

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES	7
LISTE DES TABLEAUX.....	8
LISTE DES PHOTOS	9
INTRODUCTION.....	10
CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE	11
I. Localisation de la zone d'étude.....	11
II. Cadre géologique.....	12
II. 1. Le Tertiaire	13
II. 1.1. Eocène inférieur et moyen.....	13
II. 1.2. Le Miocène	16
II. 2. Le Quaternaire	16
II. 2.1. L'Eémien ou Aïoujien	17
II. 2.2. L'Ogolien.....	17
II. 2.3. Le Tchadien	17
II. 2.4. Le Nouakchottien	18
II. 2.5. Le Tafolien	18
II. 2.6. Le Dakarien	18
II. 3. Tectonique	19
III. Morphologie du littoral de Rufisque	19
IV. Les principaux facteurs d'évolution des côtes sableuses	22
IV. 1. Les éléments du climat.....	22
IV. 1.2. Le vent.....	22
IV. 1.3. La température	23
IV. 1.4. Les précipitations	24
IV. 2. Les facteurs hydrodynamiques.....	25
IV. 2.1. Les houles et les mers du vent	26
IV. 2.2. Les courants induits par les houles	27
IV. 2.3 Le niveau marin et ses variations.....	28
IV.3. Les facteurs anthropiques.....	29
IV.3.1. Les extractions de sable	29
IV.3.2. Les aménagements du littoral de Rufisque et leurs impacts sur l'érosion côtière	29
IV.3.2.1. Le chenal de la SENELEC.....	29
IV.3.2.2. Les murs de protection.....	30
IV.3.2.2. Les impacts	32
CHAPITRE II : METHODES D' ETUDE	35
I. Méthodes topographiques	35
I. 1. Levés topographiques	35
I. 2. Analyse des profils de plage	35

II. Méthodes sédimentologiques	38
II. 1. Echantillonnage	38
II. 2. Analyse granulométrique.....	39
CHAPITRE III : RESULTATS DU SUIVI MORPHOSEDIMENTAIRE DES PROFILS DE PLAGE	42
I. Profil 1 (P ₁).....	42
I. 1. Analyse des données morphologiques	42
I. 1.1. Caractéristiques morphologiques.....	42
I. 1.2. Evolution des mouvements verticaux	44
I. 2. Analyse des données sédimentologiques	46
II. Profil 2 (P ₂)	48
II. 1. Analyse des données morphologiques.....	49
II. 1.1. Caractéristiques morphologiques	49
II. 1.2. Evolution des mouvements verticaux.....	51
II. 2. Analyse des données sédimentologiques.....	53
III. Profil 3 (P ₃).....	55
Il est situé à l'extrémité Sud du mur en béton qui protège le cimetière musulman de Diokoul, juste en face du mur de clôture du cimetière.....	55
III. 1. Analyse des données morphologiques	56
III. 1.1. Caractéristiques morphologiques	56
III. 1.2. Evolution des mouvements verticaux	58
III. 2. Analyse des données sédimentologiques	60
IV. Profil 4 (P ₄).....	62
IV. 1. Analyse des données morphologiques	63
IV. 1.1. Caractéristiques morphologiques.....	63
IV. 2. Analyse des données sédimentologiques.....	67
V. Profil 5 (P ₅)	69
V. 1. Analyse des données morphologiques	70
V. 1.1. Caractéristiques morphologiques	70
V. 1.2. Evolution des mouvements verticaux.....	72
V. 2. Analyse des données sédimentologiques.....	74
VI. Profil 6 (P ₆).....	76
VI. 1. Analyse des données morphologiques	77
VI. 1.1. Caractéristiques morphologiques.....	77
VI. 1.2. Evolution des mouvements verticaux	80
VI. 2. Analyse des données sédimentologiques.....	82
VII. Synthèse et discussion des résultats obtenus	85
VII. 1. Résultats morphologiques.....	85
VII. 1.1. Caractéristiques morphologiques.....	85
VII. 1.2. Les mouvements verticaux mensuels	86
VII. 2. Les résultats sédimentologiques	88
CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES	90
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	96

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.....	11
Figure 2 : Carte des formations du bassin sénégal-mauritannien.....	13
Figure 3 : Géologie de la région comprise entre Mbaio et Bargny.....	14
Figure 4 : Cartes géomorphologique de la presqu'île du Cap Vert.....	19
Figure 5 : Variation interannuelle des températures moyennes annuelles à Dakar (1951-2003).....	23
Figure 6 : Evolution de la pluviométrie moyenne annuelle à Dakar (1950-2003).....	23
Figure 7 : Variation interannuelle des précipitations annuelles à Dakar (1950-2003).....	24
Figure 8 : Modèles de propagation de la houle le long de la Petite Côte.....	26
Figure 9 : Carte de localisation des profils de plage.....	35
Figure 10 : Principales unités morphologiques d'une plage sableuse et ses agents dynamiques.....	36
Figure 11 : P ₁ -Profils mensuels de plage.....	42
Figure 12 : P ₁ -Comparaison des profils mensuels de plage.....	44
Figure 13 : Evolution de granulométrie moyenne le long du profil P ₁	46
Figure 14 : Variation de la moyenne Mz (en µm) au niveau du bas estran de P ₁	46
Figure 15 : Diagramme de dispersion Mz-sigma en fonction des unités morphologiques du profil P ₁	46
Figure 16 : P ₂ -Profils mensuels de plage.....	49
Figure 17 : P ₂ -Comparaison des profils mensuels de plage.....	51
Figure 18 : Evolution de granulométrie moyenne le long du profil P ₂	53
Figure 19 : Variation de la moyenne Mz (en µm) au niveau du bas estran de P ₂	53
Figure 20 : Diagramme de dispersion Mz-sigma en fonction des unités morphologiques du profil P ₂	53
Figure 21 : P ₃ -Profils mensuels de plage.....	56
Figure 22 : P ₃ -Comparaison des profils mensuels de plage.....	58
Figure 23 : Evolution de la granulométrie moyenne le long du profil P ₃	60
Figure 24 : Variation de la moyenne Mz (en µm) au niveau du bas estran de P ₃	60
Figure 25 : Diagramme de dispersion Mz-sigma en fonction des unités morphologiques du profil P ₃	60
Figure 26 : P ₄ -Profils mensuels de plage.....	63
Figure 27 : P ₄ -Comparaison des profils mensuels de plage.....	65
Figure 28 : Evolution de granulométrie moyenne le long du profil P ₄	67
Figure 29 : Variation de la moyenne Mz (en µm) au niveau du bas estran de P ₄	67

Figure 30 : Diagramme de dispersion Mz-sigma en fonction des unités morphologiques du profil P ₄	67
Figure 31 : P ₅ -Profils mensuels de plage.....	70
Figure 32 : P ₅ -Comparaison des profils mensuels de plage.....	72
Figure 33 : Evolution de la granulométrie moyenne le long du profil P ₅	74
Figure 34 : Variation de la moyenne Mz (en µm) au niveau du bas estran de P ₅	74
Figure 35 : Diagramme de dispersion Mz-sigma en fonction des unités morphologiques du profil P ₅	74
Figure 36 : P ₆ -Profils mensuels de plage.....	78
Figure 37 : P ₆ -Comparaison des profils mensuels de plage.....	80
Figure 38 : Evolution de la granulométrie moyenne le long du profil P ₆	82
Figure 39 : Variation de la moyenne Mz (en µm) au niveau du bas estran de P ₆	82
Figure 40 : Diagramme de dispersion Mz-sigma en fonction des unités morphologiques du profil P ₆	82

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Vitesses moyennes mensuelles (en mètres par seconde) du vent à la station de Dakar Yoff (1951-2003).....	22
Tableau 2 : Températures moyennes annuelles (en °C) à Dakar (1951-2003).....	23
Tableau 3 ; Principales caractéristiques morphologiques du profil P ₁	41
Tableau 4 : Evolution morphologique mensuelle du profil P ₁	43
Tableau 5 : Variation de la moyenne Mz (en µm) et de l'indice de classement Sig du profil P ₁ selon les unités morphologiques.....	45
Tableau 6 : Variations moyennes des principaux indices granulométriques du profil P ₁	47
Tableau 7 ; Principales caractéristiques morphologiques du profil P ₂	48
Tableau 8 : Evolution morphologique mensuelle du profil P ₂	50
Tableau 9 : Variation de la moyenne Mz (en µm) et de l'indice de classement Sig du profil P ₂ selon les unités morphologiques.....	52
Tableau 10 : Variations moyennes des principaux indices granulométriques du profil P ₂	54
Tableau 11 ; Principales caractéristiques morphologiques du profil P ₃	55
Tableau 12 : Evolution morphologique mensuelle du profil P ₃	57
Tableau 13 : Variation de la moyenne Mz (en µm) et de l'indice de classement Sig du profil P ₃ selon les unités morphologiques.....	59
Tableau 14 : Variations moyennes des principaux indices granulométriques du profil P ₃	61
Tableau 15 ; Principales caractéristiques morphologiques du profil P ₄	62
Tableau 16 : Evolution morphologique mensuelle du profil P ₄	64

Tableau 17 : Variation de la moyenne Mz (en μm) et de l'indice de classement Sig du profil P ₄ selon les unités morphologiques.....	66
Tableau 18 : Variations moyennes des principaux indices granulométriques du profil P ₄	68
Tableau 19 ; Principales caractéristiques morphologiques du profil P ₅	69
Tableau 20 : Evolution morphologique mensuelle du profil P ₅	71
Tableau 21 : Variation de la moyenne Mz (en μm) et de l'indice de classement Sig du profil P ₅ selon les unités morphologiques.....	73
Tableau 22 : Variations moyennes des principaux indices granulométriques du profil P ₅	75
Tableau 23 : Principales caractéristiques morphologiques du profil P ₆	77
Tableau 24 : Evolution morphologique mensuelle du profil P ₆	79
Tableau 25 : Variation de la moyenne Mz (en μm) et de l'indice de classement Sig du profil P ₆ selon les unités morphologiques.....	81
Tableau 26 : Variations moyennes des principaux indices granulométriques du profil P ₆	83
Tableau 27 : Caractéristiques morphologiques de la plage aérienne du littoral de Rufisque...	84
Tableau 28 : Les mouvements verticaux de la plage aérienne des différents profils (exprimés en m ³ par m linéaire de plage).....	85
Tableau 29 : Variations de Mz et Sig moyens le long du secteur d'étude.....	87
Tableau annexe : Variations du mode (en μm) et du pourcentage de CaCO ₃ des unités morphologiques.....	90

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Végétation <i>Opuntia tuna</i> du cordon littoral de Rufisque (à proximité du cimetière musulman de Diokoul).....	20
Photo 2 : Rupture et effondrement de l'extrémité Sud du mur de protection du cimetière musulman de Diokoul en juillet 2005.....	29
Photo 3 Etat actuel du mur en béton de Diokoul	30
Photo 4 : avancée de la mer à l'extrémité du mur au niveau du cimetière de Thiawlè.....	31
Photo 5 : Affouillement de la base du mur de protection du cimetière musulman de Diokoul	32
Photo 6 : Microfalaise due à l'érosion à l'extrémité du mur du cimetière de Thiawlène montrant le recul du rivage.....	33
Photo 7 : Vue du profil P ₁ . notons la présence de blocs de calcaires et de basaltes au contact de la falaise en cas d'érosion.....	43
Photos annexes : Emplacement des profils de plage.....	92

INTRODUCTION

Zone de transition entre la lithosphère, l'hydrosphère et l'atmosphère, la zone côtière subit l'action d'agents dynamiques marins et aériens (houles, vents, courants...), responsables des transports sédimentaires. Dans cette interface où se concentrent de nos jours plus de 70% de la population mondiale, se développent des activités sociales et économiques très importantes notamment, la pêche, le tourisme, le transport et certaines industries.

C'est sous l'influence de tous ces facteurs naturels et anthropiques, que l'érosion côtière qui se traduit par le recul de la ligne de rivage et l'avancée de la mer vers le continent, constitue aujourd'hui un problème environnemental quasi général le long de la côte atlantique de l'Afrique. Selon Ibe et Quelennec (1989) elle entraîne des conséquences :

- écologiques (modification d'écosystèmes tel que la mangrove) ;

- économiques (destruction d'infrastructures et d'habitats) ;
- sociales (déplacement de populations menacées).

C'est dans ce contexte que l'étude de l'évolution du littoral de Rufisque où le phénomène d'érosion côtière n'est plus à démontrer s'avère nécessaire. Ce littoral qui a vu la mise en place de plusieurs aménagements notamment des ouvrages de protection, est encore très affecté par l'érosion. L'étude de son évolution devrait permettre de mieux cerner les causes possibles du recul de la ligne de rivage. Il pourrait servir à comprendre le fonctionnement de la Petite Côte sénégalaise, à la biodiversité et au capital économique considérables, qui n'est pas épargnée de ce fléau.

Après une présentation générale de la zone d'étude, notamment l'état actuel des aménagements et leurs impacts sur l'érosion côtière, et une description de la méthodologie utilisée, nous présenterons les résultats obtenus sur l'évolution morphosédimentaire des plages de Rufisque.

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

I. Localisation de la zone d'étude

Le littoral de Rufisque est situé dans la partie sud de la presqu'île de Dakar. Cette presqu'île est comprise entre les méridiens 17°30' et 17°00' de longitude Ouest et entre les parallèles 14°30' et 15°00' de latitude Nord. La portion de littoral qui fait l'objet de notre étude est comprise entre Mbao et Bargny (fig.1), plus précisément du Cap des Biches à l'usine Bata.

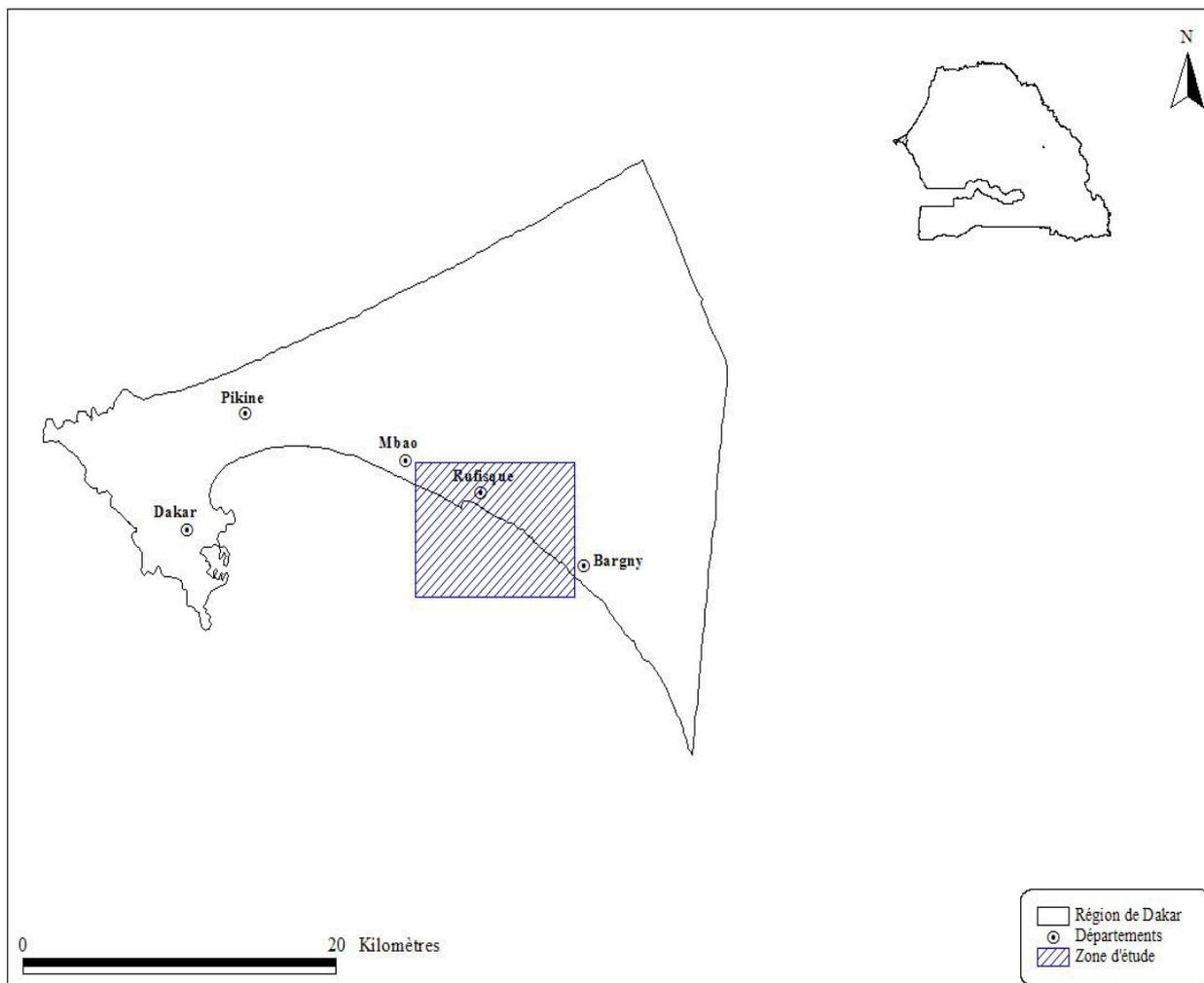


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

II. Cadre géologique

Rufisque, qui est un département de la région de Dakar, est situé dans la partie occidentale du bassin sénégalo-mauritanien. Ce bassin, d'une superficie de 340 000 km² et d'une largeur de 560 km au Sénégal, présente une façade atlantique longue de 1250 km (Bellion, 1987).

