

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	3
CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE.....	4
1 - Localisation de la zone d'étude.....	4
2 - Cadre géologique.....	5
2.1 – Les formations tertiaires.....	6
2.2 – Les formations quaternaires.....	7
2.3 – Tectonique.....	9
3 - Les caractéristiques morphologiques du cordon littoral.....	11
4 - Les principaux facteurs d'évolution des côtes sableuses.....	12
4.1 - Les facteurs climatiques.....	12
4.1.1- Le vent.....	12
4.1.2 - Les précipitations.....	12
4.1.3 - La température.....	13
4.2 - Les facteurs hydrodynamiques.....	13
4.2.1 - Les vents.....	13
4.2.2 - Les houles.....	14
4.2.3 - Les courants de houles.....	15
4.2.4 - La marée.....	16
4.3 - Actions anthropiques.....	17
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODOLOGIE D'ETUDE.....	18
1-Méthode topographique.....	18
1.1 - Acquisition des données.....	18
1.2 - Traitement des données.....	19
2 – Méthode sédimentologique.....	20
2.1 - Acquisition des données.....	20
2.2 -Traitement des données.....	20
CHAPITRE III : PRESENTATION DES RESULTATS OBTENUS.....	22
1-Analyse des résultats morphologiques.....	22
1.1- La plage de Joal.....	22
1.1.1- Caractéristiques morphologiques.....	22
1.1.2- Evolution saisonnière.....	23
1.1.3-Evolution interannuelle.....	25
1.1.4-Evolution à plus long terme.....	26
1.2-La plage de Nianing.....	28
1.2.1- Caractéristiques morphologiques.....	28

1.2.2- Evolution saisonnière.....	29
1.2.3- Evolution à plus long terme.....	33
2- Analyse des résultats sédimentologiques.....	34
2.1- Analyse sédimentologique des échantillons de Joal.....	34
2.1.1- Evolution spatiale.....	34
2.1.1.1- Evolution des indices granulométriques le long du profil en août 2007.....	34
2.1.1.2- Evolution des indices granulométriques le long du profil en janv-2008.....	35
2.1.2- Evolution saisonnière.....	37
Conclusion.....	38
2.2- Analyse sédimentologique des échantillons de Nianing.....	39
2.2.1- Evolution spatiale.....	39
2.2.1.1- Evolution des indices granulométriques le long du profil en août 2007.....	39
2.2.1.2- Evolution des indices granulométriques le long du profil en janv-2008.....	40
2.2.2 Evolution saisonnière.....	41
Conclusion.....	43
3- Synthèse et discussion des résultats.....	44
3.1- Les résultats morphologiques.....	44
3.2- Les résultats sédimentologiques.....	48
CONCLUSION GENERALE.....	50
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	51
LISTES DES FIGURES ET PHOTOS.....	54
LISTES DES TABLEAUX.....	56

INTRODUCTION

Le Sénégal est un pays qui dispose d'une frange littorale de 700km de long et d'un espace maritime de 198000 km². Sur ces côtes sénégalaises se développent plusieurs activités économiques notamment la pêche et le tourisme qui ont engendré des recettes brutes de l'ordre de 200 milliards de francs CFA en 2003.

Aujourd'hui ces côtes sont affectées fortement par l'érosion. Vu l'importance de l'exploitation de ces côtes et de leur intérêt pour l'économie nationale, plusieurs études ont été effectuées sur la Petite Côte portant sur les phénomènes d'érosion. Cette érosion, définie comme le recul à long terme de la ligne de rivage donc l'avancée de la mer sur le continent est liée à des facteurs naturelles et parfois anthropiques.

Notre étude est un suivi de l'évolution morphosédimentaire au niveau de la Petite Côte plus précisément au niveau de la plage de Joal et Nianing. Le suivi de l'évolution morphologique a été effectué pour les périodes suivantes : (avril 1994, juin 1994, octobre 1994, mai 1996, et mai 1997) pour la plage de Joal et est échelonné de novembre 1993 à juin 1994 pour la plage de Nianing. La comparaison de ces résultats est complétée par celle d'années récentes (août 2007, janvier 2008). Pour l'évolution sédimentologique les périodes concernées sont août 2007, janvier 2008.

L'intérêt de cette étude est de comprendre le fonctionnement de cette partie de la Petite Côte pour déterminer les caractéristiques morphologiques et sédimentologiques durant cette période.

Nous avons traité ce sujet en quatre parties :

- présentation de la zone d'étude ;
- les méthodes d'étude ;
- les résultats ;
- synthèse et discussion des résultats.

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

1 - Localisation de la zone d'étude

Nianing et Joal sont deux villes situées successivement à 91km, 114km au Sud-est de la capitale Sénégalaise (Dakar), aux alentours de (14°.20 Nord et 16°.55 Ouest), (14°.10 Nord et 16°.51 Ouest).

Elles se trouvent dans le département de Mbour, plus précisément dans la région de Thiès. La frange littorale de Nianing et Joal fait partie de la Petite Côte sud du littoral sénégalais, elle est limitée au nord par Mbour, au sud et à l'est par l'estuaire de Saloum et à l'ouest par l'océan atlantique (Figure 1).



Figure 1 : localisation de la zone d'étude

2 - Cadre géologique

La zone d'étude (Joal et Nianing) est située dans la partie occidentale du bassin sénégalo-mauritanien (Figure 2). Ce bassin occupe une superficie de 340 000 km² entre la Mauritanie et la Guinée Bissau. Il s'est individualisé à la suite de l'écartement des plaques africaine et américaine à la fin du Trias.

Le bassin sénégalo-mauritanien atteint dans sa plus grande largeur 500km et s'étend sur quelques 2000km de long. C'est un bassin de type ouvert, à structure monoclinale de pendage ouest assez faible qui s'enfonce dans l'océan atlantique. Il est couvert par des formations sédimentaires tertiaires et quaternaires (Diouf, 1989).

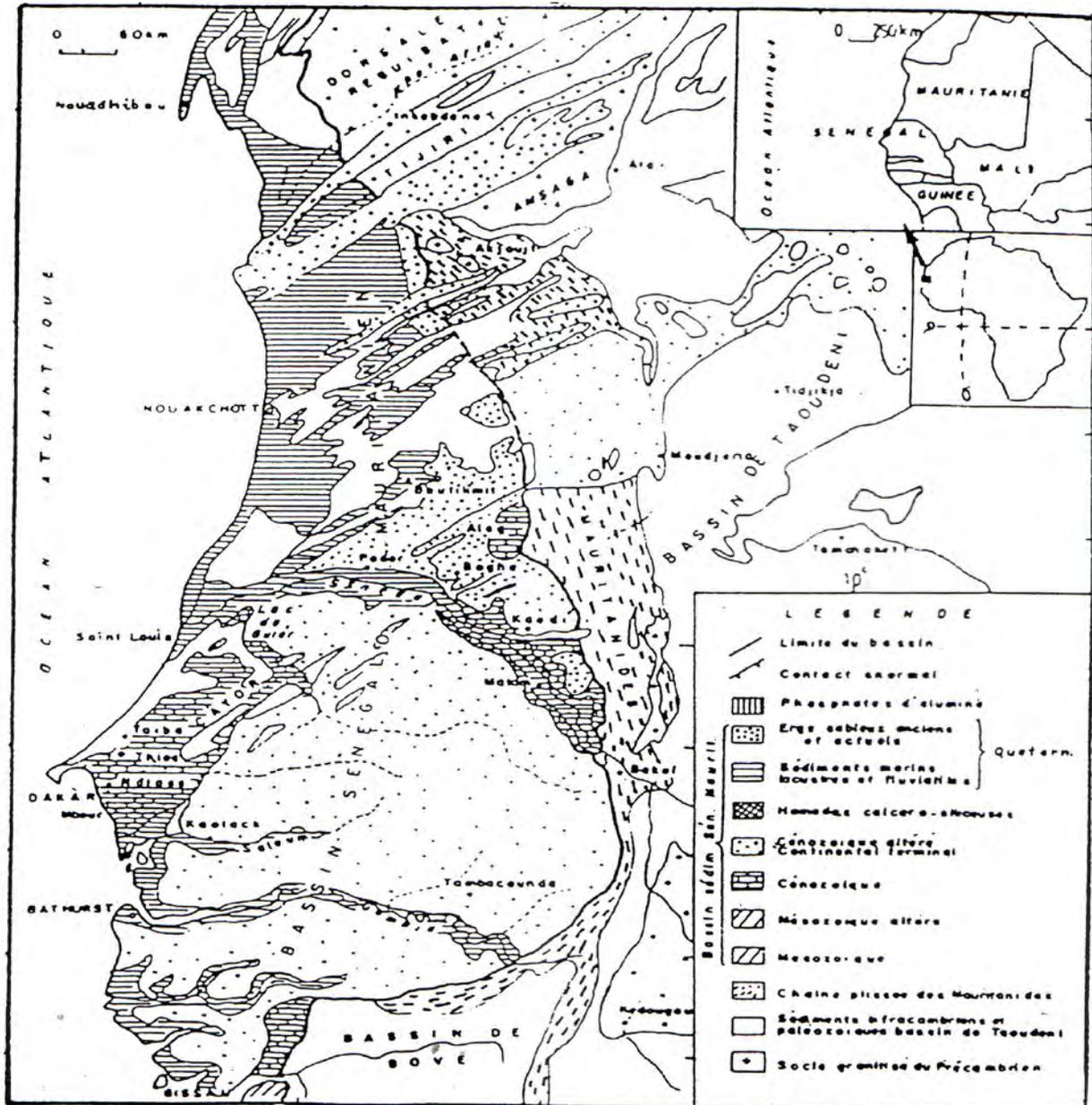


Figure 2 : cadre structural et géologique du bassin sénégalo-mauritanien (Michel, 1973)

2.1 – Les formations tertiaires

Le Paléocène est marqué par des faciès de calcaires, de marnes et de calcaires marneux (Figure 3). La macrofaune du Paléocène de l'ouest sénégalais (*Togocyamus seefredi*; *Polinices togoensis*; *Solarium togoensis*). L'étude de la microfaune (*Globorotalia sp*; *Anomalinoïdes sp*; *Burrtonia sp*), montrant la parenté étroite avec celle de la Côte d'Ivoire et des Antilles, renforce cette hypothèse (Sarr, 1982).

L'Eocène a subi une forte érosion et n'est représenté dans la région que par ses termes inférieurs. De la fin du Paléocène à l'Eocène moyen s'installe une sédimentation essentiellement biochimique de faciès argilo marneux (Bellion et al, 1991). Deux transgressions vont suivre. La première, à l'Eocène inférieur, est la plus importante, la seconde, à l'Eocène moyen, avec mise en place de séries argileuse, marneuse, et calcaire. Cette période se termine à la fin de l'Eocène moyen par un épisode tectonique majeur (Bellion et Guiraud, 1980). La faune de l'Eocène est riche en lamellibranches (*Cardita Sererina*) et gastéropodes (*Athleta Thebaica*) (Sarr, 1982).

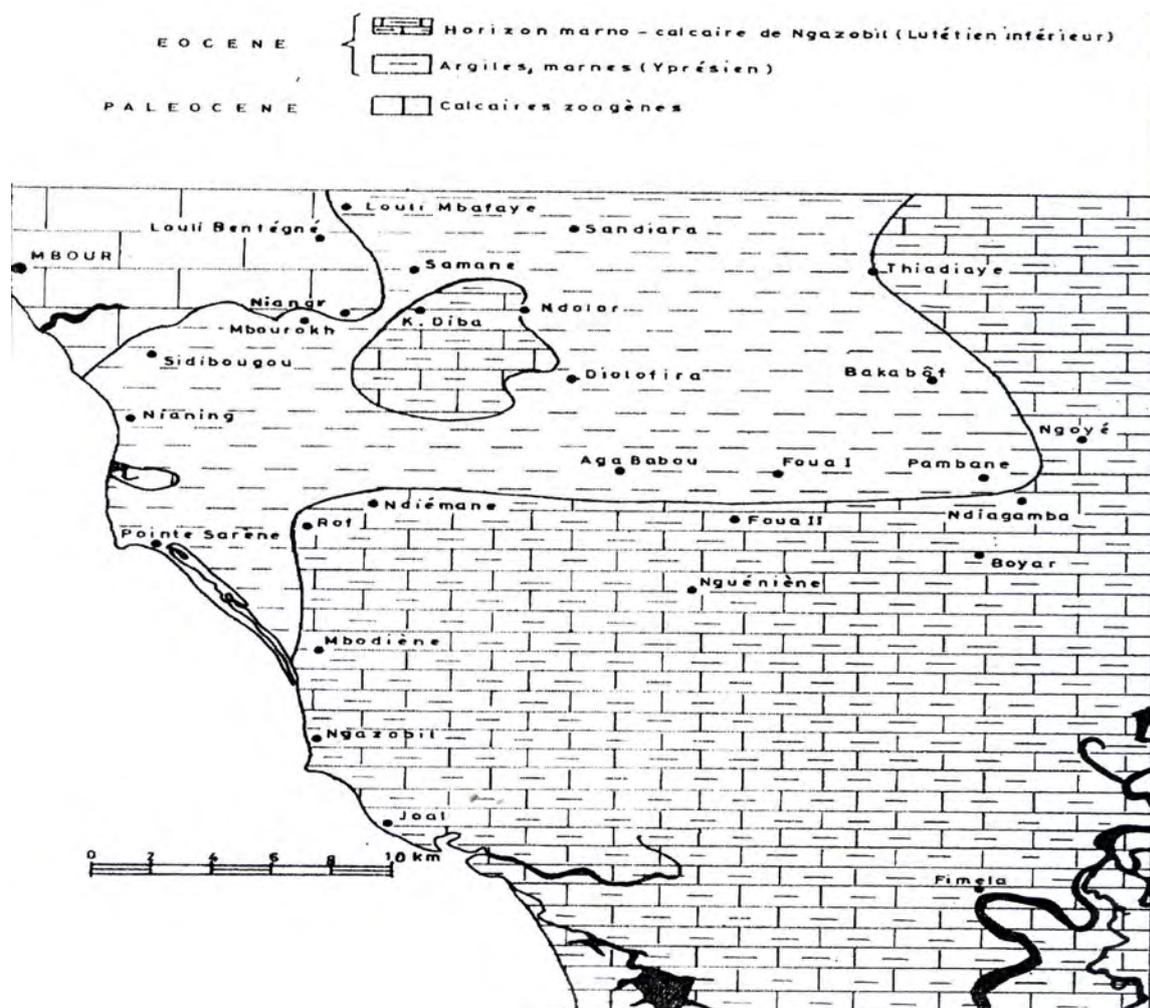


Figure 3 : carte de formations tertiaires de la région de Joal (d'après Sarr, 1982)

2.2 – Les formations quaternaires

Au Quaternaire les dépôts tertiaires du bassin sénégalo-mauritanien vont être recouverts par des sédiments marins transgressifs visibles sur l'ensemble du bassin de Nouadhibou jusqu'en Casamance (Diouf, 1989). Cette période est représentée par des sables argileux latéritiques superficiels reposant en discordance sur les formations tertiaires précédentes (Sarr, 1982). Elle est caractérisée par des variations climatiques successives accompagnées d'oscillation du niveau marin (Sarr, 1982) (Figure 4).

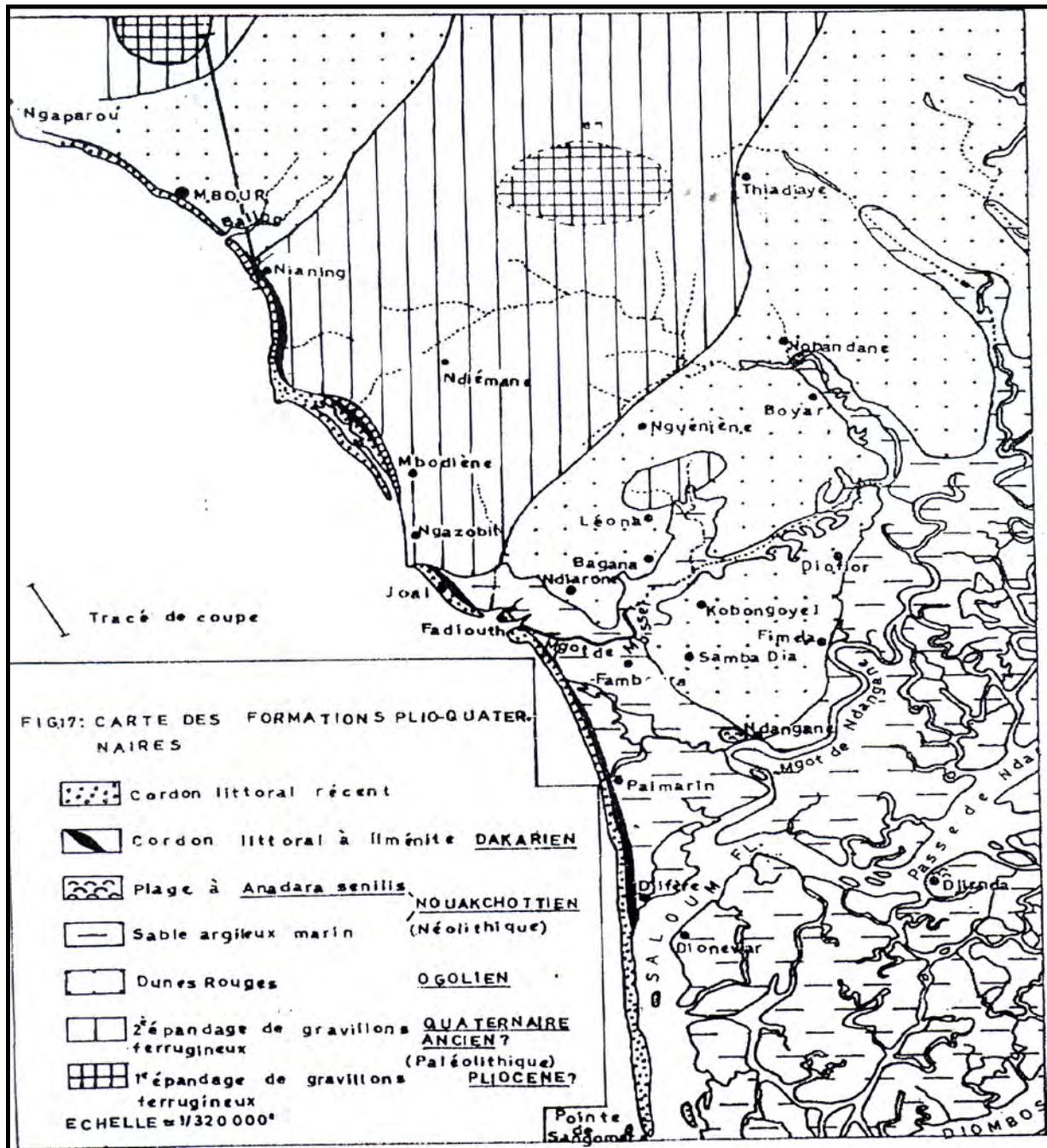


Figure 4 : carte des formations plio – quaternaires (d'après Sarr, 1982)

- **L’Inchirien** (supérieur à 30 000 ans B.P)

Il a formé un golfe principal ouvert sur la mer à l’emplacement de la sebkha Ndrancha, golfe qui a gagné 130km sur les terres de l’intérieur (Diouf, 1989).

Selon Sarr 1982, l’inchirien est un épisode humide transgressif caractérisé en bord de mer par des dépôts de grès calcaires fossilifères ou « beach-rock », cimentant le plus souvent des graviers ferrugineux, des coquilles et des galets de nature diverse. Un niveau analogue a été observé par Sarr en 1982 dans des puits situés à quelques kilomètres à l’est de Joal (Ndiarone, Bagana, et Léona) entre 7 et 12m de profondeur.

Le « beach-rock » renferme un grand nombre de coquilles parmi lesquelles celles de *Lopha Stentina PAYRAUDEAN* qui sont les plus fréquentes (Sarr, 1982).

- **L’Ogolien** (20 000 à 10 000 ans B.P)

Egalement appelé Trarzien, il correspond à un épisode aride régressif qui a vu l’intensification des actions éoliennes et la formation de massifs dunaires composés de sables quartzueux fins orientés NE-SW dans le nord du Sénégal depuis la région du fleuve Sénégal jusqu’à la Gambie (Diouf, 1989). Lors d’une période humide ultérieure, ces dunes ont été ferruginisées d’où leur nom de « dunes rouges » (Elouard, 1967). Ces dunes ogoliennes occupent toute la partie NE de Joal.

- **Le Tchadien** (11 000 à 7 000 ans B.P)

Cette période est dénommée ainsi car c’est l’époque où les grands lacs sahariens en particulier le Tchad ont été réalimentés (Sarr, 1982).

