIRE DU LITTORAL DE SALY**

L'évolution morphosédimentaire consiste à mesurer régulièrement une série de profils de plage transversaux sur un segment côtier pour évaluer son comportement sous l'effet des agents dynamiques (vagues et houles, courants, marées, vents...). Elle permet aussi de mesurer l'influence des structures de protection contre l'érosion côtière. Ainsi, les caractéristiques morphologiques et sédimentologiques ont été suivies mensuellement d'octobre 2017 à mars 2018. Dans cette partie composée de deux chapitres, nous présenterons dans le premier chapitre les résultats des suivies morphosédimentaire des trois profils avant de les discuter dans le dernier chapitre.

## CHAPITRE 8 : Les résultats

Les résultats sont présentés par profil, pour mettre en exergue les particularités de chaque profil pris individuellement et les différences entre les trois profils (P1, P2 et P3) choisis pour l'étude. Pour chaque profil, les caractéristiques morphologiques et sédimentologiques ont été analysées.

### 8.1. Profil 1

Le profil 1 a été levé près de l'hôtel le récif. Il est encadré par deux épis.

#### 8.1.1 Données morphologiques

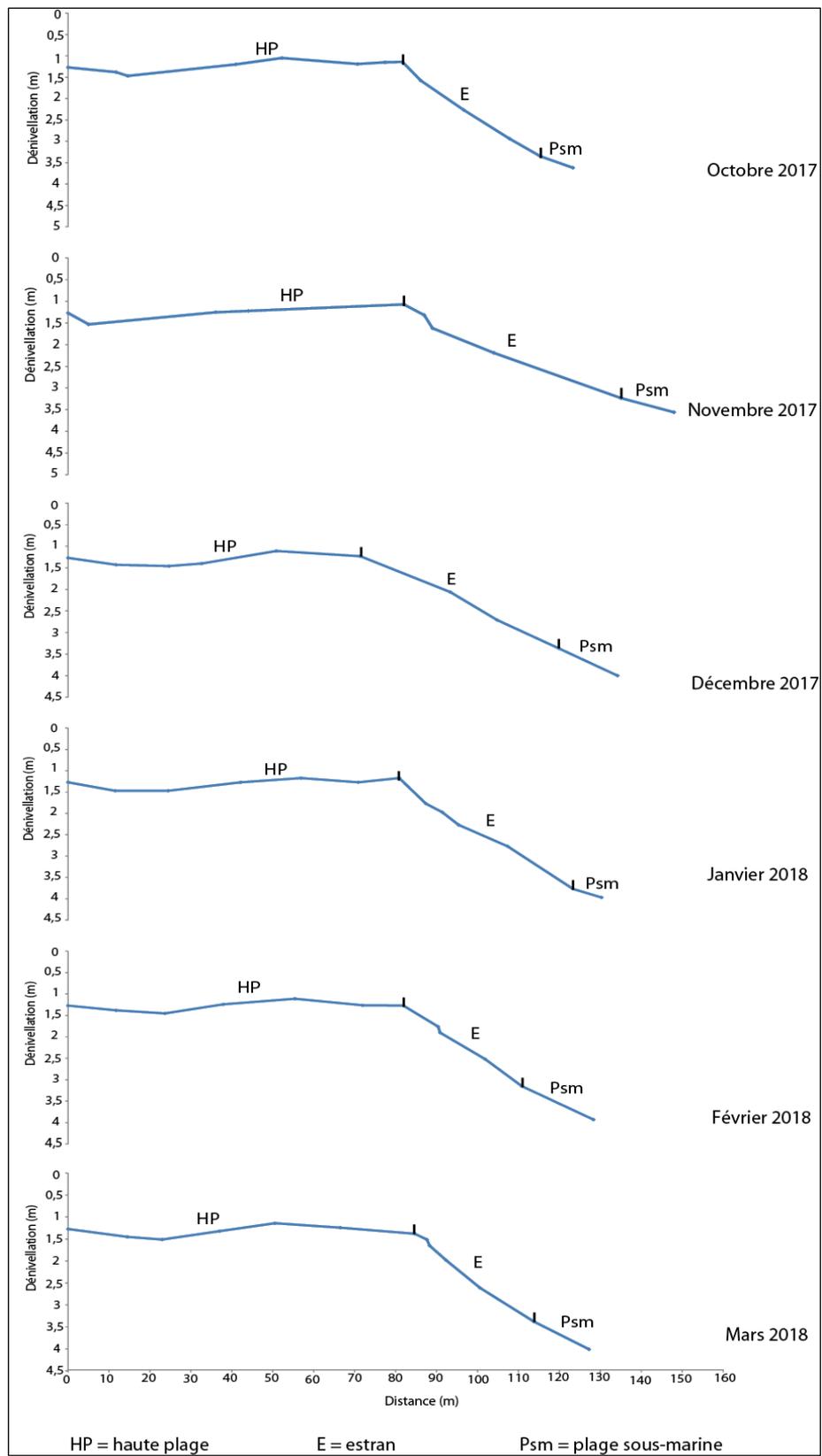
- **Caractéristiques morphologiques**

Le profil 1 est principalement caractérisé par deux unités morphologiques : une plage aérienne et une plage sous-marine :

- ✓ La plage aérienne présente en moyenne une largeur de 119, 88 m et une pente de 1,22%. Les largeurs varient globalement entre 111 et 135 m, alors que les pentes oscillent entre 0, 98 et 1,45 %. La plage aérienne est caractérisée d'octobre à novembre 2017 par une augmentation de la largeur et de la pente puis par leur diminution de novembre à décembre 2017 (tableau 3). Elle se subdivise en une haute plage et un estran bien distinct. Sur la haute plage, les pentes atteignent rarement 0,4 %, alors qu'au niveau de l'estran, elles peuvent aller jusqu'à 7% durant toute la période de suivi. Il faut aussi noter que la haute plage est plus large que l'estran.
- ✓ La Plage sous-marine est plus pentue que la plage aérienne, car sur la largeur mesurée en moyenne (12,19 m), elle développe des pentes variantes entre 2,53 et 4,67 %. La forme générale des profils qui se dégage est convexe.

**Tableau 3** : Caractéristiques morphologiques de P1 (L = Largeur en mètre ; P = pente en %)

Mois	Haute plage		Estran		Plage aérienne		Plage sous-marine		Forme
	L(m)	P (%)	L(m)	P (%)	L(m)	P (%)	L(m)	P (%)	
Octobre 2017	81,8	0,30	33,7	6,44	115,5	1,15	13,5	3,37	Convexe
Novembre 2017	82	0,40	53	3,95	135	0,98	13	2,53	Convexe
Décembre 2017	71,6	0,26	48,7	4,44	120,3	1,45	14,3	4,40	Convexe
Janvier 2018	81	0,26	42,5	5,80	123,5	1,43	7	2,85	Convexe
Février 2018	82	0,15	29	6,43	111	1,13	17,5	4,45	Convexe
Mars 2018	84,8	0,10	29,2	7,02	114	1,15	13,5	4,67	Convexe
<b>Moyenne</b>	<b>80,53</b>	<b>0,24</b>	<b>39,35</b>	<b>5,52</b>	<b>119,88</b>	<b>1,22</b>	<b>12,9</b>	<b>3,71</b>	Convexe



**Figure 18:** Profils mensuels de P1

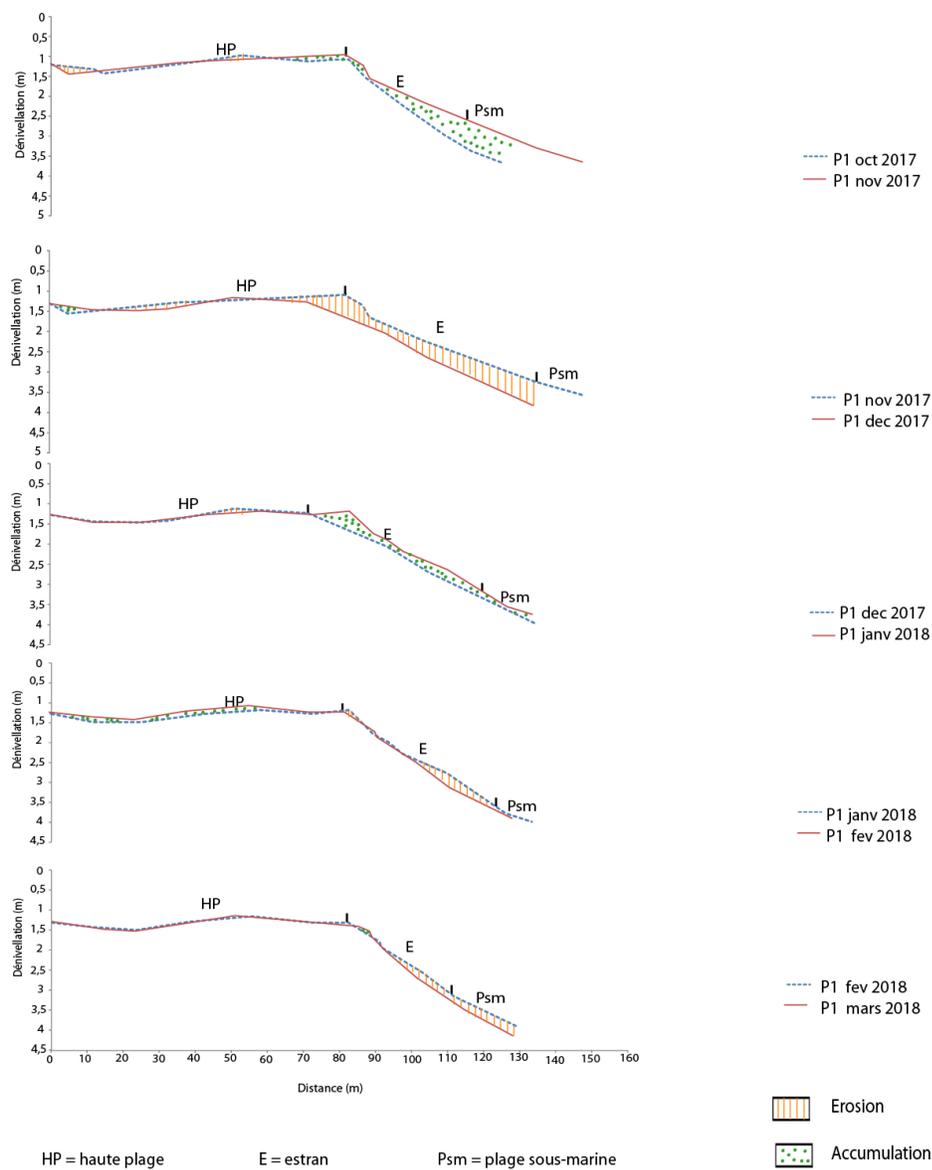
- **Evolution des mouvements verticaux**

L'évolution mensuelle des mouvements verticaux d'Octobre 2017 à Mars 2018 montre un cumul négatif dans toutes les unités de la plage (tableau 4). On note généralement deux périodes d'érosion généralisée (Novembre-Décembre 2017 et Février-Mars 2018) sur la haute plage et deux périodes d'accumulation (Octobre – Novembre 2017 et Janvier – Février 2018) sur l'estran. Entre novembre et décembre 2017 on note un mouvement d'érosion généralisée le long du profil de plage avec un maximum de  $-21,86 \text{ m}^3 / \text{m}$  de plage atteint. Cette forte érosion est précédée par une accumulation de  $+12,19 \text{ m}^3 / \text{m}$  de plage notamment entre octobre et novembre 2017, période pendant laquelle des mouvements opposés sont notés entre la haute plage et l'estran. En effet, la haute plage enregistre une érosion de  $-2,17 \text{ m}^3 / \text{m}$  de plage contrairement à l'estran qui enregistre une accumulation de  $+14,40 \text{ m}^3 / \text{m}$  de plage. Les volumes de sédiments mis en jeu au niveau de l'estran sont plus importants que ceux de la haute plage pendant la période allant d'octobre 2017 à janvier 2018. A partir du mois de janvier 2018 jusqu'en mars 2018, l'inverse est noté avec des volumes plus importants à la haute plage.

La plage sous-marine présente des alternances de périodes d'accumulation et d'érosion avec une prédominance de l'érosion ( $-9,66 \text{ m}^3 / \text{m}$  de plage).

**Tableau 4** : Evolution des mouvements verticaux (exprimés en  $\text{m}^3 / \text{m}$  de plage) de P1

	Haute plage	Estran	Plage aérienne	Plage sous-marine
<b>Octobre – Novembre 2017</b>	-2,17	+14,40	+12,19	+5,81
<b>Novembre-Décembre 2017</b>	-4	-17,41	-21,86	-9,66
<b>Décembre-Janvier 2018</b>	-1,92	+2,04	+0,12	-2,09
<b>Janvier –Février 2018</b>	+3,23	+0,34	+3,57	+0,12
<b>Février- Mars 2018</b>	-3,41	-1,63	-5,03	-1,66
<b>Cumul</b>	<b>-8,27</b>	<b>-2,26</b>	<b>-11,01</b>	<b>-7,48</b>



**Figure 19** : Comparaison des profils mensuels de P1

### 8.1.2 Données sédimentologiques

Les sédiments rencontrés dans cette plage, d'octobre 2017 à mars 2018, sont des sables fins à très fins (Mz compris entre 99,05 et 242,5 $\mu$ m) à l'exception de ceux trouvés au niveau du mi-estran en février 2018 qui sont moyens (260,5 $\mu$ m). Ils sont globalement très bien à moyennement classés (Sig compris entre 0,26 et 0,79  $\phi$ ) et à Skweness variant entre -0,28  $\phi$  et 0,17  $\phi$  mais majoritairement positif (tableau 5).