Il s'étend du Cap Blanc, en Mauritanie, au Cap Roxo, en Guinée. Ouvert sur l'océan atlantique, il s'est individualisé à la suite de l'écartement des plaques africaine et américaine à la fin du Trias. Sa couverture sédimentaire est d'âge méso- cénozoïque (fig. 2).

Des mouvements tectoniques, parfois localisés, ont conféré à cette partie ouest du bassin une morphologie en horsts (Dakar, Ndiass) et graben (Rufisque).

Les différents affleurements rencontrés dans le secteur compris entre Mbao et Bargny sont essentiellement d'âge tertiaire à quaternaire.

Entre le Cap des Biches et Rufisque, il s'agit de couches de l'Eocène inférieur et moyen formées de calcaires, de marnes, d'une alternance marno-calcaire, riches en faunes littorales ; de cherts, de formations sablo-argileuses et volcaniques du Miocène. Les affleurements quaternaires sont constitués de grès de plage, de dépôts de sables azoïques ou riches aussi en faunes littorales (Brancart, 1977).

II. 1. Le Tertiaire

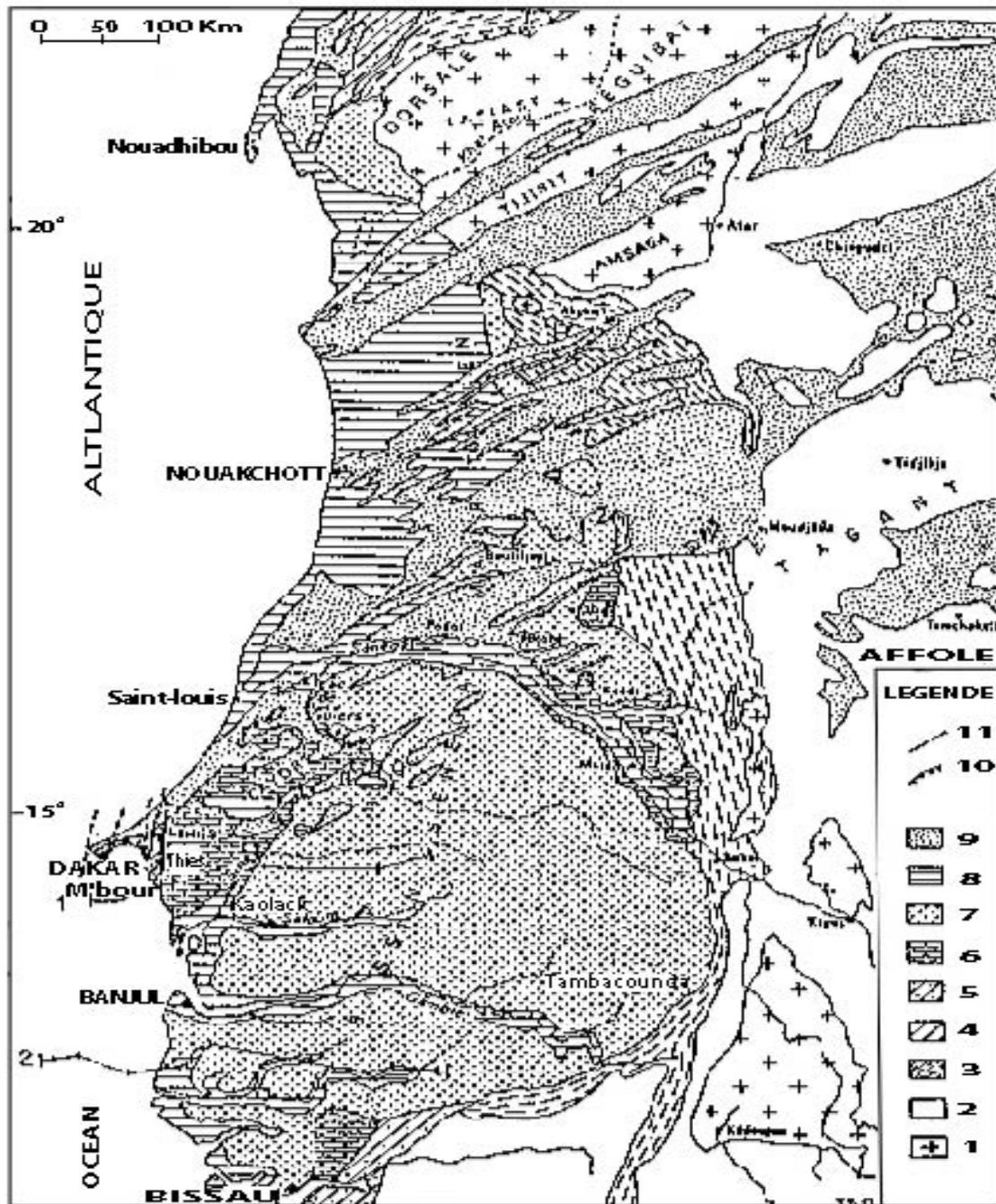
II. 1.1. Eocène inférieur et moyen

Cette période est marquée par une alternance de transgressions-régressions, accompagnées de phases d'émersion et d'épisodes tectoniques. La sédimentation est à dominante biochimique avec des séries argileuses, marneuses et calcaires à accidents siliceux et phosphatés. Cette sédimentation résulte d'une succession de deux transgressions :

-la première, et la plus importante, à l'Eocène inférieur, au cours de laquelle la mer est transgressive sur l'ensemble du bassin ne laissant subsister qu'un îlot dans la région de Ndiass qui reste émergé pour constituer un horst ;

-la seconde, à l'Eocène moyen, suite à un épisode tectonique majeur qui a entraîné la régression de la mer qui ne subsiste plus que dans quelques golfes.

Dans la région comprise entre Mbao et Bargny, ce sont les formations de l'Eocène inférieur et moyen qui constituent l'essentiel des affleurements observés, notamment au niveau du graben de Rufisque et du gradin de Bargny (Elouard *et al.*, 1976a et b) (fig.3).



- | | |
|---|---|
| <p>1 : Socle granité du Précambrien</p> <p>2 : Sédiments de couverture de plate-forme (Protérozoïque supérieur et paléozoïque)</p> <p>3 : Chaîne plissée des mauritanides</p> <p>4 : Mésozoïque</p> <p>5 : Mésozoïque altéré</p> <p>6 : Paléogène</p> | <p>7 : Cénozoïque altéré ("Continental terminal")</p> <p>8 : Sédiments marins, lacustres et fluviaux quaternaire</p> <p>9 : Sables quaternaires (ergs anciens et actuels)</p> <p>10 : Front de chevauchement</p> <p>11 : Failles des horsts de Ndiass et de Dakar</p> |
|---|---|

Figure 2 : Carte des formations du bassin sénégalo-mauritanien d'après Bellion (1987)

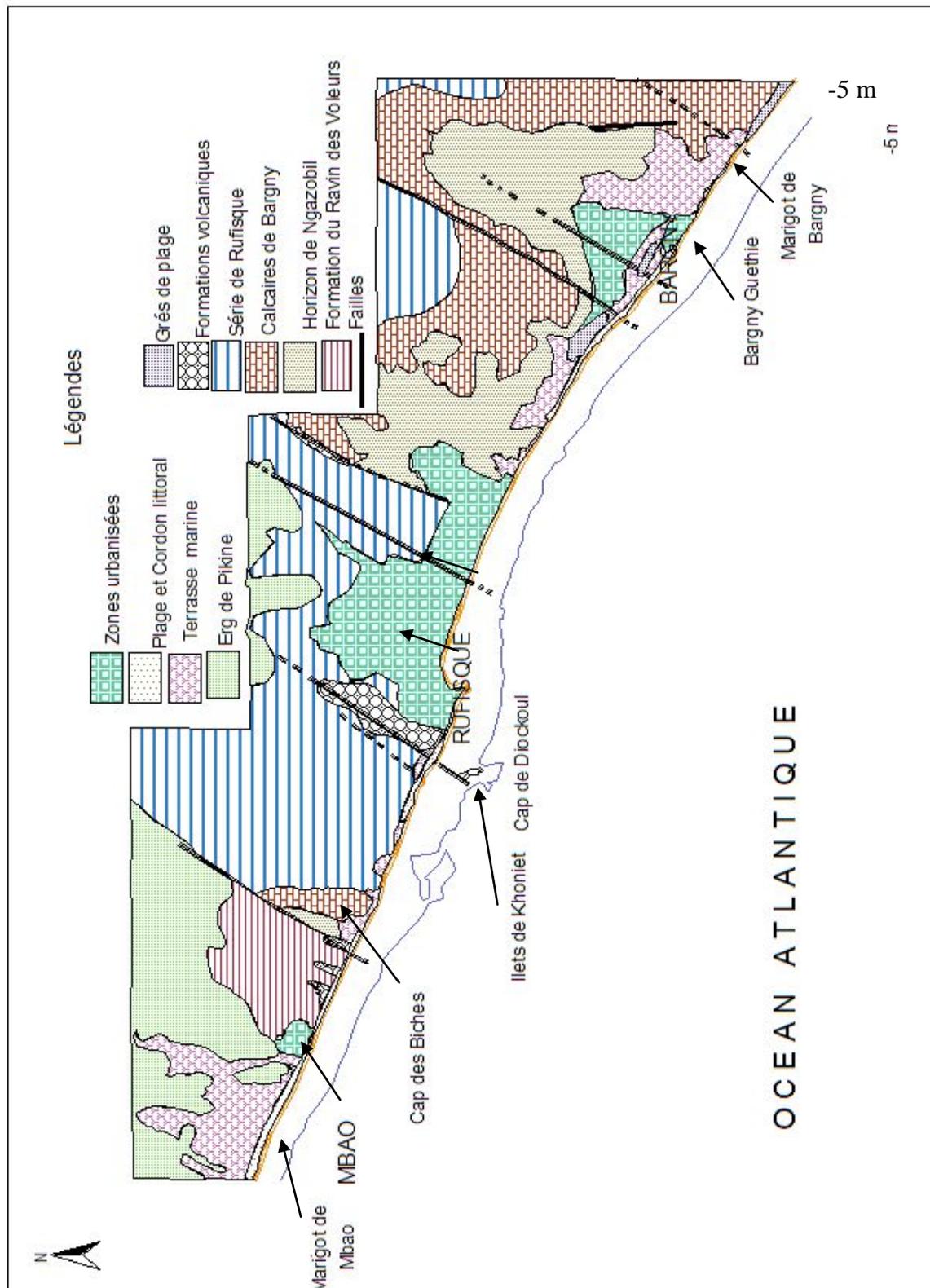


Figure 3 : Géologie de la région comprise entre Mbao et Bargny (d'après Elouard *et al.*, 1976a et b)

On distingue ainsi pour l'Eocène inférieur :

-la formation du ravin des voleurs. Ce sont des marnes blanches feuilletées à attapulгите qui renferme plusieurs niveaux phosphatés, parfois silicifiés et contenant de petits silex abondants ;

-l'horizon de Ngazobil qui représente l'Yprésien avec des marnes grises à attapulгите à lits de calcaires argileux à *Cavilucina thebaica* et Ostracodes.

Le Lutétien (Eocène moyen) présente la succession suivante :

-le calcaire de Bargny, constitué d'une alternance de calcaires sublithographiques et de couches marneuses. A sa base, il renferme de nombreux lits et accidents siliceux phosphatés ;

-la série de Rufisque, peu épaisse et facilement érodable, est constituée de deux ensembles très riches en Radiolaires : les marnes et calcaires de Thiore et les marnes et calcaires de Dakh-Abdat (Brancart, 1975 et 1977).

II. 1.2. Le Miocène

C'est un régime continental qui s'installe avec une sédimentation détritique sablo argileuse du Continental Terminal (Tessier *et al.*, 1975 ; Lappartient, 1985). C'est aussi à cette époque qu'est intervenu le volcanisme basique de type fissural qui a mis en place les affleurements observés sur le littoral compris entre Mbaou et Rufisque. Ils sont constitués soit par des laves d'ankaratrite (filon de Diokoul et îlets de Khoniet) datés respectivement de $20,9 \pm 0,6$ et $13,5 \pm 0,2$ MA (Cantragrel *et al.*, 1976), soit de tufs brèchiques en pipes (Crévola, 1978). Ce volcanisme constituerait le haut fond présent au large du Cap des Biches, le banc des Biches.

Des blocs de basaltes, non encore datés ont par ailleurs été observés au niveau de la plage de la nouvelle cité SIPRES, située au NW du Cap des Biches.

II. 2. Le Quaternaire

Le Quaternaire est marqué par des variations glacio-eustatiques et climatiques qui se sont traduites par des transgressions et régressions sur une partie de la bordure du bassin. Au cours des périodes glaciaires, le niveau marin pouvait descendre jusqu'à 100 à 120 m au dessous du niveau actuel, alors que lors des périodes interglaciaires il revenait plus ou moins au voisinage du zéro actuel et parfois le dépassait, la plus forte transgression holocène

enregistrée étant celle du Nouakchottien où la mer a atteint +1 à + 2 m au dessus du zéro actuel. Les principaux épisodes quaternaires ayant laissé des affleurements le long du littoral sont décrits ci après.

II. 2.1. L'Eémien ou Aïoujien

C'est un épisode humide et transgressif caractérisé par une mer peu profonde. Dans la région comprise entre Mbao et Bargny, les dépôts quaternaires les plus anciens observés à l'affleurement sont représentés par les grès de plage ou "beach rocks". Ils sont localisés entre le Cap des Biches et la centrale thermique de la Senelec. Ils reposent en discordance sur les marnes yprésiennes.

Ils ont tout d'abord été attribués à l'Inchirien par et Demoulin et Masse (1969). Cependant, les études de Giresse *et al.*, (1988), Diouf (1989), Diouf *et al.*, (1993) leur ont donné un âge plus ancien : Eémien ou Aïoujien (125 000-80 000 BP). L'âge présumé inchirien correspondrait en fait à la période de leur recristallisation.

D'une épaisseur de 1 à 1,30 m, ces grès littoraux renferment une faune marine (Mollusques) vers le sommet. Ils se présentent sous plusieurs faciès : grès calcaires à stratifications obliques, calcarénites grossières conglomératiques (Diouf, 1989).

II. 2.2. L'Ogolien

Il est caractérisé par un climat aride et par une intensification des actions éoliennes, ce qui a abouti à la formation de massifs dunaires orientés NE-SW (Michel, 1973 ; Barbey, 1982). Entre les plateaux de Mbao et de Bargny, l'erg de Pikine, constitué de dunes longitudinales, est le témoin de cette époque. Par suite de l'humidification du climat au Tchadien (période ultérieure), la surface des dunes est colorée en rouge par des oxydes de fer. De ce fait, on les qualifie de dunes rouges (Elouard, 1967).

II. 2.3. Le Tchadien

C'est une période humide qui se situe au début de la transgression holocène. Caractérisée par une augmentation des pluies, elle a favorisé l'humidification du climat et la formation de lacs. Au Sénégal, les dépôts de cette période ont conduit à la formation de

tourbes dans les dépressions inter dunaires à des profondeurs variables. C'est également au cours de cette période que les dunes ogoliennes sont démantelées par les eaux de ruissellement et colorées superficiellement en rouge par des oxydes de fer.

II. 2.4. Le Nouakchottien

Il correspond à un climat humide qui a coïncidé avec le maximum de la transgression holocène, atteint vers 5000 à 5500 BP. La remontée de la mer a créé de nombreux golfes peu profonds dans lesquels se développe une faune margino-littorale où domine *Anadara senilis*. Le remaniement des ergs par les houles de tempêtes a entraîné le départ de sables dans les golfes. Ainsi, se forment des étendues sablo-argileuses à une altitude de +1 à +2 m : les terrasses nouakchottiennes. Ces terrasses à *Anadara* sont observées le long de la côte au Sud de Dakar et particulièrement dans notre secteur d'étude au niveau des cours inférieurs des marigots de Mbao et de Bargny, où elles sont constituées de sables vaseux (Lawson, 1970).