Le Tchadien est un épisode humide, formé lors de la transgression marine ayant débutée à -50 m (Sarr, 1982). Les réseaux hydrographiques du Sine et du Saloum et leurs affluents semblent s’être constitués lors de cette nouvelle phase humide (Diop, 1980). L’humidification du climat favorise la formation de lacs et de marécages dans les dépressions interdunaires (niayes) (Diouf, 1989).

- **Le Nouakchottien** (entre 7 000 et 4 000 ans B.P)

C’est un épisode humide correspondant au maximum de la transgression marine, vers 5 500 ans BP. Il est caractérisé par la présence de niveau de terrasses fossilifères où l’on retrouve toujours *Anadara senilis* (Sarr, 1982). La mer du Nouakchottien recouvrait une bonne partie du littoral actuel de Joal, et son avancement a permis la formation de nombreuses lagunes côtières et de golfes marins (Sarr, 1982).

Hébrard (1966) a décrit une terrasse de sable argileux fin jaunâtre à l’entrée de Nianing sur la route de Joal (terrasse de Nianing). Il estime que cette terrasse s’est déposée au cours de la transgression.

La terrasse nouakchottienne de Joal – Fadiouth est enfouie sous les cordons littoraux, formations postérieures. Elle est sub-affleurante plus au nord dans la zone lagunaire de Mbodiène (Debenay et Bellion 1983).

- **Le Tafolien** (vers 4000 ans BP)

C'est un épisode régressif. Le niveau marin serait descendu à -2 m avant de remonter à +2m vers 3000 ans B.P (Diouf, 1989). Des courants de dérive littorale régularisent la côte et permettent la mise en place de longues plages rectilignes (Elouard et al, 1977). Ces courants de dérive littorale édifient des cordons littoraux riches en minéraux lourds (Hébrard, 1978).

- **Le sub-actuel**

De petites fluctuations interviennent autour de 2000 ans B.P. et contribuent à stabiliser le niveau marin de + 1m à + 1,50m au-dessus du niveau actuel.

2.3 - Tectonique

L'ouest sénégalais est caractérisé par une tectonique cassante (Figure 5) très nette au niveau du massif maastrichtien de Ndiass qui constitue un horst, soulevé à la fin du Secondaire avec des rejeux tectoniques au Tertiaire. Joal se situe sur le flanc oriental du horst de Ndiass et n'est ainsi pas épargné par les contrecoups de l'instabilité de ce horst. Deux grands ensembles de failles affectent le secteur de Joal : des accidents NO-SE et des accidents NE-SO à NNE-SSO (Bellion et Guiraud, 1979).

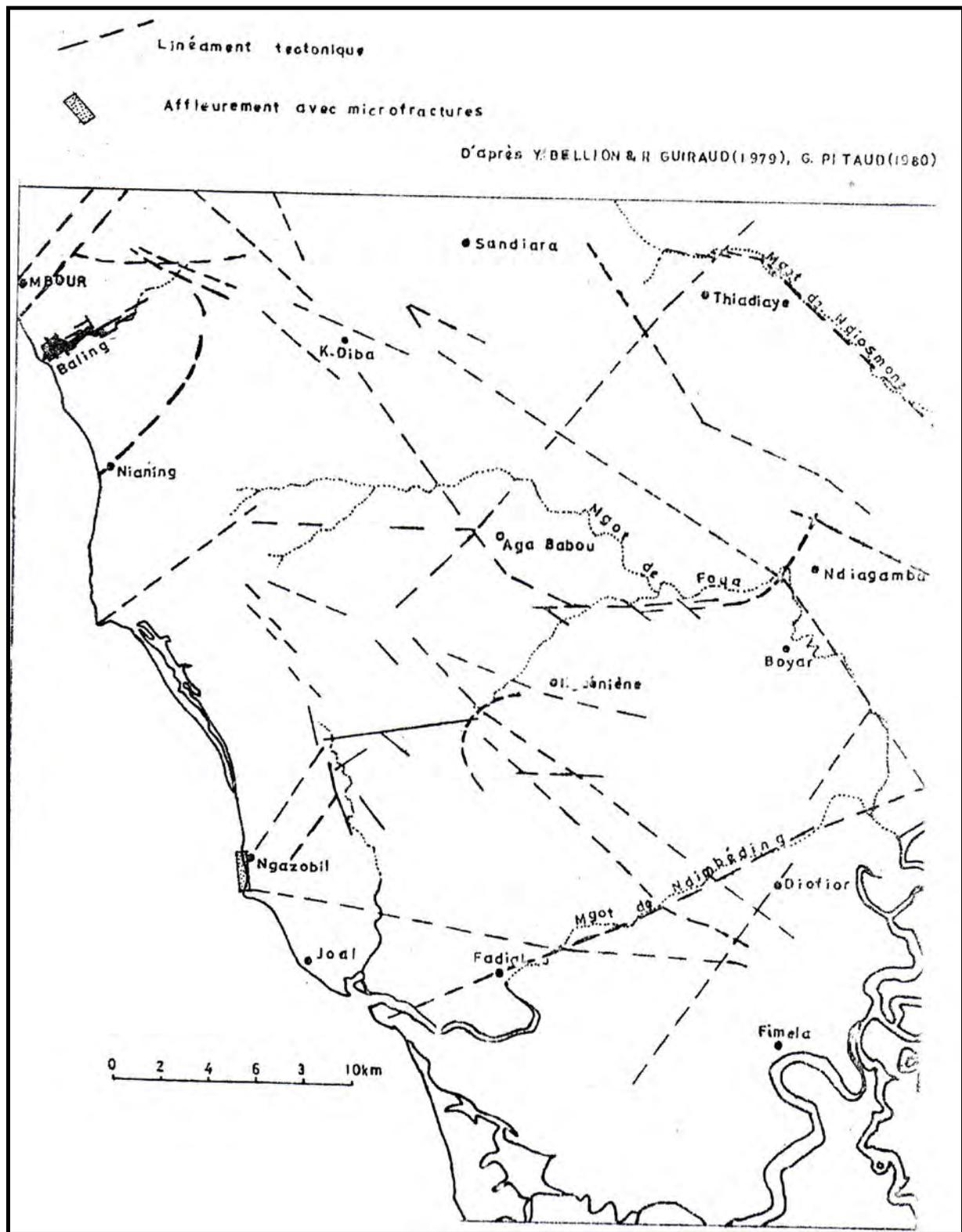


Figure 5 : carte des linéaments de la région de Mbour (d'après Bellion et Guiraud, 1979 et Pitaud, 1980)

3 - Les caractéristiques morphologiques du cordon littoral

De manière générale, les unités morphologiques de la plage sont : les dunes, la haute plage, l'estran et la plage sous - marine (Figure 6).

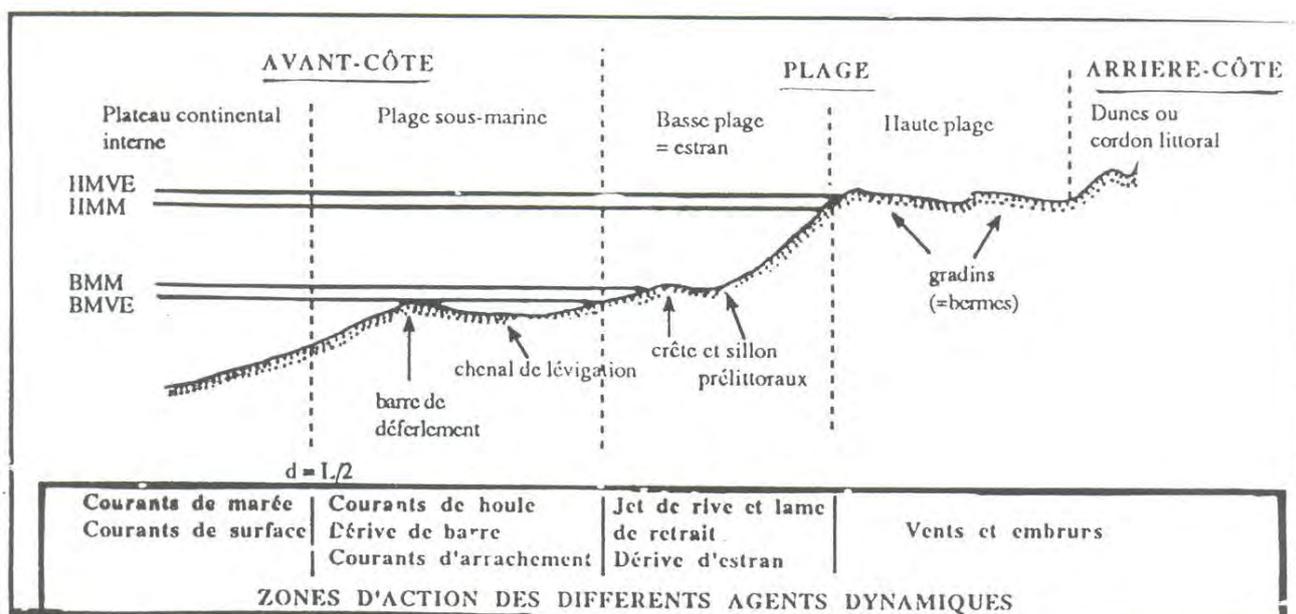


Figure 6 : coupe schématique montrant les diverses unités morphologiques de la plage (d'après Brenninkmeyer 1982 et Davis, 1982)

- **Les dunes** sont des accumulations de sable marin dues aux vents. Elles sont perpendiculaires à la direction des vents. Ce sont des stocks sédimentaires tampons qui peuvent être utilisés pour un rééquilibrage de la plage en période d'érosion.
- **La haute plage** s'étend du pied des dunes à la limite moyenne des hautes mers, elle n'est recouverte d'eau qu'exceptionnellement (tempête ou raz de marée). Quand la haute plage est horizontale, on a une berme.
- **L'estran** est la partie de la plage aérienne découverte à marée basse. Il s'étend de la laisse de haute mer au début de la plage sous marine. C'est la zone intertidale, zone de balancement des marées.
- **La plage sous marine** s'étend de la limite moyenne de basses mers jusqu'à la profondeur égale à la demi longueur d'onde de la houle. C'est une zone constamment recouverte par les eaux.

Au niveau de Nianing, le cordon dunaire est largement occupé par des habitations. Au niveau de Joal, il est fixé par les filaos sur quelques kilomètres. Plus au sud, il est bordé de micro-falaises de plus d'un mètre de haut et reste fixé par une végétation herbacée. Dans la partie lagunaire alimentée par de nombreux marigots, se développe une mangrove à *Rhizophora racemosa*, *Rhizophora mangle* et *Avicennia nitida* (Benga, 1984).

4 - Les principaux facteurs d'évolution des côtes sableuses

4.1 - Les facteurs climatiques

Le contexte climatique du Sénégal est celui d'un pays tropical. Il fait partie du domaine soudano-sahélien chaud et sec au nord, chaud et humide au sud. Ce climat se caractérise par l'alternance de deux saisons : une saison sèche et froide de novembre à juin, et une saison humide et chaude de juillet à octobre appelée hivernage. Ces saisons sont déterminées par l'influence de différentes masses d'airs circulant dans la troposphère (Diara, 1999).

Les facteurs caractéristiques du climat sont le vent, la température et les précipitations.

4.1.1- Le Vent

L'analyse de la fréquence moyenne mensuelle des directions du vent à Mbour de 1964 à 1996 (Tableau 1) permet de dénombrer trois grandes phases au cours de l'année :

Direction	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
N-S	15,2	15,2	21,2	27,3						3	9,1	9,1
NE-SW	21,2	30,3	27,3	15,2	3						12,1	30,3
E-W	42,4	21,2	3								30,3	39,4
SE-NW	3	6,1	3	3	3	3	3	3	9,1		6,1	3
S-N		3	3	6,1	3	6,1	6,1	9,1	6,1	3		
SW-NE	3	3		9,1	6,1	6,1	9,1	9,1	15,2	9,1	9,1	
W-E	9,1	9,1	27,3	30,3	63,6	69,7	63,6	66,7	57,2	63,6	24,2	12,1
NW-SE	3	6,1	9,1	3	15,2	12,1	18,2	12,1	9,1	12,1	3	

Tableau 1 : fréquences moyennes mensuelles des directions du vent (en %) à Mbour (1964-1996) (D'après Ngami, 2006)

- de novembre à avril prédominent les vents de direction NE-SW. C'est l'alizé continental ou harmattan. Il est chaud et sec;
- les vents de direction NW-SE, appelés alizés maritimes, soufflent autant pendant la période sèche que humide;
- de mai à octobre, saison chaude et humide, dominant les vents de direction W-E amenant la mousson.

4.1.2 - Les précipitations

D'après Barusseau et al, (1999), la pluviométrie sur la Petite Côte revêt trois formes principales : des nuages isolés, des lignes de grains et des pluies continues.

Depuis 1970, une péjoration climatique affecte le pays. La saison des pluies dure environ deux mois au nord, de fin juillet à fin septembre, et environ quatre mois au sud de mi-juin à mi-octobre. Le maximum de pluies a été enregistré en septembre 2002 avec 81,50mm (Tableau 2). Par ailleurs, on note une valeur inhabituelle de 62,10mm en janvier 2002. Cela correspond à des pluies hors saison qui se sont abattues sur le Sénégal.

4.1.3 - La température

La température est en général plus élevée en période d'hivernage, période pendant laquelle les minima se situent entre 23 et 27° C (Tableau 2). La saison sèche correspond à une période froide avec un minimum de 15,90° C en janvier 2002. Notons que les écarts entre les valeurs minimales et maximales sont plus grands en saison sèche qu'en saison hivernale.

Mois	Température (°C)		Pluies (hauteur en mm)	Vents (vitesse en m.s ⁻¹)
	Min	Max		
Janvier	15,90	33,60	62,10	2,50
Février	17,78	36,59		2,40
Mars	16,94	36,36		2,78
Avril	18,38	36,36		3,21
Mai				
Juin				
Juillet	26,29	34,30	3,90	2,90
Août				
Septembre	23,14	33,06	81,50	1,70
Octobre	23,58	34,34	66,20	
Novembre	19,46	37,12		2,00
Décembre	17,81	36,31	0,90	2,05

Tableau 2: données climatiques de la station de Mbour en 2002 (d'après Sy, 2003)

4. 2 - Les facteurs hydrodynamiques

Les principaux agents dynamiques naturels intervenant en domaine littoral sont les houles et les marées ainsi que les courants qu'elles induisent.

Selon Diara (1999) « la houle, en générant le courant de dérive littoral le long de la côte est un facteur essentiel de la dynamique sédimentaire. Elle dépend elle-même des vents au large des côtes ».

4.2.1 - Les vents

Dans la zone côtière, le vent joue un rôle d'érosion, de transport, et de dépôt. Les vents locaux de basse altitude interviennent dans la dynamique côtière car ils sont les agents de transport des sables dans la zone côtière (Niang - Diop, 1995).

Selon Leroux (1977 et 1983) les vents dépendent de quatre champs de pression qui commandent la circulation des différentes masses d'air. Ces masses d'air sont principalement (l'alizé maritime, l'harmattan, et la mousson). Sur la Petite Côte en général,

à Mbour en particulier, circulent deux types qui sont l'alizé maritime et l'alizé continental (Ngami, 2006).

Le vent continental du nord-est véhicule des poussières venant du désert d'Afrique du Nord dégrade la végétation et assèche les sols, alors que les vents marins du nord et du sud génèrent une houle qui arrive sur la côte sénégalaise et crée une dérive littorale alternante du nord et du sud, courants majeurs dans le transport des sédiments sur le rivage (Diara, 1999).

4.2.2 - Les houles

La houle est définie comme une onde produite par l'action du vent à la surface de l'eau et dont la période est comprise entre 1 et 30 secondes.

Les houles influencent et déterminent le comportement dynamique des plages. Ce sont des mouvements ondulatoire qui affectent la surface de l'eau et sont engendrées par les vents. Leurs principales caractéristiques sont : La longueur d'onde (L en mètres) ; la hauteur (H en mètres) ; la période (T en secondes), la vitesse ($C = L/T$ en $m.s^{-1}$) ; la direction de propagation, exprimée en fonction des points cardinaux ou en degrés par rapport au nord et leur cambrure (H/L) (Figure 7).

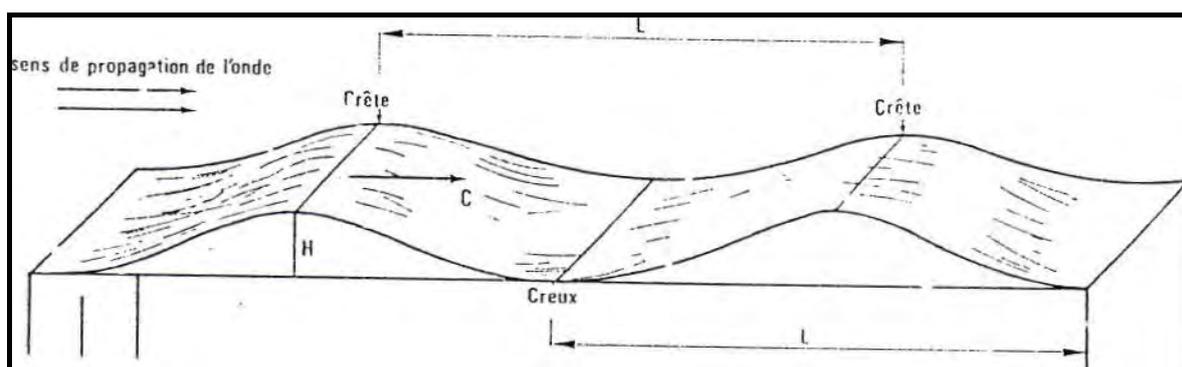


Figure 7 : profil caractéristique de la houle

Nous distinguons les houles longues ou « swell » qui ont une origine lointaine (entre 35° et 40 de latitude) et les houles courtes ou « mers du vents » ont une origine locale.

Selon Riffault (1980) « deux principaux types de houles longues « swells », issues des hautes latitudes (entre 40° et 60°), atteignent les côtes sénégalaises » :

- Les houles de nord ouest (N320° à 20°E) sont issues de l'Atlantique Nord et sont présentes toute l'année. Ces houles se caractérisent en eau profonde par une hauteur moyenne de 1,67m, une période moyenne de 6,3 s et une longueur d'onde moyenne de 62 m (Nardari, 1993).
- Les houles de sud ouest (N180° à 230°E) sont issues de l'Atlantique Sud. Elles affectent essentiellement la Petite Côte et uniquement pendant la saison des pluies. Elles se caractérisent par une hauteur moyenne de 1,49m, une période moyenne de 5,7 s et une longueur d'onde moyenne de 51m (Nardari, 1993).

Ces deux catégories de houle se manifestent inégalement suivant les saisons, mais les houles du nord sont majoritaires tout le long de la côte sur l'ensemble de l'année. Pendant la saison

sèche seule les houles du nord sont actives, pendant la saison des pluies, les houles du sud se manifestent également (Diara, 1999).

En plus de ces deux grandes catégories de houle, le littoral peut être atteint par des houles exceptionnelles d'ouest (N260° à 270°E), se produisant en général entre octobre et décembre, et qui seraient engendrées par des cyclones dans la mer de caraïbes. Elles se caractérisent en eau profonde par une hauteur moyenne de 1,78m, une période moyenne de 7,33 s et une longueur d'onde moyenne de 73m (Nardari, 1993) (Figure8).