**Tableau 5** : Variations mensuelles des principaux indices granulométriques des sédiments de P1

	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
<b>Haute plage</b>						
Mz( $\mu\text{m}$ )	242,1	238,2	P1=18,34 ; M1=250 P2=18,35; M2=160	P1=20,73 ; M1=250 P2=18,61; M2=160	225,6	242,5
Sig( $\varphi$ )	0,54	0,46			0,64	0,49
SK( $\varphi$ )	0,54	0,46			0,64	0,49
<b>Mi estran</b>						
Mz( $\mu\text{m}$ )	194,6	214,4	227,6	190,4	260,5	167,1
Sig( $\varphi$ )	0,57	0,59	0,65	0,57	0,56	0,47
SK( $\varphi$ )	0,09	0,17	0,60	-0,08	0,13	-0,13
<b>Mer ou bas estran</b>						
Mz( $\mu\text{m}$ )	221,70	P1=10,58 ; M1=250 P2=19,19 ; M2=130 P3=12,13;M3= 63	100,40	P1=7,32 ; M1=250 P2=22,76 M2=130 P3=10,12 ; M3=63	P1=7,18 ; M1=250 P2=19,18 ; M2=100 P3=7,43 ; M3=63	P1=30,34; M1=130 P2=9,32 M2=63
Sig( $\varphi$ )	0,67		0,26			
SK( $\varphi$ )	-0,01		0,04			
<b>Déferlement</b>						
Mz( $\mu\text{m}$ )	168,80	103,90	103	P1=10,26 M1=315 P2=19,94 ; M2=80	102,80	99,10
Sig( $\varphi$ )	0,79	0,33	0,32		0,32	0,29
SK( $\varphi$ )	-0,29	-0,03	-0,04		0,07	0,15

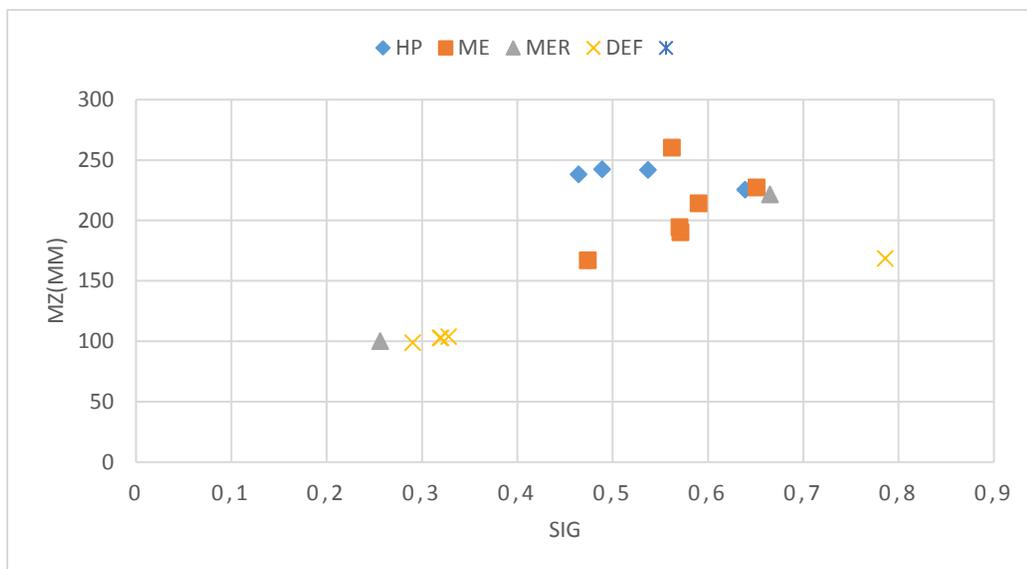
Les taux de carbonate de ces sédiments sont très variables. Ils sont globalement compris entre 3,67 et 37,35 % (Tableau 6).

**Tableau 6** : Pourcentage (%) de CaCO<sub>3</sub> dans les différentes unités de P1

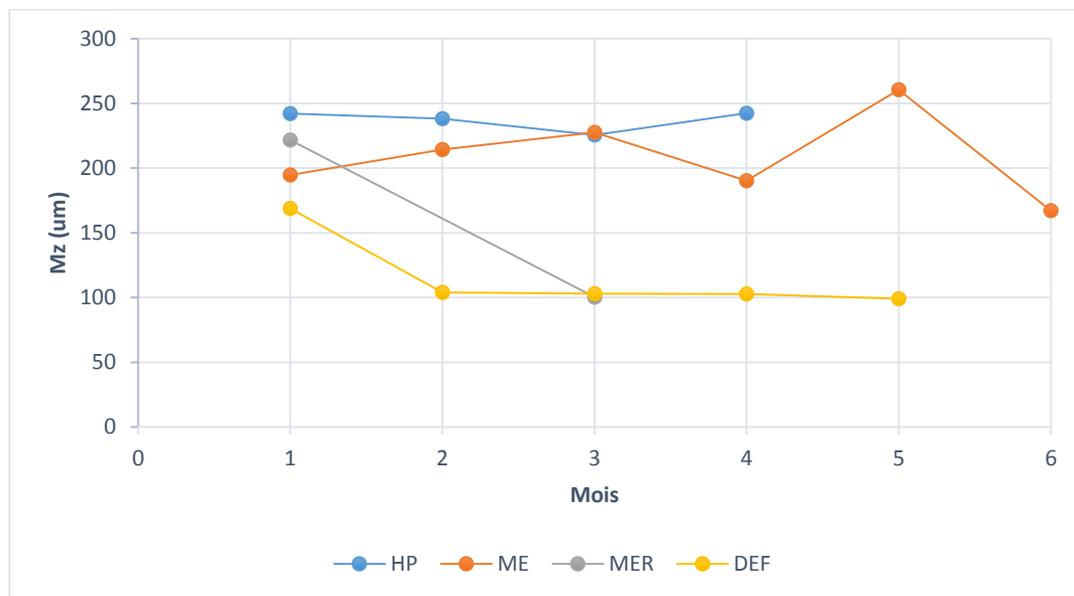
	Plage aérienne			Plage sous-marine
	Haute Plage	Mi estran	Mer ou bas estran	Déferlement
Octobre 2017	22,83	17,69	19,29	33,33
Novembre	17,29	18,52	34,04	22,21
Décembre	35,4	22,62	20,82	18,38
Janvier 2018	37,35	17,80	32,83	33,01
Février	35,13	25,14	3,67	20,88
Mars	19	20,63	15,62	17,19
Moyenne	27,83	20,4	21,05	24,17

Des sédiments bimodaux ont été retrouvés sur la haute plage en décembre 2017 et janvier 2018 et au niveau du déferlement en mars 2018. Ils sont caractérisés par un mode principal grossier. L'apparition de sédiments trimodaux est notée sur le bas estran en novembre 2017, janvier et février 2018 (tableau5). Ils sont caractérisés par un mode principal moyen.

Le diagramme de dispersion Mz-Sig (figure 12) montre que les sédiments de l'estran et de la haute plage présentent des caractéristiques semblables reflétant une certaine homogénéité au niveau de cette partie de la plage. Ils sont globalement fins à l'exception de ceux trouvés au niveau du mi-estran en février 2018 qui sont moyens. Ce diagramme laisse apparaitre aussi que les sédiments les plus fins et les mieux classés sont rencontrés au niveau de la zone de déferlement et du bas estran uniquement en décembre 2017.



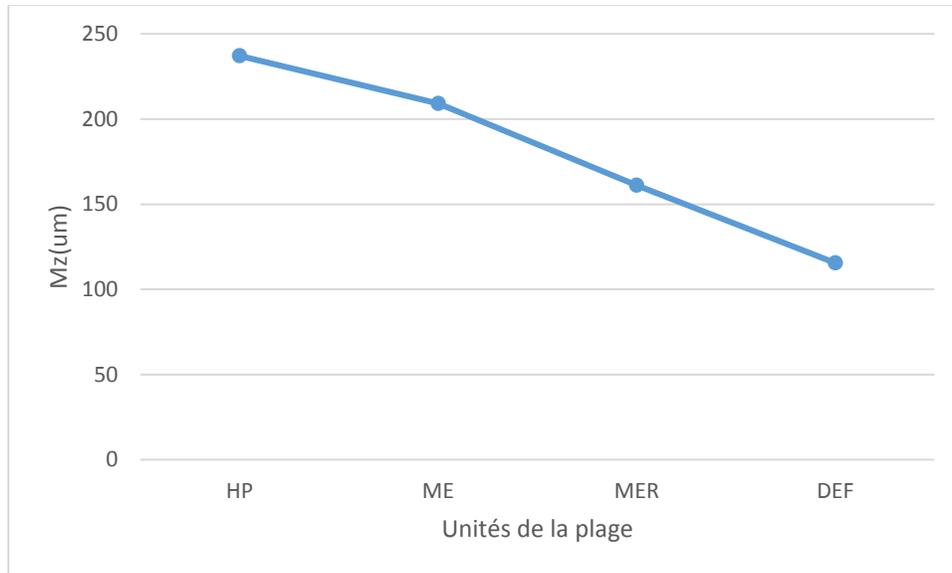
**Figure 20** : Diagramme de dispersion Mz-Sigma en fonction des unités morphologiques de P1  
 Il faut aussi noter que l'évolution mensuelle de la moyenne granulométrique est plus significative au niveau de l'estran. Elle est régressive au niveau du déferlement entre octobre et novembre 2017 puis constante de novembre 2017 à février 2018 (figure 19).



**Figure 21** : Variation des moyennes granulométriques sur les différentes unités morphologiques de P1

1=Octobre ; 2=Novembre ; 3=Décembre ; 4=Janvier ; 5=Février ; 6=Mars

En étudiant l'évolution de la moyenne granulométrique le long du profil, on constate, d'une part, que la haute plage présente les sédiments les plus grossiers, et d'autre part une tendance régressive de la taille des sédiments de la haute plage à la zone de déferlement (figure 21).



**Figure 22** : Variations de la moyenne Mz le long du profil P1

## 8.2 Profil 2

Le profil 2 (P2) a été levé dans le quartier de Saly Coulan. Ce secteur, contrairement à celui où a été levé P1, est caractérisé par la présence de brise- lames.

### 8.2.1. Données morphologiques

- **Caractéristiques morphologiques**

La plage aérienne de P2 est très étroite comparée à celle de P1 car elle présente une largeur moyenne de 27,08 m. Sa pente moyenne est de 8,01 %. Elle est caractérisée globalement par une faible variabilité de ses caractéristiques morphologiques. Cependant, il est possible de noter une tendance légèrement à la hausse de la largeur et de la pente entre octobre 2017 et mars 2018. Du point de vue morphologique, elle comprend une haute plage et un estran. La haute plage très étroite présente une largeur moyenne de 4,4 m avec des extrêmes de 3,5 m et 6,2 m. Toutefois, les pentes de cette unité sont très élevées. Elles varient entre 8,71 et 14,58 %. L'estran développe quant à lui des largeurs variantes entre 20 et 26 m avec une moyenne de 23,23 m alors que les pentes sont

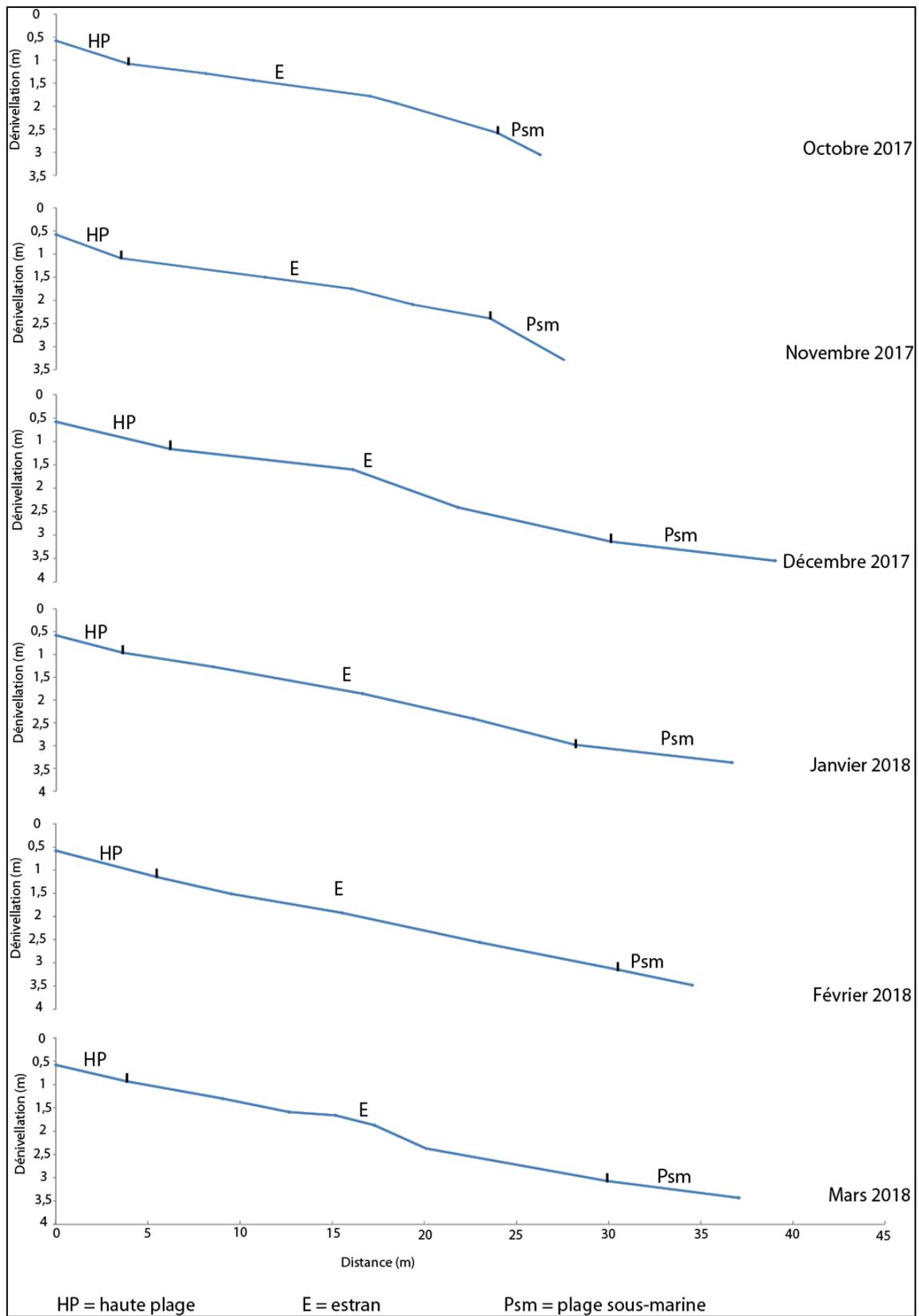
comprises entre 6,50 et 8,54 %. Etant moins pentu, l'estran est cinq (5) fois plus large que la haute plage. Il constitue donc l'essentiel de la plage aérienne.

La Plage sous-marine développe des pentes comprises entre 4 et 23, 88 %. Nous notons globalement une tendance à la baisse (tableau 7). La pente de cette unité augmente brutalement entre novembre et décembre 2017. En effet, elle passe de 2,3 % en novembre à 8 % en décembre 2017. Elle reste constante jusqu'en janvier 2018 puis diminue pour atteindre 4 % en février 2018 avant de réaugmenter.

Les formes dominantes du profil de plage sont concavo-convexes. Cependant, des formes rectilignes et rectilignes à concaves sont observées respectivement aux mois de janvier et février 2018.