II. 2.5. Le Tafolien

Il marque la fin de la transgression holocène. Le niveau marin s'abaisse à -2 à -3,5 m ; ceci s'accompagne d'une régularisation des houles, qui va voir l'installation d'une dérive littorale qui édifie des cordons littoraux riches en minéraux lourds. La mise en mouvement des sables présents sur le plateau continental, a contribué à la formation de ces longs cordons littoraux barrant parfois les anciennes dépressions et golfes qui finissent par se fermer. Le long de la côte nord, cette période est notamment représentée par les dunes jaunes.

II. 2.6. Le Dakarien

Il s'agit d'une oscillation du niveau marin côtée entre + 2 et + 2,5 m, située vers 2000-1900 BP. A cette période sont attribuées les plages à *Patella safiana* du Cap Manuel, de la Pointe de Fann et des Almadies (Barbey et Descamps, 1967 ; Elouard *et al.*, 1967). Selon Elouard *et al.*, (1967 et 1977) et Descamps et Demoulin (1969) ce sont des cordons de plage de tempête, dont le sommet se situe à une altitude comprise entre +2 et 5,8 m.

II. 3. Tectonique

La Presqu'île du Cap Vert est marquée par des accidents tectoniques liés à une tectonique cassante matérialisée par de nombreuses failles qui découpent cette région en un ensemble de horsts, gradins et graben. Le horst de Ndias est suivi du graben de Rufisque puis du horst de Dakar. Ce graben est situé entre les gradins de Bargny et de Pikine (figure 4).

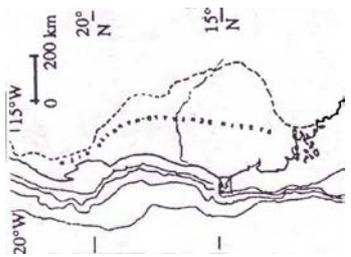
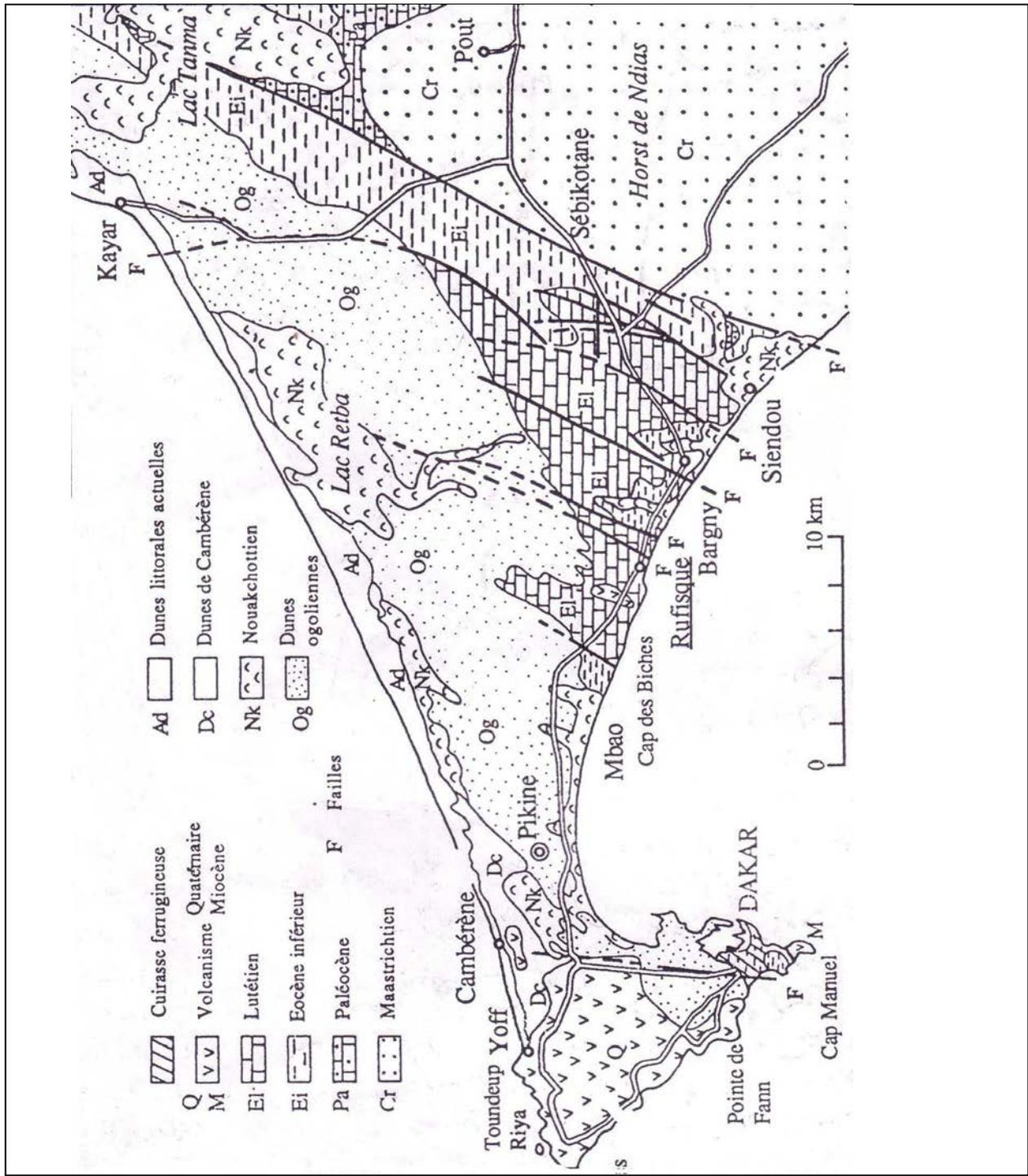
On distingue trois familles de failles (Bellion, 1987 ; Lompo, 1987), les accidents majeurs ayant une direction subméridienne NNE-SSW. Ceux-ci sont composés des failles de type marge, liées à l'ouverture de l'Atlantique (Villeneuve *et al.*, 1993) et sont responsables de la disposition en horsts et graben (fig.4). Cependant, au niveau du graben de Rufisque, ce sont des failles normales de direction WNW-ESE et NNE-SSW à NE-SW qui dominent. Selon Lompo (1987), ces dernières pourraient être responsables du décrochement de la côte au niveau du Cap de Diokoul.

III. Morphologie du littoral de Rufisque

Le littoral de Rufisque est dans l'ensemble une côte basse et sableuse où l'on observe des formations essentiellement marines. Le secteur étudié comprend d'Est en Ouest: la zone de la falaise du Cap des Biches, la zone allant jusqu'au cap de Diokoul, limitée par un cordon littoral et la partie urbanisée de la ville qui s'étend jusqu'à Bata.

Le Cap rocheux de Diokoul divise ce littoral en deux : la partie Sud-Est qui représente la baie de Rufisque et la partie Nord-Ouest presque rectiligne, qui constitue l'extrémité de la baie de Hann.

Dans la première zone, la côte s'élève pour constituer une falaise taillée dans les calcaires de Bargny avec des structures en « drop stone ». Cette falaise, prolongée par une plate forme d'abrasion, est bordée de part et d'autre d'une micro falaise. Cette micro falaise est constituée au nord ouest par des marnes feuilletées à petites plaquettes calcitiques qui semblent reposer sur des blocs plus ou moins arrondis de nature diverse (roches volcaniques et calcaires), visibles en période d'érosion. La microfalaise disparaît sous par un cordon dunaire à sables coquilliers. Plus au Nord Ouest, vers la nouvelle cité SIPRES nous avons une microfalaise constituée d'une alternance de sables coquilliers et de minces lits de marnes altérées.



Croquis de situation

Figure 4 : Carte géologique de la presqu'île du Cap Vert (d'après Elouard 1980)

Du Cap des Biches à la centrale thermique, la microfalaise est constituée d'une alternance de marnes grise jaunes et de calcaires.

Puis on observe un cordon littoral d'une altitude moyenne de +2 à +2,5 m dont la couverture végétale est essentiellement constituée par des figuiers de Barbarie (*Opuntia tuna*) (Demoulin, 1967 ; Diallo, 1982) dont les restes sont encore observables avant le cimetière musulman de Diokoul (Photo 1). Sur cette partie du littoral fortement menacée par l'érosion, on note la présence de mur de protection.

Toutefois la baie de Rufisque se caractérise par une forte urbanisation et la présence d'ouvrages de protection, à l'exception du fond de la baie.

Les premiers mètres de l'avant côte sont marqués par la présence de bancs (de la Résolue, des Biches, de Bargny) et les îlets de Khoniet ; et au large, par le haut-fond de Rufisque.

L'hydrologie est marquée par l'absence de cours d'eau permanents. Elle est principalement représentée par les marigots de Diokoul et de Bargny notamment qui débouchent dans des lagunes, plus ou moins longtemps en eau, situées en arrière d'un cordon littoral qui peut être rompu en hivernage par les eaux pluviales. Le marigot de Diokoul est actuellement en voie de disparition suite aux nombreux dépôts d'ordures ménagères.



Photo 1 : Végétation d'*Opuntia tuna* du cordon littoral de Rufisque (à proximité du cimetière musulman de Diokoul) (19 Octobre 2005)

IV. Les principaux facteurs d'évolution des côtes sableuses

IV. 1. Les éléments du climat

Les données sur les éléments du climat ont été collectées à la Direction de la Météorologie Nationale pour la station de Dakar Yoff où l'anémomètre est situé à une altitude de 11,45 m

Situé dans la zone intertropicale, le Sénégal fait partie du domaine soudano-sahélien à climat chaud et sec, caractérisé par l'alternance de deux saisons : une saison sèche, de novembre à mai, et une saison pluvieuse, de juin à octobre, qui sont sous le contrôle des flux anticycloniques de l'hémisphère Nord (anticyclone des Açores) et de l'hémisphère Sud (anticyclone de Sainte Hélène). Mais du fait de sa position de presqu'île, l'alizé maritime offre à la région de Dakar un climat frais et humide bien supportable durant toute la saison sèche.

IV. 1.2. Le vent

Dans la zone côtière, le vent joue un rôle d'érosion, de transport et de dépôt. 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 à l'origine de deux saisons contrastées. Les vents dominants sont :

-l'alizé maritime qui souffle de l'océan vers le continent pendant la saison sèche. Il est originaire de l'anticyclone des Açores et est frais et humide ;

-l'alizé continental ou harmattan, chaud et sec, issu de l'anticyclone libyen, venant de l'Est et chargé de poussières. Il souffle de mai à juin ;

- la mousson, vent chaud et humide, lié à l'anticyclone de Sainte Hélène, qui souffle pendant l'hivernage.

Dans la région de Dakar, la vitesse du vent est maximale en avril et minimale en septembre (tableau 1).

Tableau 1 : Vitesses moyennes mensuelles (en mètres par seconde) du vent à la station de
Dakar Yoff (1951-2003)

Dakar (1951-2003)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne 4,8	5,4	5,5	5,7	5,9	5,2	4,3	4	3,7	3,5	3,9	3,8	4,8

Source : Direction de la Météorologie Nationale

IV. 1.3. La température

A l'instar des autres régions du Sénégal, la région de Dakar est soumise à deux saisons thermiques : une saison froide et une saison chaude. Les données récoltées à la Direction de la Météorologie Nationale pour la station de Dakar Yoff entre 1951 et 2003 permettent de faire l'analyse suivante : la saison froide, de novembre à mai, correspond à la saison sèche, avec une température moyenne mensuelle qui varie entre 21°C et 26°C (tableau 2) ; la saison chaude, de juin à octobre, correspond à la saison des pluies, période pendant laquelle la moyenne mensuelle des températures varie entre 25,8°C et 27,6°C. Le mois d'octobre, qui marque la fin de la saison des pluies enregistre une moyenne maximale qui s'explique par une baisse importante de la pluviométrie et le retrait de la mousson.

Nous notons une variabilité inter annuelle de la moyenne annuelle des températures avec des écarts non négligeables mais n'excédant pas 2,3°C. Les années 1974 et 1976 ont été les plus froides avec une température moyenne annuelle de 23,4°C alors que 1998 a été la plus chaude avec une moyenne annuelle de 25,7°C (fig. 5).

La courbe de tendance au cours de ce demi siècle est caractérisée par une hausse de 0,5°C par rapport à la moyenne inter annuelle qui est de 24,4°C.

Tableau 2 : Températures moyennes mensuelles (en °C) à Dakar (1951-2003)

Dakar 1951-2003	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne 24,4°C	21,2	21	21,3	21,7	23	25,8	27,2	27,4	27,5	27,6	26	23,3

Source : Direction de la Météorologie Nationale

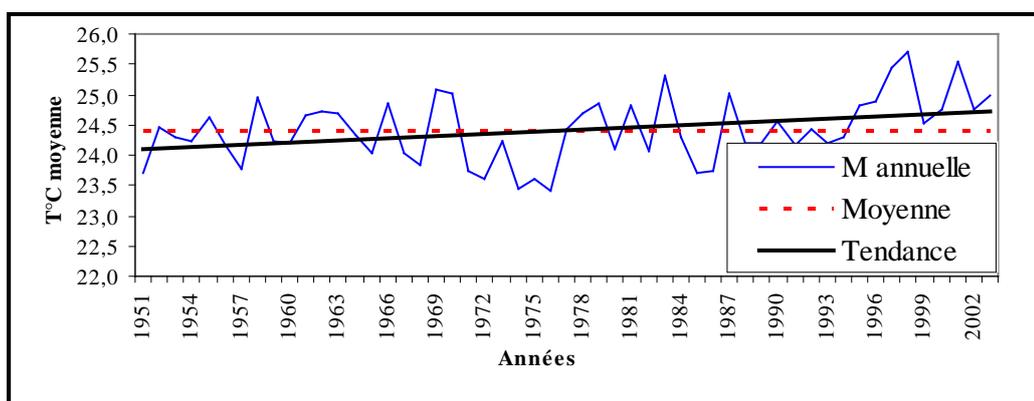


Figure 5 : Variabilité inter annuelle des températures moyennes annuelles à Dakar (1951-2003)

IV. 1.4. Les précipitations

Les pluies constituent l'essentiel des précipitations. L'analyse des données pluviométriques de la station de Dakar de 1950 à 2003 permet de faire les observations suivantes :

-l'hivernage dure en général de juin à octobre et ce sont les mois d'août et de septembre qui enregistrent le maximum de pluies. Le mois d'août est le plus pluvieux (fig. 6).

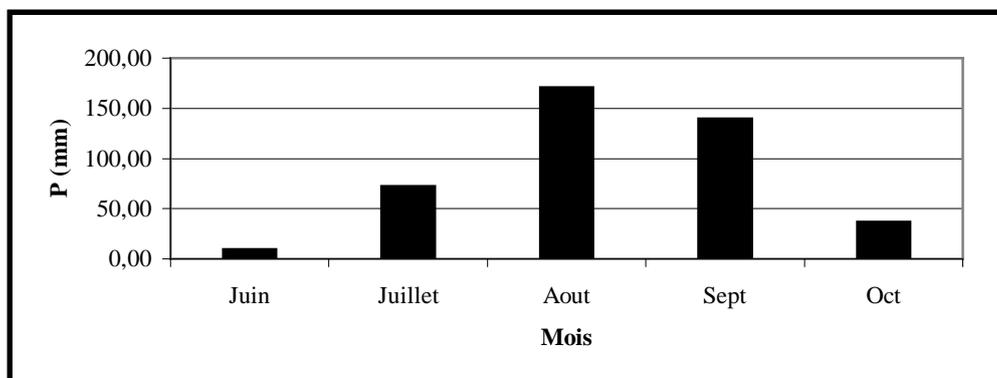


Figure 6 : Evolution de la pluviométrie moyenne mensuelle à Dakar (1950-2003)

Source : Direction de la Météorologie Nationale

-les pluies se caractérisent par une très forte variabilité inter annuelle. La courbe de variabilité montre que de 1950 à 1969 la pluviométrie était assez bonne avec une moyenne annuelle supérieure à 400 mm. Mais les années 1959 et 1968 sont très déficitaires. Elles enregistrent respectivement 269,1 mm et 247,9 mm. Puis de 1970 à 2003 nous avons une baisse importante de la moyenne pluviométrique annuelle, hormis l'année 1989 très pluvieuse avec une moyenne annuelle de 802 mm (fig. 7).