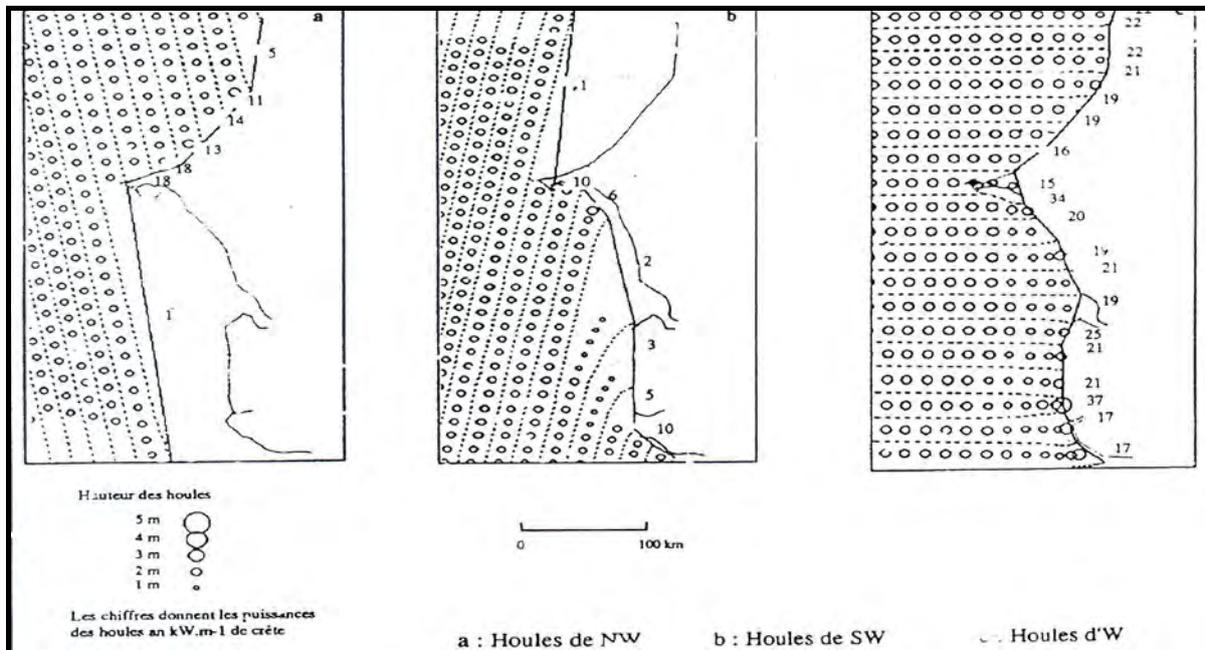


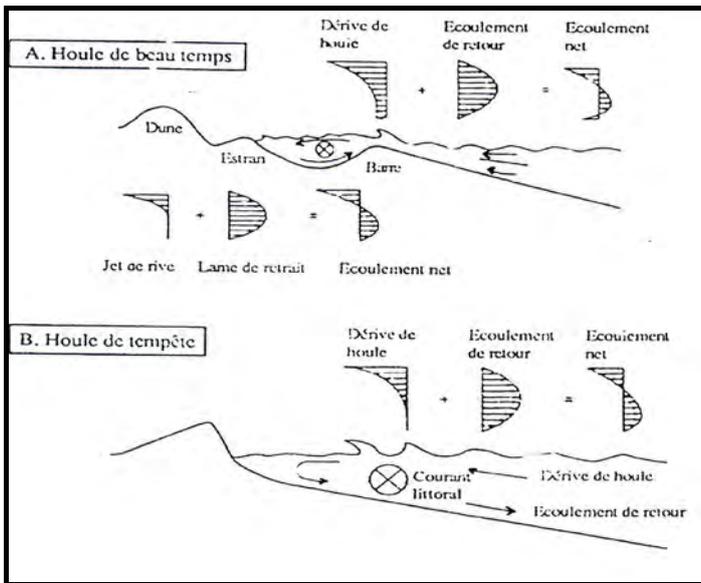
Figure 8 : modèles de propagation des houles le long de la Petite Côte (d'après Nardari, 1993)

4.2.3 - Les courants de houles

Ils peuvent être de deux types :

- des courants perpendiculaires à la côte toujours présents à deux composantes essentielles : les courants de surface et les courants de fond. Leur rôle dans le transport sédimentaire « onshore – offshore » semble dépendre surtout de la cambrure des houles (Masse, 1968).

On note deux situations (Figure 9) :



-des houles de beau temps caractérisées par une faible cambrure. Ces courants sont dirigés vers la côte et entraînent un engraissement de la plage.

-des houles de tempête qui sont de forte cambrure. Les courants de fond sont dirigés vers le large, ce qui entraîne un démaigrissement de la plage.

Figure 9 : les courants de houle

- des courants parallèles à la côte ou courant de dérive littorale (Figure 10) qui sont engendrés par une obliquité de la houle au rivage. Ce sont ces courants de dérive littorale qui sont à l'origine de la formation d'anciennes flèches sableuses allongées vers le sud, les plus longues étant la Langue de Barbarie et la Pointe de Sangomar (Sall, 1983)

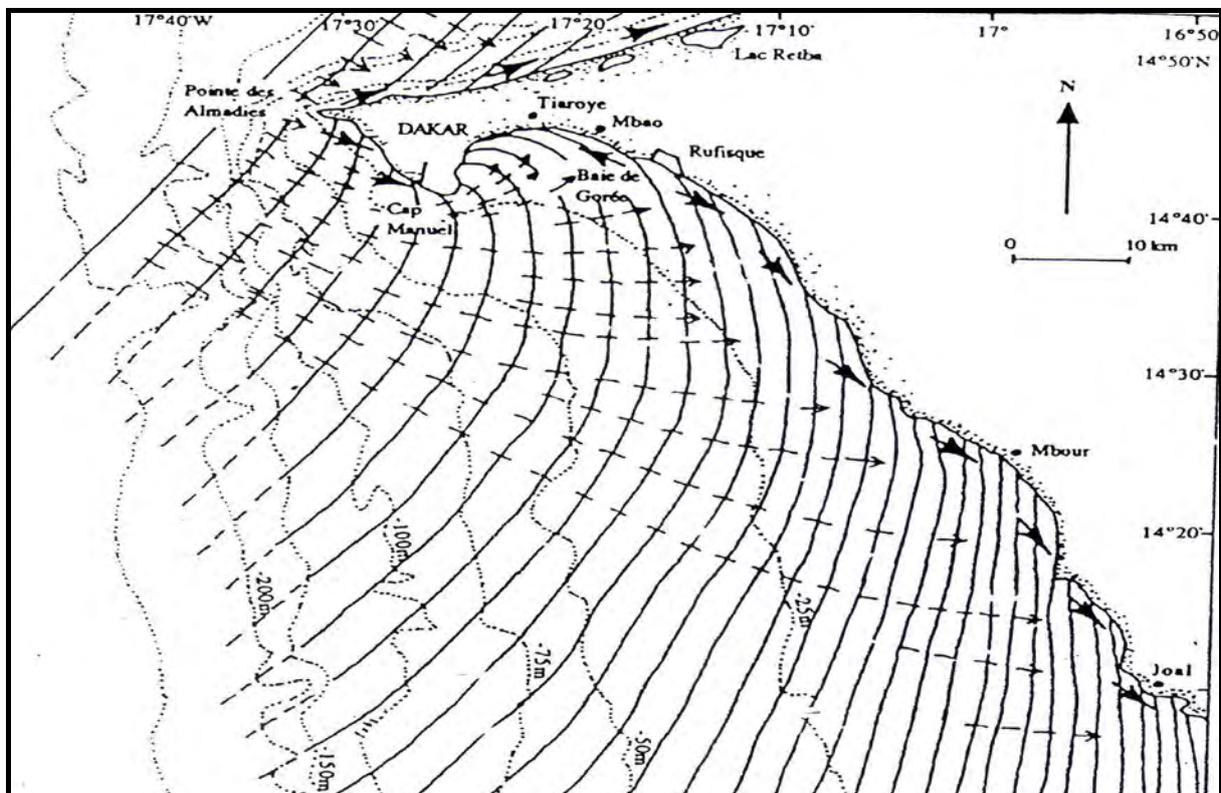


Figure 10 : modifications de direction des houles de Nord-Ouest (d'après Riffault, 1980)

———— Crêtes de houle - · - · - · → orthogonale → Dérive littorale

4.2.4 - La marée

- Généralités

La marée est une ondulation périodique du niveau des mers et des océans. Ce phénomène résulte de l'attraction lunaire et solaire sur les masses d'eau terrestres (The Open University, 1997).

Les marées se caractérisent par leur période, c'est à dire le temps d'accomplissement d'un cycle de marée et par le marnage : différence de niveau entre la haute mer et la basse mer. Elles se manifestent par des phénomènes périodiques d'oscillation positive, marée haute, et négative, marée basse (Bonnefille, 1980) (Figure 11).

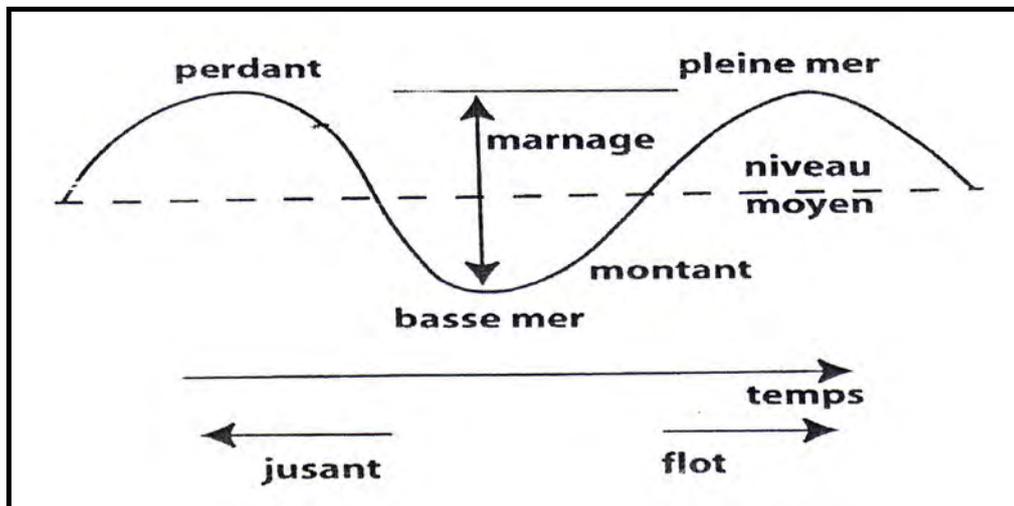


Figure 11 : profil de l'onde de marée (Bonnefille, 1980)

- La marée sur le littoral sénégalais

Le marnage varie suivant le relief sous marin : il est faible dans les zones de grands fonds océaniques mais a tendance à augmenter lorsque l'onde de marée franchit le talus continental, il augmente encore au fur et à mesure que les fonds diminuent en se rapprochant des côtes.

Sur l'ensemble du littoral sénégalais, la marée est de type semi diurne. Le marnage moyen ou amplitude tidale moyenne est de l'ordre de 1 m mais il varie d'un point à l'autre de la côte sénégalaise (Diara, 1999). Au Sénégal, le régime de la marée est microtidal (Einsele et al. 1974 ; Ruffman et al. 1977) mais il change brutalement en Guinée Bissau, au sud immédiat du Sénégal, et devient macrotidal avec un marnage moyen pouvant dépasser six mètres (Cram, 1979 ; Clarke et Battisti 1981).

4.3 - Actions anthropiques

Les phénomènes d'érosion côtière n'ont pas que des causes naturelles.

L'homme par ses activités peut interférer sur l'évolution de la zone littorale (Morton ; 1979).

Les actions anthropiques sont très importantes sur le cordon littoral de Joal. Ainsi, la construction du quai de pêche a entraîné l'installation d'infrastructures comme des stations d'essence, des usines de glace etc..... Au nord du quai, bien qu'interdite, l'extraction de sable se fait de manière frauduleuse au niveau de la Pointe Gaskel. Les prélèvements de sédiments destinés à la construction fragilisent l'ensemble de cet écosystème.

Par ailleurs, le reste de la côte du fait du développement des sites touristique, notamment vers Fadiouth, et de l'expansion urbaine aussi bien à Joal qu'à Nianing se trouve également fragilisé.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODOLOGIE D'ETUDE

Au cours de notre étude, l'évolution morphologique et sédimentologique du littoral de Joal et de Nianing (Petite Côte sud) est suivie pendant les deux principales saisons climatiques de l'année, en saison des pluies (août 2007) et en saison sèche (janvier 2008). La comparaison des résultats morphologiques récents est complétée par celle d'années précédentes : Joal (avril 1994, juin 1994, octobre 1994, mai 1996, mai 1997) et Nianing (novembre 1993, décembre 1993, février 1994, mars 1994, avril 1994, mai 1994, juin 1994).

Pour décrire l'évolution du littoral, une analyse morphosédimentaire des profils de plage a été réalisée en utilisant deux méthodes complémentaires, topographiques et sédimentologiques.

1-Méthode topographique

1.1 - Acquisition des données

Deux profils de plage ont été levés perpendiculairement à la ligne de rivage, de l'arrière plage à Joal et de la haute plage seulement à Nianing jusqu'au-delà de la basse mer. En effet, Joal bénéficie d'un arrière plage très étendue et sans construction tandis que l'arrière plage à Nianing est totalement anthropisée par des villas, campements ou diverses installations liées à la pêche.

Le suivi topographique est effectué à l'aide d'un géodimètre à rayon laser, placé au niveau d'une borne repère. L'appareil permet de définir un angle par rapport à un repère fixe, angle qui sera le même durant toute la période de suivi afin de permettre une comparaison rigoureuse des profils dans le temps.

Le réflecteur est placé sur les points caractéristiques des différentes unités morphologiques du profil, puis il est déplacé par un porteur qui marque à chaque fois les changements de pente. La distance et la dénivelée par rapport à la borne sont obtenues par lecture directe sur le géodimètre.



A. Mise en position du géodimètre



B. Le réflecteur

Photo 1 : matériels de mesure (janvier 2008)

1. 2 - Traitement des données

1.2.1 - Réalisation des profils

Les profils topographiques ont été réalisés grâce au logiciel Excel. Les données corrigées (distance et altitude sur les plages) sont numérisées dans les tableaux Excel puis restituées sous forme de profils comparables les uns aux autres.

A partir de ces profils on a pu déterminer les pentes des différentes parties des plages ainsi que les mouvements verticaux.

1.2.2 - Détermination des pentes

Des pentes moyennes ont été exprimées en pourcentage selon la formule :

$$P (\%) = (\Delta H / \Delta P) \times 100 \quad \text{avec } H : \text{dénivelée (m), et } D : \text{distance (m)}$$

Les valeurs de pente sont utilisées suivant la classification donnée dans le tableau 3, ci-dessous :

Pentes (P)	Classes des pentes
P<2,5	Pentes faibles
2,5<P<6	Pentes modérées
6<P<12,5	Pentes fortes
12,5<P<25	Pentes très fortes
P>25	Escarpement

Tableau 3 : classification des pentes (D'après Ahamrouni, 1996)

Les largeurs moyennes des différentes unités morphologiques sont déterminées pour chaque profil. Ensuite les profils sont comparés deux à deux afin de déterminer leur évolution.

1.2.2 - Détermination des mouvements verticaux

Les mouvements sédimentaires au sein des profils ont été quantifiés pour chaque unité morphologique (haute plage, haut estran, bas estran). Le volume de sable érodé (-) ou accumulé (+) par mètre de plage est déterminé en calculant d'abord une surface (hauteur x longueur) qu'on multiplie par 1. On considère qu'il n'y a pas de modification à 1m de part et d'autre du profil, ce qui permet de trouver la quantité nette de mouvements sédimentaires entre deux profils. Puis, pour chaque profil, les cumuls ont été calculés par unité morphologique et pour l'ensemble du profil. Les méthodes de calcul utilisées permettent d'obtenir une bonne idée d'ensemble des mouvements verticaux affectant les différents profils.

2 – Méthode sédimentologique

2.1 - Acquisition des données

Des échantillons ont été prélevés pour chaque profil au niveau des différentes unités morphologiques de la plage à savoir : haute plage, haut estran, bas estran, et avant plage.

2.2 -Traitement des données

Les sédiments prélevés sont traités au laboratoire de sédimentologie du département de géologie de l'université C.A .Diop (Dakar). Ces échantillons sont lavés. Le lavage est réalisé par tamisage sous l'eau à l'aide d'un tamis de 50 µm afin d'éliminer le sel et la matière organique. Chaque échantillon est séché à l'étuve à 50°C. A la suite de ce traitement, l'échantillon est tamisé sur une colonne de 18 tamis de norme AFNOR allant de 2 mm à 0,04 mm. Pour chaque échantillon, une quantité de 100grammes au maximum est tamisée. L'intensité vibratoire de la tamiseuse est maintenue constante et la durée de tamisage pour chaque échantillon est de 15 mn. Après le tamisage, les refus cumulés de chaque tamis sont pesés à l'aide d'une balance électronique de précisions au millième près, et les valeurs obtenues sont reportées sur une fiche de tamisage. Ces valeurs pondérales sont ensuite converties en pourcentage et l'utilisation du logiciel Excel nous a permis de tracer pour chaque échantillon une courbe cumulative.

A partir de ces courbes sont déterminées les quartiles : Q_5 , Q_{16} , Q_{25} , Q_{50} , Q_{75} , Q_{84} , Q_{95} , en unités ϕ , avec $\phi = \text{colog}_2 d$, d étant le diamètre des grains (en mm).

Les paramètres sédimentologiques sont calculés à partir de ces différents quartiles, en utilisant les formules de Folk et Ward (1957).

- a) **La médiane** : Q_{50} est la dimension des particules telle que 50% sont plus fines et 50% plus grossières.

b) **La moyenne** : $Mz = \frac{Q_{16} + Q_{50} + Q_{84}}{3} (\phi)$

La moyenne correspond au diamètre moyen des particules. Le type de sable est déterminé en utilisant la classification de Wentworth (Tableau 4).

2	1	0,5	0,25	0,125	0,0625	0,002	Diamètre mm
Sable très grossier	Sable grossier	Sable moyen	Sable fin	Sable très fin	Silt	Argile	
0	1	2	3	4	9		Diamètre ϕ

Tableau 4: classification granulométrique de Wentworth.

c) L'indice de triage ou déviation standard de Folk et Ward

L'indice de triage détermine le degré de classement des matériaux ; plus **Si** est faible, meilleur est le classement (Tableau 5).

$$Si = \frac{Q_{84} - Q_{16}}{4} + \frac{Q_{95} - Q_5}{6,6}$$

Classement (Sig)		Asymétrie (SK)		Kurtosis (SG)	
Très bien classé	0,35	Très négative	-1,00	Très platykurtique	0,67
Bien classé	0,50	Négative	-0,30	Platykurtique	0,90
Moyennement classé	1,00	A peu près symétrique	-0,10	Mésokurtique	1,11
Mal classé	2,00	Positive	+ 0,10	Leptokurtique	1,50
Très mal classé	4,00	Très positive	+0,30	Très leptokurtique	3,00
			+1,00		

Tableau 5 : signification de quelques paramètres granulométriques des sables (D'après Folk et Ward, 1957)

d) L'indice d'asymétrie ou Skewness

Il permet de mesurer la distribution granulométrique. L'asymétrie prend des valeurs négatives lorsque l'étalement se fait du côté des sédiments grossiers et des valeurs positives lorsqu'il se fait du côté des sédiments fins (Tableau 5).

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

e) L'indice d'acuité ou Kurtosis

L'indice d'acuité mesure le degré d'angulosité d'une distribution par rapport à la normale. Elle est dite platykurtique lorsque la courbe de fréquence est aplatie, leptokurtique lorsqu'elle est aigüe et mésokurtique lorsque la distribution est proche de la normale (Tableau 5)

$$KG = \frac{Q_{95} - Q_5}{2,44(Q_{75} - Q_{25})}$$

f) L'homogénéité des matériaux

L'allure de la courbe cumulative permet de déterminer l'homogénéité des matériaux :

- les courbes unimodales présentent une seule sigmoïde. Elles caractérisent la distribution d'une seule population ;
- les courbes plurimodales présentent plusieurs sigmoïdes. Dans ce dernier cas la distribution est caractérisée par un assemblage de plusieurs populations issues chacune d'un phénomène particulier.

La courbe plurimodale est définie par une formule modale :

$F = M_1 (P_1) + M_2 (P_2) + \dots + M_n (P_n)$, avec M_1, M_2, \dots, M_n étant les modes des différentes populations, P_1, P_2, \dots, P_n étant leur pourcentage dans le mélange.

CHAPITRE III : PRESENTATION DES RESULTATS OBTENUS

1. Analyse des résultats morphologiques

Un suivi morphologique a été réalisé sur les profils de Joal et de Nianing. Il concerne les années 1994, 1996 et 1997 sur le profil de Joal et s'est échelonné de décembre 1993 à juin 1994 sur le profil de Nianing. Ce suivi a été complété par des données récentes obtenues en août 2007 et janvier 2008. Les profils réalisés ont été comparés en fonction des années mais également des saisons.

1.1. La plage de Joal



Photo 2 : la plage de Joal (janvier 2008)

1.1.1 Caractéristiques morphologiques

L'arrière plage occupe une largeur d'environ 60m. La plage aérienne présente une haute plage de 13m en moyenne et un estran d'environ 23m. La pente de la haute plage, de 4% est plus faible que la pente de l'estran de 6% en moyenne (Photo 2, Tableau 6). Les profils topographiques montrent une alternance de parties concaves et de parties convexes avec une succession de mouvements d'érosion et d'accumulation (Figure12). Tous les profils de plage de Joal sont caractérisés par la formation d'une dunette au niveau de la haute plage juste entre l'arrière plage et l'estran. Cette dunette est très marquée en août 2007 et janvier 2008.