**Tableau 7** : Caractéristiques morphologiques de P2 (*L*=Largeur en mètre ; *P*=pente en %)

Mois	Haute plage		Estran		Plage aérienne		Plage sous-marine		Formes
	L(m)	P (%)	L(m)	P (%)	L(m)	P (%)	L(m)	P (%)	
<b>Octobre 2017</b>	3,9	8,71	20	7,80	23,9	7,47	2,3	20,43	Convavo-convexe
<b>Novembre</b>	3,5	14,58	20	6,50	23,5	7,47	2,3	22,5	Convavo-convexe
<b>Décembre</b>	6,2	9,35	23,9	8,54	30,1	8,32	8,9	4,60	Convavo-convexe
<b>Janvier 2018</b>	3,6	10,55	24,5	8,19	28,1	8,22	8,5	4,58	Rectiligne à concave
<b>Février</b>	5,5	10,36	25	7,95	30,5	8,26	4	8,25	Rectiligne
<b>Mars</b>	3,8	9,21	26	8,42	29,8	8,32	7,1	5,07	Convexo-concave
<b>Moyenne</b>	4,42	10,46	23,23	7,9	27,08	8,01	5,51	10,9	Concavo-convexe



**Figure 23** : Profils mensuels de P2

- **Evolution des mouvements verticaux**

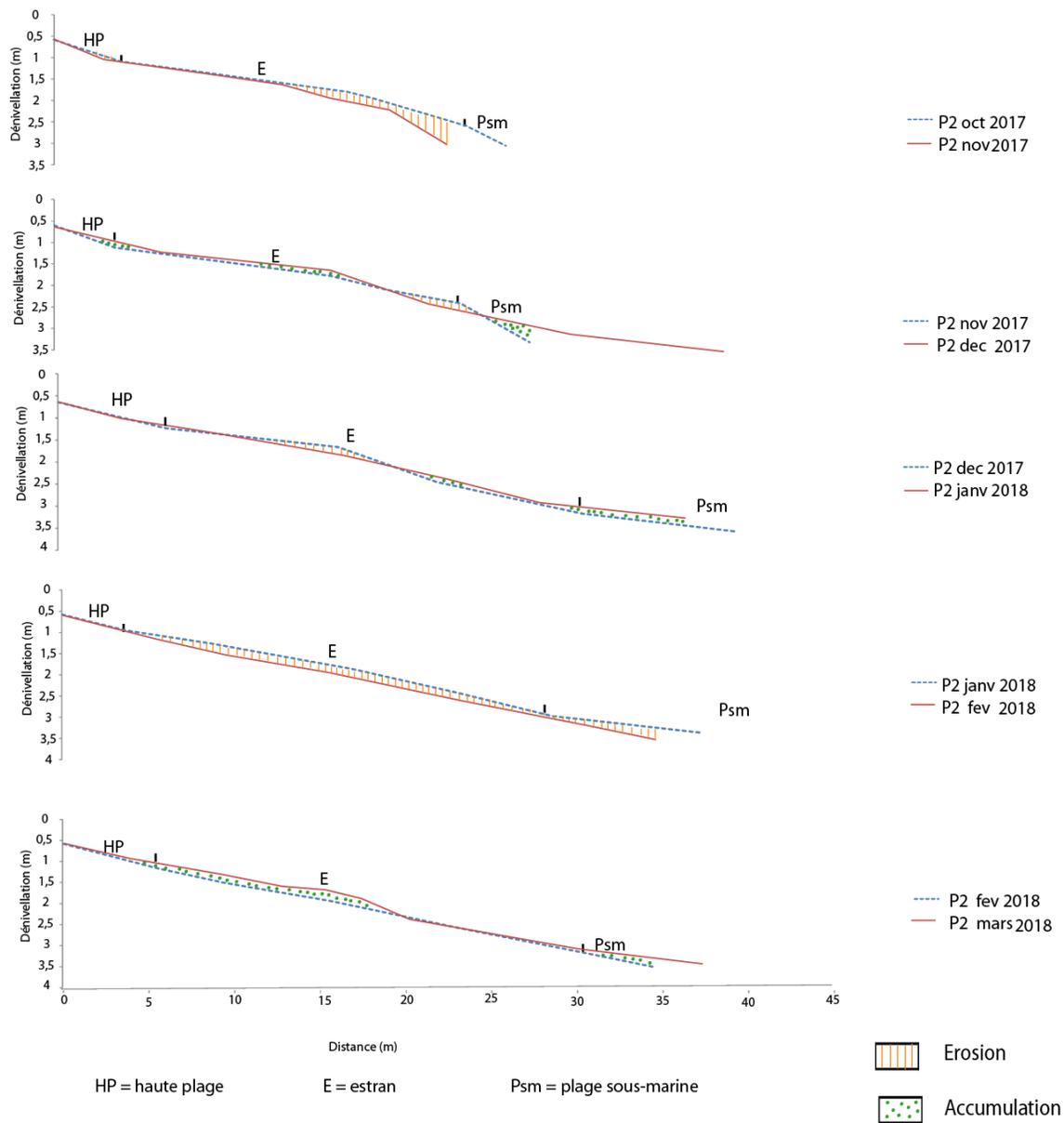
L'analyse de l'évolution mensuelle des mouvements verticaux du profil 2 montre un cumul négatif pour la plage aérienne et positif pour la plage sous-marine (tableau 8). Les taux sont très faibles. Ils sont respectivement de  $-0,39 \text{ m}^3/\text{m}$  et  $+0,33 \text{ m}^3/\text{m}$ .

L'étude distincte de ces deux unités montre une variabilité temporelle des mouvements avec une alternance de périodes d'érosion et de périodes d'accumulation. En effet, pour la plage aérienne, des phases d'érosion ont été enregistrées entre octobre et novembre 2017 et entre décembre 2017 et janvier 2018 avec respectivement des taux maximums de  $-0,46$  et  $-1,07 \text{ m}^3/\text{m}$  de plage. Cependant, les accumulations sont notées entre novembre et décembre 2017 puis entre Février 2018 et Mars 2018 avec des taux respectifs de  $+1,65 \text{ m}^3/\text{m}$  et  $+2,19 \text{ m}^3/\text{m}$ . La haute plage et l'estran, caractérisés par des cumuls opposés (positif au niveau de la haute plage et négatif sur l'estran) présentent, pour la plupart des cas, les mêmes périodes d'érosion et les mêmes périodes d'accumulation.

Pour ce qui concerne la plage sous-marine, elle a enregistré une accumulation sauf pendant les périodes d'octobre – novembre 2017 et Janvier – Février 2018 où on note une érosion avec respectivement des taux de  $-0,16 \text{ m}^3/\text{m}$  et  $-0,47 \text{ m}^3/\text{m}$  de plage.

**Tableau 8** : Evolution des mouvements verticaux de P2

	Haute plage	Estran	Plage aérienne	Plage sous-marine
<b>Octobre – Novembre 2017</b>	-0,12	-0,34	-0,46	-0,16
<b>Novembre-Décembre 2017</b>	+0 ,31	+1 ,36	+1,65	+0,22
<b>Décembre 2017-Janvier 2018</b>	-0,08	-0,99	-1,07	+0,40
<b>Janvier –Février 2018</b>	+0,01	-2,71	-2,70	-0,47
<b>Février- Mars 2018</b>	+0,21	+1,99	+2,19	+0,34
<b>Cumul(m<sup>3</sup>)</b>	<b>+0,02</b>	<b>-2,05</b>	<b>-0,39</b>	<b>+0,33</b>



**Figure 24** : Comparaison des profils mensuels (P2)

### 8.2.2. Données sédimentologiques

L'analyse granulométrique des sédiments prélevés sur l'ensemble des unités morphologiques durant la période d'étude montre que toutes les classes granulométriques décrites par Wentworth (1922) sauf les silts sont rencontrées dans cette plage. En effet, la taille des sédiments va globalement de très fin à très grossier (Mz compris entre 112,8 et 1246,9  $\mu\text{m}$ ). Ces sédiments sont tous moyennement classés (sig compris entre 0,31  $\phi$  et 0,81  $\phi$ ), à Skweness variable (-5,05  $\phi$  à 0,22  $\phi$ ) (tableau 9).

**Tableau 9** : Variations moyennes mensuelles des principaux indices granulométriques des sédiments de P2

	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
Haute plage						
Mz(μm)	226,6	274,6	126,8	234,6	224,9	P1=20,99 ; M1=250  P2=20,38; M2=160
Sig(φ)	0,51	0,60	0,48	0,54	0,53	
SK(φ)	-0,02	-0,03	-0,06	-0,05	0,02	
Mi estran						
Mz(μm)	285,7	257,3	141,9	362,1	237,7	241,1
Sig(φ)	0,75	0,63	0,45	0,54	0,60	0,52
SK(φ)	-0,02	0,01	-0,04	0,13	0,06	0,22
Mer ou bas estran						
Mz(μm)	824	336,30	296,30	395,40	P1=11,48 ; M1=500 P2=17,06 ; M2=130 P3=5,96 ; M3=63	P1=9,34 ; M1=315  P2=16,12 ; M2=100
Sig(φ)	0,82	0,73	0,82	0,80		
SK(φ)	0,34	0,02	-0,17	-0,07		
Déferlement						
Mz(μm)	1246,90	848,9	254,80	P1=25,03; M1=100  P2=30,11;M2=63	P1=34,44 ;  M1=500  P2=5,43;M2=130	112,8
Sig(φ)	0,32	0,74	0,53			0,40
SK(φ)	-5,06	0,30	-0,02			0,03

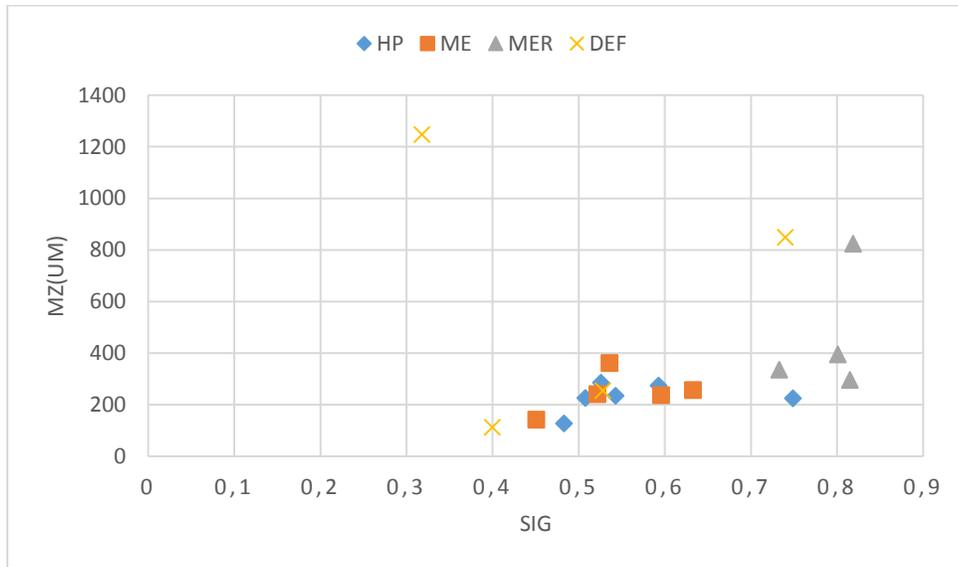
Les taux de carbonate se situent entre 16,18 et 96,07 % (tableau 10) mais majoritairement plus faibles au niveau de la haute plage et plus élevés au niveau de la mer et dans la zone de déferlement qui présentent les sédiments les plus grossiers.

Des sédiments bimodaux ont été notés en janvier et février 2018 au niveau de la zone de déferlement et mars 2018 à la haute plage et au niveau de la mer. Ils sont caractérisés par un mode principal fin de maille 500 en janvier et de mars 2018, alors qu'en février 2018, l'inverse a été noté (maille 100). En revanche, des sédiments trimodaux de mode principal moyen (maille 130) apparaissent en février 2018 sur le bas estran (tableau 9).

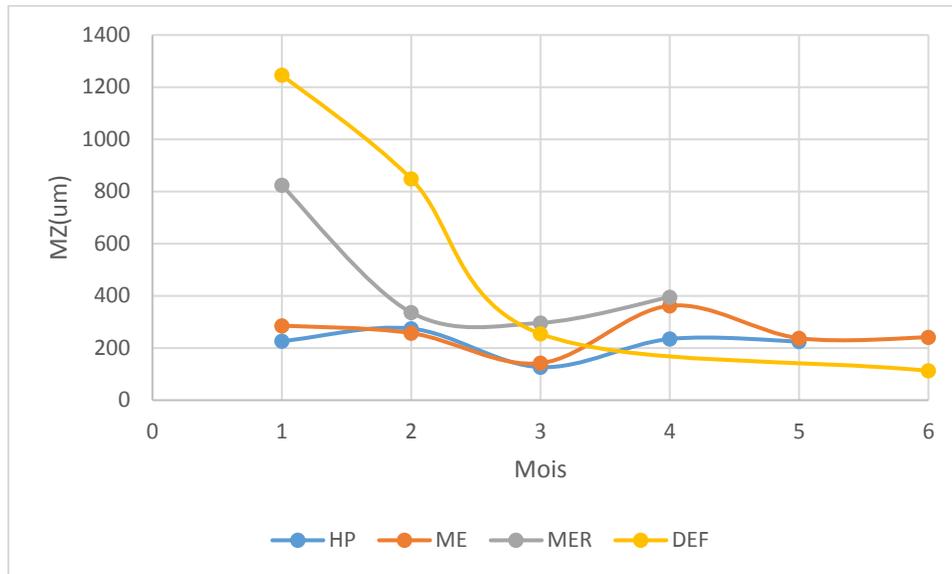
**Tableau 10** : Pourcentage (%) de CaCo<sub>3</sub> dans les différentes unités de P2

	Plage aérienne			Plage sous-marine
	Haute plage	Mi-estran	Mer ou bas estran	Déferlement
Octobre 2017	18,33	34,01	81,47	67,2
Novembre 2017	24,31	23,93	35,03	67,43
Décembre 2017	22,73	21,03	36,38	26,92
Janvier 2018	18,99	49,68	43,69	42,55
Février 2018	17,19	20,65	54,17	39,72
Mars 2018	23,7	21,75	59,01	17,61
Moyenne	20,86	28,51	51,63	43,57

Le diagramme de dispersion Mz-Sigma (figure 24) montre d'une part que les sédiments de la haute plage et du mi estran sont plus ou moins homogènes et d'autre part que ceux de la zone de déferlement sont dispersés. Par ailleurs, même si tous les sédiments sont tous moyennement classés, le diagramme de dispersion laisse apparaître que c'est le bas estran qui présente les sédiments les plus mal classés.