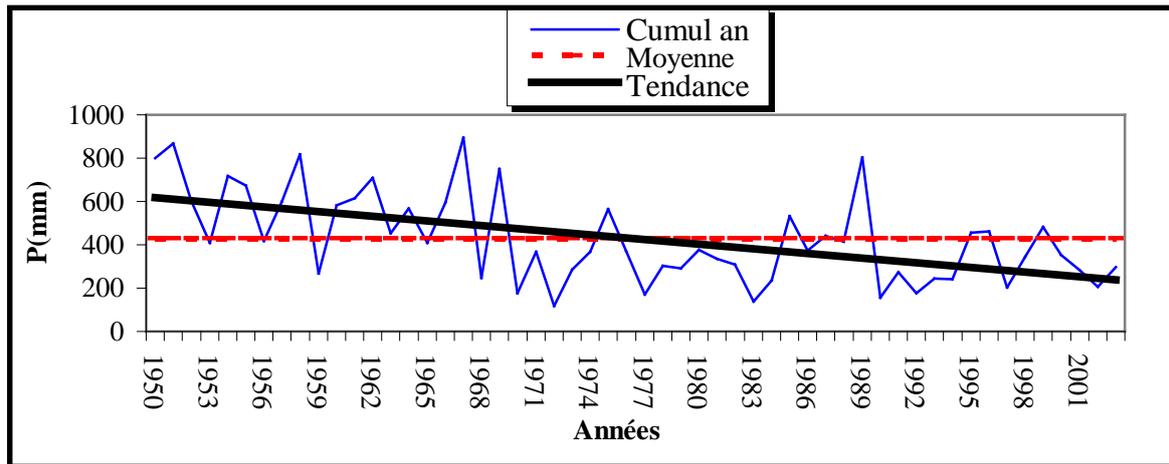


Figure 7 : Variabilité interannuelle des précipitations annuelles à Dakar (1950-2003)

Source : Direction de la Météorologie Nationale

La tendance générale observée au cours de cette période est une baisse de 146,7 mm par rapport à la moyenne interannuelle qui est de 428,5 mm. Cette baisse s'est accentuée à partir de 1970 qui marque le début de la sécheresse. Cette baisse a notamment pour conséquence une réduction des apports sédimentaires fluviaux vers l'océan.

IV. 2. Les facteurs hydrodynamiques

La morphologie du littoral sénégalais est régie par les vents, les marées et surtout par les houles qui transportent la majeure partie des sédiments.

IV. 2.1. Les houles et les mers du vent

Les houles sont des mouvements ondulatoires qui affectent la surface de l'eau et sont engendrées par les vents. Les houles longues, à la différence des mers du vent (engendrés par des vents locaux) et sont engendrées des vents au hautes latitudes et se caractérisent par de longues périodes, des hauteurs faibles et de grandes longueurs d'onde. L'importance des mers du vent dans le façonnement du littoral suscite des controverses. Pour Masse (1968) et Dwars, Heederik et Verhey Ingénieurs Conseils (1979), les mers du vents ont une influence minime alors que pour SOGREAH Ingénieurs Conseils (1981) et Nardari (1993), elles ne doivent pas être négligées, notamment pendant les périodes des alizés de NE. Au Sénégal, les trois catégories de houles longues qui agissent sur la morphologie du littoral, en particulier de la Petite Côte, sont (fig. 8) :

-les houles de NW issues de l'Atlantique Nord. Elles sont présentes pendant toute l'année. Elles subissent des phénomènes de réfraction et une série de diffractions au niveau de la pointe des Almadies, du Cap Manuel et de la pointe de Bel-Air (Riffault, 1980) et arrivent avec une direction SW sur la côte Sud en perdant une bonne partie de leur énergie. Elles se caractérisent en eau profonde, au large des côtes de Rufisque, par : une puissance avant de 1 kW. m^{-1} de crête de houle, une période moyenne de 6,3 s, une hauteur moyenne de 1,67 m et une longueur d'onde moyenne de 62 m (Nardari, 1993) ;

-les houles de SW, issues de l'Atlantique Sud. Elles n'affectent que la Petite Côte et uniquement pendant la saison des pluies. Ces houles, avec une énergie d'environ 10 kW. m^{-1} se caractérisent par : une hauteur moyenne de 1,49 m, une période moyenne de 5,7 s, une longueur d'onde de 51 m (Nardari, 1993) ;

-les houles exceptionnelles d'Ouest engendrées par des cyclones dans la mer des Caraïbes. Elles se manifestent d'octobre à décembre et sont plus énergétiques que les autres. Selon Nardari (1993), leurs caractéristiques sont les suivantes : une énergie de 15 kW. m^{-1} dans la zone de Rufisque, une hauteur moyenne de 1,78 m, une période moyenne de 7,33 s et une longueur d'onde de 73 m.

La côte Sud est marquée par un déferlement de type plongeant « plunging breaker »: la houle s'enroule sur elle même en volute pour constituer un rouleau et s'effondre brusquement. Il est spécifique des houles d'Ouest et de SW. Il se caractérise par des cambrures de houles peu importantes et des pentes de plage relativement faibles. Ce type de déferlement favorise le départ de sédiments vers le large. Nous l'avons observé au fond de la baie de Rufisque, près du quai de pêche.

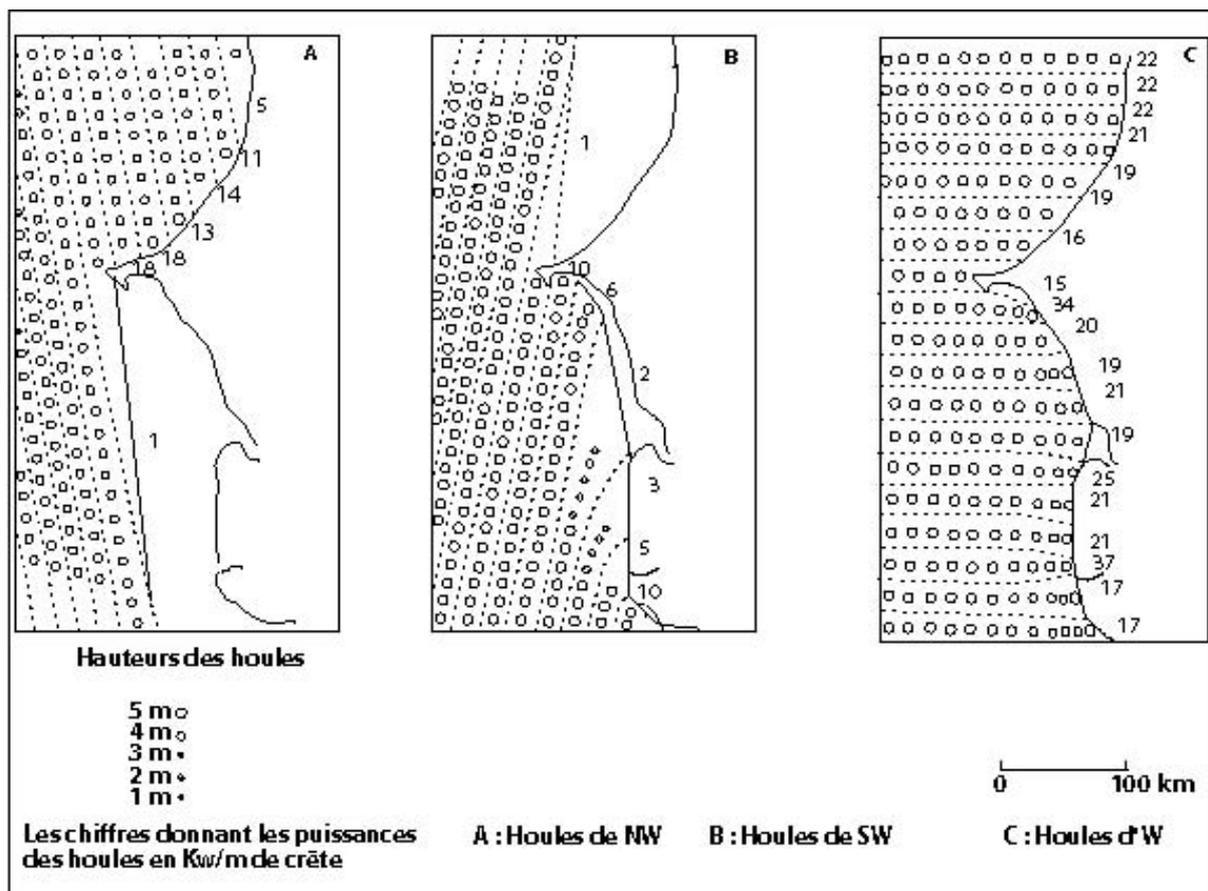


Figure 8 : Modèles de propagation des houles le long de la Petite Côte (d'après Nardari, 1993)

IV. 2.2. Les courants induits par les houles

Ils sont de deux types :

-les courants perpendiculaires à la côte. Ils sont intrinsèques aux houles, toujours présents, et comprennent deux composantes essentielles : les courants de surface et les courants de fond. Le sens du transport de sable "onshore-offshore" dépend des courants de fond. Ainsi, en période de beau temps, ces courants sont dirigés vers la côte et entraînent un engraissement de la plage alors qu'en régime de haute énergie (houle de forte cambrure), les courants de fond sont dirigés vers le large, ce qui entraîne un démaigrissement de la plage ;

-les courants de dérive littorale : ce sont des courants parallèles à la côte qui sont dus à une incidence oblique de la houle au rivage. Dirigés du Nord vers le Sud le long des côtes sénégalaises (Riffault, 1980), ces courants ont un rôle morphogénétique important : ils sont responsables de la formation et de l'entretien des flèches littorales. Dans la baie de Rufisque la dérive littorale est faible et peut changer de sens. Elle intervient à long terme et les

transports sédimentaires seraient dus essentiellement aux courants perpendiculaires à la côte (Niang Diop, 1995).

IV. 2.3 Le niveau marin et ses variations

L'érosion côtière se trouve en partie liée à l'augmentation du niveau marin (Bruun, 1962), celle-ci s'accompagnant d'une érosion de la plage aérienne et d'un dépôt sur la plage sous-marine. Les variations du niveau marin peuvent être journalières, saisonnières ou annuelles, ou à de plus grandes échelles de temps séculaires.

-Les variations journalières : ce sont les marées qui sont des mouvements oscillatoires du niveau marin dus à l'attraction des astres, essentiellement le soleil et de la lune, sur les masses d'eau terrestres. Les marées se caractérisent par leur période, c'est à dire le temps d'accomplissement d'un cycle de marée (une pleine mer et une basse mer) et par le marnage : dénivellation correspondant à la variation du niveau de la mer entre une pleine mer et une basse mer pour une même marée. Elles se manifestent par des phénomènes périodiques d'oscillations positive (marée haute) et négative (marée basse) de la surface de l'eau. Dans l'océan Atlantique, c'est l'onde lunaire qui domine et la marée est semi-diurne car on enregistre une pleine mer et une basse mer en l'espace de 12 heures. Au Sénégal, le marnage varie entre 1,2 et 1,6 m en marées de vives eaux et entre 0,5 et 0,6 m en marée de mortes eaux et nous avons donc des côtes microtidales de marnage inférieur à 2 m. Les courants de marée sont donc trop faibles pour transporter des sédiments.

-Les variations saisonnières : les enregistrements du marégraphe de Dakar (1943-1965) montrent l'existence de variations saisonnières du niveau moyen de la mer avec un minimum et un maximum qui correspondent respectivement à la période d'upwellings et à la saison des pluies (Niang Diop, 1995).

-Les variations séculaires : On s'attend ainsi à une accélération de l'élévation du niveau marin qui pourrait atteindre 9 à 88 cm d'ici 2100 (G.I.E.C, 2003). Le renforcement de l'effet de serre naturel par les émissions des gaz à effet de serre dans l'atmosphère a pour corollaire le réchauffement global de la planète. Et quand la température des océans augmente, le niveau marin augmente Les variations séculaires du niveau marin ont été estimées sur la base des données du marégraphe de Dakar à un taux de 1,4 mm par an à Dakar (Elouard *et al* ,1977).

IV.3. Les facteurs anthropiques

L'intervention de l'homme sur le littoral de Rufisque se résume essentiellement à des extractions de sables et à des aménagements sous forme d'ouvrages de protection.

IV.3.1. Les extractions de sable

Les problèmes d'érosion côtière peuvent être liés à des problèmes de déficit sédimentaire qui sont souvent d'origine anthropique. Les extractions de sables, qu'elles soient effectuées dans la plage sous-marine ou sur la plage aérienne, auront pour conséquences à long terme le recul de la ligne de rivage.

Le littoral entre Mbao et Bargny a été depuis longtemps un site privilégié pour le prélèvement de sables et de coquilles, du fait de la richesse du cordon en coquilles et de la qualité de son sable de plage. Ces sites sont localisés principalement entre Mbao et Diokoul, et à la sortie de Rufisque, à proximité de l'usine Bata. Ainsi, Niang Diop (1995) avait estimé les prélèvements entre 1500 à 2400 m³ par an pour la zone de Rufisque et signale qu'entre 1927 et 1933, 47410 tonnes de sables ont été prélevées lors de l'extraction de l'ilménite au niveau des plages de Rufisque.

IV.3.2. Les aménagements du littoral de Rufisque et leurs impacts sur l'érosion côtière

Il sont représentés entre le Cap des Biches et l'usine Bata par : le chenal d'alimentation en eau de refroidissement de la centrale thermique du Cap des Biches de la Société Sénégalaise d'Electricité (SENELEC) et les murs de protection qui sont de deux types : les murs en enrochements de Diokoul au cimetière de Thiawlène et les murs en béton de Diokoul.

IV.3.2.1. Le chenal de la SENELEC

Il s'agit d'une structure perpendiculaire au rivage d'une largeur de 10 m et qui s'étend maintenant sur environ 200 m depuis la côte. Son base se trouve à -3 m de profondeur et son bord supérieur à + 3m au dessus du niveau de la mer. Sow (1994) en a fait la description suivante.

Il est constitué par deux rideaux de palplanches larsen III ancrées à $-5,5$ m et qui sont surmontées par deux poutres longitudinales de couronnement en béton armé. Ces poutres sont maintenues par des butons transversaux distants de 10 m, également en béton armé.

Deux rails sont fixés sur les poutres de couronnement et permettent la circulation d'un chariot utilisé pour le dragage et l'entretien du chenal.

Dans la conduite principale du canal, le terrain naturel a été excavé jusqu'à la cote $-3,70$ m ; un radier en moellons de 10 à 30 kg est posé sur toute la longueur du canal sur une épaisseur de 0,7 m.

La structure du canal est renforcée à l'extérieur par du tout venant de carrière recouvert par des moellons de 10 à 30 kg protégés par des enrochements de 100 à 300 kg.

La digue, située à l'extrémité du chenal de forme trapézoïdale, est constituée d'un noyau de tout venant de carrière recouvert par des enrochements de 100 à 300 kg sur une épaisseur de 1 m, puis par des cubes de béton de 2,2 tonnes déposés en vrac sur une épaisseur de 2 m environ. Le sommet de la digue se situe à $+5$ m au dessus du niveau de la mer avec une largeur de 3,5 m

IV.3.2.2. Les murs de protection

On en distingue deux types à Rufisque :

+ les mur en béton de Diokoul situés de part et d'autre d'un débarcadère. La partie la plus courte et la moins haute a été construite en face du cimetière musulman de Diokoul.

Cette partie qui protège le cimetière est actuellement très endommagée, notamment ses parties extrêmes, suite à des affouillements à la base voir des effondrements visibles au extrémités dont certains sont affouillés et d'autres sont rompus ou ont complètement cédé (photo 2).



Photo 2 : Rupture et effondrement de l'extrémité Sud du mur de protection du cimetière musulman de Diokoul en juillet 2005 (prise le 19 octobre 2005)

De l'autre côté ne subsistent que quelques segments du mur la plupart s'étant affaissés avec mise à nu du géotextile sur lequel ils reposaient. La majeure partie de ce mur est maintenant totalement renversée et la mer a fini par faire tomber un mur de clôture d'une maison située derrière le mur en béton (photo 3).



Photo 3 : Etat actuel du mur en béton de Diokoul (prise le 07 octobre 2006)

+ les murs en enrochements (entre Keuri Souf et Bata et de celui qui fait suite au mur en béton et qui va jusqu'au cimetière chrétien) : c'est une digue trapézoïdale qui avait une largeur de 12 m à la base et de 5 m au sommet. Ce sommet qui se situait à +5 m au dessus du zéro hydrographique (Niang Diop, 1995) n'est actuellement qu'à environ à +3 m ou moins suite à son affaissement et au déplacement des moellons de calcaire du sommet vers l'arrière par les houles, Cet affaissement est plus accentué à Thiawlène où certaines parties de l'enrochement sont effondrées. Ainsi, le franchissement du mur par les vagues est maintenant très fréquent. De plus les ordures ménagères déversées sur le mur, rendent insalubre la côte le long du mur en enrochements.