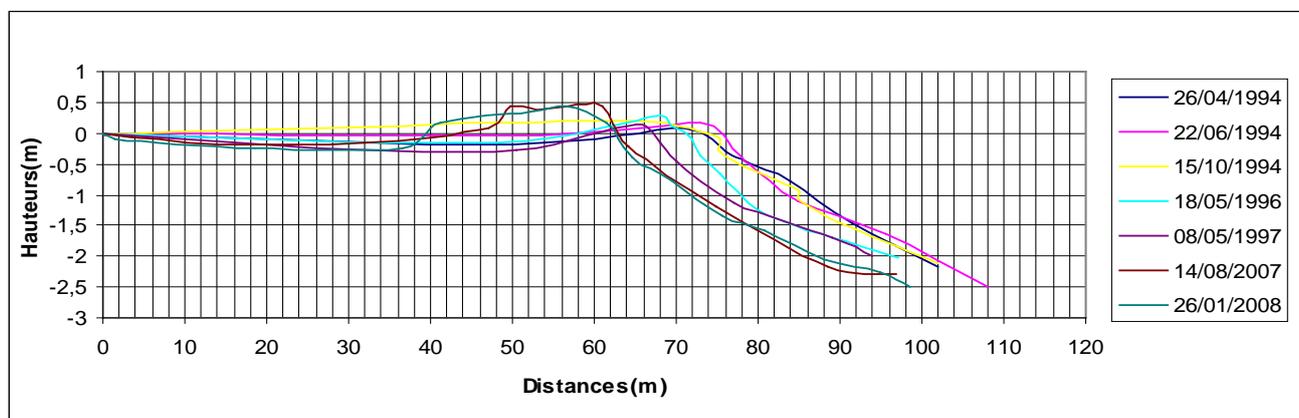


Figure 12 : évolution des profils de plage à Joal entre 1994 et 2008

Dates	Largeurs (m)		Pentes (%)	
	Haute plage	Estran	Haute plage	Estran
Avril 1994	10	23	3,3	7,2
Juin 1994	11	24	5	6,8
Octobre 1994	9	25	3,3	7,8
Mai 1996	11	23	3,3	6,2
Mai 1997	9	25	6,6	5,8
Août 2007	17	21	5,5	5,3
Janvier 2008	26	23	1,75	5,1
Moyenne	13,28	23,42	4,12	6,31

Tableau 6 : caractéristiques morphologiques de la plage de Joal entre 1994 et 2008

1.1.2 Evolution saisonnière

D'avril 1994 à juin 1994, correspondant à la fin de la saison sèche, la pente augmente de 3,3 à 5% au niveau de la haute plage, tandis qu'elle diminue légèrement de 7,2 à 6,8% au niveau de l'estran. La largeur augmente de 10 à 11m au niveau de la haute plage, et de 23 à 24m au niveau de l'estran (Figure 13, Tableau 6). Concernant la dynamique sédimentaire, on enregistre un volume d'accumulation de $+2,55 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage au niveau de la haute plage et au niveau du bas estran. Par contre au niveau du haut estran, on passe d'une forme convexe à une forme concave, ce qui traduit un phénomène d'érosion avec un volume sédimentaire de $-1,55 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage (Figure 13). Le bilan montre, globalement la prédominance de l'accumulation au niveau de la plage de Joal durant cette période avec un faible volume sédimentaire de $+1 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage (Tableau 7). Ceci se traduit par une avancée de la ligne de rivage d'environ 1m vers le domaine marin.

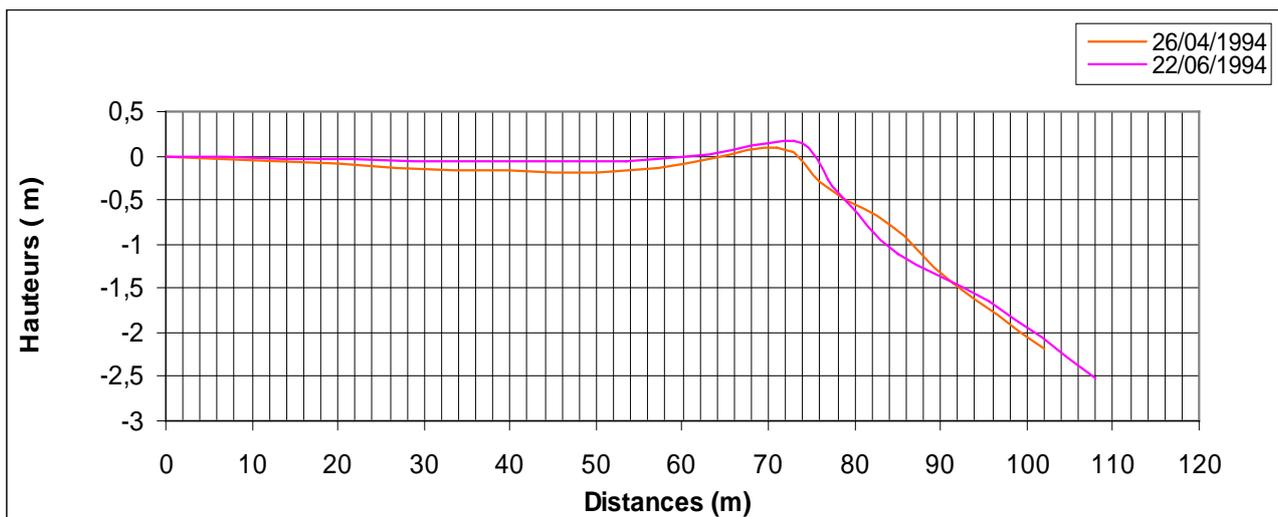


Figure 13 : évolution du profil de Joal entre avril et juin 1994

De juin 1994 à octobre 1994, correspondant à la saison des pluies, la pente diminue de 5 à 3,3% au niveau de la haute plage, tandis qu'elle augmente de 6,8 à 7,8% au niveau de l'estran. La largeur diminue de 11 à 9m au niveau de la haute plage, par contre elle augmente de 23 à 25m au niveau de l'estran (Figure 14, Tableau 6). Cette période, contrairement à la période précédente, est caractérisée par la prédominance de l'érosion au niveau de la haute plage avec un volume sédimentaire de $-0,525 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage, et au niveau de l'estran avec un volume sédimentaire de $-0,9 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage (Tableau 7). Ceci se traduit par un recul de la ligne de rivage qui se confond avec la ligne de rivage observée en avril 1994. Sur l'arrière plage, on observe un remplissage sédimentaire assez net modifiant la morphologie de la dunette qui tend à disparaître (Figure 14).

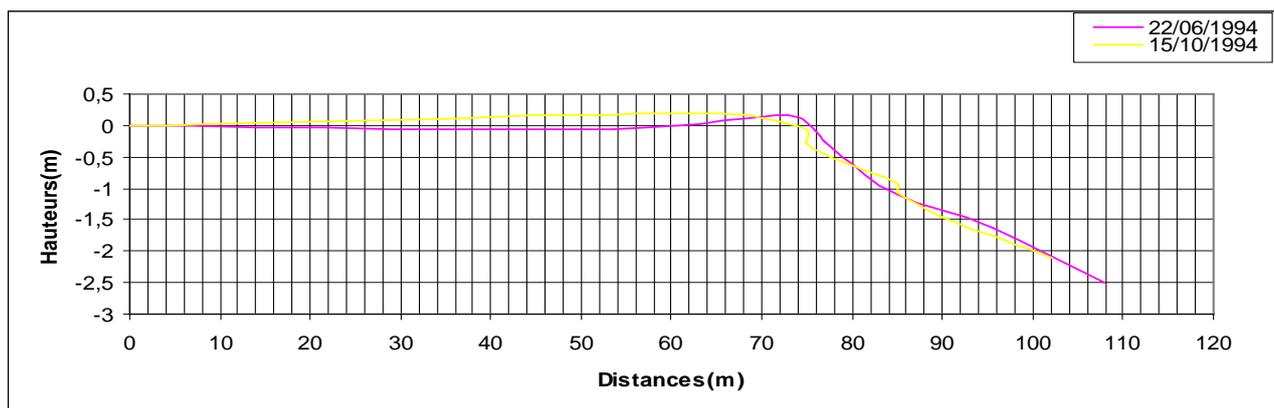


Figure 14 : évolution du profil de Joal entre juin et octobre 1994

Entre août 2007 et janvier 2008 correspondant à deux saisons différentes (saison des pluies et saison sèche), la pente de la haute plage diminue de 5,5 à 1,75%, par contre elle est relativement stable au niveau de l'estran avec une valeur de 5,2% en moyenne (Tableau 6). La plage aérienne enregistre une alternance d'érosion et d'accumulation avec la prédominance de l'accumulation au niveau de la haute plage, qui donne un volume sédimentaire de $+0,925 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage. Par contre l'estran est dominé par l'érosion avec un volume sédimentaire de $-0,15 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage (Tableau 7). La ligne de rivage recule d'un mètre environ. La morphologie de la dunette, bien marquée, se modifie en s'élargissant, ce qui provoque l'augmentation de la largeur de 17 à 26 m au niveau de la haute plage (Figure 15).

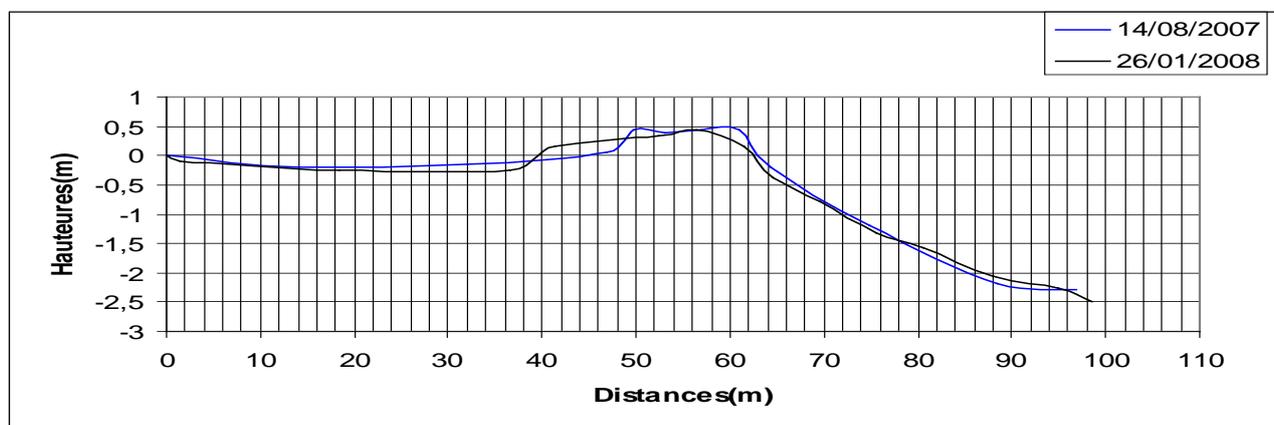


Figure 15 : évolution du profil de Joal entre août 2007 et janvier 2008

1.1.3 Evolution interannuelle

Entre octobre 1994 et mai 1996, période d'environ deux ans, la pente de la haute plage est stable de 3,3%, tandis qu'elle diminue de 7,8 à 6,2% au niveau de l'estran. La largeur augmente de 9 à 11m au niveau de la haute plage tandis qu'elle diminue de 25 à 23m au niveau de l'estran (Figure 16, Tableau 6). L'érosion qu'on a observée entre juin 1994 et octobre 1994 se poursuit jusqu'en mai 1996. Elle est très intense durant cette période sur l'ensemble de la plage aérienne avec un volume sédimentaire de $-9,6 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage au niveau de l'estran, et $-1,05 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage au niveau de la haute plage, avec toutefois une légère accumulation de $+0,3 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage enregistrée au niveau de la dunette qui s'est alors reformée (Figure 16, Tableau 7). Le remplissage qu'on a observé sur l'arrière plage entre juin et octobre 1994 a été complètement érodé. Cette érosion sur l'arrière plage favorise la reformation de la dunette de la haute plage. La prédominance de l'érosion se traduit par un recul de la ligne de rivage d'environ 3m (Figure 16).

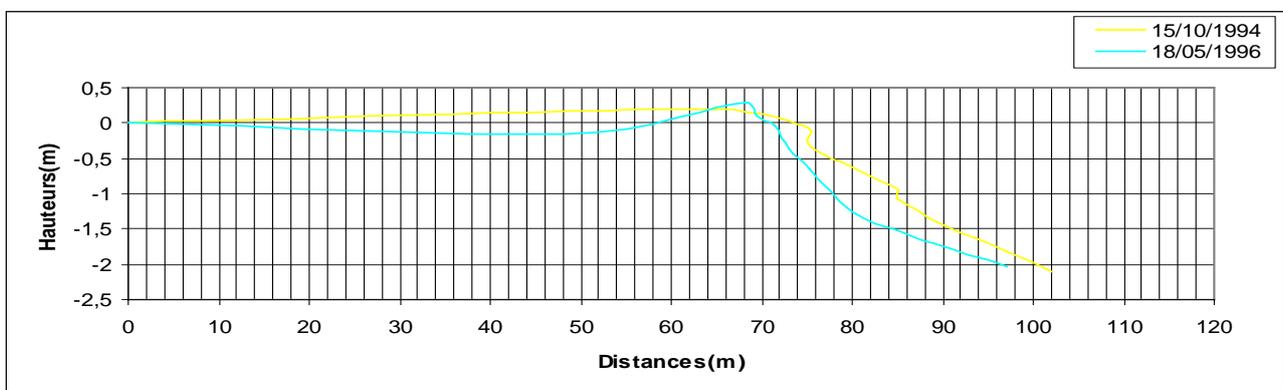


Figure 16 : évolution du profil de Joal entre octobre 1994 et mai 1996

Entre mai 1996 et mai 1997, période d'un an, la pente augmente de 3,3 à 6,6% au niveau de la haute plage, par contre elle diminue de 6,2 à 5,8% au niveau de l'estran. La largeur diminue de 11 à 9m au niveau de la haute plage tandis qu'elle augmente de 23 à 25m au niveau de l'estran. (Figure 17, Tableau 6). L'érosion persiste jusqu'en mai 1997. On l'observe sur l'ensemble de la plage avec un volume sédimentaire de $-2 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage au niveau de la haute plage et $-2,8 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage au niveau de l'estran (Figure 17, Tableau 7). Durant cette période le recul de la ligne de rivage est d'environ 4m (Figure 17).

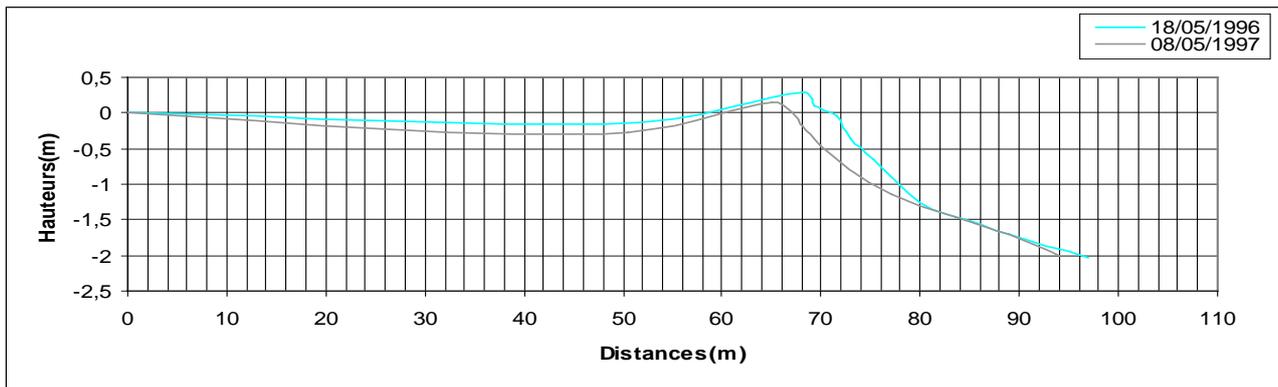


Figure 17 : évolution du profil de Joal entre mai 1996 et mai 1997

1.1.4 Evolution à plus long terme

- De mai 1997 à août 2007

Entre mai 1997 et août 2007, aucune mesure n'a été réalisée. Nous comparons donc deux profils topographiques séparés par une période de dix ans, après des mesures relativement régulières pendant trois ans.

La pente de la haute plage diminue de 6,6% à 5,5%, par contre elle est relativement stable au niveau de l'estran avec une valeur de 5,2% en moyenne. La largeur de la haute plage, quant à elle, augmente de 9 à 17m, tandis que la largeur de l'estran diminue de 25 à 21m (Tableau 6). Ceci se traduit par une accumulation importante au niveau de la haute plage avec un volume sédimentaire de $+5,8 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage, et un estran dominé par l'érosion avec un volume sédimentaire de $-7,2 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage (Tableau 7). Sur l'ensemble de la plage, on note un recul de la ligne de rivage d'environ 4m (Figure 18) mais la dunette s'est nettement développée en août 2007 par rapport aux années précédentes.

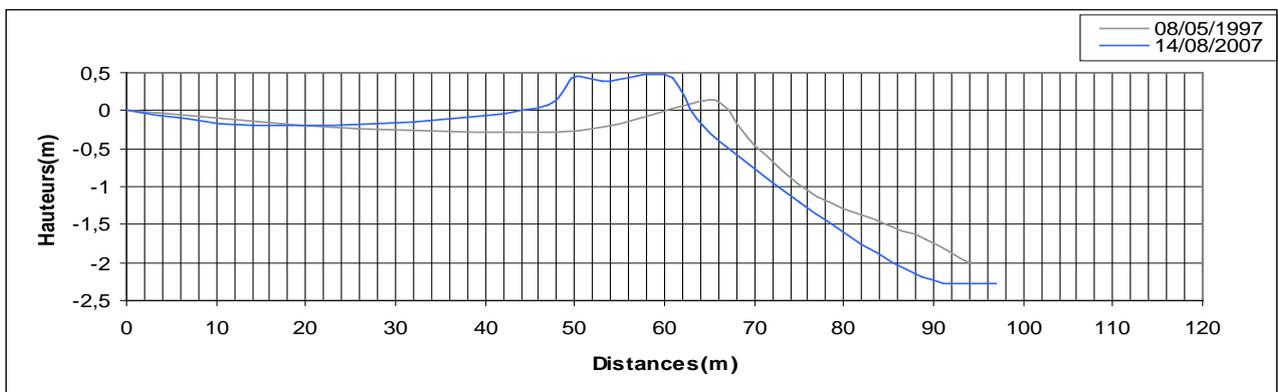


Figure 18 : évolution du profil de plage à Joal entre mai 1997 et août 2007

- D'avril 1994 à janvier 2008

L'ensemble des mesures a été réalisé sur une période totale de 14 ans. Nous comparons donc ici les profils encadrant cette période soit en avril 1994 et janvier 2008.

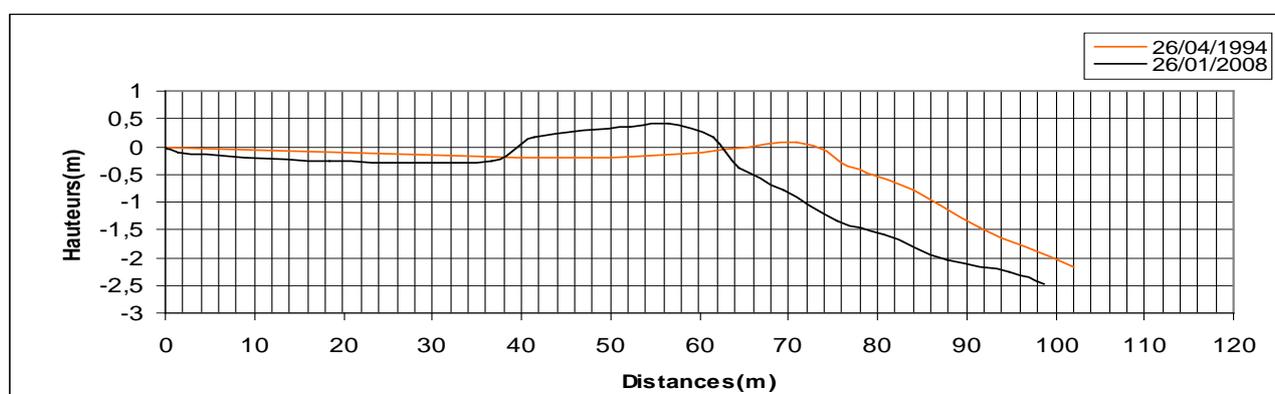


Figure 19 : évolution du profil de Joal entre avril 1994 et janvier 2008

On remarque une augmentation importante de la largeur de la haute plage de 10 à 26m qui gagne sur l'arrière plage tandis que la pente diminue de 3,3 à 1,75%. Ceci se traduit par la déformation et l'élargissement de la dunette vers la zone continentale (Figure19). La pente de l'estran diminue, par contre de 7,2% à 5,1% bien que sa largeur reste stable aux environs de 23m (Tableau 6). Les modifications des caractéristiques morphologiques de la plage sont dues à une diminution du stock sédimentaire en 14 ans.

En effet, on remarque au cours de ces 14 dernières années une accumulation au niveau de la haute plage avec un volume sédimentaire de $+5 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage mais l'estran a par contre subi une forte érosion avec un volume sédimentaire de $-21,5 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage. Généralement, la plage aérienne de Joal, durant cette longue période, se caractérise par la prédominance de l'érosion (Tableau 7). Ceci se traduit par un recul de la ligne de rivage d'environ 12m (Figure19), soit près d'un mètre par an.