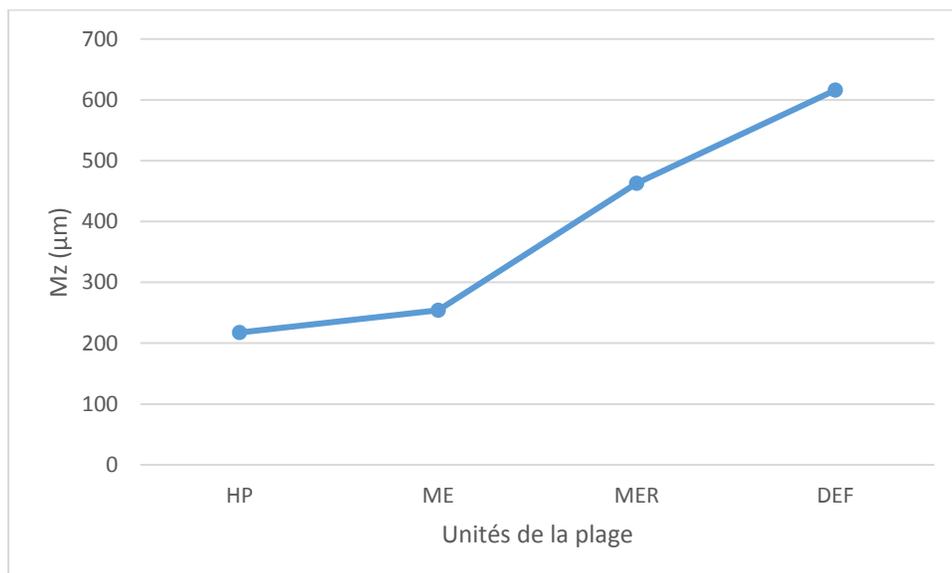
**Figure 25** : Diagramme de dispersion Mz-Sigma en fonction des unités morphologiques de P2. La variation granulométrique des moyennes mensuelles montre une évolution globalement régressive au niveau de la mer et du déferlement (figure 25). Les sédiments de la haute plage et du mi estran évoluent également dans le même sens mais avec une faible variabilité.



**Figure 26:** Variation des moyennes granulométriques sur les différentes unités morphologiques de P2

NB 1=Octobre ; 2=Novembre ; 3=Décembre ; 4=Janvier ; 5=Février ; 6=Mars

On constate également que la taille des sédiments augmente de la haute plage vers la zone de déferlement (figure 26). Les sédiments plus grossiers se situent à la plage sous-marine. Celle-ci présente également des pentes plus fortes que celles de la plage aérienne.



**Figure 27 :** Variation de la moyenne Mz le long du profil de P2

### 8.3 Profil 3

Le profil 3 a été levé dans le quartier de Saly Niakhniakhal. Cette zone ne présente aucune structure de protection contrairement à celles de P1 et P2.

#### 8.3.1 Données morphologiques

- **Caractéristiques morphologiques**

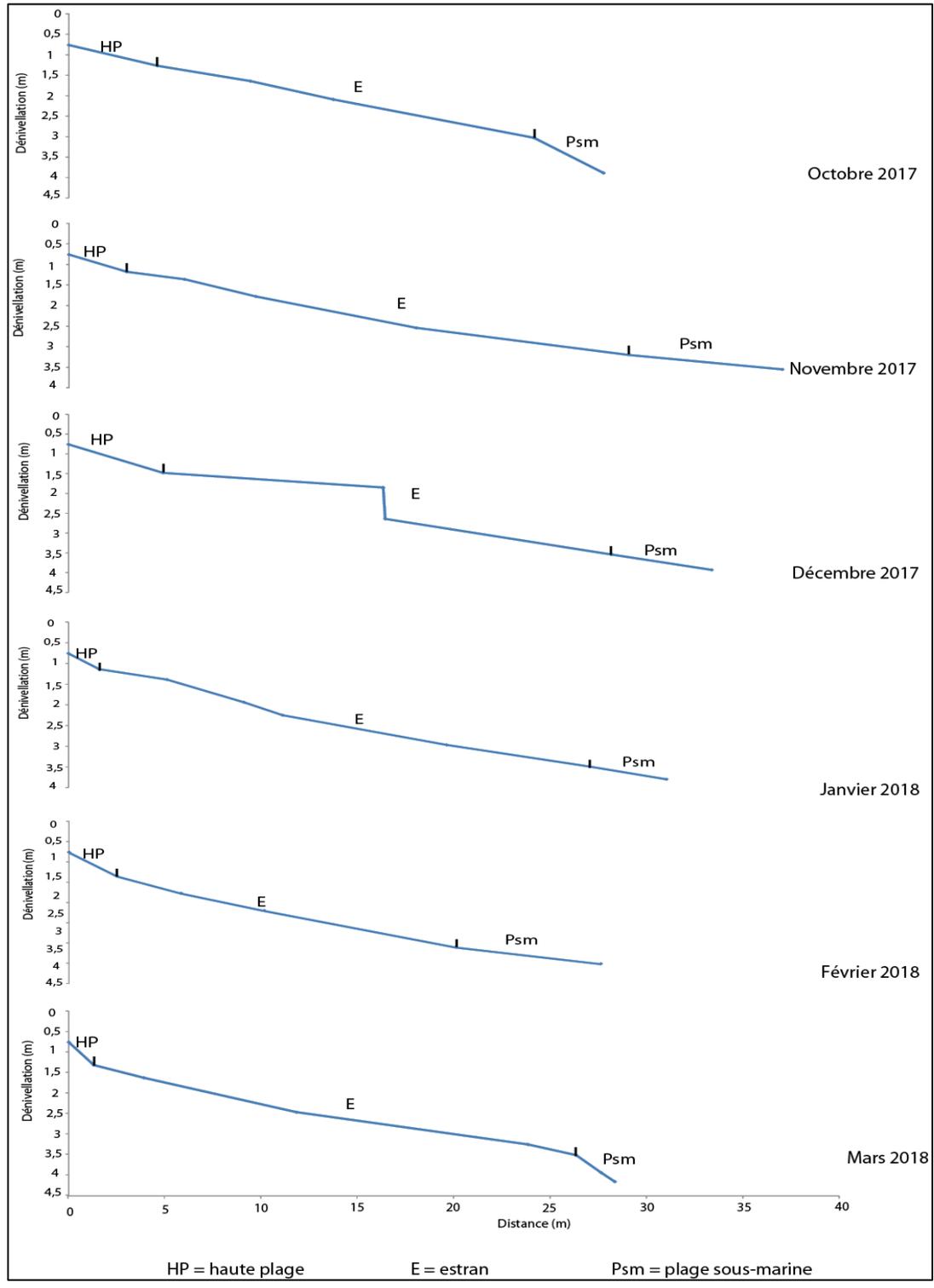
La plage aérienne est large de 25,97 m en moyenne. Elle est alors moins large que celle de P1 et de P2. Elle développe une pente moyenne de 9,27 % pouvant aller jusqu'à 11,07% en février 2018. Les caractéristiques morphologiques sont dans l'ensemble très variables au niveau de cette unité. Sa haute plage est de loin moins large que l'estran (2,98m contre 23,15 m en Mars 2018). Cependant, elle est beaucoup plus pentue (43,08% contre 9,03% Mars 2018). On a assisté à un léger rétrécissement de la haute plage alors que les pentes augmentent considérablement (tableau10).

La plage sous-marine présente une pente moyenne de 10,4% contrairement à la plage aérienne qui présente une pente moyenne de 9,27 %. Les pentes y sont très variables.

La forme du profil est très variable. Elle est à dominance concavo-convexe avec apparition de formes rectiligne à convexe en Octobre 2017 et Janvier 2018 et rectiligne en Février 2018.

**Tableau 11** : Caractéristiques morphologique de P3

Mois	Haute plage		Estran		Plage aérienne		Plage sous-marine		Formes
	L(m)	P (%)	L(m)	P (%)	L(m)	P (%)	L(m)	P (%)	
<b>Octobre 2017</b>	4,6	11,08	19,5	9,13	24,1	9,32	3	13,43	Rectiligne à convexe
<b>Novembre</b>	3	14	27	8	29	8,38	8	4,38	Concave
<b>Décembre</b>	4,9	14,69	23,2	8,90	28,1	9,32	5,2	7,50	Concavo-convexe
<b>Janvier 2018</b>	1,6	23,75	25,4	9,50	27	10	24	7,75	Concave à rectiligne
<b>Février</b>	2,5	23,6	17,5	9,83	20	11,07	7,5	5,47	+ou - rectiligne
<b>Mars</b>	1,3	43,08	26,3	9,03	27,6	9,32	0,7	23,88	Concavo-convexe
<b>Moyenne</b>	2,98	21,7	23,15	9,07	25,97	9,27	8,06	10,4	Concavo-convexe



**Figure 28** : Profils mensuels de P3

- **Evolution des mouvements verticaux**

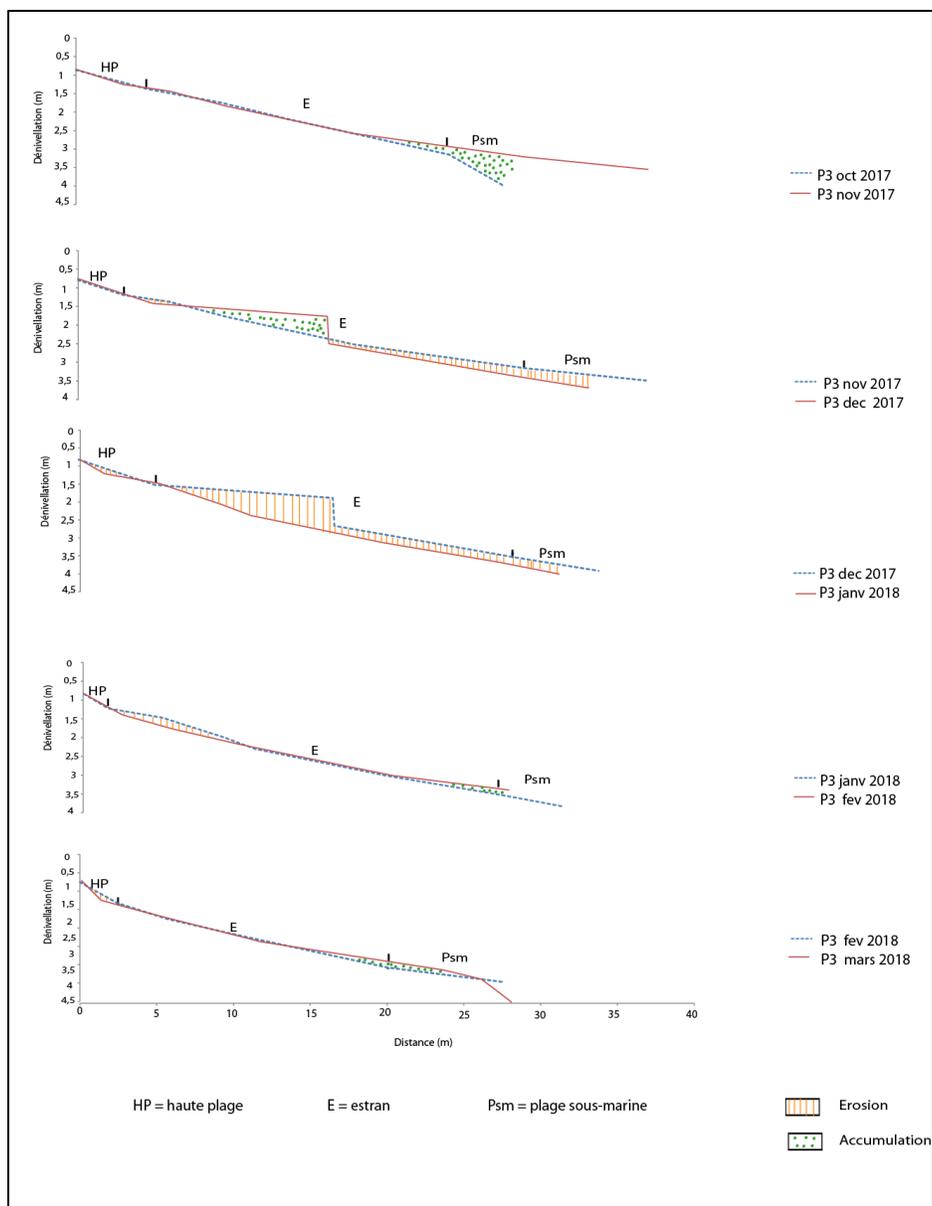
L'analyse de l'évolution mensuelle des mouvements verticaux du profil 3 montre globalement, un cumul négatif au niveau de toutes les unités de la plage pour la période allant d'octobre 2017 à mars 2018.

Toutes les unités de la plage sont en érosion à l'exception de la plage sous-marine qui a connu de petites phases d'accumulation entre octobre et novembre 2017 et entre février et mars 2018. Les taux d'érosion sont relativement faibles mais très variables. Le taux maximal noté à la plage aérienne est de -5,88 m<sup>3</sup>/m.

L'estran qui constitue l'essentiel de la plage aérienne présente des taux d'érosion plus importants et plus variables que ceux de la haute plage (tableau 11).

**Tableau 12** : Evolution des mouvements verticaux

	Haute plage	Estran	Plage aérienne	Plage sous-marine
<b>Octobre 2017- Novembre</b>	-0,19	-0,55	-0,74	+1,05
<b>Novembre-Décembre</b>	-0,03	-2,05	-2,07	-1,83
<b>Décembre-Janvier</b>	-0,13	-5,74	-5,88	-0,07
<b>Janvier -Février</b>	0	-2,39	-2,39	-0,33
<b>Février- Mars</b>	-0,30	-0,90	-1,18	+0,13
<b>Cumul (m<sup>3</sup>)</b>	<b>-0,65</b>	<b>-11,63</b>	<b>-12,26</b>	<b>-1,05</b>



**Figure 29** : Comparaison des profils de P3

### 8.3.2 Données sédimentologiques

Les sédiments retrouvés dans cette partie de la plage sont globalement des sédiments fins à moyens à la haute plage et au niveau du mi-estran ; fins, moyens et très grossiers au niveau de la mer et grossiers à très grossiers au niveau de la zone de déferlement (Mz compris entre 218,2 et 1194,3  $\mu\text{m}$ ). Ils sont très mal à très bien classés (sigma varie entre 0,27  $\phi$  et 1,27  $\phi$ ). Le skewness est négatif dans presque toutes les unités de la plage sauf à la haute plage où il ne l'est qu'en décembre 2017 (Tableau 13).