Le sapement de la base du mur entraîne l'éboulement par endroits des blocs de basaltes et une disparition du reste de l'estran. Par ailleurs on remarque une avancée de la mer, à l'extrémité du mur en enrochements, vers la fin du cimetière de Thiawlène (photo 4).



Photo 4 : Avancée de la mer à l'extrémité du mur au niveau du cimetière de Thiawlène (prise le 19 octobre 2005)

Du côté de Diokoul on note une réduction importante de la hauteur du mur en enrochements comparé au mur de Thiawlène. Le clapotis affouille continuellement le pied de l'ouvrage de sorte que le niveau des blocs de basaltes est fortement abaissé. Le long de la côte les moellons de calcaires disparaissent sous le dépôt d'ordures ménagères ou de sable. L'estran a complètement disparu.

IV.3.2.2. Les impacts

L'observation des deux flancs du chenal de la SENELEC nous permet de dire que dans ce secteur du Cap des Biches la dérive littorale dominante est Nord Ouest-Sud Est et que le chenal a pour effet d'induire une accumulation du côté amont qui est compensée par une érosion du côté aval. Cette sédimentation fait que le côté vers Mbao est plus haut que le côté vers Rufisque.

Selon Sow (1994), la digue située à l'extrémité du chenal jouerait le rôle de brise-lames, et donc absorberait toute ou une partie de l'énergie des houles frontales, créant ainsi en arrière de la digue une zone de moindre énergie de vagues dans laquelle se déposent des sédiments, ce qui expliquerait en partie l'ensablement du chenal.

L'impact des murs de protection a été depuis longtemps sujette à controverse. La construction de tels ouvrages nécessite une bonne connaissance du régime des houles et le respect de certaines normes de construction. Ils peuvent s'ils sont mal conçus ou construits accentuer les processus d'érosion côtière.

Les principaux effets engendrés sont essentiellement :

-des phénomènes de réflexion des houles qui entraînent la mise en place en face du mur d'un champ de houle combinant houle incidente et houle réfléchi; ce qui a pour effets l'augmentation de l'énergie de houle. Ce champ induit des courants de houle sur le fond qui à proximité du mur sont parallèles à celui-ci, et contribuent à l'affouillement de sa base (photo 5). Il crée aussi des transports sédimentaires sur le fond. Par ailleurs ce renforcement de l'énergie des houles favorise la disparition de la plage située en avant du mur.

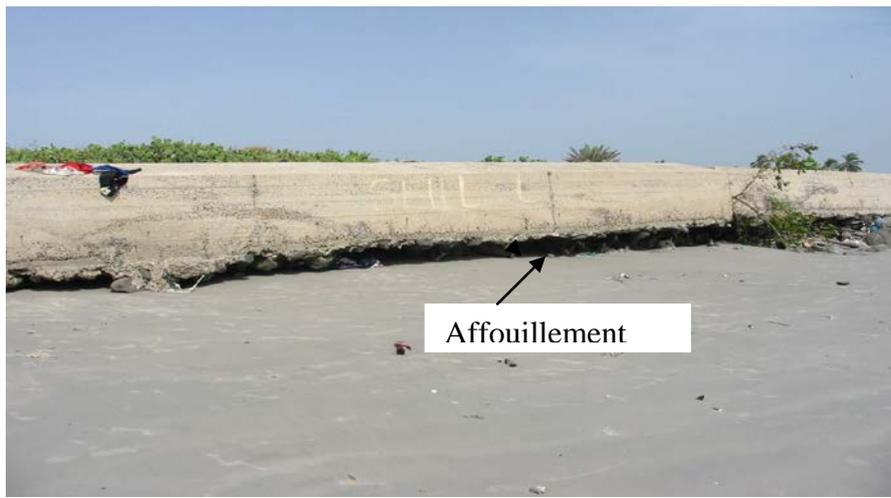


Photo 5 : Affouillement de la base du mur de protection du cimetière musulman de Diokoul (prise le 19 octobre 2005)

-des phénomènes de contournement qui se produisent à leurs extrémités. Ils provoquent des démaigrissements difficiles à compenser ;

S'il existe une dérive littorale, elle va éroder l'une des extrémités du mur de protection, pour recharger en sédiments. Un tel phénomène expliquerait la formation de la microfalaise présente à l'extrémité SE du mur en enrochements, à proximité du cimetière de Thiawlène (photo 6)



Photo 6 : Micro falaise due à l'érosion à l'extrémité du mur du cimetière de Thiawlène montrant le recul du rivage (prise le 19 octobre 2005)

CHAPITRE II : METHODES D' ETUDE

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer le comportement du littoral sous l'effet des agents dynamiques. Cependant, pour un suivi morphosédimentaire, il est nécessaire de faire la mesure régulière d'une série de profils de plage. Un profil de plage est une suite de pentes, qui sont liée à la taille des sédiments et au degré d'exposition des houles (Pinot, 1998). Les principales méthodes utilisées dans le cadre de ce travail ont été des méthodes topographiques et des méthodes sédimentologiques.

I. Méthodes topographiques

I. 1. Levés topographiques

Des profils de plage, au nombre de six, perpendiculaires à la côte, ont été levés mensuellement à l'aide d'un niveau de chantier, d'une mire et d'un ruban. Ces profils se répartissent entre le Cap des Biches et l'usine Bata (fig. 9). Chaque profil est positionné grâce à deux repères : un repère arrière fixe, situé sur l'arrière côte, à partir duquel commence le profil et un repère lointain stable (mur de clôture, maison, etc.) qui permet de contrôler la direction grâce à une valeur d'angle de la tourelle du niveau (angle compris entre les deux repères). La mire est placée sur les points remarquables des différentes unités morphologiques de la plage aérienne et de la plage sous-marine qui parfois était difficile d'accès.

Les campagnes de mesure de ces profils ont été toujours faites lors des périodes de marées basses de vives eaux, correspondant à la période de la pleine lune, dans le but d'obtenir la totalité de la plage aérienne et d'accéder aisément aux premiers mètres de la plage sous-marine et ceci de juin 2005 à décembre 2005.

I. 2. Analyse des profils de plage

Une échelle est préalablement choisie : 1 cm = 10 m pour les distances et 1 cm = 1 m pour les altitudes. Les profils sont tracés grâce à un programme informatique : le logiciel Adobe Illustrator 10, en utilisant une échelle relative. Le zéro, tant vertical (altitude) qu'horizontal (distance), est constitué par le repère arrière fixe de chaque profil. Ce logiciel a l'avantage, en plus de sa capacité d'afficher une grille en arrière plan sous forme de papier millimétré, de pouvoir faire des comparaisons de profils et de disposer de nombreux outils).

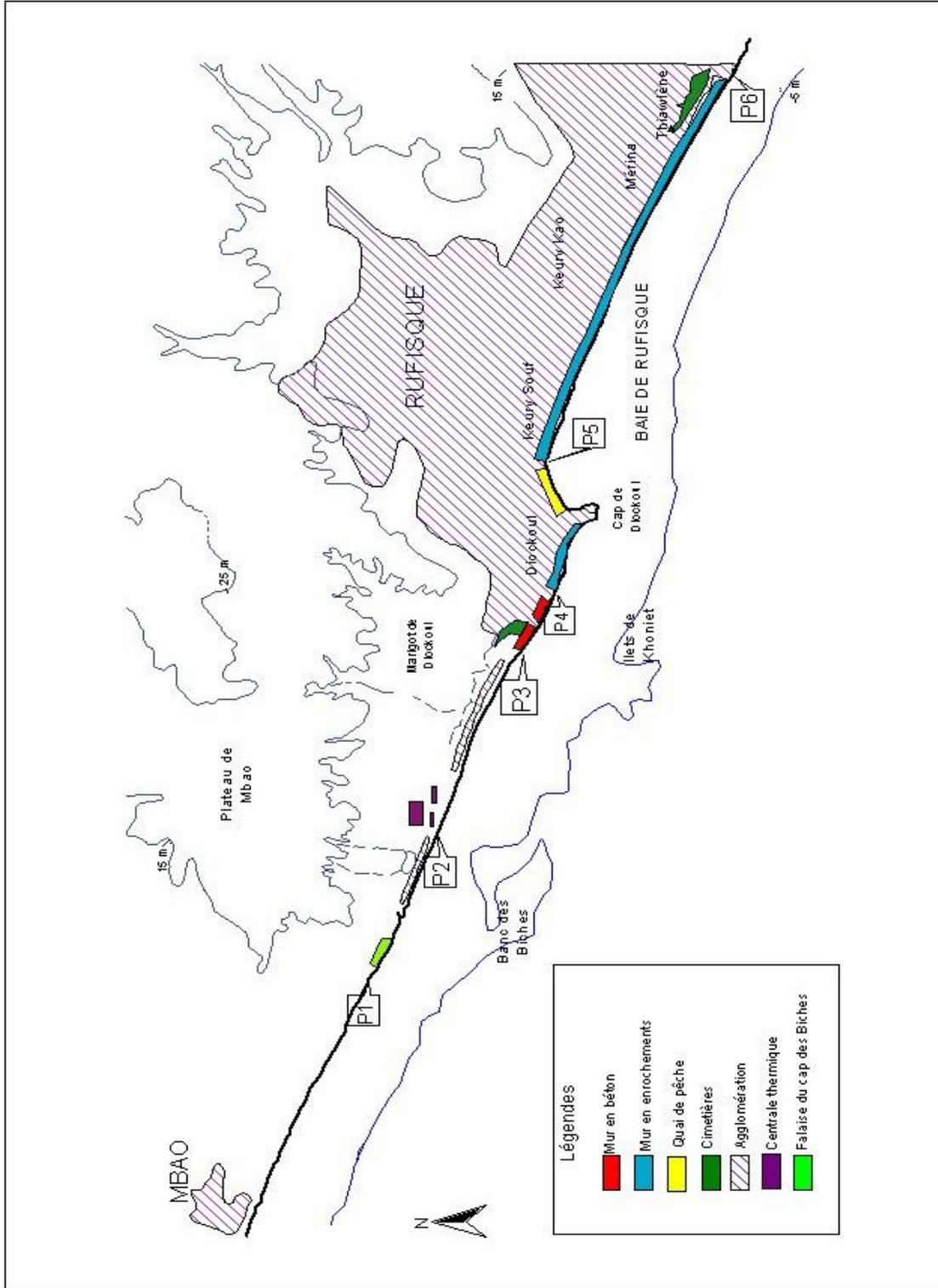


Figure 9 : Carte de localisation des profils de plage

géométriques qui permettent de mesurer les caractéristiques du profil de plage (largeur et pente

Les différentes unités morphologiques de la plage (fig. 10) ont été déterminées en utilisant la terminologie classique de Brenninkmeyer (1982) et Davis (1982). Ainsi, nos profils sont relatifs à la plage aérienne et à une partie de la plage sous marine.

Par ailleurs, la forme du tracé du profil est déterminée en utilisant la terminologie de Sonu et Van Beek (1971) qui distinguent trois grandes formes : concaves, rectilignes, et convexes, avec ou sans berme.

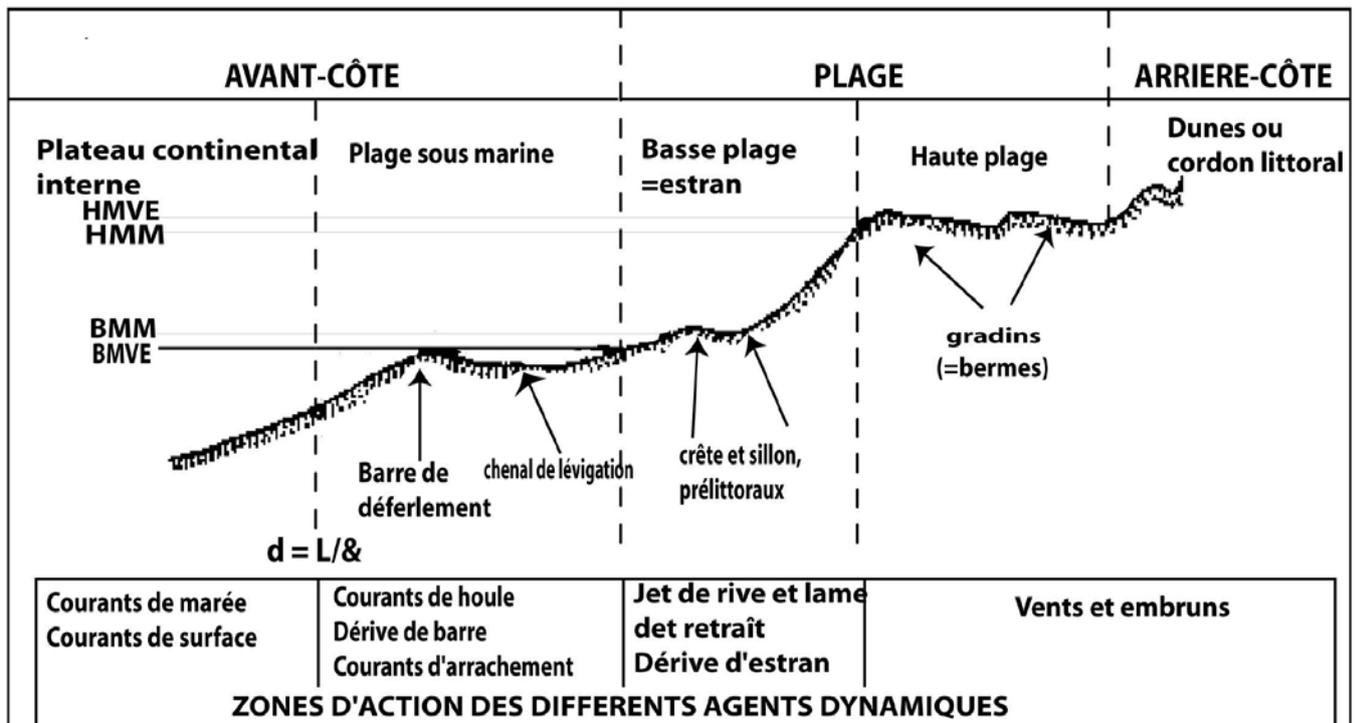


Figure 10 : Principales unités morphologiques d'une plage sableuse et ses agents dynamiques (d'après Brenninkmeyer 1982 et Davis, 1982)

Les principales unités morphologiques qui ont fait l'objet de suivi sur les plages de Rufisque sont :

-La haute plage : c'est la partie du système sableux littoral qui n'est recouverte que lors des houles de tempête et est dépourvue de végétation. Sa limite inférieure, fluctuante, correspond à la limite du jet de rive, généralement marquée par une rupture de pente ou des objets divers qui constituent la laisse de haute mer. Elle constitue, avec l'estran, la plage aérienne ;

-L'estran, ou zone intertidale des biologistes, est la partie qui est alternativement recouverte et découverte par la mer suivant la marée. Sa largeur est fonction de l'amplitude de la marée. Elle peut avoir une pente uniforme ou présenter une rupture de pente permettant de distinguer un haut estran d'un bas estran. Il s'étend entre la limite du jet de rive et le début de la plage sous-marine. Cette limite inférieure correspond au niveau des basses mers maximum et peut parfois présenter un talus ;

-La plage sous-marine est située entre le niveau des plus basses mers possibles (maximum) et la profondeur de fermeture du profil de plage, qui est égale à la demi longueur d'onde des houles de beau temps. A partir de cette longueur, la houle a une influence sur le fond. Toujours submergée et de profondeur croissante, la plage sous-marine n'a pu être explorée que dans ses premiers mètres c'est-à-dire dans la zone de surf, précisément entre la limite inférieure de l'estran et le déferlement.

Le suivi de l'évolution mensuelle des unités morphologiques des profils a été faite par la mesure de leur largeur et de leur pente sous forme de tangente β .

Afin de mettre en évidence l'évolution morphologique mensuelle des profils, ceux-ci ont été superposés deux à deux. D'un mois à l'autre, on a pu identifier les zones en érosion et/ou en accumulation. Les mouvements au sein des profils ont été quantifiés pour chaque unité morphologique (haute plage, estran, plage sous-marine). Le volume de sable érodé (-) ou accumulé (+) par mètre linéaire de plage est déterminé en calculant d'abord une surface (hauteur x longueur) qu'on multiplie par un (1), en supposant qu'il n'y a pas de modifications à un mètre de part et d'autre du profil, ce qui permet d'estimer la quantité de mouvements sédimentaires entre deux mois. Puis, pour chaque profil, les cumuls ont été calculés par unité morphologique et pour l'ensemble du profil. Les méthodes de calculs utilisés ont bien sûr des limites, mais néanmoins permettent d'obtenir une idée d'ensemble des mouvements verticaux affectant un profil donné.

II. Méthodes sédimentologiques

II. 1. Echantillonnage

Pour faire l'analyse granulométrique de la plage, des prélèvements ont été effectués une fois tous les deux mois (bimestriels) au niveau des différentes unités morphologiques : haute plage, haut estran, mi-estran, bas estran (mer) et déferlement.