Périodes	Haute plage			Estran		
	Sédimentation	Erosion	Bilan	Sédimentation	Erosion	Bilan
Avril- juin 1994	+1,85	0	+1,85	+0,7	-1,55	-0,85
Juin -octobre 1994	+0,55	-1,08	-0,53	+0,55	-1,45	-0,9
Octobre1994mai1996	+0,25	-1,3	-1,05	0	-9,6	-9,6
Mai 1996-mai 1997	0	-2	-2	0	-2,8	-2,8
Mai 1997- août 2007	+6,45	-0,65	+5,8	0	-7,2	-7,2
Août2007-janvie2008	+1,75	-0,83	+0,93	+0,6	-0,75	-0,15
Avril1994janvier2008	+9	-4	+5	0	-21,5	-21,5

Tableau 7 : mouvements verticaux exprimés en m^3 par mètre linéaire de plage à Joal

1.2. La plage de Nianing



Photo 3 : la plage de Nianing (janvier 2008)

1.2.1- Caractéristiques morphologiques

La plage aérienne présente une haute plage de 10m en moyenne et un estran d'environ 21m. La pente de la haute plage, de 4,6%, est plus faible que la pente de l'estran de 8% en moyenne. Généralement le profil de Nianing est caractérisé par un estran plus large et plus pentu que la haute plage (Photo 3, Tableau 8). Ce profil a une allure générale concavo-convexe (Figure 20).

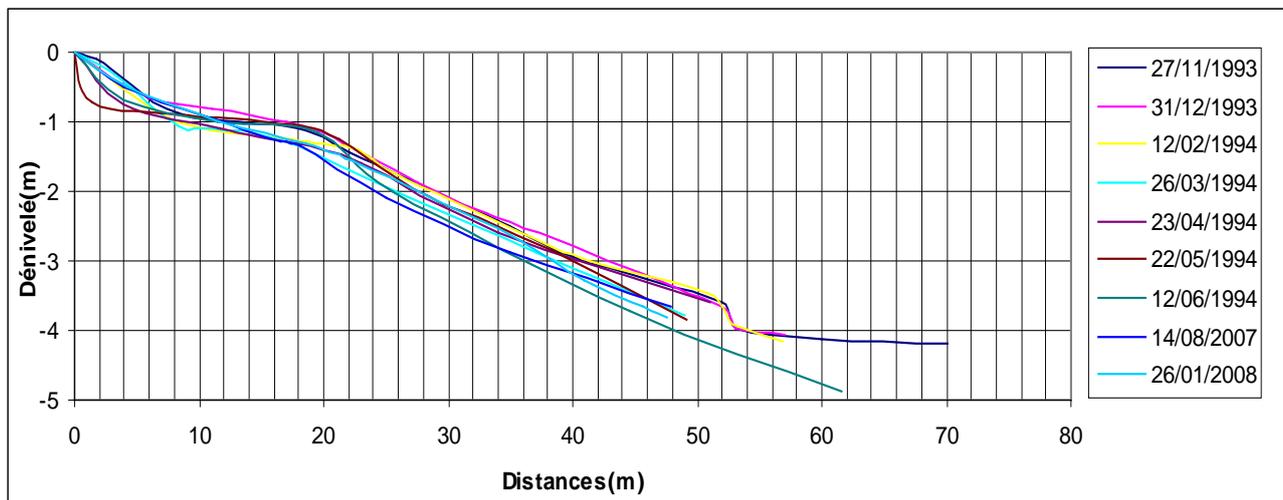


Figure 20 : évolution des profils de plage à Nianing entre 1993 et 2008

Dates	Largeurs (m)		Pentes (%)	
	Haute plage	Estran	Haute plage	Estran
Novembre 1993	11	23	4,16	8,3
Décembre 1993	12	22	5	7,6
Février 1994	12	22	5	7,6
Mars 1994	8	22	4	8
Avril 1994	11	23	3,63	7,4
Mai 1994	12	19	4,16	8,5
Juin 1994	10	16	5	9,6
Août 2007	9	21	5,8	7,7
Janvier 2008	11	19	5	9
Moyenne	10,6	20,77	4,6	8,18

Tableau 8 : caractéristiques morphologiques de la plage de Nianing entre 1993 et 2008

1.2.2- Evolution saisonnière

- Au cours de la saison sèche

Entre novembre 1993 et décembre 1993, correspondant au début de la saison sèche, la pente augmente légèrement de 4,2 à 5% au niveau de la haute plage, tandis qu'elle diminue de 8,3 à 7,6% au niveau de l'estran. La largeur de la haute plage augmente de 11 à 12 m, par contre elle diminue de 23 à 22m au niveau de l'estran (Figure 21, Tableau 8). On enregistre durant cette période un léger engraissement au niveau de la haute plage avec un volume sédimentaire de +1,05 m³/m linéaire de plage, et au niveau de l'estran avec un volume sédimentaire de +1,95 m³/m linéaire de plage (Figure 21, Tableau 9). Ceci se traduit par une avancée de la ligne de rivage d'environ 1m vers le domaine marin.

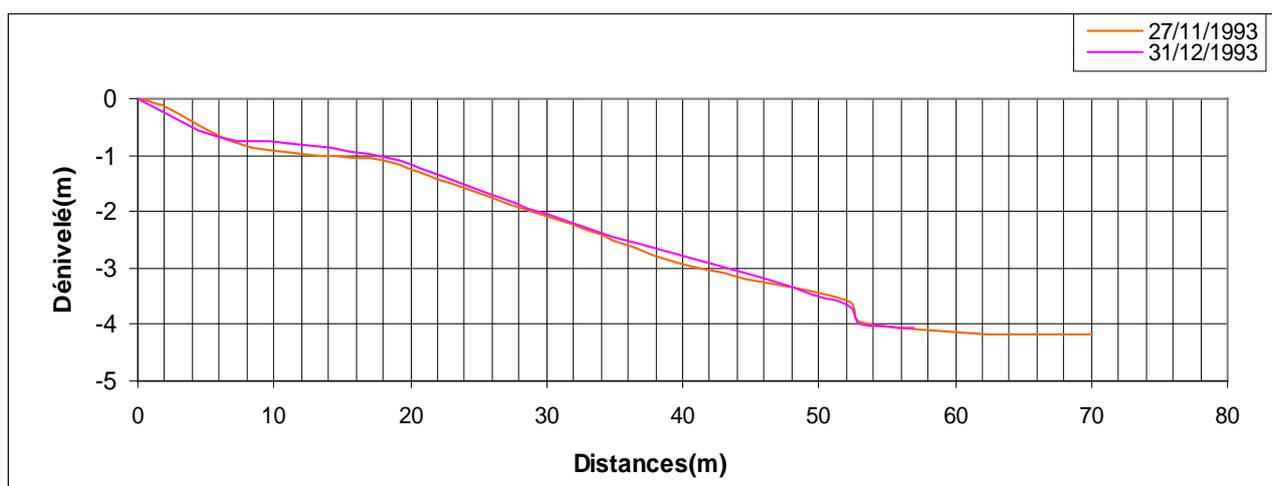


Figure 21 : évolution du profil de Nianing entre novembre et décembre 1993

Entre décembre 1993 et février 1994, la pente et la largeur restent stables aussi bien au niveau de la haute plage qu'au niveau de l'estran (Figure 22, Tableau 8). On note durant cette période, et contrairement à la période précédente, la prédominance de l'érosion sur

l'ensemble de la plage aérienne, avec un faible volume sédimentaire de $-1,8 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage au niveau de la haute plage, et $-1 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage au niveau de l'estran (Figure 22, Tableau 9).

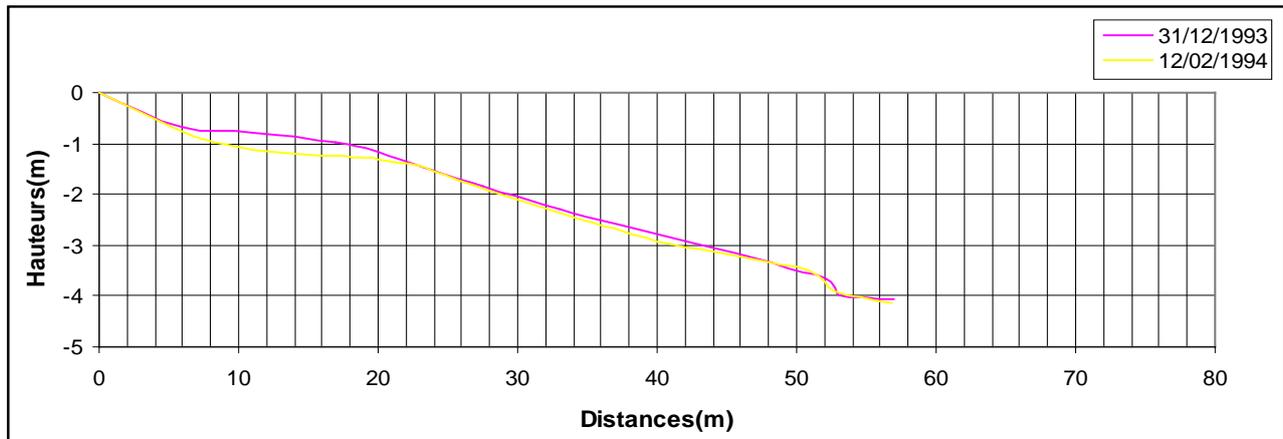


Figure 22 : évolution du profil de Nianing entre décembre 1993 et février 1994

Entre février 1994 et mars 1994, la pente diminue de 5 à 4% au niveau de la haute plage, par contre elle augmente légèrement de 7,6 à 8% au niveau de l'estran. La largeur diminue de 12 à 8m au niveau de la haute plage, tandis qu'elle est stable au niveau de l'estran (22m). (Figure 23, Tableau 8). L'érosion qu'on a observée durant la période précédente se poursuit. Elle est plus importante durant cette période, et plus intense au niveau de l'estran avec un volume sédimentaire de $-5,6\text{m}^3/\text{m}$ linéaire de plage (Tableau 9). Cette prédominance de l'érosion provoque un recul de la ligne de rivage d'environ 4m (Figure 23).

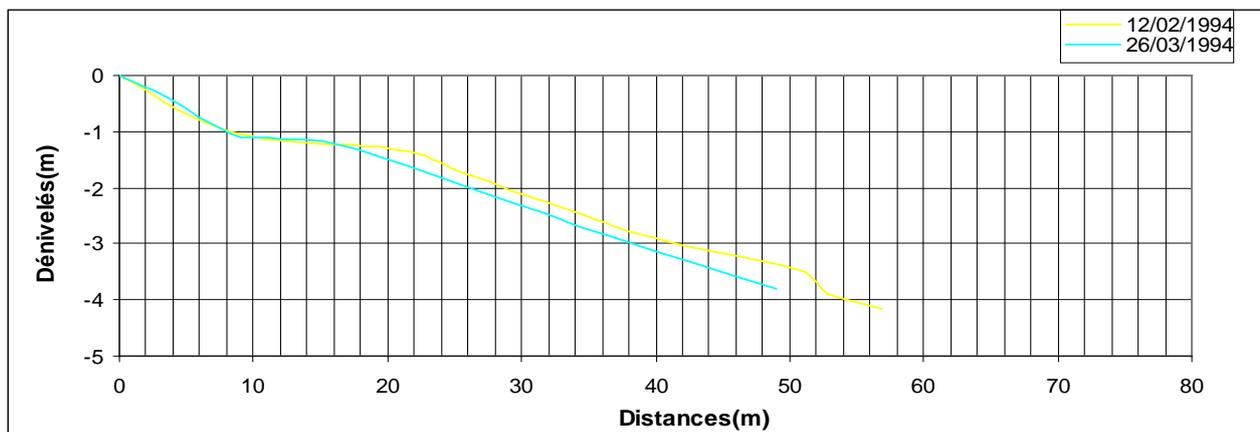


Figure 23 : évolution de profil de Nianing entre février et mars 1994

Entre mars 1994 et avril 1994, la pente diminue légèrement de 4 à 3,6% au niveau de la haute plage, et de 8 à 7,4% au niveau de l'estran. La largeur augmente de 8 à 11m au niveau de la haute plage et de 22 à 23m au niveau de l'estran (Figure 24, Tableau 8). Cette période est caractérisée par un phénomène d'accumulation déjà observé entre novembre et décembre 1993. La sédimentation est plus importante au niveau de l'estran, notamment du bas estran

avec un volume sédimentaire de $+2,95 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage, tandis qu'elle n'est que de $+0,2 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage au niveau de la haute plage (Figure 24, Tableau 9). Ceci se traduit par une avancée de la ligne de rivage d'environ 2m.

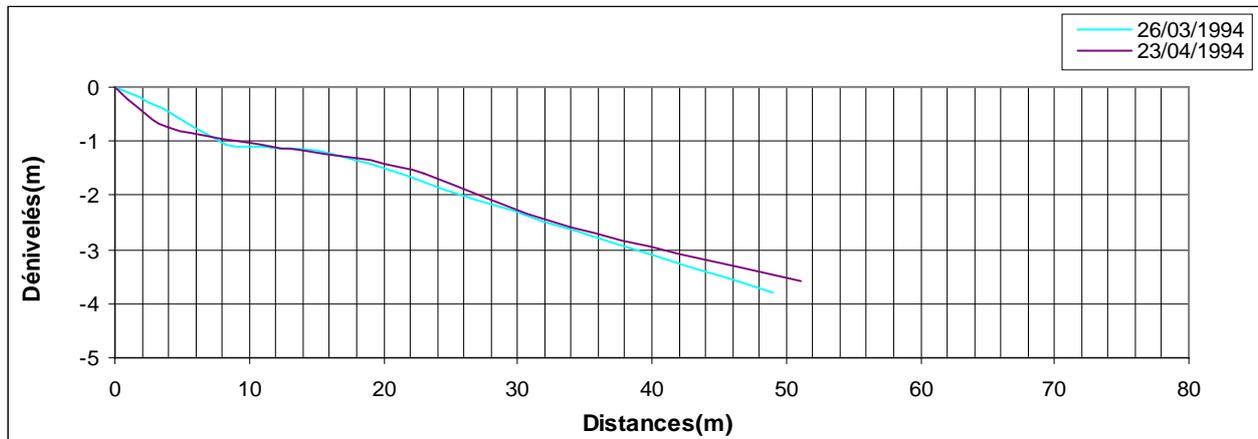


Figure 24 : évolution du profil de Nianing entre mars et avril 1994

Entre avril 1994 et mai 1994, la pente augmente de 3,6 à 4,16% au niveau de la haute plage, et de 7,4 à 8,5% au niveau de l'estran. La largeur augmente de 11 à 12m au niveau de la haute plage, par contre elle diminue de 23 à 19m au niveau de l'estran (Figure 25, Tableau 8). A partir de la comparaison avec la période précédente, on enregistre durant cette période plus d'accumulation au niveau de la haute plage avec un volume sédimentaire de $+2,1 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage, et l'apparition de l'érosion au niveau de l'estran avec un volume sédimentaire de $-0,35 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage (Figure 25, Tableau 9). La ligne de rivage avance d'un mètre environ.

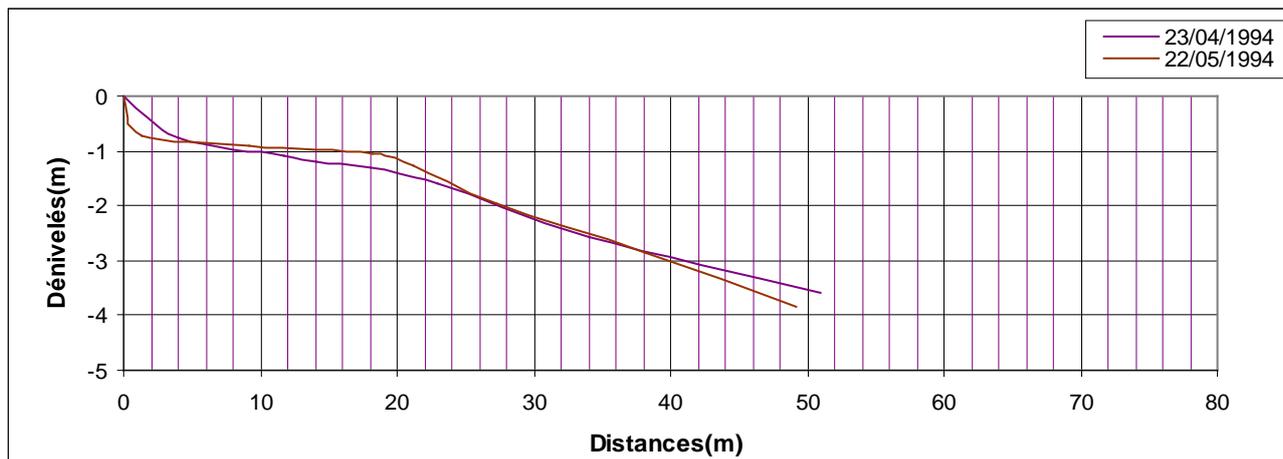


Figure 25 : évolution du profil de Nianing entre avril et mai 1994

Entre mai 1994 et juin 1994, correspondant à la fin de la saison sèche, la pente augmente légèrement de 4,2 à 5% au niveau de la haute plage, et de 8,5 à 9,6% au niveau de l'estran. Par contre la largeur diminue de 12 à 10m au niveau de la haute plage et de 19 à 16m au niveau de l'estran (Figure 26, Tableau 8). Cette période est caractérisée par une forte érosion par rapport aux périodes précédentes, surtout au niveau de l'estran, avec un volume sédimentaire de $-6 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage (Figure 26, Tableau 9). Ceci se traduit par un recul de la ligne de rivage d'environ 2m, et la diminution de la largeur de l'estran de 3m.

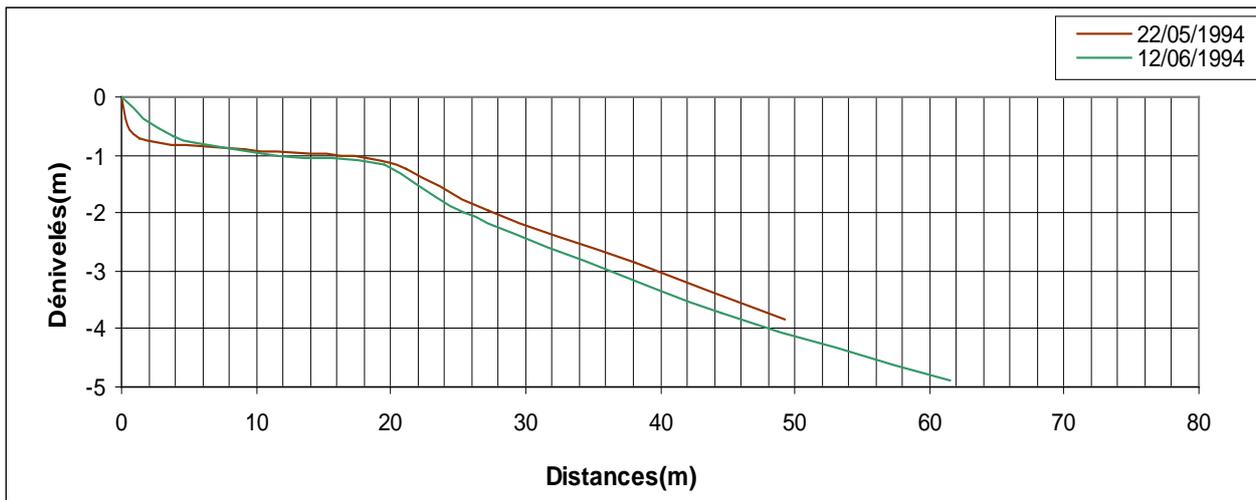


Figure 26 : évolution du profil de Nianing entre mai et juin 1994

- De l'hivernage à la saison sèche

Entre août 2007 et janvier 2008 correspondant à deux saisons différentes (saison des pluies et saison sèche), la pente de la haute plage diminue légèrement de 5,8 à 5%, Par contre la pente de l'estran augmente légèrement de 7,7 à 9%. La largeur augmente de 9 à 11m au niveau de la haute plage, tandis qu'elle diminue de 21 à 19m au niveau de l'estran (Figure 27, Tableau 8). Ceci se traduit par la prédominance de l'accumulation surtout au niveau de l'estran avec un volume sédimentaire de +5,75 m³/m linéaire de plage. Cette sédimentation provoque une avancée de la ligne de rivage d'environ 2m (Figure 27, Tableau 9).