**Tableau 13** : Variations moyennes mensuelles des principaux indices granulométriques des sédiments de P3

	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
<b>Haute plage</b>						
Mz( $\mu\text{m}$ )	228,9	245,7	256,0	225,9	/	217,4
Sig( $\varphi$ )	0,43	0,45	0,773	0,43	/	0,49
SK( $\varphi$ )	0,05	0,02	-0,21	0,80	/	0,11
<b>Mi estran</b>						
Mz( $\mu\text{m}$ )	401,9	229,3	227,8	401,9	P1=39,12;M1=100 P2=28,02 ; M2=63	P1=21,88;M1=200 P2=3,10 ; M2=100
Sig( $\varphi$ )	1,27	0,46	0,74	1,27		
SK( $\varphi$ )	-0,59	-0,07	-0,23	-0,59		
<b>Mer</b>						
Mz( $\mu\text{m}$ )	P1=12,47;M1=1600 P2=17,89 ; M2=250	256,40	218,20	1180 ,5	P1=22,21;M1=1250 P2=6,38 M2= 250	P1=53,92;M1=1600 P2=3,72 ; M2=315
Sig( $\varphi$ )		0,68	0,50	0,37		
SK( $\varphi$ )		-0,20	-0,03	3,63		
<b>Déferlement</b>						
Mz( $\mu\text{m}$ )	P1=14,33;M1=1600 P2=13,92, M2=800 P3=7,73; M3=130	P1=36,84;M1=1600 P2=5,88 M2= 200	1194,30	1155,8	P1=93,89;M1=1600 P2=0,31 ; M2 = 200 P3=0,43; M3=100	P1=90,67 ; M1=1600 P2=0,66; M2=130
Sig( $\varphi$ )			0,28	0,11		
SK( $\varphi$ )			8,11	-1,47		

Les taux de carbonate varient entre 12,27 et 77,4%. (Tableau 14)

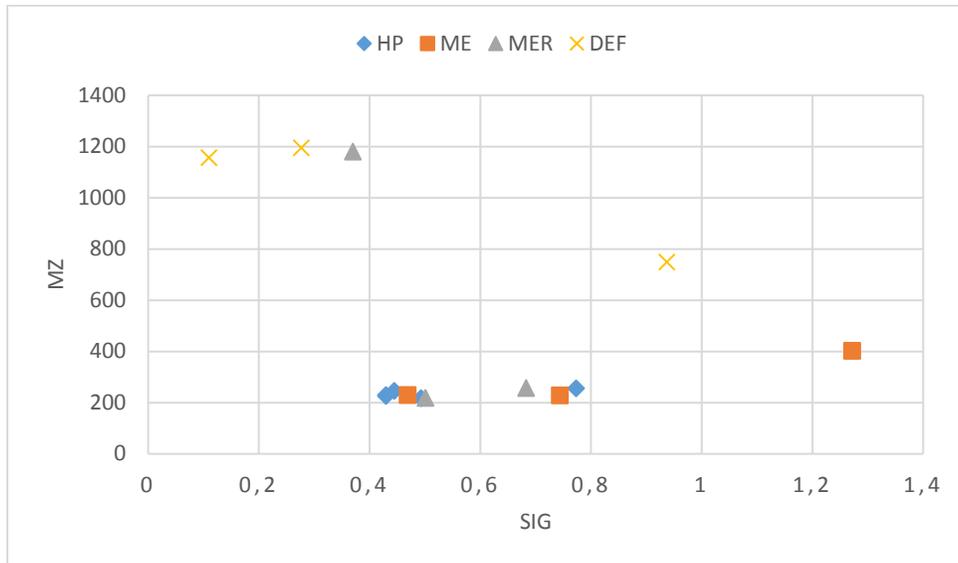
**Tableau 14** : Pourcentage (%) de CaCo<sub>3</sub> dans les différentes unités de P3

	Plage aérienne			Plage sous-marine
	Haute plage	Mi-estran	Mer ou bas estran	Déferlement
Octobre 2017	15,46	48,54	73,03	77,4
Novembre	20,83	22,89	27,11	58,62
Décembre	27,08	27,15	19,49	69,83
Janvier 2018	16,18	31,15	60,42	57,27
Février	/	35,95	57,77	53,38
Mars	12,27	16,51	71,01	58,43
Moyenne	18,36	30,37	51,47	62,49

L'étude granulométrique de ce profil montre dans sa globalité l'apparition de sédiments bimodaux en octobre 2017 sur le bas estran et au niveau du déferlement, en novembre 2017 au niveau du déferlement, en janvier, février et mars 2018 sur le mi estran, sur le bas estran en février et mars 2018 et au niveau du déferlement en mars 2018 (tableau 13). Ils sont tous caractérisés par un mode principal grossier et un mode secondaire fin sauf pour le mois d'octobre où l'inverse est noté sur

le bas estran. Des sédiments trimodaux sont apparus au niveau du déferlement en octobre 2017 et février 2018.

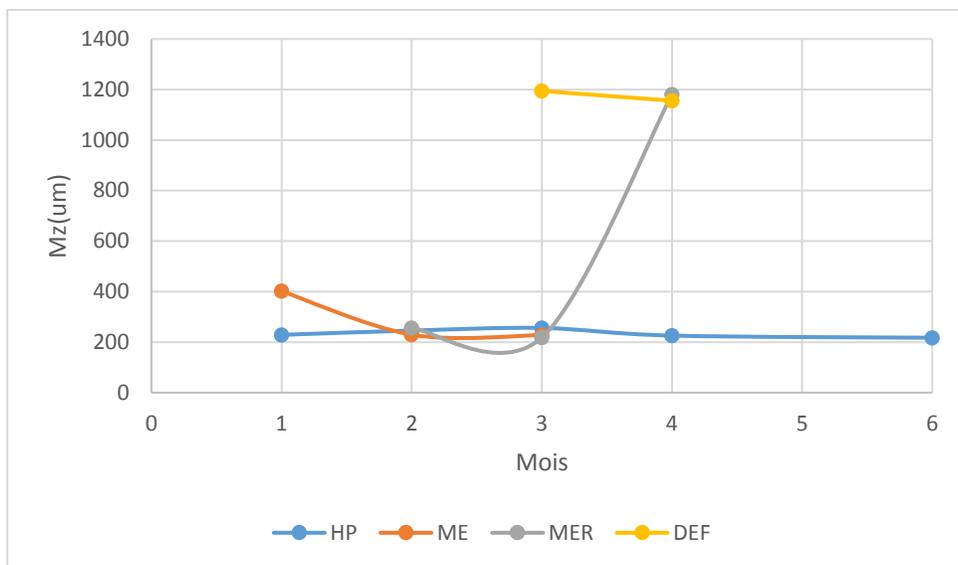
Le diagramme de dispersion Mz-Sigma (figure 29) comparé à celui du profil 1 laisse apparaître des sédiments plus ou moins hétérogènes d'une unité à une autre et au sein d'une même unité. Il faut également noter que les plus grossiers sont rencontrés au niveau de la zone de déferlement et rarement au niveau de la mer.



**Figure 30** : Diagramme de dispersion MZ-Sig

L'évolution des moyennes granulométriques montre que les sédiments les plus grossiers se trouvent au niveau du déferlement (figure 30).

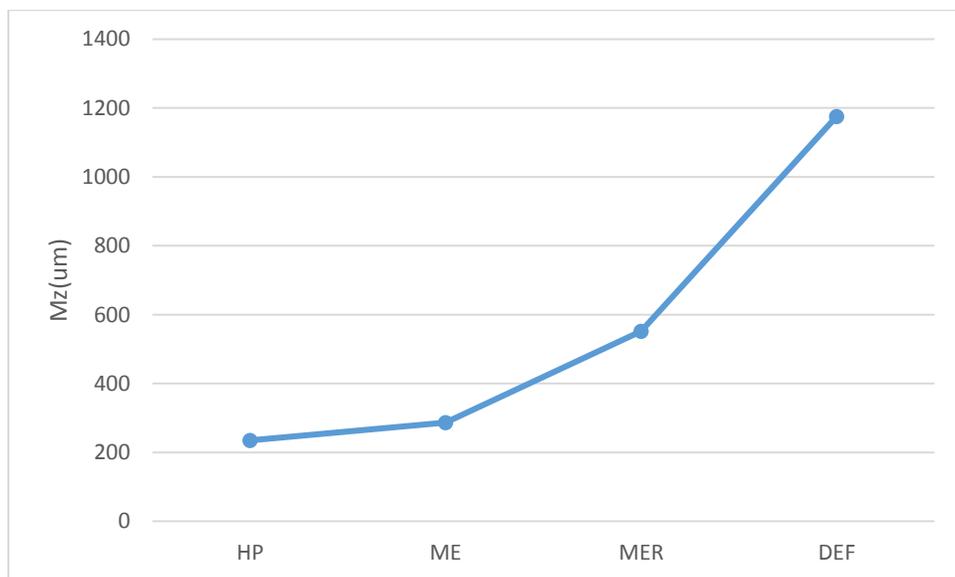
L'évolution est plus significative au niveau du bas estran et du déferlement. Les sédiments de la haute plage présentent les mêmes caractéristiques et leur évolution est constante (figure 23).



**Figure 31** : Variation des moyennes granulométriques sur les différentes unités morphologiques de P2

1 = Octobre ; 2 = Novembre ; 3 = Décembre ; 4 = Janvier ; 5 = Février ; 6 = Mars

La moyenne granulométrique le long du profil augmente de la haute plage au déferlement (figure 31).



**Figure 32** : Variation de la moyenne Mz le long du profil P3

**Tableau 15** : Variations mensuelles de la moyenne Mz (en  $\mu\text{m}$ ) en P3 selon les unités morphologiques

	Plage aérienne			Plage sous-marine
	Haute plage	Mi-estran	Mer ou bas estran	Déferlement
Octobre 2017	228,9	401,9	/	/
Novembre	245,7	229,3	256,4	748,20
Décembre	256,0	227,8	218,20	1194,3
Janvier 2018	225,9	/	1180,5	1155,8
Février	/	/	/	/
Mars	217,4	/	/	/
<b>Moyenne</b>	<b>234,78</b>	<b>286,33</b>	<b>551,7</b>	<b>1032,77</b>

## **CHAPITRE 9 : Synthèse et discussions**

### **9.1 . Profil 1**

#### **9.1.1 Caractéristiques morphologiques**

Ce profil qui a été levé au niveau de la plage de l'hôtel le Récif montre que celle-ci présente une plage aérienne large comparée à celle de Rufisque dans la Petite Côte, à celle de Yoff dans la Grande Côte, puis à celles des Mamelles et de Ouakam situées au niveau de la côte à l'Ouest de Dakar. En effet, la largeur de sa plage aérienne est de 119,88 m contre 41 m à Rufisque (Ndour, 2015), 48 m à Yoff (Fall, 2004), 41,27 m aux Mamelles (Sagne, 2015) et 42,42 m à Ouakam (Sagne, 2015). Le profil est encadré par deux épis qui sont des structures perpendiculaires au rivage et ont pour but de retenir une partie de la charge sédimentaire véhiculée par la dérive littorale en freinant ce courant. Ils permettent d'élargir une plage ou de la stabiliser (Paskoff, 1993). Ceci expliquerait la grande largeur de la plage aérienne au niveau de l'hôtel le Récif. La plage aérienne est caractérisée d'octobre à novembre 2017 par une augmentation de la largeur et une diminution de la pente. Cependant, entre novembre et décembre 2017, il est noté une diminution de la largeur et un relèvement de la valeur de la pente.

Cette évolution des caractéristiques morphologiques témoignerait d'une érosion pendant la première période suivie d'une accumulation pendant la deuxième. En effet, les mouvements d'érosion, à cause du départ de sédiments, entraînent dans la plupart des cas un rétrécissement de plage et une augmentation de la pente. Cependant, les mouvements d'accumulation du fait du dépôt sédimentaire adoucissent la pente de la plage et augmentent parallèlement sa largeur (Niang-Diop, 1995). Du point de vue morphologique, la plage aérienne est caractérisée par une haute plage et un estran bien distinct. L'estran, un peu moins large et plus pentu que la haute plage, subit les variations morphologiques les plus remarquables. Cette observation s'explique par le fait qu'il constitue la partie de la plage aérienne soumise à des conditions plus énergétiques de houles (Niang-Diop, 1995). Ainsi, les caractéristiques morphologiques varient selon la dynamique marine. La forme générale dominante du profil est convexe.

#### **9.1.2 Mouvements verticaux**

L'évolution mensuelle des mouvements verticaux d'octobre 2017 à mars 2018 montre un cumul négatif dans toutes les unités de la plage. Ce cumul négatif témoigne d'une prédominance des

mouvements d'érosion. Il faut noter une certaine variabilité des mouvements verticaux mensuels dans le temps au niveau de la plage aérienne. En effet, des taux d'accumulation et d'érosion importants sont notés au niveau de la plage aérienne respectivement entre octobre et novembre 2017 et entre novembre et décembre 2017. Ces mouvements verticaux importants et variables se traduisent par des modifications importantes des caractéristiques morphologiques. En effet, le fort engraissement de la plage aérienne entre octobre et novembre 2017 a entraîné une augmentation de la largeur de cette unité avec une diminution de sa pente. La forte érosion qui suit cette augmentation a occasionné le contraire avec un rétrécissement de la plage aérienne et une augmentation de sa pente. Après ces périodes, une forte réduction des taux d'érosion et d'accumulation est enregistrée. Toutes ces observations seraient dues à une variabilité des conditions hydrodynamiques dans le temps. En effet, Fall (2004) et Paskoff (1998) avaient indiqué qu'une plage est un système dynamique qui répond constamment aux fluctuations énergétiques des houles et vagues. L'hydrodynamisme serait plus fort pendant la période d'octobre à décembre et plus faible à partir de janvier. Il faut souligner que malgré la présence d'épis au niveau de cette plage, celle-ci garde toujours son caractère dynamique répondant à la dynamique des houles et vagues. Ceci montre que ces épis ne permettent pas de réduire l'énergie de la houle mais plutôt d'élargir une plage en piégeant les sédiments transportés longitudinalement par la dérive littorale (Paskoff, 1993), comme c'est le cas au niveau de cette plage.