Le profil de la plage exprime une réponse aux houles ayant régné pendant une brève période temps. Ainsi, un prélèvement en profondeur est composé de différentes laminées correspondant à des conditions de dépôt différentes. Selon Chauhan (1992), un prélèvement en profondeur ne peut pas être utile pour obtenir des informations sur les variations récentes des plages. Ainsi, tous nos prélèvements se faisaient par un simple raclement de la surface de l'unité considérée.

II. 2. Analyse granulométrique

Au laboratoire, les sédiments prélevés sont soumis à un lavage suivi d'une décarbonatation et d'un tamisage.

Les échantillons sont lavés sur un tamis de cinquante microns (50 μm) et séchés à l'étuve. Ce lavage a pour but d'enlever uniquement le sel et certaines impuretés. Ensuite, pour chaque échantillon cent cinquante grammes ont été attaqués à froid à l'acide chlorhydrique à 30%. Après plusieurs attaques, les sédiments, finalement décarbonatés, sont lavés à plusieurs reprises et séchés à l'étuve. Les pourcentages de carbonates (CaCO_3) sont calculés par la formule suivante :

$$\% \text{CaCO}_3 = \frac{150 \text{ g} - \text{poids après attaque}}{150 \text{ g}} * 100$$

Le tamisage à sec des sédiments est effectué sur une colonne de 16 tamis (50 à 1600 μm) de norme AFNOR (série de raison $10\sqrt{10}$) avec une amplitude de vibration 40 pendant environ 15 minutes.

Le refus de chaque tamis est récupéré et pesé grâce à une balance de précision (au milligramme près). A partir d'un programme informatique, : le logiciel "Origine 6. 0", on a pu tracer à partir des refus pondéraux des tamis, les courbes des pourcentages cumulés en fonction des diamètres des tamis, exprimés en unités phi (Φ). Ce logiciel permet aussi, à partir de ces courbes, de déterminer les quartiles (Q_5 , Q_{16} , Q_{25} , Q_{50} , Q_{75} , Q_{84} et Q_{95}) qui permettent de calculer les principaux indices granulométriques de Folk et Ward (1957).

-La moyenne (Mz)

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

D'après Reineck et Singh (1975) elle donne une idée sur l'énergie du milieu. Cependant elle est influencée par la granulométrie du sédiment source (Sahu, 1964 ; Folk, 1966)

Elle permet de déterminer le type de sable en utilisant l'échelle de Wentworth.

2000 μm	1000 μm	500 μm	250 μm	125 μm	63 μm
Sables très grossiers	Sables grossiers	Sables moyens	Sables fins	Sables très fins	Silts

-L'indice de classement ou de tri, sigma (σ), de Folk et Ward (1957)

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

Il permet de déterminer le degré de classement des sédiments en utilisant l'échelle suivant.

Indices de classement	
Très bien classé	0,35
Bien classé	0,50
Moyennement bien classé	0,71
Moyennement classé	1
Mal classé	2

-L'indice d'asymétrie ou skewness (SK)

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

Il permet de voir l'abondance des particules fines ou grossières par rapport à la médiane, et mesure donc la symétrie de la distribution granulométrique. Les courbes symétriques ont un skewness voisin de zéro. Quand le skewness est négatif, on a une asymétrie (une abondance) du côté des éléments grossiers alors que quand il est positif, l'asymétrie est du côté des éléments fins.

-L'indice d'acuité ou kurtosis (K)

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

Ce paramètre donne le rapport entre l'étendue de la partie centrale et l'étendue des extrémités de la distribution granulométrique. Il mesure l'acuité des courbes de fréquence. Suivant la valeur de K, on distingue trois cas :

- les sédiments mésokurtiques ($0,6 < K < 1,5$) qui ont des courbes moyennes ;
- les sédiments platykurtiques ($K < 0,6$) qui présentent des courbes de fréquence très aplaties ;
- les sédiments leptokurtiques ($K > 1,5$) qui ont des courbes de fréquence très aiguës.

Cet indice, peu utilisé, reflète également la présence ou non de plusieurs modes. Selon Folk (1966), deux modes d'importance égale et très espacés donnent des courbes très platykurtiques alors qu'un mode secondaire dans les grossiers ou dans les fins détermine une distribution leptokurtique.

Ces indices de Folk et de Ward ne s'appliquent qu'à des sédiments unimodaux. Pour les sédiments plurimodaux, on se limitera donc à donner les modes et les pourcentages.

CHAPITRE III : RESULTATS DU SUIVI MORPHOSEDIMENTAIRE DES PROFILS DE PLAGE

I. Profil 1 (P₁)

Il est situé à une centaine de mètres au nord-ouest de la falaise du Cap des Biches en allant vers Mbao, sur la falaise constituée de marnes feuilletées de l'Yprésien, d'une hauteur d'environ 1,5 à 2 m.

I. 1. Analyse des données morphologiques

I. 1.1. Caractéristiques morphologiques

Cette plage est marquée par l'absence de haute plage. Elle est limitée par une falaise de hauteur moyenne 2 m L'estran est large en moyenne de 26 m et sa pente, peu variable, est de 0,06 en moyenne (tableau 7).

La zone de surf de cette plage sous-marine a une largeur moyenne de 13 m et sa pente, plus faible que celle de l'estran est en moyenne de 0,03 et peu variable. Cela donne une allure généralement concave aux profils de plage. La faible largeur (2 m) en août était liée à un problème d'accès.

La forme générale des profils est concave-rectiligne (fig. 11). De juillet à octobre, on a noté la présence de blocs de basaltes et de calcaires, depuis la limite supérieure de l'estran jusqu'au pied de la falaise (photo 2).

Tableau 3 : Principales caractéristiques morphologiques du profil P₁

L (m) = largeur en mètres ; P = pente sous forme tan β

Mois	Falaise	Estran		Plage sous-marine		Forme
	H (m)	L (m)	P	L (m)	P	
Juin-2005	2,9	22	0,06	19	0,02	Concav-rect
Juillet	2,4	30	0,04	14	0,02	Concav-rect
Août	1,7	13	0,13	2	0,04	Concave
Septembre	2	31	0,05	11	0,03	Concav-rect
Octobre	1,9	27	0,04	20	0,03	Rectiligne
Novembre	1,94	29	0,05	15	0,03	Concav-rect
Décembre	1,6	27	0,06	12	0,05	Concav-rect
Moyenne	2	26	0,06	13	0,03	concave

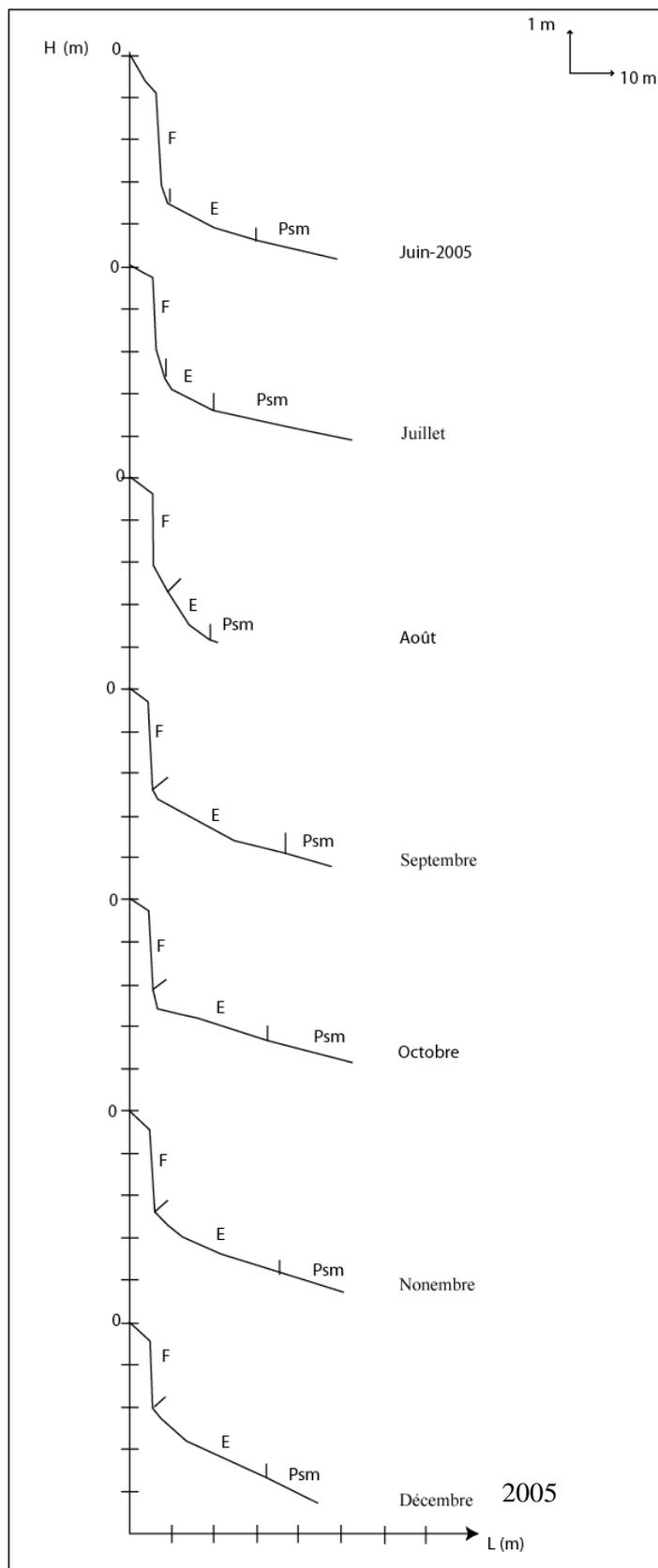


Figure 11 : P₁- Profils mensuels de plage

H (m) =hauteur en mètres; L (m) = longueur en mètres ; F = Falaise ; E = estran ; Psm = plage sous-marine



Photo 7 : Vue du profil P₁. Notons la présence de blocs de calcaires et de basaltes au contact de la falaise en cas d'érosion (prise le 19 octobre 2005)

I. 1.2. Evolution des mouvements verticaux

Les mouvements verticaux de ce profil sont caractérisés par l'alternance de périodes d'accumulation et d'érosion (fig.12) avec une prédominance des mouvements d'accumulation. L'accumulation la plus importante a été notée entre septembre et octobre avec un taux de $+ 9,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-1}$ sur l'estran et l'érosion la plus importante entre octobre et novembre avec un taux de $- 12,85 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ (tableau 4). Ces mouvements de grande ampleur affectent l'ensemble du profil. L'érosion se manifeste souvent par une concavité du profil au contact de la falaise. Quand elle est importante, apparaissent sur le haut estran, au contact avec la falaise, des blocs de calcaire mélangés à des blocs de basaltes (photo 2).

Tableau 4 : Evolution morphologique mensuelle du profil P₁
(Mouvements verticaux exprimés en m^3 par mètre linéaire de plage)

Périodes	Estran = plage aérienne	Plage sous-marine	Total
Juin-Juillet 2005	+2,39	+3,14	+5,53
Juillet-Août	-3,90	/	
Août-Septembre	+4,73	/	
Septembre-Octobre	+9,15	+4,45	+13,6
Octobre-Novembre	-12,85	-3,04	-15,89
Novembre-Décembre	+5,77	-0,89	+4,88
Cumul	+5,29	/	//

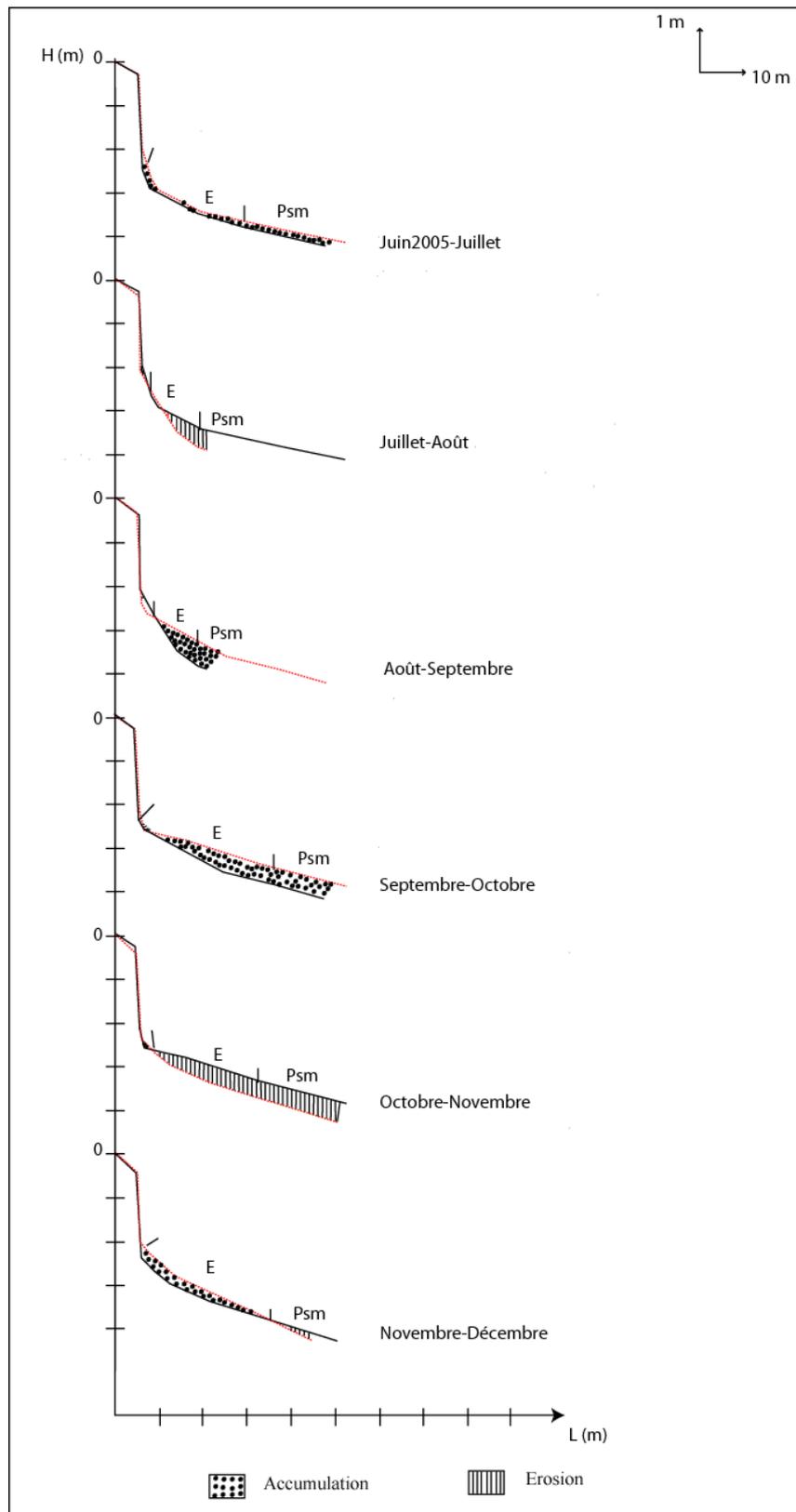


Figure 12 : P₁- Comparaisons des profils mensuels de plage

H (m) = hauteur en mètres; L (m) = longueur en mètres ; F = Falaise ; E = estran ; Psm = plage sous-marine

I. 2. Analyse des données sédimentologiques

Nous avons sur cette plage des sables très fins à fins ($106 \mu\text{m} < Mz < 209 \mu\text{m}$), bien à très bien classés ($0,3 < \text{Sig} < 0,49$), à skewness en général positif et mésokurtiques. Le skewness est rarement négatif. Des sédiments bimodaux ont été notés au niveau de la plage sous-marine en décembre avec un mode fin principal de $125 \mu\text{m}$ et un mode grossier secondaire de $1000 \mu\text{m}$ (tableau 6). Le pourcentage de carbonates varie entre 9,8 et 32,53 % (tableau annexe).

La granulométrie de l'estran et de la plage sous-marine suivent la même évolution : nous avons une augmentation de juin à août et d'octobre à décembre et une diminution d'août à octobre. L'augmentation s'accompagne d'une détérioration du classement alors qu'une diminution s'accompagne d'une amélioration de celui-ci (tableau 5).

La granulométrie moyenne le long du profil diminue de l'estran à la plage sous-marine (figure 13). Au niveau du bas estran, la granulométrie la plus fine est notée en août (fig. 14). Le diagramme de dispersion Mz-sigma permet de distinguer d'une part les sables du haut estran et du déferlement qui sont très bien classés, d'autre part les sables bien classés du bas estran (fig. 15).