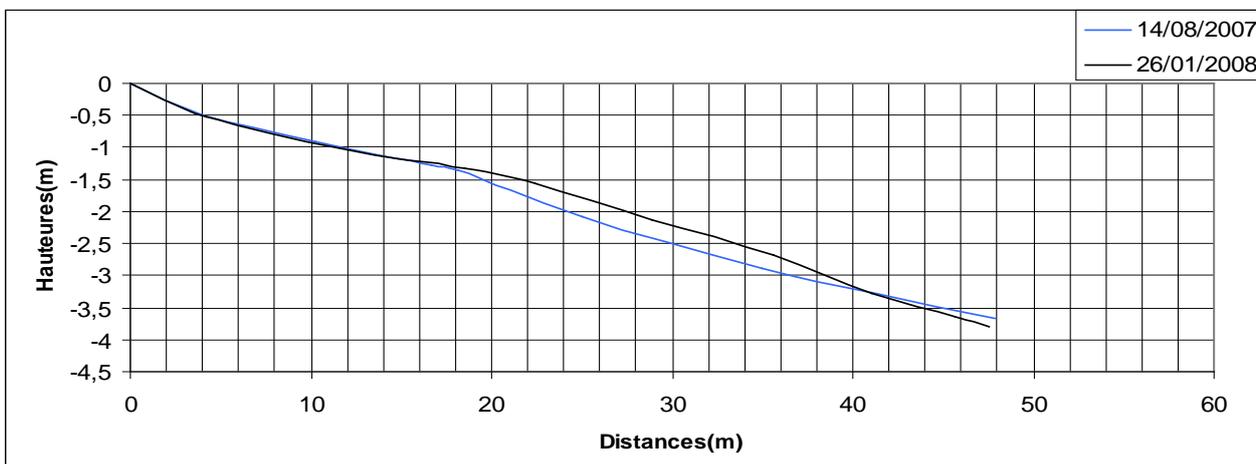


Figure 27 : évolution du profil de Nianing entre août 2007 et janvier 2008

1.2.3- Evolution à plus long terme

- de novembre 1993 à janvier 2008

L'ensemble des mesures a été réalisé sur une période d'environ 15 ans. Nous comparons donc ici les profils encadrant cette période soit en novembre 1993 et janvier 2008.

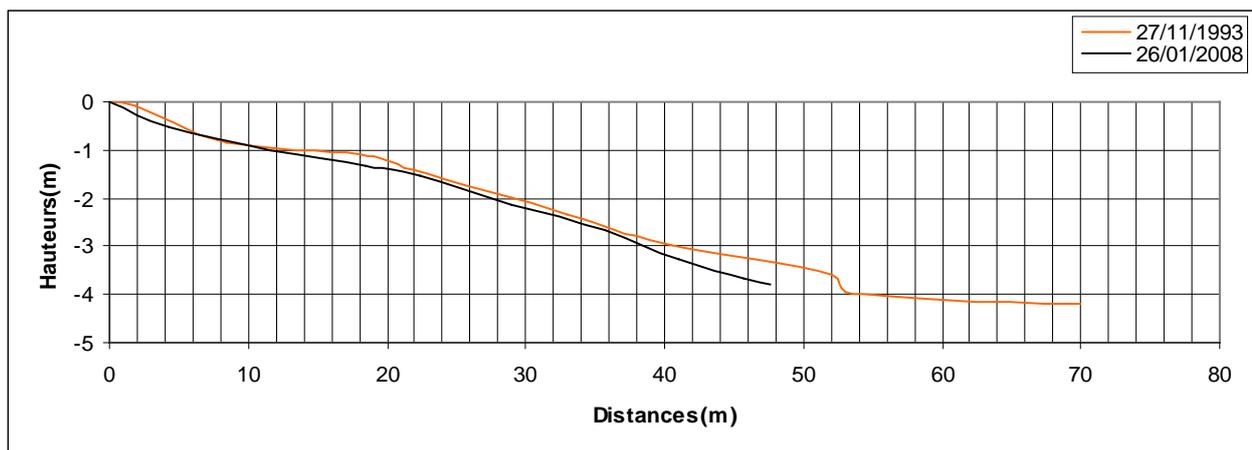


Figure 28 : évolution du profil de Nianing entre novembre 1993 et janvier 2008

Entre novembre 1993 et janvier 2008, la pente augmente légèrement de 4,2 à 5% au niveau de la haute plage, et de 8,3 à 9% au niveau de l'estran. On note une diminution de la largeur de 23 à 19m au niveau de l'estran, par contre elle est stable au niveau de la haute plage. Durant cette période on remarque que l'estran est toujours plus large et plus pentu que la haute plage (Figure 28, Tableau 8).

Au cours des ces 15 dernières années, on note un phénomène d'érosion sur l'ensemble de la plage mais avec toutefois la perte d'un faible volume sédimentaire de $-1,4 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage au niveau de la haute plage, et de $-3 \text{ m}^3/\text{m}$ linéaire de plage au niveau de l'estran (Tableau 9).

Les périodes	Haute plage			Estran		
	Sédimentation	Erosion	Bilan	Sédimentation	Erosion	Bilan
Nov-déc1993	+1,05	0	+1,05	+1,95	0	+1,95
Déc1993fév1994	0	-1,8	-1,8	0	-1	-1
Fév-mars1994	+0,2	-0,9	-0,7	0	-5,6	-5,6
Mars- avril 1994	+0,2	0	+0,2	+2,95	0	+2,95
Avril-mai1994	+2,1	0	+2,1	+0,45	-0,8	-0,35
Mai -juin 1994	0	-1,1	-1,1	0	-6	-6
Août07-jan 08	+0,45	0	+0,45	+5,75	0	+5,75
Nov1993-janv08	0	-1,4	-1,4	0	-3	-3

Tableau 9 : mouvements verticaux exprimés en m^3 par mètre linéaire de plage à Nianing

2- Analyse des résultats sédimentologiques

La méthodologie qu'on a utilisée pour obtenir ces résultats sédimentologiques est exposée à la page 20.

L'analyse sédimentologique concerne des échantillons prélevés sur les deux plages : la plage de Joal et la plage de Nianing. L'échantillonnage a été effectué au niveau des différentes unités morphologiques de la plage : la haute plage, le haut estran, le bas estran et l'avant plage.

- le premier prélèvement a été effectué à la saison des pluies (août 2007) ;
- le deuxième prélèvement a été effectué à la saison sèche (janvier 2008).

Le but de cette étude est de comparer les résultats sédimentologiques pour déterminer l'évolution spatiale sur chaque profil, puis l'évolution saisonnière des sédiments des plages de Joal et de Nianing (Côte Sud). L'absence des données plus anciennes n'a pas permis une analyse de l'évolution temporelle de la sédimentation.

2.1- Analyse sédimentologique des échantillons de Joal

2.1.1- Evolution spatiale

2.1.1.1- Evolution des indices granulométriques le long du profil en août 2007

La figure 29 illustre les courbes granulométriques obtenues en août 2007 en différents endroits de la plage de Joal. Les indices granulométriques (Tableau 10) montrent quelques variations selon la position des sédiments sur le profil.

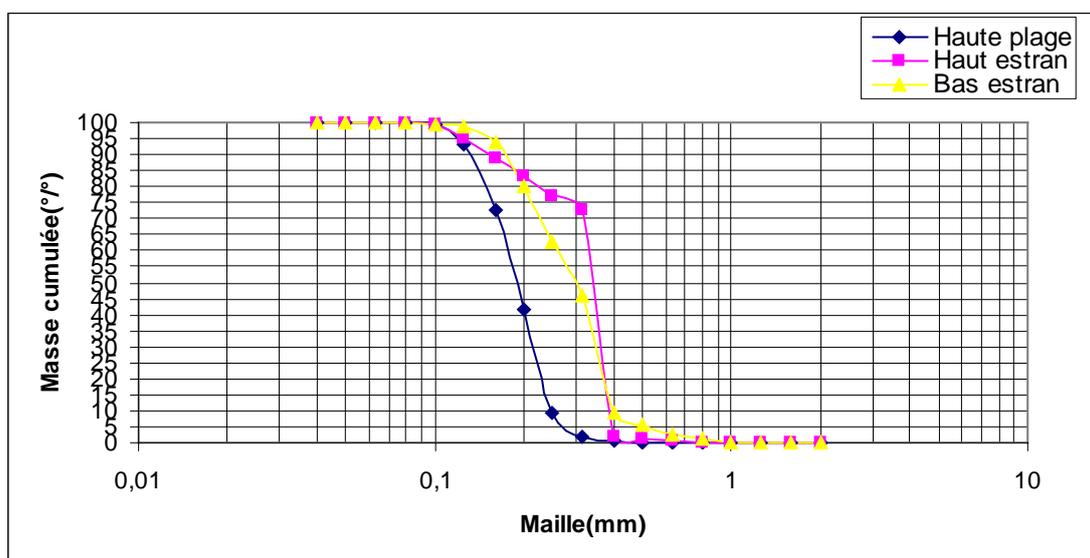


Figure 29 : courbes granulométriques des sédiments de la plage de Joal (août 2007)

indices	Haute plage	Haut estran	Bas estran
Médiane	2,395	F = 355µm (75%) +170 µm (25%)	F = 355µm (53%) + 210µm (47%)
Q50			
Mz (µm)	189		
SIG	0,356		
SK	-0,139		
KG	0,942		

Tableau 10 : indices granulométriques des sédiments de la plage de Joal (août 2007)

Les sables de la plage aérienne de Joal en août 2007 sont homogènes et caractérisés par une courbe unimodale au niveau de la haute plage, par contre ils sont hétérogènes, caractérisés par des courbes bimodales au niveau du haut estran (F : 170 µm (25%) + 355 µm (75%)) et du bas estran (F = 210 µm (47 %) + 355µm (53 %)) (Figure 29). La haute plage est occupée par des sables fins (189 µm), l'indice d'acuité montre que les sédiments sont mésokurtiques. Ils sont très bien classés (SIG < 0,35) avec un skewness à tendance négative (Tableau 10). Sur le haut estran le mode principal se trouve dans les sables moyens (355 µm) et le mode secondaire est plus fin (170 µm). Sur le bas estran également, le mode principal est caractéristique de sables moyens (355 µm) et le mode secondaire de sables fins (210 µm). La répartition des sédiments semble illustrer l'évolution de la dynamique marine sur la plage avec des conditions plus agitées à mesure que l'on va vers la zone de retrait. Le seul échantillon contenant des fragments de coquilles a été prélevé sur le bas estran de la plage aérienne de Joal en août 2007. Le pourcentage de la fraction bioclastique est de 5,4 %.

2.1.1.2 Evolution des indices granulométriques le long du profil en janv-2008

La figure 30 illustre les courbes granulométriques obtenues en janvier 2008 en différents endroits de la plage de Joal. Les indices granulométriques (Tableau 11) montrent quelques variations selon la position des sédiments sur le profil.

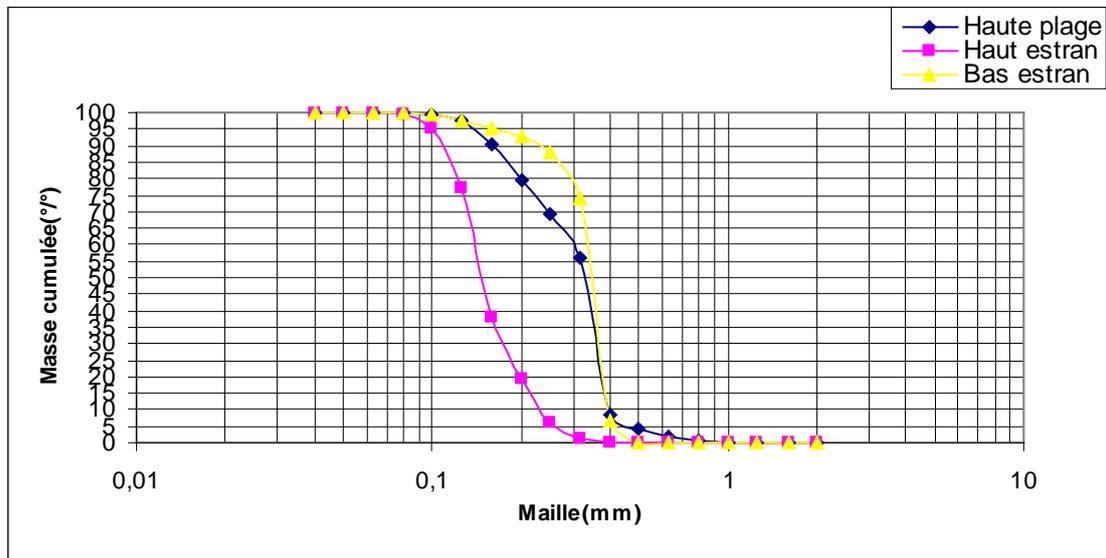


Figure 30 : courbes granulométriques des sédiments de la plage de Joal (jan 2008)

Les sables de la plage aérienne de Joal en janvier 2008 sont hétérogènes et caractérisés par une courbe bimodale au niveau de la haute plage ($F = 190 \mu\text{m}$ (37%) + $360 \mu\text{m}$ (63%)). Par contre ils sont homogènes et caractérisés par des courbes unimodales sur le haut estran et le bas estran (Figures 30, Tableau 11). La distribution est inverse de ce qui a été observé en août 2007. Sur la haute plage, le mode principal se trouve dans les sables moyens ($360 \mu\text{m}$), et le mode secondaire est dans les sables fins ($190 \mu\text{m}$).

indices	Haute plage	Haut estran	Bas estran
Médiane Q50	F = $360 \mu\text{m}$ (63%) + $190 \mu\text{m}$ (37%)	2,736	1,535
Mz (μm)		160	336
SIG		0,410	0,320
SK		-0,176	-0,472
KG		1,109	2,397

Tableau 11 : indices granulométriques des sédiments de la plage de Joal en janvier 2008

Le haut estran est occupé par des sables fins avec une distribution mésokurtique, par contre au niveau du bas estran les sables sont moyens avec une distribution très leptokurtique. En général les matériaux sont très bien classés (Tableau 11). Les sédiments sur l'ensemble de la plage en janvier 2008 renferment peu de fragments de coquille, avec une teneur maximale en fraction bioclastique de 6,1% observée sur le bas estran.

2.1.2- Evolution saisonnière

■ Haute Plage

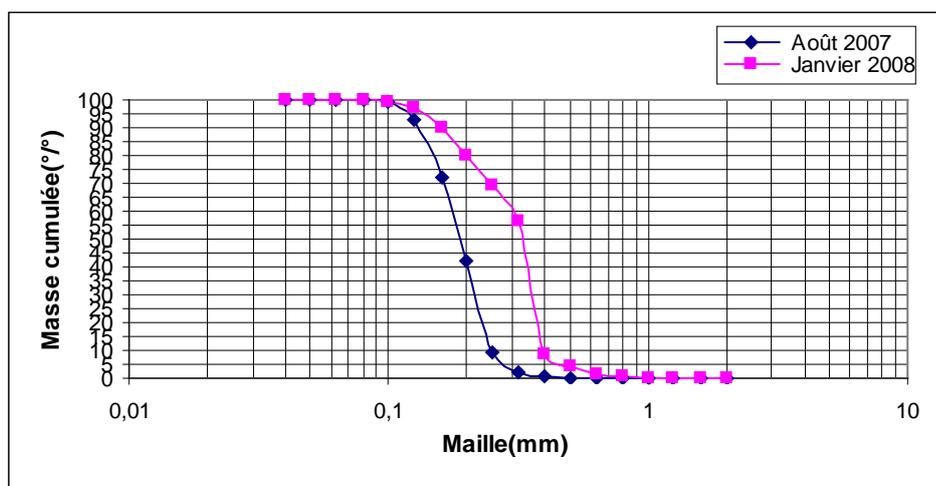


Figure 31 : courbes granulométrique de la haute plage de Joal

En août 2007, les sables de la haute plage sont homogènes et caractérisés par une courbe unimodale, par contre ils sont hétérogènes et caractérisés par une courbe bimodale en janvier 2008 ($F = 190 \mu\text{m}$ (37%) + $360 \mu\text{m}$ (63%)) (Figure 31, Tableau 12). Entre les mois d'août 2007 et de janvier 2008, les sédiments de la haute plage se sont enrichis en grains plus grossiers. Sur la haute plage nous avons constaté l'absence totale des fragments de coquilles dans les sédiments en août 2007. Ils en renferment très peu en janvier 2008 avec moins de 1 %.

■ L'estran

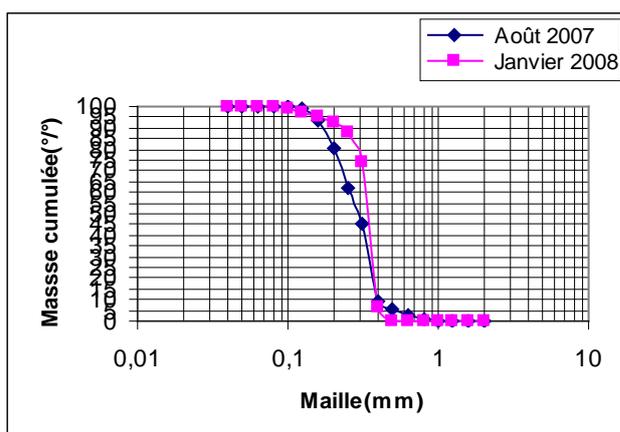


Figure 32 : courbes granulométriques de haut estran de Joal

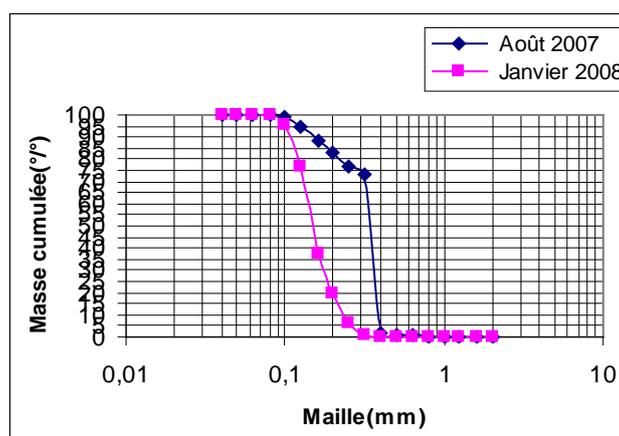


Figure 33: courbes granulométriques de bas estran de Joal

L'estran présente une évolution inverse de celle notée sur la haute plage. En août 2007 les sables sont hétérogènes composés d'une population bimodale. Par contre ils sont homogènes à distribution unimodale en janvier 2008, et présentent par ailleurs un très bon classement (Figure 32 et 33, Tableau 12). Sur le haut estran les fragments de coquilles sont absents dans les sédiments lors des deux saisons. Sur le bas estran, les sédiments renferment peu de fragments avec une teneur de 5,4% en août 2007, et 6,1% en janvier 2008.

unités morphologiques saisons indices	Haute plage		Haut estran		Bas estran	
	Août2007	Janvier2008	Août2007	Janvier2008	Août2007	Janvier2008
Médiane Q50	2,395	F = 360 µm (63%) +190 µm (37%)	F = 355µm (75%) +170 µm (25%)	2,736	F = 355µm (53%) + 210µm (47%)	1,535
Mz (µm)	189			160		336
SIG	0,356			0,410		0,320
SK	-0,139			0,176		-0,472
KG	0,942			1,109		2,397

Tableau 12: variation saisonnières des principaux indices granulométriques selon les unités morphologiques du profil de Joal

Conclusion

On remarque sur la plage de Joal entre les deux saisons le changement de type des sédiments sur l'ensemble de la plage. La plage est occupée par des sédiments unimodaux en août 2007, puis par des sédiments bimodaux en janvier 2008 sur la haute plage. Par contre on observe l'inverse sur le haut estran et le bas estran (Tableau 12). L'évolution semble se faire dans le sens d'un meilleur tri des particules sédimentaires à la faveur de conditions hydrodynamiques beaucoup plus agitées en janvier 2008.

2.2- Analyse sédimentologique des échantillons de Nianing

2.2.1- Evolution spatiale

2.2.1.1-Evolution des indices granulométriques le long du profil en août 2007

La figure 34 illustre les courbes granulométriques obtenues en août 2007 en différents endroits de la plage de Nianing. Les indices granulométriques (Tableau 13) montrent quelques variations selon la position des sédiments sur le profil.