### **9.1.3 Caractéristiques sédimentologiques**

Les sédiments rencontrés ici, d'octobre 2017 à mars 2018, sont des sables fins à très fins (Mz compris entre 99,05 et 242,5 $\mu$ m) à l'exception de ceux trouvés au niveau du mi- estran en février 2018 qui sont moyens (260,5 $\mu$ m). Ils sont globalement très bien à moyennement classés (sig compris entre 0,26 et 0,79  $\phi$ ). Au niveau de la plage aérienne, les sédiments sont légèrement plus grossiers au niveau de la haute plage qu'au niveau de l'estran. Cette disposition est l'inverse de celle observée sur la plupart des littoraux sableux car selon Dubois (1982 In. Niang-Diop, 1995) l'estran, soumis à des conditions plus énergétiques (actions de la houle) que la haute plage, se caractérise par des sédiments plus grossiers. L'absence de dunes qui devraient alimenter la haute plage en éléments fins et/ou un départ des sédiments fins de la haute plage sous l'action du vent pourrait expliquer cette observation. Malgré tout, le diagramme de dispersion Mz-Sig laisse apparaître une certaine homogénéité des sédiments de la plage aérienne. En plus, il est parfois noté

que la haute plage et l'estran présentent des mouvements verticaux opposés. Toutes ces observations témoigneraient d'un échange sédimentaire entre la haute plage et l'estran ou d'une même source sédimentaire (Ndour, 2015). Il est très difficile de faire une nette corrélation entre les variations sédimentologiques et les mouvements verticaux au niveau de cette partie du littoral de Saly. Ce manque de corrélation observé pourrait être dû au fait que morphologie et sédiments ne s'adaptent pas selon le même rythme aux modifications des conditions du milieu. Selon Niang-Diop (1995), la morphologie répond plus vite aux modifications environnementales alors que les sédiments réagissent à plus long terme aux conditions du milieu.

## **9.2 Profil 2**

### **9.2.1 Caractéristiques morphologiques**

La plage aérienne de P2 est très étroite comparée à celle des plages de Rufisque, de Yoff, des Mamelles et de Ouakam dont les largeurs ont été signalées plus haut. En effet, sa largeur moyenne est de 27,08 m. Sa pente moyenne est de 8,01 %. Elle est caractérisée par une faible variabilité de ses caractéristiques morphologiques. Ceci témoignerait d'une faible variabilité des conditions hydrodynamiques. Ce secteur présente des brise-lames qui atténuent l'énergie des houles avant leurs arrivées sur le rivage. Celles-ci perdent alors une bonne partie voire la totalité de leur énergie avant d'arrivée sur la plage (Paskoff, 1993). Ce qui lui offre un caractère abrité aux houles. Ces brise-lames permettent donc de réduire l'énergie des houles et vagues comme l'avaient noté Paskoff (1998) et Niang-Diop (1995). Sa haute plage atteint rarement 5 m alors que l'estran développe des largeurs variantes entre 20 et 26 m.

### **9.2.2 Mouvements verticaux**

L'analyse de l'évolution mensuelle des mouvements verticaux du profil 2 montre un cumul négatif pour la plage aérienne et positif pour la plage sous-marine. Les taux sont respectivement de  $-0,33 \text{ m}^3/\text{m}$  et  $+0,39 \text{ m}^3/\text{m}$ . Ces mouvements opposés avec des taux plus ou moins comparables auraient traduit un échange sédimentaire entre ces deux unités. En effet, une partie des sédiments érodés à la plage aérienne serait déposée au niveau de la plage sous-marine. Il est également noté qu'au niveau de la plage aérienne les mouvements verticaux sont variables dans le temps avec une alternance d'érosion et d'accumulation. Cela semble être des évolutions naturellement caractéristiques d'une plage car Paskoff (1998) avait indiqué que les plages sont naturellement caractérisées par une alternance d'érosion et d'accumulation en réponse aux agents dynamiques. Il

est toujours noté à la plage aérienne que les taux correspondants aux mouvements d'érosion et d'accumulation sont plus faibles à la haute plage qu'au niveau de l'estran. En effet, selon Niang-Diop (1995), l'estran constitue la partie de la plage aérienne qui subit plus l'action des agents hydrodynamiques, faisant donc qu'il enregistre plus de mouvements que la haute plage. Il faut aussi souligner que les brises lames notés au niveau de la plage sous-marine font que les vagues et houles se confrontent à d'énormes difficultés pour atteindre la haute plage qui donc en principe évolue faiblement.

### **9.2.3 Caractéristiques sédimentologiques**

L'analyse granulométrique des sédiments prélevés sur l'ensemble des unités morphologiques durant la période d'étude montre que toutes les classes granulométriques décrites par Wentworth (1922) sauf les silts sont rencontrées dans cette plage. En effet, la taille des sédiments va globalement de très fins à très grossiers (Mz compris entre 112,8 et 1246,9  $\mu\text{m}$ ). Ces sédiments sont tous moyennement classés (sigma compris entre 0,31  $\phi$  et 0,81  $\phi$ ). Cependant, les sédiments de la haute plage et du mi estran sont plus ou moins homogènes. En plus, leur moyenne granulométrique évolue dans le même sens d'un mois à un autre mais avec une faible variabilité. Ils auraient évolué dans les mêmes conditions. L'étroitesse de la plage permettrait à la houle d'homogénéiser toute la plage aérienne. L'analyse de l'évolution de la moyenne granulométrique le long du profil montre que les sables sont plus fins à la plage aérienne et plus grossiers à la plage sous-marine. Cette disposition est semblable à ce que l'on observe au niveau de la plupart des littoraux où les sédiments les plus grossiers se situent au niveau de la plage sous-marine soumise à des conditions plus énergétiques de houle. Il faut noter également que la plage sous-marine qui présente les sédiments les plus grossiers du profil est plus pentue que la plage aérienne. Cette observation peut être expliquée par le fait qu'il existe une relation entre la granulométrie des sédiments et la pente de la plage. Ainsi, les pentes tendent à devenir d'autant plus fortes que les sédiments sont grossiers, ceci pour les mêmes conditions de houles (Migniot et Bouloc, 1981 In. Niang-Diop, 1995). Cela est dû au fait que les sédiments grossiers sont moins cohésifs et favorisent l'infiltration d'une grande quantité d'eau qui réduit la puissance du courant de retour, ce qui augmente la pente de la plage. Les sédiments fins quant à eux sont plus cohésifs et augmentent alors la puissance de la lame de retrait, la pente s'adoucit alors (Niang-Diop, 1995).

### **9.3 Profil 3**

#### **9.3.1 Caractéristiques morphologiques**

La plage aérienne de ce profil présente, en moyenne, une largeur de 25,97 m et une pente de 9,27 %. Les largeurs, les pentes de cette unité ainsi que la forme du profil sont très variables. Ceci serait dû à une forte variabilité des conditions hydrodynamiques. En effet, cette plage est ouverte et donc exposée aux houles et vagues puisqu'elle ne présente aucune structure de protection pouvant réduire leur énergie avant leur arrivée sur le rivage ou pouvant intercepter les sédiments transportés par la dérive littorale pour élargir la plage. Sa haute plage atteint rarement 4,9 m alors qu'elle développe des pentes pouvant aller jusqu'à 43,08 %. En plus, ses caractéristiques morphologiques sont très variables. Cette unité aurait été atteinte par les vagues de manière récurrente. Ceci grâce à l'absence de structures de protection mais surtout à l'étroitesse de la plage aérienne. Toutes ces conditions exposent la plage aux facteurs hydrodynamiques.

#### **9.3.2 Les mouvements verticaux**

A l'exception de la plage sous-marine qui a connu de petites phases d'accumulation entre octobre et novembre 2017 et entre février et mars 2018, toutes les unités morphologiques de ce profil ont enregistré une érosion d'octobre 2017 à mars 2018. Les taux d'érosion sont très variables mais relativement faibles. L'hydrodynamisme très fort noté pendant presque toutes les campagnes de mesure associée au caractère ouvert de la plage serait responsable de ces érosions généralisées. Il faut aussi noter que la variabilité des mouvements peut être corrélée avec celle des caractéristiques morphologiques. En effet, les érosions de la plage aérienne sont plus marquées entre novembre 2017 et février 2018. Elles ont occasionné une diminution de la largeur de la plage aérienne et une augmentation de sa pente. La forme du profil de plage s'est modifiée pendant la même période.

#### **9.3.3 Les caractéristiques sédimentologiques**

Les sédiments retrouvés dans cette partie de la plage sont globalement des sédiments fins à moyens à la haute plage et au niveau du mi-estran, fins, moyens et très grossiers au niveau de la mer et grossiers à très grossiers au niveau de la zone de déferlement (Mz compris entre 218,2 et 1194,3  $\mu\text{m}$ ). Les sédiments sont donc plus grossiers au niveau de la mer et dans la zone de déferlement. En plus, leur évolution granulométrique est plus ou moins significative au niveau de ces unités. Cela s'explique par le fait que le niveau de la mer et la zone de déferlement sont soumis à des conditions plus énergétiques de houles que le reste de plage. Les sédiments tendent à devenir un peu plus grossiers lorsque l'hydrodynamisme est fort. Ils sont très mal à très bien classés (sigma

varie entre  $0,27 \phi$  et  $1,27 \phi$ ). Le diagramme de dispersion Mz-Sigma comparé à celui du profil 1 laisse apparaître des sédiments plus ou moins hétérogènes d'une unité à une autre et au sein d'une même unité. Cette hétérogénéité des sédiments pourrait traduire une forte variabilité des conditions hydrodynamiques (Ndour, 2015). Ceci est en phase avec la variabilité plus ou moins importante des caractéristiques morphologiques due à l'exposition de la plage aux houles et vagues qui déferlent directement sur son rivage à cause de l'absence de structure de protection. C'est également au niveau de cette plage que les taux de carbonate les plus importants ont été notés en raison de la forte dynamique notée à ce niveau du littoral de Saly.

### **Conclusion**

L'étude du littoral de Saly a révélé des particularités aussi bien sur le plan morphologique que sédimentaire. Sur le plan morphologique, le profil 1 enregistre la plus grande largeur, suivi du profil 2. Le profil 3 présente la plus petite largeur. L'évolution des mouvements verticaux montre un cumul négatif dans toutes les unités de la plage témoignant d'une prédominance des mouvements d'érosion. Il faut cependant noter une certaine variabilité des mouvements verticaux mensuels dans le temps au niveau de la plage aérienne. Au niveau du profil 2, l'analyse de l'évolution mensuelle des mouvements verticaux montre un cumul négatif pour la plage aérienne et positif pour la plage sous-marine. Au niveau du profil 3, toutes les unités morphologiques ont enregistré une érosion d'octobre 2017 à mars 2018 à l'exception de la plage sous-marine qui a connu de petites phases d'accumulation entre octobre et novembre 2017 et entre février et mars 2018. Sur le plan sédimentologique, les sédiments rencontrés au niveau du profil 1 sont des sédiments de sables fins à très fins (Mz compris entre  $99,05$  et  $242,5 \mu\text{m}$ ) à l'exception de ceux trouvés au niveau du mi-estran en février 2018 qui sont moyens ( $260,5 \mu\text{m}$ ). Ils sont globalement très bien à moyennement classés (Sig compris entre  $0,26$  et  $0,79 \phi$ ). La taille des sédiments du profil 2 va globalement de très fins à très grossiers (Mz compris entre  $112,8$  et  $1246,9 \mu\text{m}$ ). Ces sédiments sont tous moyennement classés (Sig compris entre  $0,31 \phi$  et  $0,81 \phi$ ). En revanche, les sédiments du profil 3 sont globalement des sédiments fins à moyens à la haute plage et au niveau du mi-estran ; fins, moyens et très grossiers au niveau de la mer et grossiers à très grossiers au niveau de la zone de déferlement (Mz compris entre  $218,2$  et  $1194,3 \mu\text{m}$ ). Ils sont très mal à très bien classés (Sig varie entre  $0,27 \phi$  et  $1,27 \phi$ ). Le diagramme de dispersion Mz-Sigma du profil 3 laisse apparaître des sédiments plus ou moins hétérogènes, comparé à celui des profils 1 et 2 qui laisse apparaître des sédiments plus ou homogènes.

## CONCLUSION GENERALE

L'érosion côtière est un problème majeur observé à l'échelle globale. Elle affecte les côtes sénégalaises et particulièrement la station balnéaire de Saly. L'érosion côtière est causée par des facteurs naturels tels que la houle et se manifeste par des reculs de la ligne de rivage. Ainsi, les facteurs d'érosion côtière identifiés à Saly sont d'ordres naturels amplifiés par les actions anthropiques notamment les aménagements. Les principaux facteurs naturels responsables de l'érosion côtière sont les vagues ou houles exceptionnelles ou « raz de marée », l'élévation du niveau marin., la faible topographie de la zone et le déficit en sédiments. Ces facteurs naturels sont amplifiés par les facteurs anthropiques. Il s'agit principalement des prélèvements de sable marin, de la construction de bâtiments sur les plages, de la construction d'ouvrages perpendiculaires à la côte qui entravent les transits sédimentaires. Aujourd'hui, ces facteurs impactent directement sur le milieu physique par le recul du rivage et la disparition des plages. Ces impacts physiques ont des conséquences les activités socioéconomiques avec la disparition des plages qui entraîne le recul du tourisme.

Cependant, face à ces problèmes d'érosion, la population de Saly a tenté de mettre en œuvre des stratégies communautaires. Ces stratégies consistent à mettre en œuvre des sacs de sables et des enrochements. A côté des stratégies communautaires, les autorités locales et l'Etat en partenariat avec les organismes ont eux aussi mis en œuvre des stratégies de lutte contre l'érosion côtière par la construction d'ouvrages de protection tels que les épis et les brise-lames.

Pour étudier le fonctionnement du littoral de Saly, un suivi morphosédimentaire a été réalisé d'octobre 2017 à mars 2018. Les résultats de ce suivi montrent une variabilité spatio-temporelle des caractéristiques morphologiques et sédimentologiques. Sur le plan morphologique, la variabilité des caractéristiques morphologiques et des mouvements verticaux est plus importante au niveau du profil 1. La plage aérienne du profil 1 est plus large (119,88 m), contrairement au profil 2 (27 ,08 m) et au profil 3 (25 ,97 m). Le profil 1 a une forme générale convexe alors que les profils 2 et 3 ont des formes générales concavo-convexes dominantes. Cependant, un cumul négatif a été noté sur tous les profils sauf au niveau de la plage aérienne du profil 2. Sur le plan sédimentologique, une variabilité de l'indice de classement de la moyenne et du coefficient d'asymétrie de skewness des sédiments a été obtenue. Les sédiments sont très fins à très grossiers,

très mal à très bien classés. Le coefficient d'asymétrie de skewness est variable selon les profils. Une succession d'érosion et d'accumulation a été notée au niveau de ces profils. Mais l'érosion reste en général dominante.