Tableau 5 : Variations de la moyenne Mz (en μm) et de l'indice de classement Sig du profil P₁ selon les unités morphologiques

	Plage aérienne=Estran				Plage sous-marine	
	Haut estran		Bas Estran		Déferlement	
	Sig	Mz	Sig	Mz	Sig	Mz
juin 05	0,21	157	0,3	152	0,3	149
Août	0,38	200	0,42	192	0,36	192
Octobre	0,34	141	0,49	138	0,3	106
Décembre	0,36	182	0,3	152	/	Sédiments bimodaux
Moyenne	0,34	170	0,38	160	0,32	143

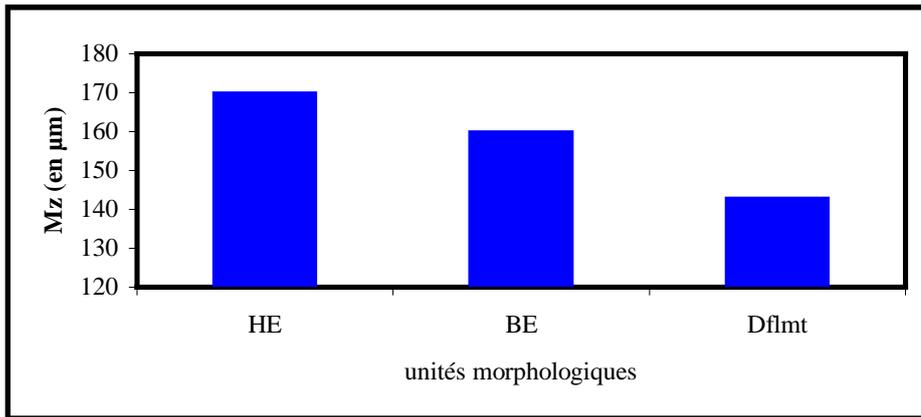


Figure 13 : Evolution de la granulométrie moyenne le long du profil P₁

HE = haut estran ; BE = bas estran ; Dflmt = Déferlement

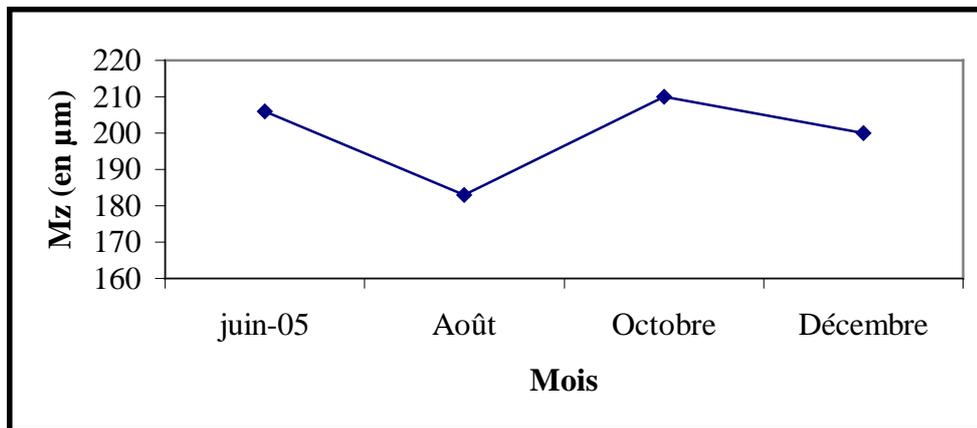


Figure 14 : Evolution de la moyenne Mz (en μm) au niveau du bas estran de P₁

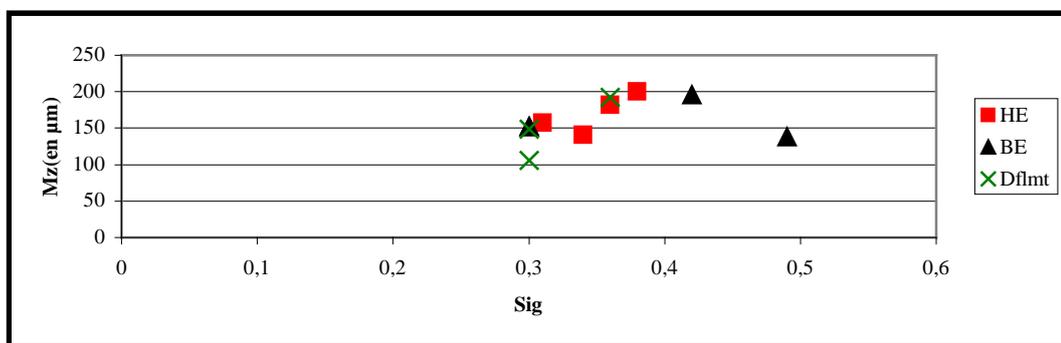


Figure 15 : Diagramme de dispersion Mz-sigma en fonction des unités morphologiques du profil P₁

HE = haut estran ; BE = bas estran ; Dflmt = Déferlement

Tableau 6 : Variations moyennes des principaux indices granulométriques du profil P₁

Avec M₁ et M₂ modes principal et secondaire (en µm) P₁ et P₂ pourcentages des modes principal et secondaire

Profil 1	juin-05	Août	Octobre	Décembre
Laisse de haute mer				
Mz(µm)	171	209	158	193
Sig	0,3	0,37	0,3	0,37
Sk	0,09	1,13	0,1	0,07
K	1,02	1,12	0,99	1,05
Mi-estran				
Mz(µm)	142	190	123	171
Sig	0,31	0,38	0,37	0,34
Sk	0,08	-0,02	0,03	0,03
K	1,14	1,11	1,16	0,99
Bas estran				
Mz(µm)	152	196	138	152
Sig	0,3	0,42	0,49	0,3
Sk	0,15	0,04	-0,19	-0,08
K	0,9	1,04	1,74	1,06
Déferlement				
Mz(µm)	149	192	106	Sédiments bimodaux ; M ₁ =125 P ₁ =0,02; M ₂ =1000 P ₂ =48,65
Sig	0,3	0,36	0,3	
Sk	0,05	0,08	0,17	
K	0,96	1,02	1,25	

II. Profil 2 (P₂)

Il est situé sur le petit canal évacuateur de l'eau qui a refroidi la centrale thermique du Cap des Biches, juste après le grand canal d'alimentation en eau de refroidissement de cette centrale, en allant vers Mbao.

II. 1. Analyse des données morphologiques

II. 1.1. Caractéristiques morphologiques

Ce profil présente une plage aérienne très large. Ici l'estran mesure 50 m de large en moyenne et sa pente est en moyenne de 0,03 (tableau 7). La largeur du canal explorée est de 26 m. Le jet de rive se situe souvent en avant du canal. Cependant, aux mois de juin, août et octobre, le jet de rive avait dépassé la limite du canal de 2,6 m en juin et de 4 m en octobre. La largeur de la plage sous-marine explorée est en moyenne de 16 m et sa pente moyenne (0,04) est supérieure à celle de l'estran.

Des minéraux lourds ont été observés sur cette plage aux mois de novembre et de décembre et des croissants de plage aux mois d'octobre et de décembre, à environ 200 m du canal.

La forme générale du profil de plage est convexe à rectiligne, avec des profils souvent composites. (fig.16).

Tableau 7 : Principales caractéristiques morphologiques du profil P₂

L (m) = largeur en mètres ; P = pente sous forme tan β

Mois	Estran		Plage sous-marine		Forme
	L (m)	P	L (m)	P	
juin 05	58	0,03	11	0,05	Convexe
Juillet	60	0,03	14	0,04	Rectiligne
Août	51	0,02	11	0,04	Conv-concav
Septembre	36	0,04	32	0,01	Concave
Octobre	48	0,03	11	0,05	Rectiligne
Novembre	48	0,03	16	0,05	Rect-conv
Décembre	51	0,02	/	/	Rectiligne
Moyenne	50	0,03	16	0,04	Convexe

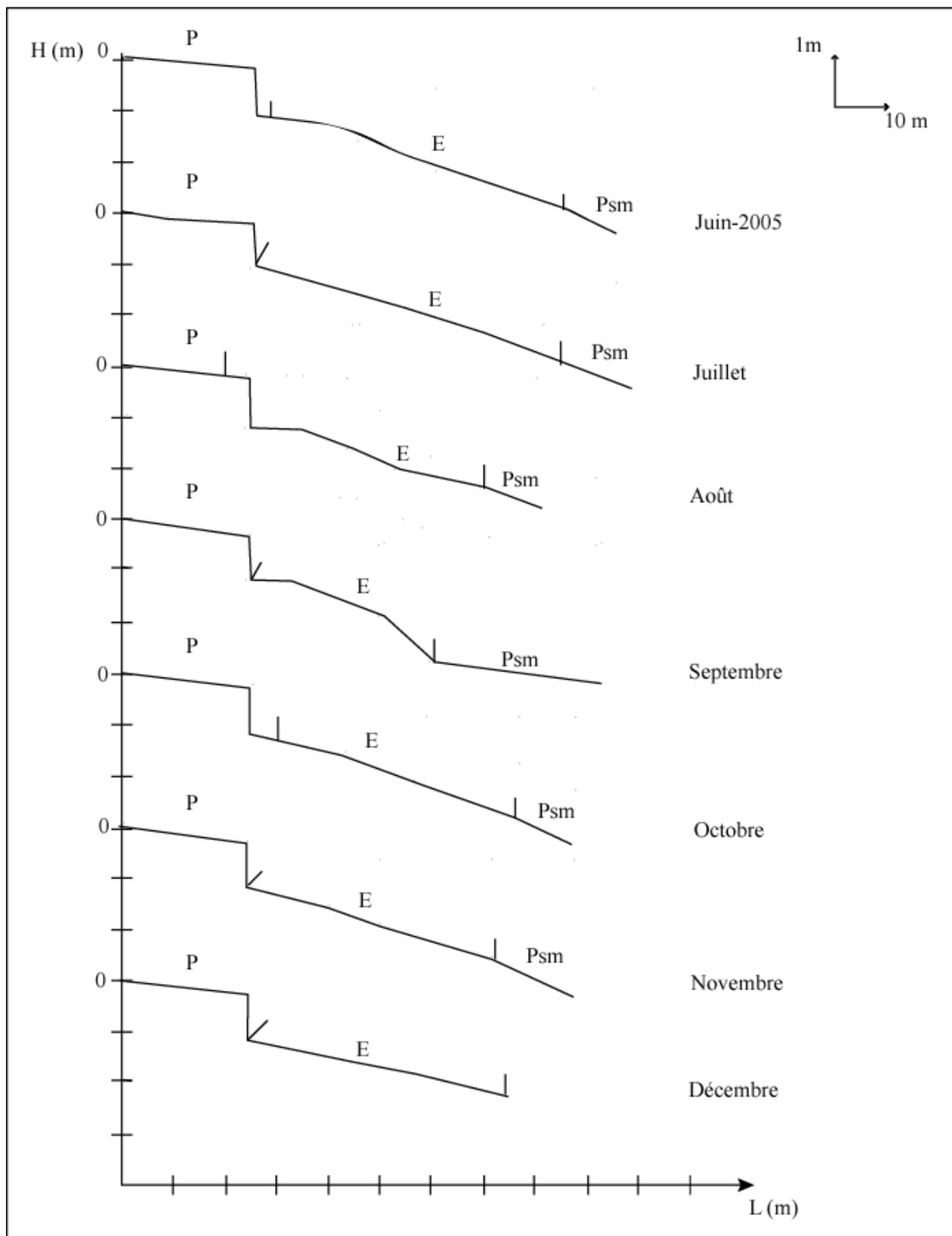


Figure 16 : P₂. Profils mensuels de plage

H (m) = hauteur en mètres; L (m) = longueur en mètres; P = C canal; E = estran; Psm = plage sous-marine

II. 1.2. Evolution des mouvements verticaux

En terme d'évolution mensuelle, cette plage présente une tendance accrétionnelle, interrompue entre juillet et septembre par des mouvements d'érosion. Cette érosion a culminé sur la plage aérienne de même que sur la zone de surf entre août et septembre avec des taux respectifs de $-7,2 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ et de $-4,24 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ (tableau 8, fig. 17). L'accumulation a atteint son maximum sur l'estran entre novembre et décembre avec un taux de $+8,39 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ et sur la plage sous-marine entre septembre et octobre avec un taux de $+4,97 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$.

Cependant, il est important de préciser que les mouvements observés juste après le canal sont influencés par l'eau qui sort de ce dernier, qui parfois aussi pouvait accentuer le démaigrissement de la plage en cas d'érosion ou diminuer l'amplitude lors d'un engraissement de celle-ci.

Tableau 8 : Evolution morphologique mensuelle du profil P₂

(Mouvements verticaux exprimés en m^3 par mètre linéaire de plage)

Périodes	Estran	Plage sous-marine	Total
Juin-Juillet 2005	+0,28	+0,77	+1,05
Juillet-Août	-2,51	/	/
Août-Septembre	-7,2	-4,24	-11,44
Septembre-Octobre	+0,23	+4,97	+5,2
Octobre-Novembre	+1,37	+0,76	+2,13
Novembre-Décembre	+8,39	+1,41	+9,8
Cumul	+0,56	+3,67	

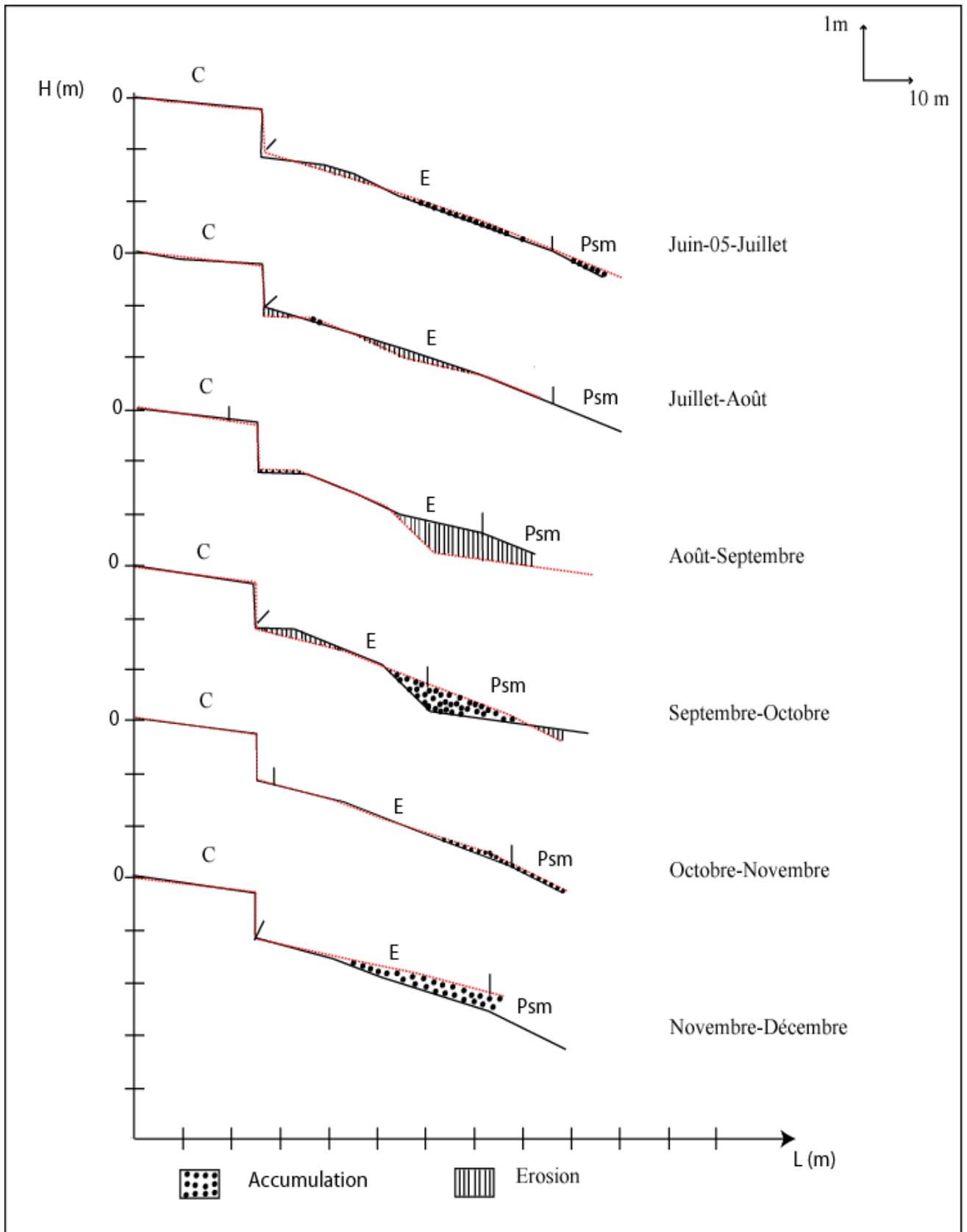


Figure 17 : P₂- Comparaison des profils mensuels de plage

C = canal = haute plage ; E = estran ; Psm = Plage sous-marine

II. 2. Analyse des données sédimentologiques

Nous avons sur cette plage des sables fins ($131 \mu\text{m} < Mz < 229 \mu\text{m}$), moyennement bien à très bien classés ($0,32 < Sig < 0,62$), mésokurtiques, à skewness positif sur la plage aérienne (tableau 9) et à pourcentage de carbonates variant entre 6,93 et 24 % (tableau annexe). Cette plage se caractérise par l'homométrie des sédiments, surtout aux mois d'août et de décembre, avec la même classe modale ($200 \mu\text{m}$) pour toutes les unités (tableau). Des sédiments bimodaux ont été notés sur le bas estran et au niveau de la plage sous-marine en décembre avec un mode fin principal de $200 \mu\text{m}$ et un mode grossier secondaire de $1000 \mu\text{m}$.