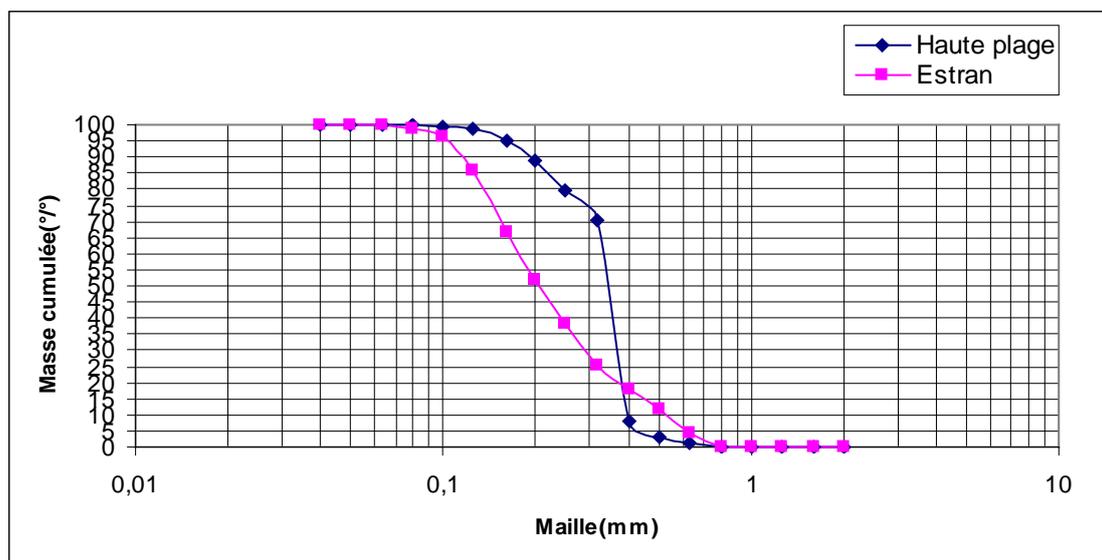


Figure 34: courbes granulométriques de la plage de Nianing (août 2007)

Les sables de la plage aérienne de Nianing en août 2007 sont hétérogènes et caractérisés par une courbe bimodale au niveau de la haute plage ($F=200 \mu\text{m}$ (25%) + $350 \mu\text{m}$ (75%)), par contre ils sont homogènes et caractérisés par une courbe unimodale au niveau de l'estran (Figure 34, Tableau 13). Sur la haute plage le mode principal est dans les sables moyens ($350 \mu\text{m}$), et le mode secondaire est fin ($200 \mu\text{m}$). Par contre l'estran est occupé par des sables moyens ($253 \mu\text{m}$).

	Haute plage	Estran
Médiane Q50	F = $350 \mu\text{m}$ (75%) + $200 \mu\text{m}$ (25%)	2,286
Mz (μm)		253
SIG		0,815
SK		0,238
KG		0,938

Tableau 13 : indices granulométriques selon les unités morphologiques de la plage de Nianing en août 2007

Sur l'estran les matériaux sont dans l'ensemble très bien classés (SIG <0,35), avec une distribution mésokurtique ($0,90 < KG < 1,11$) et un skewness à tendance positive (Tableau 13). En général les fragments de coquilles sont faiblement représentés dans les sédiments de la plage aérienne de Nianing en août 2007 avec une teneur de 9,3 % plus élevée sur l'estran que sur la haute plage (0,6%).

2.2.1.2-Evolution des indices granulométriques le long du profil en janv-2008

La figure 35 illustre les courbes granulométriques obtenues en janvier 2008 en différents endroits de la plage de Nianing. Les indices granulométriques (Tableau 14) montrent quelques variations selon la position des sédiments sur le profil.

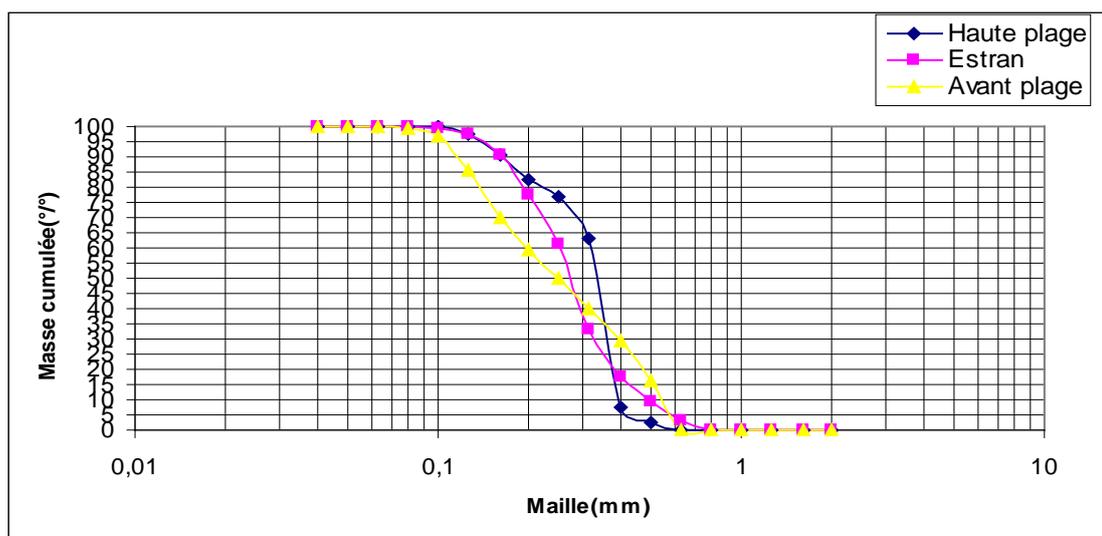


Figure 35 : courbes granulométriques de la plage de Nianing (janvier 2008)

Les sables de la plage aérienne de Nianing en janvier 2008 sont hétérogènes et caractérisés par des courbes bimodales sur la haute plage ($F = 160(20) + 350(80)$) et sur l'avant plage ($F = 145(45) + 415(55)$), par contre les sables sont homogènes et caractérisés par une courbe unimodale au niveau de l'estran (Figure 35, Tableau 14).

	Haute plage	Estran	Avant plage
Médiane Q50	F = 350 μ m (80%) + 160 μ m (20%)	1,862	F = 415 μ m (55%) + 145 μ m (45%)
Mz (μm)		291	
SIG		0,616	
SK		0,035	
KG		1,142	

Tableau 14 : indices granulométriques selon les unités morphologiques à la plage de Nianing en janvier, 2008

Les sédiments de la haute plage sont bimodaux. Le mode principal de ces sédiments est dans les sables moyens (350 μ m), et le mode secondaire est dans les sables fins (160

μm). Sur l'estran les sables sont à grains moyens (291 μm). Le mode principal des sédiments au niveau de l'avant plage est dans les sables moyens (415 μm), par contre le mode secondaire est dans les sables fins (145 μm). Au niveau de l'estran les matériaux sont en général très bien classés, la distribution est leptokurtique avec une asymétrie à peu près symétrique (Tableau 14). Généralement la plage aérienne de Nianing en janvier 2008 renferme peu de fragments de coquilles avec une teneur d'environ 5%. On observe toutefois au niveau de l'avant plage un e teneur relativement importante de 35, 3%.

2.2.2 Evolution saisonnière

▪ Haute plage

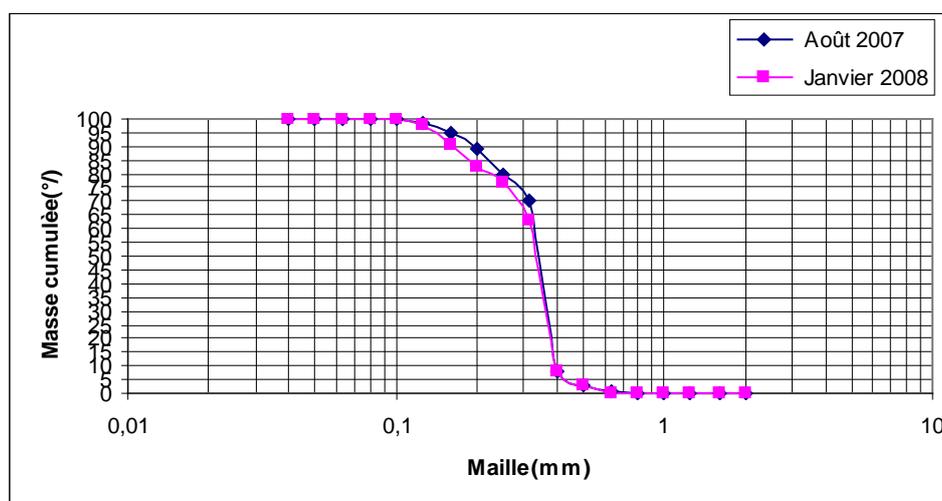


Figure 36 : courbes granulométriques de la haute plage de Nianing

Sur la haute plage de Nianing, on remarque que les sédiments du mois d'août et du mois de janvier correspondent à des populations semblables. Les sédiments sont bimodaux et caractérisés par un mode principal moyen (350 μm), et un mode secondaire fin (200, 160 μm) durant les deux saisons (Figure 36, Tableau 15). Ils renferment très peu de fragments de coquilles 0,6% en août 2007 et 5,4% en janvier 2008.

▪ L'estran

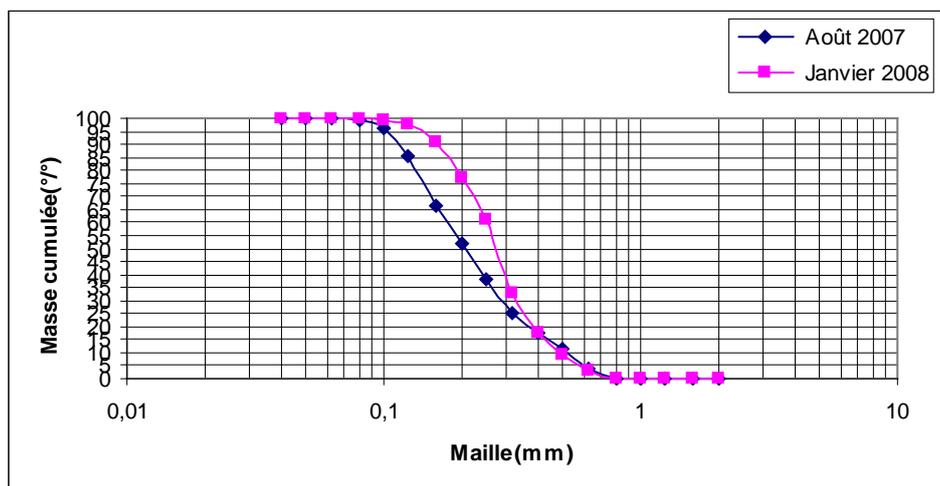


Figure 37: courbes granulométriques de l'estran de Nianing

Sur l'estran de Nianing, les sables sont moyens (253 μm en août 2007, et 291 μm en janvier 2008). Ils sont en général très bien classés ($\text{SIG} < 0,35$) avec une distribution mésokurtique ($0,90 < \text{KG} < 1,11$) en août 2007, leptokurtique ($11 < \text{KG} < 1,50$) en janvier 2008. Le skewness a une tendance positive ($0,10 < \text{SK} < 0,30$) en août 2007, à peu près symétrique en janvier 2008 (Tableau 15). L'estran renferme peu de fragments de coquilles avec une teneur de 9,3% en août 2007 et 4,2 % en janvier 2008.

Il est noté un dépôt d'algues au niveau de l'estran juste à partir de la laisse de haute mer vers le bas estran au mois de janvier 2008 (Photo 3). On note également un dépôt de coquilles au niveau du bas estran (Photo 4).



Photo 3 : dépôt d'algues (jan- 2008)



Photo 4 : dépôt de coquilles (jan-2008)

unités morphologiques	Haute plage		Estran		Avant plage
saïsons	Août2007	Janvier2008	Août2007	Janvier2008	Janvier2008
indices					
Médiane Q50	F = 350 µm (75%) +200 µm (25%)	F = 350 µm (80%) +160 µm (20%)	2,286	1,862	F = 415 µm (55%) +145 µm (45%)
Mz (µm)			253	291	
SIG			0,815	0,616	
SK			0,238	0,035	
KG			0,938	1,142	

Tableau 15 : variations saisonnières des principaux indices granulométriques des sédiments de la plage de Nianing.

Conclusion

L'évolution saisonnière au niveau de la plage de Nianing montre qu'il n'y a pas une grande différence entre les sédiments. Sur l'estran et pendant les deux saisons, les sables sont moyens. Ils sont très bien classés et le meilleur classement s'observe en août 2007. Par contre sur la haute plage et l'avant plage les sédiments sont généralement bimodaux avec un mode principal dans les sables moyens, et un mode secondaire dans les sables fins (Tableaux 15).

La distribution des matériaux sur la plage de Nianing de la saison sèche à la saison des pluies garde ses caractéristiques essentielles. Elle est bimodale sur la haute plage et l'avant plage. Sur l'estran, l'asymétrie très positive en août 2007 a changé pour devenir à peu près symétrique en janvier 2008. Il semble que la fin de la saison humide s'accompagne d'un vannage des particules fines de l'estran consécutif à un hydrodynamisme plus agité.

3-Synthèse et discussion des résultats

3.1- Les résultats morphologiques

3.1.1- La plage de Joal

Le bilan des mouvements sédimentaires de la plage de Joal d'avril 1994 à janvier 2008 est négatif. Elle se caractérise en général par des mouvements de compensation entre la haute plage et l'estran (Tableau 16).

La période durant laquelle l'érosion est plus intense au niveau de la plage de Joal se situe entre octobre 1994 et mai 1997 (Tableau 16). Durant cette période, la ligne de rivage a reculé de 3m entre octobre 1994 et mai 1996 (20 mois), et de 4m entre mai 1996 et mai 1997 (12mois). Donc on note une accélération de l'érosion en mai 1997.

Cette observation a été déjà soulignée par Diara, 1999. Elle a notée que «l'accélération de cette érosion observée en 1997 peut correspondre à un phénomène général de reprise de l'érosion mais elle est aussi probablement due à une forte anthropisation au nord du secteur avec l'aménagement d'une zone de débarquement pour la pêche artisanale».

L'analyse de l'évolution saisonnière, nous permet de distinguer trois tendances au niveau de la plage de Joal :

- une tendance accumulative durant la saison sèche d'avril à juin 1994 (+1 m³/m linéaire de plage) ;
- une tendance érosive durant la saison des pluies de juin à octobre 1994 (-0,37 m³/m linéaire) ;
- une tendance variable d'août 2007 à janvier 2008 (+0,925 à la haute plage et -0,15 m³/m linéaire de plage à l'estran)

L'évolution à plus long terme au niveau de la plage de Joal, montre une forte accumulation au niveau de la haute plage et une forte érosion au niveau de l'estran.

La forte accumulation observée au niveau de la haute plage correspond à une formation d'une dunette entre l'arrière plage et l'estran, très marquée vers les années 2007 et 2008.

L'alternance d'accumulation et d'érosion observée sur l'arrière plage a une influence sur la formation de cette dunette.

Selon Ngami, 2006 la dynamique éolienne contribue à la formation des cordons littoraux le long de la petite côte suivant une direction NW-SE et provoque le transport de sables entre l'estran et la haute plage. Ainsi, cette dynamique éolienne serait à l'origine de l'évolution notée au niveau de la dunette de Joal.

Par contre la forte érosion notée au niveau de l'estran avec un recul de la ligne de rivage d'environ 12m, est du à l'action des houles. Ce qui montre que la plage de Joal est soumise à deux phénomènes naturels différents qui sont l'action de la mer d'une part et l'action du vent continental d'autre part.

3.1.2- La plage de Nianing

Le bilan des mouvements sédimentaires de la plage de Nianing de novembre 1993 à janvier 2008 est négatif aussi bien pour la haute plage (-1,4 m³/m linéaire) que pour l'estran (-3 m³/m linéaire).

Un seul mouvement de compensation entre la haute plage et l'estran est noté entre avril 1994 et mai 1994.

Deux grandes périodes d'érosion sont notées au niveau de la plage de Nianing durant la saison sèche. La première période est enregistrée entre février et mars 1994, et la seconde entre mai et juin 1994 (Tableau 16).

La ligne de rivage a reculé d'environ 4m durant la première période, et de 2m durant la deuxième période. Ce recul est très important pour un intervalle d'un mois.

Contrairement à la saison sèche on note la prédominance de l'accumulation d'août 2007 à janvier 2008 particulièrement au niveau de l'estran avec un taux de +5,75 m³/m linéaire de plage.

Périodes	Joal		Périodes	Nianing	
	Haute plage	Estran		Haute plage	Estran
Avril- juin 1994	+1,85	-0,85	Novembre – décembre 1993	+1,05	+1,95
Juin – octobre 1994	-0,53	-0,9	Décembre 1993 février1994	-1,8	-1
Octobre 1994 mai1996	-1,05	-9,6	Février 1994 – mars 1994	-0,7	-5,6
Mai 1996 – mai 1997	-2	-2,8	Mars 1994 – avril 1994	+0,2	+2,95
Mai 1997– août 2007	+5,8	-7,2	Avril 1994 – mai 1994	+2,1	-0,35
Août 2007– jan. 2008	+0,93	-0,15	Mai 1994 – juin 1994	-1,1	-6
Avril 1994 – janv2008	+5	-21,5	Août 2007– janvier 2008	+0,45	+5,75
/	/	/	Novembre 1993 janv 2008	-1,4	-3

Tableau 16: évolution des mouvements verticaux (exprimés en m³/m linéaire de plage) sur les profils de Joal et Nianing

3.1.3- Comparaison morphologique entre la plage de Joal et celle de Nianing entre avril 1994 et janvier 2008

Après une analyse complète de chaque plage durant une période précisée, nous comparons ici les deux plages durant une période commune allant d'avril 1994 à janvier 2008.

Les principales caractéristiques morphologiques et le bilan sédimentaire des mouvements verticaux sont représentés au tableau 17.

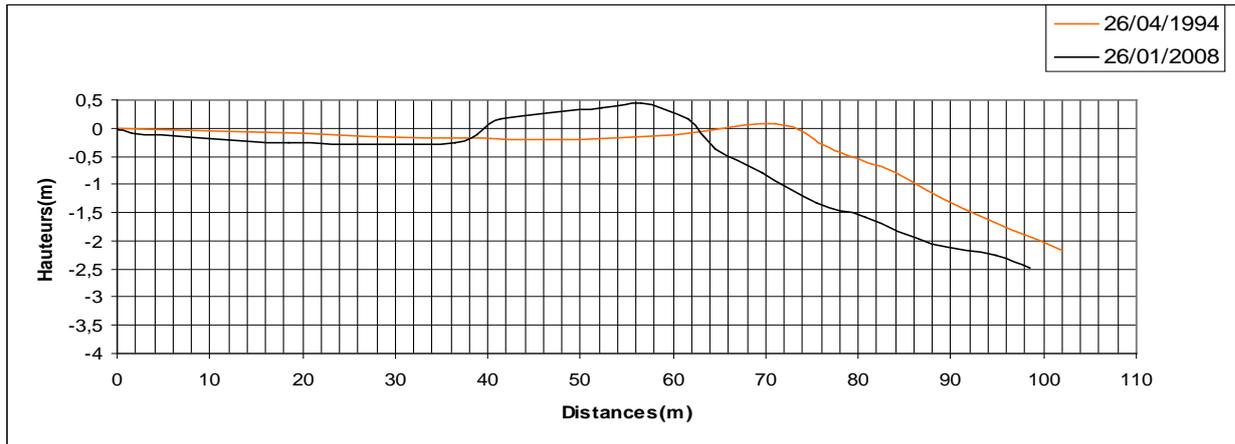


Figure 38: profils de plage de Joal entre avril 1994 et janvier 2008

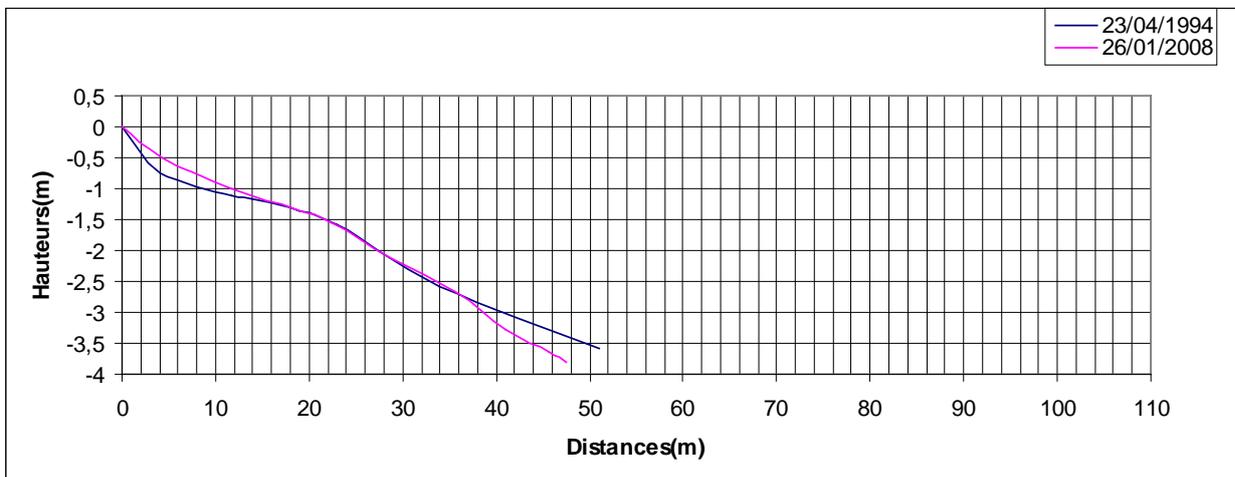


Figure 39 : profils de plage de Nianing entre avril 1994 et janvier 2008

Profils	Joal	Nianing
Largeur moyenne (m)	41	31,5
Pente moyenne de la haute plage (%)	2,5	4,3
Pente moyenne de l'estran (%)	6,15	8,2
Mouvements verticaux de la haute plage (m ³ /m)	+5	+0,35
Mouvements verticaux de l'estran (m ³ /m)	-21,5	-0,7
Forme dominante	Concave convexe	Concave convexe

Tableau 17 : caractéristiques de la plage de Joal et Nianing entre avril 1994 et janvier 2008

La plage de Joal est plus large que celle de Nianing. Dans les deux secteurs d'étude, la haute plage est en accumulation alors que l'estran s'érode, ce qui peut expliquer les pentes faibles au niveau des hautes plages et celles fortes au niveau des estrans (Tableau 17). La forme générale des profils de plage est concavo - convexe dans les deux secteurs d'étude.