Toutefois, une autre étude semble nécessaire afin de compléter l'analyse des données pour effectuer un bilan annuel et/ou une étude d'évolution à long terme de la ligne de rivage en privilégiant les outils cartographiques.

## **BIBLIOGRAPHIE**

**ABDELHAMID B.** (2010) : Impact des structures hydrauliques sur l'érosion littorale en côte-nord. Étude de cas précis : cas de Sept-Îles. Mémoire de Maitrise, Montréal Université du Québec, 141p.

**ACCC/UNESCO** (2012) : Rapport du séminaire de clôture sur la Gestion Intégrée des Zones Côtières et les Changements Climatiques en Afrique de l'Ouest, Dakar/Sénégal, 5p

**ANSD (2013)** : RGPHAE, 2013

**BARRY M.** (2017) : Erosion côtière et impacts dans la commune de Kafountine (Basse Casamance), mémoire de master, UASZ, 123p.

**BANQUE MONDIALE** (2010) : Rapport de la Mission de Préparation de l'« Evaluation Economique de l'Adaptation aux Changements Climatiques de la Zone Côtière Sénégalaise »,56p.

**BEAUSSIR E.** (2007) : Synthèse bibliographique des caractérisations des aléas naturels côtiers en intégrant les conséquences du changement climatique. Rapport Direction Régionale de l'Environnement Nord Pas de Calais, Juin 2007, 161p.

**BOUDJERA A.** (2010) : Impact des structures hydrauliques sur l'érosion littorale en Côte-Nord. Étude de cas précis : CAS DE SEPT-ÎLES, mémoire de maitrise en Géographie, Université du Québec à Montréal, 137 p.

**BRUNET R., FERRAS R. et THERY H.** (2005) : Les mots de la géographie : dictionnaire critique, Reclus- la documentation Française, 518 p.

**CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (1992), 25p.

**COINTEPAS J.-P.** (1956) : Premiers résultats des mesures de l'érosion en moyenne-Casamance (Sénégal), sixième congrès de la science du sol - paris, 9p.

**DABO B.** (2006) : Erosion côtière au Sénégal : l'exemple de Mbour. Thèse de Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle UCAD, 150 p.

**DENNIS (K.C.), NIANG-DIOP (I.), NICHOLLS (R.J.)** (1995): Sea-level rise in Senegal: Potential impacts and consequences. J. Coasra 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.

**DIAW A.T.** (1997) : « Evolution des milieux littoraux du Sénégal : Géomorphologie et Télédétection », Paris, Université de Paris I, 270 p

**DIOPS.** (2000) : Contexte géologique et risques naturels : Déterminants structuraux de l'instabilité des corniches de la partie sud de Dakar. Mém.Ing. I.S.T., Dakar, n°009/IST/2000, 100 p.

**DIOUF S.** (2015) : Evolution morphosédimentaire du littoral de Saly Portudal dans un contexte d'installation de brise-lames, mémoire de Master, géologie UCAD, 65 p.

**Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés** (2010), Rapport National sur l'Etat de l'Environnement Marin et Côtier, 70 p.

**Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés** (2008) : Formulation d'un Programme National Intégré de Lutte contre l'Erosion Côtière, Rapport Final, 148 p.

**Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés** (2010) : Projet d'Intégration de l'Adaptation aux changements Climatiques dans le développement durable au Sénégal (INTAC) : Étude sur la vulnérabilité du secteur touristique à Saly et de ses implications socioéconomiques sur l'économie locale au niveau de la station touristique, Rapport provisoire 42 p.

**DOMAIN F.** (1977): Sedimentological Map of the Senegambian Continental Shelf.

**EGIS** (2016) : Projet de croissance et développement des exportations : Mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage pour la réalisation des travaux physiques de restauration, protection et entretien des plages de SALY – SENEGAL, 180p

**ELOUARD P.** (1967) : Le quaternaire de la région de Mbour (Sénégal), Livret et guide, excursion sur la petite côte, 21-33 p.

**EUROPEAN COMMISSION** (2000): Towards quality coastal tourism; Integrated Quality Management (IQM) of coastal tourist destination.

**FALL C. B.** (2012) : L'érosion côtière du littoral mbourois : facteurs et impacts sur les activités socio-économiques. Mémoire de master géographie, UCAD, 71 p.

**FAYE I.** (2010) : Suivi des phénomènes d'érosion et d'accumulation sur le littoral de Mbour à la Pointe Sarène de 1954 à 2007, 22p.

**FAYE G.** (2010) : 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 ,12 p.

**FAYE I.B.N.** (2010) : Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie à la Guinée Bissau (Afrique de l'ouest) : Approche régionale et locale par photo interprétation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale et Institut Européen de Mer, Ecole Doctorale des Sciences de la Mer, 393 p.

**FAYE G.** (1988): The Region of Mbour-Saly. Study of Coastal Geomorphology. Dakar, Senegal: University of Cheikh Anta Diop, Faculty of Letters and H. Sciences, Master's thesis, 138p

**FOLK R. L, WARD W. C** (1957): Brazos River bars: a study in the significance of grain size parameters.

**GEORGE P.** (1990) : Dictionnaire de géographie, 4eme édition, Presses Universitaire de France, 510 p.

**GEORGE P. et Verger F.** (2013) : Dictionnaire de géographie, 4eme édition, Paris PUF, 478p.

**GIEC.** (2001) : Incidences de l'évolution du climat : évaluation de la vulnérabilité. Rapport spécial. Chapitre 2 : Afrique. OMM, PNUE. 278 p.

**GIEC.** (2007) : Bilan des changements climatiques : Rapport de synthèse, 114p.

**GIEC.** (2019) : RappoRt Spécial Réchauffement à 1,5°C -Résumé à destination des enseignants 22p.

**IBE A.C., QUELENNEC R.E.** (1989) : Méthodologie d'inventaire et de contrôle de l'érosion côtière dans la région de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. PNUE, Nairobi, Rapports et Etudes des Mers Régionales, n°107, 107 p.

**HEBRARD L.** (1965): Note on Quaternary Formations in the Mbour- Joal Region (Senegal). Association Sénégalaise pour l'Etude du Quaternaire Oest African, Bulletin Liaison, 7, pp. 12-21

**IDE Casamance** (2013) : L'érosion côtière autour de l'embouchure de la ria Casamance, 10 p.

**MARCHESI N., NDIAYE M., DIONE M., BAIJOT E.** (2013) : Plan local de Gestion Intégrée des Zones Côtières de MBOUR, 127p.

**MAYER R. E.** (2006) : Géomorphologie principes, méthodes et pratique, Guérin, éditeur itee, 2em édition, revue et corrigée, 496 p.

**Ministère de l'Environnement, de la Protection de la Nature, des Bassins de Rétention et des Lacs Artificiels ; AGETIP** (2008) : Etudes relatives aux travaux de protection Côtière à Thiawllène (Rufisque), Rapport d'Avant-Projet Détaillé, 38p.

- NAKAMURA S.** Notions sur les vagues, les courants et les mouvements des sables, 70p.
- NARDARI B.** (1993): Analysis of the Swell on the Coasts of Senegal. Application at Pointe de Sangomar. Dakar, Sénégal : ISRA/ORSTOM, *UTIS internship report*, 31p
- NIANG-DIOP I.** (1995) : L'érosion sur la Petite Côte du Sénégal à partir de l'exemple de Rufisque. Passé - Présent – Futur. Thèse et documents microaffichés. Edition : ORSTOM. Université D'ANGERS, UER Environnement, 477p
- NIANG-DIOP I., Nai G., FOLORUNSHO R., DIOP M., SOW M., TRAWALLY D., FAYE S., BIHIBINDI A., DIOP N., KARIBUHOYE C.** (2012) Guide sur les options d'adaptation en zones côtières à l'attention des décideurs locaux : Aide à la prise de décision pour faire face aux changements côtiers en Afrique de l'Ouest, UNESCO-IOC/2012/PI/H/1, 54p.
- NIANG DIOP I.** (2000-2001) : Les études de vulnérabilité des zones côtières aux changements climatiques : Le cas du Sénégal, 57p.
- NDIAYE M.** (2009) : Etude de la dynamique côtière du littoral de Mbour, Mémoire de Master 1, 82p.
- PASKOFF R.** (1993) : Côtes en danger, Paris : Masson 250p. (Collection « Pratiques de la géographie »)
- PASKOFF R.** (1995) : Les littoraux impacts et Aménagements sur leur évolution, Paris, Masson, 188 p.
- PNUE/UNESCO/ONU-DAESI** (1985) : Erosion côtière en Afrique de l'ouest et du centre. UNEP Regional Seas Reports and Studies n°67, 248p.
- SAGNA P.** (2005): Climate Dynamics and its Recent Evolution in the Western Part of West Africa. Dakar, Senegal: University of Cheikh Anta Diop, Faculty of Letters and Human Sciences, Ph.D. dissertation, Volume I, 271p.
- SAGNE P.** (2015) : Etude Morpho-Sédimentaire des plages des Mamelles et de Ouakam d'aout 2013 à Janvier 2014, Mémoire de Master UCAD, 77p.
- SAKHO I.** (2011) : Projet ISO : Hydro- Sédimentologie dans l'Estuaire de la Somone, thèse de doctorat, 14p.
- SAPCO** (2004) : Etude et cartographie du phénomène de l'érosion côtière dans la zone de Saly Portudal, Rapport Final, 28p.

**SARR S.** (2012) : Vulnérabilité insulaire dans les Rivières du sud (Casamance Atlantique). Mémoire de Master, UGB, 135p.

**Saur F** (2012) : **Géographie physique** ; Paris, puf, 295 p.

**SY B. A.** (2009) : L'histoire morphodynamique de Doun Baba Dièye du Sénégal. Revue Perspectives & Sociétés, N°1, <http://www.carede.org> © CAREDE, 2010. Tous droits réservés pour tous pays, 17p.

**SY B. A., Bilbao I. A., Sy A.A. Perez I.A. et Valido S. R.** (2013) : « Résultats du suivi 2010-2012 de l'évolution de la brèche ouverte sur la Langue de Barbarie au Sénégal et de ses Conséquences », Physio-Géo [En ligne], Volume 7 |, 21p.

**SY B.A. et SY A.A.** (2010) : Dynamique actuelle du cordon littoral de la Grande Côte sénégalaise de Saint Louis à Niayam et ses conséquences, RGLL, N°08, 18 p.

**SY A.A.** (2013) : Dynamiques sédimentaires et risques actuels dans l'axe Saint-Louis-Gandiol, littoral Nord du Sénégal, Thèse pour le Doctorat de géographie, 328 p.

**SY I.** (2006) : La gestion de la salubrité Rufisque (Sénégal) : Enjeux sanitaire et pratique urbaines, thèse de doctorat ,564 p.

**THIOR. M.** 2013 : Impacts environnementaux et socioéconomiques de l'érosion côtière dans la Commune Rurale de Diembering (Basse Casamance), Mémoire de Master, UASZ, 132p.

**TURMINE V.** (2001): The Spatial and Temporal Variations of the Mangrove Swamps and their Hydrodynamics in West Africa Between the Petite Cote and Guinea (Geomorphology and Remote Sensing). Paris, France : Univ. Paris VII, Master's thesis, 106p

**VALADAS B.** Géomorphologie dynamique, Armand colin, PARIS 2004, 2009, 2011, 192P.

**WADE C.T.** (2008) : ECOSYSTEME ET ENVIRONNEMENT : Problématique de la gestion durable des usages littoraux au niveau de la Grande Côte sénégalaise, thèse pour le doctorat en géographie, 302 p.

**WENTWORK,** 1922

### WEBOGRAPHIE

<http://www.memoireonline.org>

<http://dictionnaire.reverso.net/francais-definition/>

[http://memoires.scd.univ-tours.fr/EPU\\_DA/LOCAL/2007MRMAG3\\_DinelNolwen.pdf](http://memoires.scd.univ-tours.fr/EPU_DA/LOCAL/2007MRMAG3_DinelNolwen.pdf)

<https://geomorphologie.revues.org/11146>

<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convfr.pdf>

<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/cons%C3%A9quence/18363>

*<http://www.linternaute.com/dictionnaire/fr/definition/consequence/#definition>*

## Tableaux

<b>Tableau 1</b> : Nombre de ménages enquêtés par village .....	12
<b>Tableau 2</b> : Classification de Wentworth (1922) .....	20
<b>Tableau 3</b> : Caractéristiques morphologiques de P1 (L = Largeur en mètre ; P = pente en %).....	55
<b>Tableau 4</b> : Evolution des mouvements verticaux (exprimés en m <sup>3</sup> / m de plage) de P1 .....	57
<b>Tableau 5</b> : Variations mensuelles des principaux indices granulométriques des sédiments de P1 .....	59
<b>Tableau 6</b> : Pourcentage (%) de CaCO <sub>3</sub> dans les différentes unités de P1 .....	60
<b>Tableau 7</b> : Caractéristiques morphologiques de P2 (L=Largeur en mètre ; P=pente en %).....	63
<b>Tableau 8</b> : Evolution des mouvements verticaux de P2 .....	65
<b>Tableau 9</b> : Variations moyennes mensuelles des principaux indices granulométriques des sédiments de P2.....	67
<b>Tableau 10</b> : Pourcentage (%) de CaCo <sub>3</sub> dans les différentes unités de P2.....	68
<b>Tableau 11</b> : Caractéristiques morphologique de P3.....	71
<b>Tableau 12</b> : Evolution des mouvements verticaux .....	73
<b>Tableau 13</b> : Variations moyennes mensuelles des principaux indices granulométriques des sédiments de P3 .....	75
<b>Tableau 14</b> : Pourcentage (%) de CaCo <sub>3</sub> dans les différentes unités de P3.....	76
<b>Tableau 15</b> : Variations mensuelles de la moyenne Mz (en µm) en P3 selon les unités morphologiques.....	79

## Photos

<b>Photo 1</b> : Niveau de chantier et trépied.....	17
<b>Photo 2</b> : Mire .....	17
<b>Photo 3</b> : Colonne de tamis.....	19
<b>Photo 4</b> : Exemple d'aménagement faite sur le DPM (Sow, 2017).....	41
<b>Photo 5</b> : Destruction d'un hôtel à Saly.....	48
<b>Photo 6</b> : Erosion de la plage de Savana.....	48
<b>Photo 7</b> : Perte de plage à Saly .....	48
<b>Photo 8</b> : Destruction d'arbre et du mur par les houles à Saly .....	48
<b>Photo 9</b> : Sacs de sable comme stratégie d'adaptation .....	51
<b>Photo 10</b> : Enrochements comme stratégie d'adaptation.....	51

## Cartes

<b>Carte 1</b> : Localisation des profils à Saly.....	16
<b>Carte 2</b> : Localisation de la commune de Saly.....	24
<b>Carte 3</b> : Occupation du sol à Saly en 2003 .....	43
<b>Carte 4</b> : Occupation du sol à Saly en 2017 .....	44

## Figures

<b>Figure 1</b> : Schéma de la méthodologie cartographique .....	14
<b>Figure 2</b> : Evolution de la pluviométrie de Saly de 1981 à 2010 (ANACIM, 2016) .....	27
<b>Figure 3</b> : Évolution des températures sur la Petite Côte, Station de Mbour de 1981 à 2016.....	28
<b>Figure 4</b> : Modèles de propagation des houles le long de la côte sénégalaise (Nardari, 1993).....	30
<b>Figure 5</b> : Transits littoraux sur la côte sénégalaise (Sagne, 2015) .....	32
<b>Figure 6</b> : Répartition des activités dans la commune de Saly (données d'enquêtes, 2017).....	33
<b>Figure 7</b> : Existence de l'érosion côtière à Saly selon la population (données d'enquêtes, 2017). .....	36
<b>Figure 8</b> : Perception de la population sur les causes de l'érosion côtière (données d'enquêtes, 2017).....	37
<b>Figure 9</b> : Intensité de l'avancée de la mer (données d'enquête 2017) .....	38
<b>Figure 10</b> : Fréquence de l'avancée de la mer (données d'enquête 2017) .....	38
<b>Figure 11</b> : Perception de la population sur la fréquence de l'avancée de la mer à Saly (Données d'enquête, 2017).....	39
<b>Figure 12</b> : Occupation du sol à Saly entre 2003 et 2017.....	45
<b>Figure 13</b> : Vitesse de l'érosion côtière à Saly (données d'enquête ,2017). .....	46
<b>Figure 14</b> : Perception de la population sur les impacts de l'érosion côtière (données d'enquêtes, 2017).....	47
<b>Figure 15</b> : Perception de la population sur les impacts de l'érosion côtière (données d'enquêtes, 2017).....	48
<b>Figure 16</b> : Nature des pertes lies à l'érosion côtière à Saly (données d'enquêtes, 2017). .....	49
<b>Figure 17</b> : Stratégies d'adaptation mises en œuvre par la population (données d'enquêtes, 2017). .....	50
<b>Figure 18</b> : Profils mensuels de P1 .....	56
<b>Figure 19</b> : Comparaison des profils mensuels de P1 .....	58
<b>Figure 20</b> : Diagramme de dispersion Mz-Sigma en fonction des unités morphologiques de P1	61
<b>Figure 21</b> : Variation des moyennes granulométriques sur les différentes unités morphologiques de P1 .....	61
<b>Figure 22</b> : Variations de la moyenne Mz le long du profil P1 .....	62
<b>Figure 23</b> : Profils mensuels de P2 .....	64
<b>Figure 24</b> : Comparaison des profils mensuels (P2).....	66
<b>Figure 25</b> : Diagramme de dispersion Mz-Sigma en fonction des unités morphologiques de P2	69
<b>Figure 26</b> : Variation des moyennes granulométriques sur les différentes unités morphologiques de P2 .....	70
<b>Figure 27</b> : Variation de la moyenne Mz le long du profil de P2.....	70
<b>Figure 28</b> : Profils mensuels de P3 .....	72
<b>Figure 29</b> : Comparaison des profils de P3 .....	74
<b>Figure 30</b> : Diagramme de dispersion MZ-Sig.....	77
<b>Figure 31</b> : Variation des moyennes granulométriques sur les différentes unités morphologiques de P2 .....	78
<b>Figure 32</b> : Variation de la moyenne Mz le long du profil P3.....	78

# ANNEXES

## Annexe 1 : Guide d'entretien adressé à l'adjoint au maire de Saly

### I. Identification

Nom d'enquête :

Date :

### II. Les facteurs d'érosion

1) Comment percevez-vous l'érosion côtière ?

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

2) Qu'est ce qui est à l'origine de l'avancée de la mer sur le continent ?

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

### III. Les conséquences socio-économiques de l'érosion côtière

3) Quelles sont les conséquences de l'érosion sur les activités économiques ?

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

4) Quels sont les impacts de l'érosion côtière sur l'économie locale ?

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

### IV. Stratégies d'adaptation

5) Quelle (s) stratégie (s) mettez-vous en place pour vous protéger contre l'érosion côtière ?

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

6) Avez-vous des partenaires qui vous aident dans la mise en œuvre des stratégies d'adaptation face à l'érosion côtière ? Si oui lesquels ?

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

7) Quelle est la nature de la contribution des partenaires

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

8) Comment jugez-vous l'efficacité de ces modes de protection ?

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

9- Quelle est la durée d'efficacité de ces modes de protection ?

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

**Annexe 2 : Guide d'entretien adressé au directeur de SAPCO Saly**

**I. Identificateurs**

Nom d'enquête :

Date :

**II. Les facteurs d'érosion**

9) Comment percevez-vous l'érosion côtière ?

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

10) Qu'est ce qui est à l'origine de l'avancé de la mer sur le continent ?

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

**III. Les conséquences socio-économiques de l'érosion côtière**

11) Quelles sont les conséquences de l'érosion côtière ?

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

**IV. Les stratégies d'adaptation**

12) Quelles stratégies mettez-vous en place pour maintenir l'aménagement des hôtels et lutter contre l'érosion côtière ?

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

13) Avez-vous des partenaires ? Si oui, qui sont-ils ? Et comment vous aident-ils à lutter contre l'érosion ?

## Annexe 3 : Guide d'entretien adressé aux hôteliers

### I. Identification

Nom d'hôtel :

Nom d'enquêté :

Fonction :

Date :

### II. Les facteurs d'érosion

1. Comment percevez-vous l'érosion côtière ?

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

2. Qu'est ce qui est à l'origine de l'avancée de la mer sur le continent ?

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

### III. Les conséquences socio-économiques de l'érosion côtière

3. Quelles sont les conséquences de l'érosion côtière sur la demande ?

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

4. Quelle est la dynamique de votre clientèle internationale et nationale ?

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

5. Quelle est l'évolution de votre chiffre d'affaire ?

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

6. Pouvez-vous estimer le taux d'évolution de votre chiffre d'affaire avant l'intensification de l'érosion et présentement ?

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

### IV. Stratégies d'adaptation

7. Quelle (s) stratégie (s) mettez-vous en place pour vous protéger contre l'érosion côtière ?

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

8. Avez-vous des partenaires qui vous aident dans la mise en place de stratégie d'adaptation face à l'érosion côtière ? Si oui lesquels ?

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

9. Quelle est la nature de la contribution des partenaires

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

10. Comment jugez-vous l'efficacité de ces modes de protection ?

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

11. Quelle est la durée d'efficacité de ces modes de protection ?

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

## Annexe 4 : Questionnaire

**OBJECTIF :** Analyser les conséquences socio-économiques de l'érosion côtière à Saly

### I. Identification

1 Numéro de l'enquête :

2 Quartier :

3 Date :

4 Nom de l'enquêteur :

:

### II. Caractéristiques socio-économiques du répondant

6 Age :

7 Profession :

Pêcheur  commerçant  fonctionnaire

Ouvrier  Employeur d'hôtel  Guide touristique

Chauffeur  restauratrice  Autres à préciser

9 Depuis quand habitez-vous ce quartier ?

-5 ans  5-10ans  10-15 ans  15-20 ans  20et Plus

### III. Facteurs de l'érosion côtière à Saly

10 Avez-vous constaté une avancée de la mer sur le continent ?

OUI  NON

11 Si oui quels sont les éléments qui vous permettent de l'affirmer ?

12 Quand avez-vous constatez cette avancée de la mer ?

13 Connaissez-vous les causes de cette avancée de la mer ?

Vague  prélèvement de sable  Autres à préciser

14 Quelle est l'intensité de l'avancée de la mer ?

Forte  Moyenne  faible

15 Cette avancée de la mer est-elle continue ou sporadique ?

16 Continue  Sporadique

17 Quelle est la fréquence sporadique de l'avancée de la mer

Journalière  saisonnière  annuelle

18 Avez-vous constaté une accélération ou une diminution de la vitesse d'érosion au cours de ces dernières années ?

Accélération  Diminution

19 Si elle s'est accélérée quel (s) est (sont) selon-vous le(s) facteur(s) responsable (s) ?

#### **IV. Les conséquences physiques et socio-économiques**

20 Comment cette avancée vous affecte-t-elle ?

Destruction d'habitats  Perte plage  Destruction hôtels

Destruction quai de pêche

21 Quels sont les aspects les plus affectés ?

22 L'avancée de la mer a-t-elle entraîné une disparition de certaines infrastructures ?

Oui  Non

23 Si oui, quelle est la nature des pertes enregistrées ?

Matérielles  Humaines  Economiques

24 Comment jugez-vous ces pertes ?

Importantes  Moyennes  Faibles

25 L'érosion affecte-t-elle vos activités

Oui  Non

26 Si oui quelles sont les activités les plus affectées ? Pourquoi ?

27 Comment ces activités sont-elles affectées ?

28 Le tourisme et la pêche sont-ils les seules activités les plus touchées à Saly ?

Oui  Non

29 Si non, quelles sont les autres activités les plus touchées par l'érosion côtière à Saly ?

30 Avec l'accélération du processus d'érosion, vous adonnez-vous toujours à l'activité de la pêche ?

Oui  Non

31 Si non, quelle activité pratiquez-vous maintenant ?

32 Dans quel secteur du tourisme travaillez-vous

Hôtel  guide touristique

33 Comment appréciez-vous vos revenus avant et présentement

Augmentation  Baisse

### **Les stratégies d'adaptation**

34 Avez-vous mis en place des stratégies d'adaptation contre l'érosion ?

Oui  Non

35 Si oui, quelles sont vos stratégies de lutte contre l'érosion côtière ?

Sacs de sable  pneus  Autres à préciser

36 Comment ces stratégies sont-elles mise en œuvre ?

Concertée  initiative isolée  dans le cadre d'un partenariat

37 Comment appréciez-vous les stratégies mises en œuvre par les autorités ?

38 Efficaces  Inefficaces

39 Si elles sont efficaces, qu'est-ce qui vous permet de l'affirmer ?

40 Quels sont les résultats obtenus ?

41 Si elles sont inefficaces, quelles solutions proposez-vous pour leur amélioration ?

# Table des matières

Dédicaces .....	ii
Remerciements .....	iii
SIGLES ET ABREVIATIONS .....	vi
RÉSUMÉ.....	vii
ABSTRACT .....	viii
INTRODUCTION GENERALE .....	1
PREMIERE PARTIE : CADRE THEORIQUE ET METHODOOGIE DE RECHERCHE.	3
CHAPITRE 1 : CADRE THEORIQUE.....	4
1.1 Contexte et justification .....	4
1.2 État de l'art .....	5
1.3 Questions de recherche .....	7
1.4 Objectifs .....	8
1.5 Hypothèses de recherche .....	8
1.6 Analyse conceptuelle .....	8
CHAPITRE II : CADRE METHODOLOGIQUE.....	11
2.1 La revue documentaire .....	11
2.2 Les enquêtes de terrain .....	11
2.3 L'étude de l'occupation du sol.....	13
2.4 Les méthodes topographiques et sédimentologiques .....	14
2.4.1 Les méthodes topographiques .....	14
2.4.2 Les méthodes sédimentologiques.....	18
Conclusion.....	21
DEUXIEME PARTIE : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE .....	22
CHAPITRE 3 : CADRE PHYSIQUE GENERAL.....	23
3.1 Situation géographique .....	23
3.2 Cadre géologique .....	25
3.2.1 Structure tectonique.....	25
3.2.2 Affleurements.....	25
3.3 Caractéristiques climatiques .....	26
3.3.1 Pluviométrie .....	26
3.3.2 Température .....	27
3.3.3 Vents .....	28

<b>3.4</b>	<b>Aspects hydrodynamiques.....</b>	<b>29</b>
3.4.1	Marée.....	29
3.4.2	Vagues et houles.....	29
<b>CHAPITRE 4 : Activités Socio-économiques .....</b>		<b>33</b>
4.1	Tourisme.....	33
4.2	Commerce .....	34
4.3	Pêche.....	34
	Conclusion.....	35
<b>TROISIEME PARTIE : MANIFESTATIONS DE L'EROSION COTIERE A SALY.....</b>		<b>36</b>
<b>CHAPITRE 5 : Les facteurs de l'érosion côtière à Saly .....</b>		<b>37</b>
5.1	Facteurs naturels .....	39
5.2	Facteurs anthropiques.....	40
<b>CHAPITRE 6 : Les impacts de l'érosion côtière à Saly .....</b>		<b>46</b>
6.1	Impacts physiques .....	47
6.2	Impacts sur les activités socio-économiques.....	48
<b>CHAPITRE 7 : Les stratégies d'adaptation à l'érosion côtière à Saly .....</b>		<b>50</b>
<b>QUATRIEME PARTIE : EVOLUTION MORPHOSEDIMENTAIRE DU LITTORAL DE SALY .....</b>		<b>53</b>
<b>CHAPITRE 8 : Les résultats.....</b>		<b>54</b>
8.1	Profil 1 .....	54
8.1.1	Données morphologiques .....	54
8.1.2	Données sédimentologiques .....	58
8.2	Profil 2 .....	62
8.2.1	Données morphologiques .....	62
8.2.2	Données sédimentologiques .....	66
8.3	Profil 3 .....	71
8.3.1	Données morphologiques .....	71
8.3.2	Données sédimentologiques .....	74
<b>CHAPITRE 9 : Synthèse et discussions .....</b>		<b>80</b>
9.1	Profil 1 .....	80
9.1.1	Caractéristiques morphologiques .....	80
9.1.2	Mouvements verticaux .....	80
9.1.3	Caractéristiques sédimentologiques.....	81

9.2	Profil 2 .....	82
9.2.1	Caractéristiques morphologiques .....	82
9.2.2	Mouvements verticaux .....	82
9.2.3	Caractéristiques sédimentologiques.....	83
9.3	Profil 3 .....	84
9.3.1	Caractéristiques morphologiques .....	84
9.3.2	Les mouvements verticaux.....	84
9.3.3	Les caractéristiques sédimentologiques.....	84
	Conclusion .....	85
	<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>87</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>88</b>
	<b>WEBOGRAPHIE .....</b>	<b>92</b>
	<b>ANNEXES.....</b>	<b>III</b>