Le bilan des mouvements sédimentaires montre que l'érosion est plus accentuée sur la plage de Joal malgré la forte anthropisation enregistrée au niveau de la plage de Nianing (Tableau 17).

Cette anthropisation, marquée par le développement des habitations et le stationnement des pirogues, a probablement joué un rôle protecteur au cours des quinze dernières années, ce qui a réduit l'intensité de l'érosion au niveau de la plage de Nianing. Par contre la forte érosion remarquée à Joal pourrait être liée à l'exposition de la plage aux facteurs naturels, en particulier la houle.

Donc on peut noter que l'anthropisation ne semble pas toujours engendrer des phénomènes d'érosion à moyen terme dans les zones concernées.

3.2. Les résultats sédimentologiques

La synthèse des résultats sédimentologiques concerne des échantillons prélevés en août 2007 et en janvier 2008.

3.2.1- la plage de Joal

Les sédiments de la plage de Joal en août 2007 sont homogènes au niveau de la haute plage, hétérogènes au niveau de l'estran. Cette répartition des sédiments semble illustrer l'évolution de la dynamique marine sur la plage avec des conditions plus agitées à mesure que l'on va vers la zone de retrait. Par contre la distribution des sédiments en janvier 2008 est inverse par rapport à ce qui a été observé en août 2007.

Cette répartition des sédiments d'août 2007 à janvier 2008 nous permet de noter un enrichissement en grains plus grossier au niveau de la haute plage au cours d'une phase d'accumulation. Cette disposition est semblable à celle qu'on trouve habituellement sur les littoraux car pendant les mouvements d'accumulation les sédiments deviennent grossiers et mieux classés.

A l'inverse de la haute plage, les sédiments de l'estran sont hétérogènes en août 2007 et homogènes en janvier 2008. Cette situation s'observe pendant une phase d'érosion.

3.2.2- la plage de Nianing

Les sédiments de la plage de Nianing sont hétérogènes au niveau de la haute plage, homogènes au niveau de l'estran. A partir de cette disposition des sédiments le long de la plage de Nianing on peut noter que l'homogénéité des sédiments croît de la haute plage vers l'estran. Ce qui dénote d'une diminution de l'énergie de houle vers la zone de retrait. On peut expliquer cette observation par la présence des algues au niveau du bas estran qui diminue considérablement l'action des agents hydrodynamiques (Ngami, 2006). La même situation est observée en janvier 2008.

3.2.3-Comparaison sédimentologique entre la plage de Joal et celle de Nianing

Il n'est pas noté une grande variation de la taille des sédiments entre les profils des deux plages. Ils sont généralement fins à moyens, très bien classés.

Les skewness sont très variables mais la tendance est généralement négative sur la plage de Joal, positive à symétrique sur la plage de Nianing.

Généralement les débris de coquilles sont faiblement représentés dans les sédiments de plages aériennes de Nianing et de Joal. Ils se déposent surtout au niveau de l'estran qui est soumise à une forte dynamique littorale et subit les mouvements sédimentaires les plus importants.

D'août 2007 à janvier 2008, on remarque une variation de sédiments sur la plage de Joal contrairement à celle de Nianing. En général les variations des sédiments sont facilitées par les houles et les vents, qui homogénéisent toute la plage aérienne (Ngami, 2006). L'exposition de la plage de Joal à ces facteurs climatiques et hydrodynamiques peut expliquer les variations de sédiments au niveau de cette plage. Par contre la forte anthropisation marquée par le développement des habitations et le stationnement des pirogues au niveau de la plage de Nianing, peuvent protéger la plage contre ces facteurs climatiques et hydrodynamiques. Ce qui peut expliquer la stabilité des sédiments au niveau de la plage de Nianing pendant les deux saisons.

CONCLUSION GENERALE

L'étude du littoral de la ville de Joal et de Nianing a permis d'acquérir quelques données sur l'évolution morphologique au cours des quinze dernières années entre avril 1994 et janvier 2008, et sur l'évolution sédimentologique au cours de deux principales saisons ; août 2007 et janvier 2008 .

Sur le plan morphologique, les profils topographiques montrent une alternance de parties concaves et de parties convexes avec une succession de mouvements d'érosion et d'accumulation. Les pentes sont toujours faibles au niveau de la haute plage, fortes au niveau de l'estran.

L'étude de l'évolution des mouvements sédimentaires entre avril 1994 et janvier 2008 a mise en évidence un caractère érosif aussi bien pour la plage de Joal que pour la plage de Nianing.

L'exposition de la plage de Joal aux facteurs naturels semble influencer la morphologie de la plage, où le vent joue un rôle très important sur l'arrière plage, et provoque le transport de sables entre l'estran et la haute plage, ce qui a conduit à la formation de la dunette notée sur la haute plage. Par contre l'estran est soumis à des conditions plus énergétiques des houles qui ont conduit à sa forte érosion.

Contrairement à la plage de Joal, la forte anthropisation liée aux habitations et le stationnement des pirogues semble protéger la plage de Nianing de ces facteurs naturels, ce qui explique le faible volume d'érosion noté sur la plage de Nianing.

Sur le plan sédimentologique, les sédiments sont généralement fins à moyens, très bien classés. L'homogénéité des sédiments croît de la haute plage vers l'estran sur la plage de Nianing pendant les deux saisons et sur la plage de Joal en janvier 2008. Les sédiments bimodaux deviennent très importants dans les sédiments, et le débris coquilliers s'observe surtout au niveau de l'estran.

L'évolution saisonnière montre la variation de la disposition des sédiments sur la plage de Joal contrairement à celle de Nianing.

Les différences entre les deux plages sont :

- la plage de Joal est plus large ;
- les pentes de la plage de Nianing sont plus fortes ;
- les taux des mouvements sédimentaires sont plus importants au niveau de la plage de Joal ;
- l'érosion est plus accentuée au niveau de la plage de Joal ;
- les sédiments varient au niveau de la plage de Joal, contrairement à celle de Nianing.
- la plage de Nianing est anthropisée contrairement à celle de Joal.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ahamrouni, J. (1996)- Erosion hydrique dans le bassin versant de la Moulouya (Maroc Oriental) recherche des zones sources d'envasement de la retenue du barrage Mohamed V. Thèse Doctorat 3^e cycle, Univ. Cheikh Anta Diop. 148 p.

Barusseau, J.P., Bâ (Diara), M. et Diop, S. (1999)- l'environnement physique. In : *Rivières du sud, Société et Mangroves ouest - africaines*, Cormier –Salem (Ed.), 1 : 33-61

Bellion, Y., Guiraud, R. (1979) –L'imagerie Landsat et l'étude de la fraction des bassins sédimentaires sahéliens : l'exemple du centre ouest du Sénégal. Rev. Photointerprétation, Paris, n°79-5, 1-8, 1 fig., 1 ph.

Bellion, Y., Guiraud, R. (1980) – Tectonique intra-plaque : mise en évidence sur le littoral Sénégalais de déformation liées à la phase tectonique pyrénéo atlasique. 8^{ème} R.A.S.T., Marseille, 33.

Bellion, Y., Guillou, J.J., Hebrard, L. (1991) – paléogène karstification and concentration of iron. micrométéorites (Horst of Ndiass, Cap-Vert, Sénégal). J.Afr. Earth Sci. Oxford, 12 (1/2), Sp. ISSUE: "Sedimentary and diagenetic dynamics of continental phanerozoic sediments in Africa". 237-246, 4 fig., 1 tab. 7 ph.

Benga, E. (1984) – Etude géomorphologique de la mangrove de Joal – Fadiouth (Sénégal). Mém. Maître..., Dpt Géogr., Fac. Lettres Sci. Hum., Dakar, 1965 p., 48 fig., 13 tab.

Bonnefille, R. (1980) – cours d'hydraulique maritime. *Masson*, Paris, 173p.

Brenninkmeyer, B. (1982)-Major beach features. In: Schartz, M.L.(ed) the Encyclopedia of Beaches and coastal Environment, Encyclopedia of Earth science Series, XV, Hutchinson Ross pub. Comp., Stroudsburg, 528-531.

Brown, Joan et al. (1997) - wave, tides and shallow-water processes. Prepared by an OPEN UNIVERSITY, 187 p.

Brunn, P. (1962) Sea – level rise as a cause of shore erosion. J. Water ways and Harborsair., ASCE, New York, 88, 117 – 130, 4 fig.

Clarke, A.J and Battisti, D.S. (1981) – The effect of continental shelves on tides. Deep sea Res..28: 665-682

Cram, J.M. (1979) – The influence of continental shelf width on tidal range: paleoceanographic implication. *J. Geol.*, 87: 441-447

Davis Jr, R.A. (1982). Beach. In: Schartz, M.L.(ed) the Encyclopedia of Beaches and coastal Environment, Encyclopedia of Earth science Series, XV, Hutchinson Ross pub. Comp., Stroudsburg, 140-141.

Diara, M., (1999) – Formation et évolution fini-holocène et dynamique actuelle du delta du Saloum-Gambie. Géomorphologie, stratigraphie sédimentologie et dynamique sédimentaire. Thèse de doctorat, Université de Perpignan, 153p., 77 fig., 32 tab., 21ph.

Debenay, J – P., Bellion, Y. (1983). Le quaternaire récent des microfalaises de Mbodiène (Sénégal) : Stratigraphie variation du niveau marin. Bull. Liaison. Ass. Sénégal. Et quatern. Afr., Dakar, n°70 – 71, 73 – 81, 4 fig.

Diouf M. B (1989) – Sédimentologie, minéralogie, et géochimie des grès carbonatés quaternaires du littoral sénégal-mauritanien. Thèse Océanologique, Univ. Perpignan, 237 p., 70 fig., 46 tab., 8 pl. ph., 2 ann.

Diop, E.S. (1980) – Vasières à mangroves, tannes et cordons sableux des îles du Saloum (Sénégal) : aspects sédimentologiques et minéralogiques. Bull. IFAN, t.42, Sér. A, n°1, 1980, 25-69

Einsele G., Herm D., Schwarz H. U., 1974 a. –Sea level fluctuation during the past 6000 yr at coast of Mauritania. Quaternary Research 4, pp. 282-289.

Elouard, P. (1967) – Eléments pour une définition des principaux niveaux du quaternaire Sénégal-mauritanien. Bull. I.F.A.N, Dakar, t.29, Sér. A, n°2, 882 – 836.

Elouard, P., Tessier, F., Hebrard, L. (1977) – les formations sédimentaire et volcanique de la presqu'île du cap vert. Formations sédimentaires de la tête de la presqu'île. 6^{ème} cong. Panafr. Préhist. Et. Quatern., Dakar, 41-45, 2 fig., 1tab.

Elouard, P., Faure, H., Hebrard, L. (1977) – variations du niveau de la mer au cours des 150 000 dernières années au tour de la presqu'île du Cap-Vert. Dakar – Sénégal. Bull. Liaison Ass. Sénégal. Et. Quatern. Afr., Dakar, 50,29-49, 2 fig.

Folk, R.L., Ward, W.C. (1957) – Brazos River bars: a study in the significance of grain size parameters. J. Sedim. Pétrole., Tulsa (OKL.), 27(1), 3 – 26, 19 fig.

Hebrard, L., 1966-Note sur les formations du quaternaire de la région de Mbour –Joal (Sénégal). Bull. Inst. Fond. Af. Noire, XVIII, A, 1, pp. 407-414.

Hebrard, L. (1978) – contribution à l'étude géologique du quaternaire du littoral Mauritanien entre Nouakchott et Nouadhibou 18°-21° Latitude Nord. Participation à l'étude des désertifications du Sahara. Doc.Lab.Géol.Fac.Sci., Lyon, 71,210p.

Leroux, M. (1977) – le climat. In : « Atlas National du Sénégal », I.G.N., Paris, 16-23, 4pl.

Leroux, M. (1983) – le climat de l'Afrique tropicale. Champion éd., Paris / Genève, 1, 633p., 350 fig., 2, 24p., 250 fig.

Masse, J.P. (1968) –contribution à l'étude des sédiments actuels du plateau continental de la région de Dakar (République du Sénégal). Rapp. Lab. Géol., Fac.sci., univ.Dakar, 23, 81 p., 38 pl.

Michel, P. (1973) – les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. ORSTOM ed., Paris, 3 tomes, 752 p., 170 fig., 37 tab., 91 ph., 9 pl.h.t., 6 cartes.

Morton, R.A. (1979) – Temporal and spatial variation in shoreline changes and their implications, examples from the Texas Gulf Coast. J. Sedim. Petrol. , Tulsa (Okl.), 49 (4), 4 fig.

Nardari, B. (1993) – Analyse de la houle sur les côtes du Sénégal. Application a la pointe de Sangomar. Rapport de stage U.T.I.S., ISRA/ORSTOM., Dakar, 31 p., 26 fig., 5 ann.

Ngami, P. (2006) – Evolution de la lagune de Mbodiene (Petite Côte, Sénégal) :Approche par analyse morphosédimentaire et télédétection. Thèse 3^{ème} cycle, univ. Dakar, 214 p. fig, 88, tab, 39, photo, 16

Niang-diop, I. (1995). – L'érosion côtière sur la petite côte du Sénégal à partir de l'exemple de Rufisque. Passé – Présent - Futur, Thèse de Doctorat, Univ. D'Angers, T.1, 317 p., 112 fig. 47 tab.

Pitaud, G. (1980) – Etude hydrogéologique des calcaires paléocènes de la région de Mbour. Evolution des ressources en eau et des possibilités d'exploitation. Direction des études hydrauliques- ministère de l'équipement. Rapport de synthèse 01-80-HG. Dakar, 125p.

Riffault, A. (1980) – Les environnements sédimentaires actuels et quaternaires du plateau continental sénégalais (sud de la presqu'île du Cap Vert). Thèse de 3^{ème} cycle, n°1561, 145 p. + annexes. Université de Bordeaux I.

Ruffman A, Meagher L.d-, 1977 bathymétrie du talus et du plateau continental du Sénégal et de la Gambie, Afrique de l'ouest –In : Le Baffin- levé au large du Sénégal et de la Gambie, 1, 130 p., 1 carte h. t. Géomarine Association l. t. d .,New Scotia, Canada.

Sall, M. (1983) - Dynamique et morphogenèse actuelles au Sénégal occidental. Thèse de Doctorat d'Etat es - lettres, 2 tomes+ pl.h.t. 604 p., Université Louis Pasteur, Strasbourg.

Sarr, R. (1982) – Etude géologique et hydrogéologique de la région de Joal – Fadiouth (Sénégal). Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Dakar, 191p., 107 fig., 25 tab., 2 ann.

Sy, C. (2003) – Evolution morphosédimentaire de la partie proximale de la flèche sableuse de Joal (Mai à Novembre 2002). Mémoire de D.E.A, université C.A.DIOP de Dakar, 65p., 31 fig., 24 Tab., 2 photo.

LISTES DES FIGURES ET PHOTOS

CHAPITRE 1 : PRESENTATION GENERAL DE LA ZONE D'ETUDE

Fig. 1 : localisation de la zone d'étude	4
Fig. 2 : cadre structural et géologique du bassin sénégal-mauritanien	5
Fig. 3 : carte de formations tertiaires de la région de Joal	6
Fig. 4 : carte des formations plio – quaternaires	7
Fig. 5 : carte des linéaments de la région de Mbour	10
Fig. 6 : coupe schématique montrant les diverses unités morphologiques de la plage	11
Fig. 7 : profil caractéristique de la houle	14
Fig. 8 : modèles de propagation des houles le long de la Petite Côte	15
Fig. 9 : les courants de houle	15
Fig.10 : modifications de direction des houles de Nord-Ouest	16
Fig.11 : profil de l'onde de marée	17

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODOLOGIE D'ETUDE

Photo 1 : matériels de mesure (janvier 2008)	18
--	----

CHAPITRE 3 : PRESENTATION DES RESULTATS OBTENUS

Photo 2 : la plage de Joal (janvier 2008)	22
Fig.12 : évolution des profils de plage à Joal entre 1994 et 2008	22
Fig.13 : évolution du profil de Joal entre avril et juin 1994	23
Fig.14 : évolution du profil de Joal entre juin et octobre 1994	24
Fig.15 : évolution du profil de Joal entre août 2007 et janvier 2008	24
Fig.16 : évolution du profil de plage à Joal entre octobre 1994 et mai 1996	25
Fig.17 : évolution du profil de Joal entre mai 1996 et mai 1997	26
Fig.18 : évolution du profil de Joal entre mai 1997 et août 2007	26
Fig.19 : évolution du profil de Joal entre avril 1994 et janvier 2008	27
Fig. 20 : évolution des profils de plage à Nianing entre 1993 et 2008	28
Photo 3 : la plage de Nianing (janvier 2008)	28
Fig. 21 : évolution du profil de Nianing entre novembre et décembre 1993	29
Fig. 22 : évolution du profil de Nianing entre décembre 1993 et février 1994	30
Fig. 23 : évolution de profil de Nianing entre février et mars 1994	30
Fig. 24 : évolution du profil de Nianing entre mars et avril 1994	31
Fig. 25 : évolution du profil de Nianing entre avril et mai 1994	31
Fig. 26 : évolution du profil de Nianing entre mai et juin 1994	32
Fig. 27 : évolution du profil de Nianing entre août 2007 et janvier 2008	32
Fig. 28 : évolution du profil de Nianing entre décembre 1993 et janvier 2008	33

Fig. 29 : courbes granulométriques des sédiments de la plage de Joal (août 2007)	34
Fig. 30 : courbes granulométriques des sédiments de la plage de Joal (jan 2008)	36
Fig. 31 : courbes granulométrique de la haute plage de Joal	37
Fig. 32 : courbes granulométriques de haut estran de Joal	37
Fig. 33 : courbes granulométriques de bas estran de Joal	37
Fig. 34 : courbes granulométriques de la plage de Nianing (août 2007)	39
Fig. 35 : courbes granulométriques de la plage de Nianing (janvier 2008)	40
Fig. 36 : courbes granulométriques de la haute plage de Nianing	41
Fig. 37 : courbes granulométriques de l'estran de Nianing	42
Photo 3 : dépôt d'algues (jan- 2008)	42
Photo 4 : dépôt de coquilles (jan-2008)	42
Figure 38: profils de plage de Joal entre avril 1994 et Janvier 2008	46
Figure 39 : profils de plage de Nianing entre avril 1994 et Janvier 2008	46

LISTES DES TABLEAUX

Page

CHAPITRE 1 : PRESENTATION GENERAL DE LA ZONE D'ETUDE

Tableau 1 : fréquences moyennes mensuelles des directions du vent (en %) à Mbour (1964-1996) 12

Tableau 2 : données climatiques de la station de Mbour en 2002 13

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODOLOGIE D'ETUDE

Tableau 3 : classification des pentes 19

Tableau 4 : classification granulométrique de Wentworth 20

Tableau 5 : signification de quelques paramètres granulométriques des sables 21

CHAPITRE 3 : PRESENTATION DES RESULTATS OBTENUS

Tableau 6 : caractéristiques morphologiques de la plage de Joal entre 1994 et 2008 23

Tableau 7 : mouvements verticaux exprimés en m^3 par mètre linéaire de plage à Joal 27

Tableau 8 : caractéristiques morphologiques de la plage de Nianing (1993-2008) 29

Tableau 9 : mouvements verticaux exprimés en m^3 par mètre linéaire de plage à Nianing 33

Tableau 10 : indices granulométriques à la plage de Joal (août 2007) 35

Tableau 11 : indices granulométriques des sédiments de la plage de Joal en janvier 2008 36

Tableau 12 : variation saisonnière des principaux indices granulométriques selon les unités morphologiques du profil de Joal 38

Tableau 13 : les indices granulométriques selon les unités morphologiques à la plage de Nianing en août 2007 39

Tableau 14 : les indices granulométriques selon les unités morphologiques à la plage de Nianing en janvier, 2008 40

Tableau 15 : variations saisonnières des principaux indices granulométriques des sédiments de la plage de Nianing. 43