L'évolution de la granulométrie moyenne le long du profil montre une très faible variation entre la haute plage et le haut estran (fig.18). Même si c'est le bas estran qui enregistre la granulométrie la plus grossière, la variation de celle-ci par rapport aux autres unités reste faible. Par ailleurs on note une baisse de la granulométrie moyenne de la haute plage à la plage sous-marine. L'évolution bimensuelle de la moyenne Mz au niveau du bas estran montre que celle-ci atteint son maximum en octobre et son minimum au mois d'août (fig. 19), évolution comparable à celle de P₂.

Le diagramme de dispersion Mz-sigma ne permet pas de distinguer les différentes unités morphologiques (fig. 20), ce qui confirme une fois de plus la prédominance sur cette plage de sédiments homogènes. Ce qui les distingue c'est l'indice de classement.

Tableau 9 : Variations de la moyenne Mz (en μm) et de l'indice de classement Sig du profil P₂ selon les unités morphologiques

	Plage aérienne						Plage sous-marine	
	Haute plage		Haut estran		Bas Estran		Déferlement	
	Sig	Mz	Sig	Mz	Sig	Mz	Sig	Mz
juin 05	0,38	213	0,37	185	0,62	206	0,53	131
Août	0,53	172	0,39	194	0,35	183	0,38	222
Octobre	0,33	193	0,36	181	0,43	210	0,47	163
Décembre	0,37	196	0,38	211	/	Sédiments bimodaux	/	Sédiments bimodaux
Moyenne	0,4	194	0,38	193	0,47	200	0,46	179

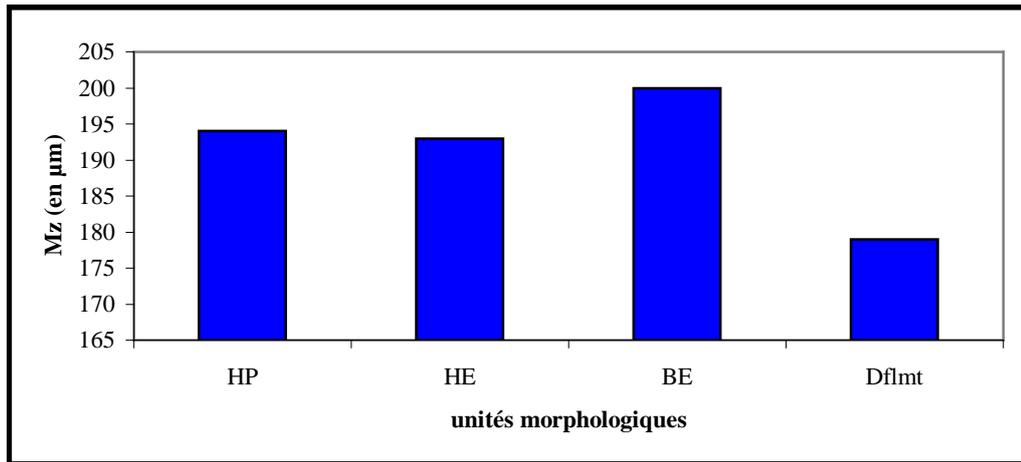


Figure 18 : Evolution de la granulométrie moyenne le long du profil P₂

HP =haute plage ; HE = haut estran ; BE = bas estran ; Dflmt = Déferlement

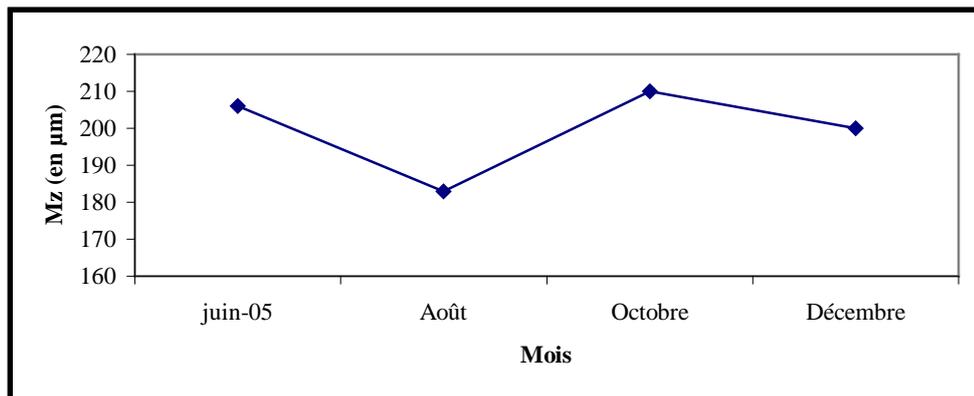


Figure 19 : Evolution de la moyenne Mz (en µm) au niveau du bas estran de P₂

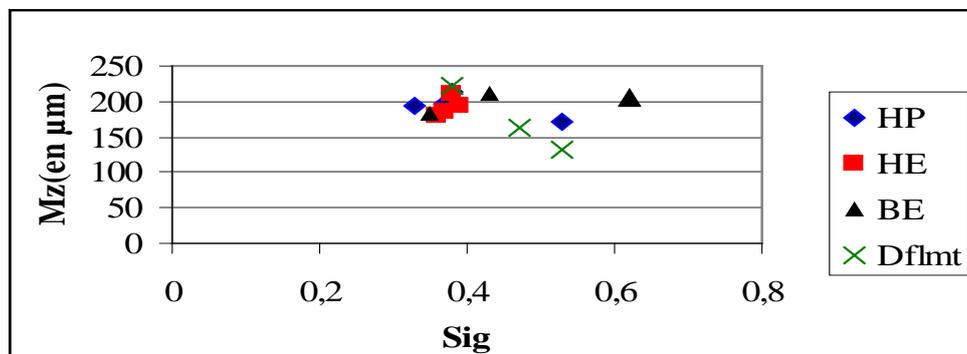


Figure 20 : Diagramme de dispersion Mz-sigma en fonction des unités morphologiques du profil P₂

HP =haute plage ; HE = haut estran ; BE = bas estran ; Dflmt = Déferlement

Tableau 10 : Variations moyennes des principaux indices granulométriques du profil P₂

Avec et M₁ et M₂ modes principal et secondaire (µm) ; P₁ et P₂ pourcentages des modes principal et secondaire

Profil 5	juin-05	Août	Octobre	Décembre
Haute plage				
Mz (µm)	213	172	193	196
Sig	0,38	0,53	0,33	0,37
Sk	0,1	0,35	0,16	0,19
K	1,12	1,08	1	1,02
Laisse de haute mer				
Mz (µm)	183	200	182	229
Sig	0,41	0,45	0,36	0,37
Sk	0,05	0,28	0,1	0,07
K	1	1,23	0,92	1,09
Mi-estran				
Mz (µm)	187	188	179	193
Sig	0,32	0,33	0,35	0,39
Sk	0,2	0,24	0,15	0,24
K	0,85	0,86	0,9	0,98
Bas estran				
Mz (µm)	206	183	183	Sédiments bimodaux M ₁ =200 P ₁ =30,03 M ₂ =1000 P ₂ =0,03
Sig	0,62	0,35	0,44	
Sk	0,08	0,22	0,11	
K	0,92	0,82	0,98	
Déferlement				
Mz (µm)	131	222	163	Sédiments bimodaux M ₁ =200 P ₁ =28,88 M ₂ =1000 P ₂ =0,01;
Sig	0,53	0,38	0,47	
Sk	-0,08	0,16	-0,01	
K	1,13	0,98	1,06	

III. Profil 3 (P₃)

Il est situé à l'extrémité Sud du mur en béton qui protège le cimetière musulman de Diokoul, juste en face du mur de clôture du cimetière.

III. 1. Analyse des données morphologiques

III. 1.1. Caractéristiques morphologiques

La plage aérienne est relativement courte, avec une largeur moyenne est de 39 m et sa pente, peu variable, est de 0,06 en moyenne (tableau 11). Elle est principalement constituée d'un estran, large en moyenne de 36 m, avec une pente moyenne de 0,06 peu variable. La haute plage, très étroite, mesure 3 m en moyenne, mais sa pente moyenne (0,17) est plus forte que celle de l'estran. Cette haute plage s'adosse à un cordon littoral couvert d'une végétation de figuiers de Barbarie par l'intermédiaire d'une microfalaise, ce qui influence sa pente. Mais les fortes pentes observées en novembre (0,29) et décembre (0,18) sont consécutives respectivement à une forte érosion et à une forte accumulation. Des blocs de calcaires et de basaltes surtout, bien arrondis, ont été observés à la limite supérieure de la haute plage, au contact du cordon littoral, aux mois de juillet et août.

La plage sous-marine, large de 13 m en moyenne, présente une pente moyenne de 0,06. Un talus a été noté à sa limite avec le bas estran en août.

La forme générale prédominante des profils est concave (fig. 21).

Tableau 11 : Principales caractéristiques morphologiques du profil P₃
L (m) = largeur en mètres ; P = pente sous forme tan β

Mois	Haute plage		Estran		Plage aérienne		Plage sous-marine		Forme
	L (m)	P	L (m)	P	L (m)	P	L (m)	P	Concave
juin 05	4	0,24	24	0,06	28	0,09	13	0,03	Concave
Juillet	2	0,15	33	0,06	36	0,06	16	0,07	Concave
Août	2	0,13	54	0,04	56	0,04	2	0,18	Concave
Septembre	3	0,12	41	0,05	46	0,06	13	0,04	Concave
Octobre	5	0,10	31	0,06	36	0,06	16	0,03	Concave
Novembre	3	0,29	29	0,06	32	0,04	17	0,04	Concave
Décembre	4	0,18	33	0,06	37	0,05	15	0,04	Concave
Moyenne	3	0,17	36	0,06	39	0,06	13	0,06	Concave

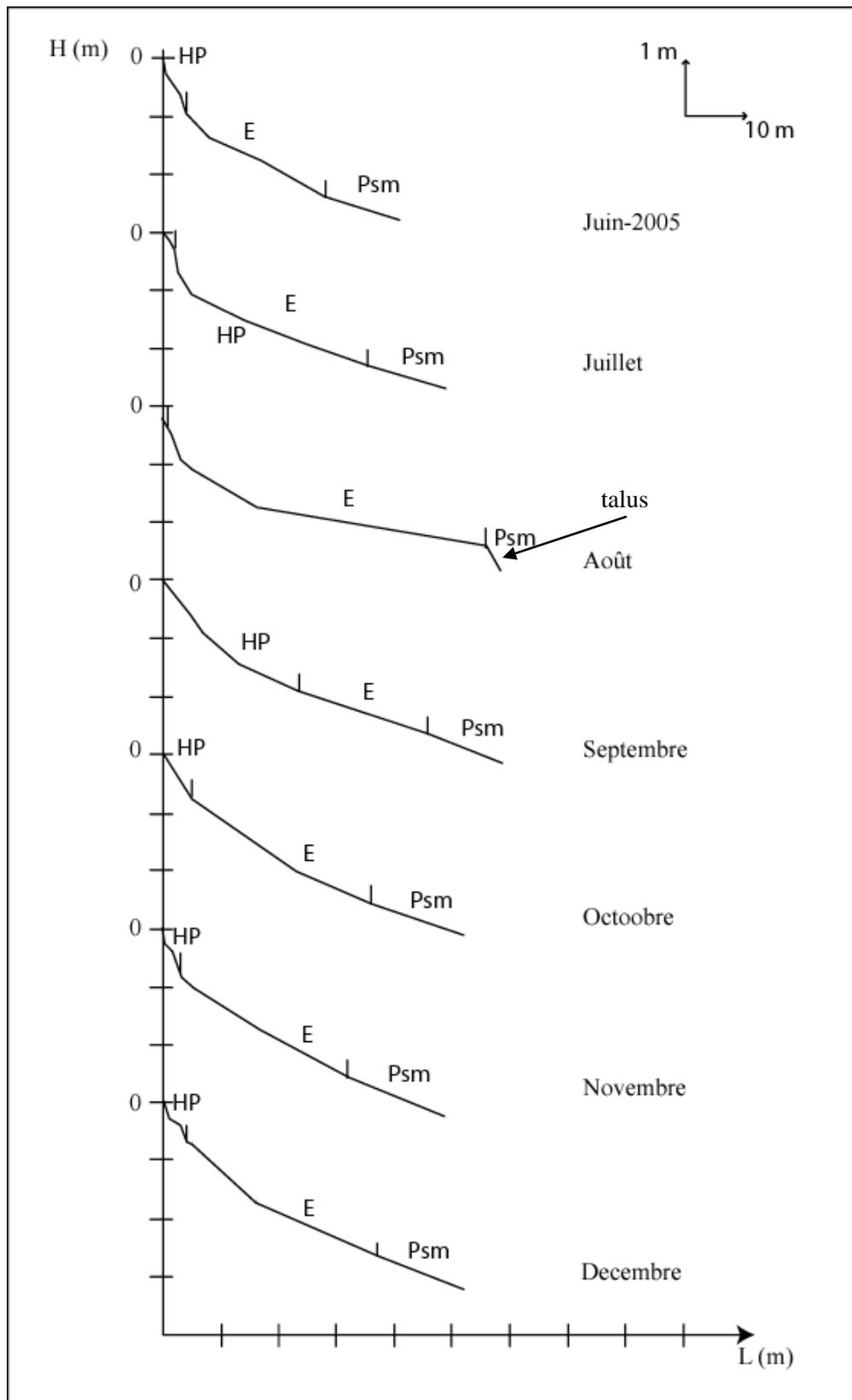


Figure 21 : P₃ Profils mensuels de plage

H (m) = hauteur en mètres; L (m) = longueur en mètres; HP = haute plage; E = estran; Psm = plage sous-marine

III. 1.2. Evolution des mouvements verticaux

L'évolution mensuelle des mouvements verticaux de ce profil P₃ se caractérise par l'alternance de périodes d'accumulation et d'érosion. Nous notons toujours un dépôt à la base de l'extrémité du mur en période d'érosion et une érosion de celle-ci en cas d'accumulation. Cependant, durant toute la période d'étude, cette extrémité du mur a été toujours incluse dans l'estran et que cette partie située devant le mur est toujours affectée du même mouvement.

Sur la plage aérienne, de même que sur la plage sous-marine, on peut distinguer trois tendances (tableau 12, fig. 22):

- une tendance à l'accumulation qui s'étend de juin à août 2005 avec de faibles taux sur la haute plage ($0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ maximum) et des taux plus importants sur la plage aérienne et² la plage sous-marine, respectivement $+ 7,84 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ et $+ 7,62 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$;

- une tendance à l'érosion qui va d'août à décembre avec un taux maximum entre août et septembre de $-20,04 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ sur la haute plage et de $-1,62 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ sur la plage sous-marine ;

- de novembre à décembre, l'accumulation reprend avec des taux plus faibles.

Toutefois, nous notons une nette supériorité de l'érosion de la plage aérienne avec un cumul négatif de $-11,68 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ alors que sur la plage sous-marine, la prédominance de l'accumulation conduit à un cumul positif de $+ 8,9 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$.

Tableau 12 : Evolution morphologique mensuelle du profil P₃

(Mouvements verticaux exprimés en m^3 par mètre linéaire de plage)

Périodes	Haute plage	Estran	Plage aérienne	Plage sous-marine	Total
Juin-Juillet 2005	+0,5	+7,25	+7,75	+1,96	+8,71
Juillet-Août	0	+7,84	+7,84	+7,62	+15,46
Août-Septembre	0	-20,04	-20,04	-1,62	-21,66
Septembre-Octobre	-0,34	-3,92	-4,26	-1,31	-5,57
Octobre-Novembre	-1,20	-4,89	-6,09	-0,20	-6,29
Novembre-Décembre	+0,51	+2,61	+3,12	+2,44	+5,56
Cumul	-0,53	-11,15	-11,68	+8,9	-2,78

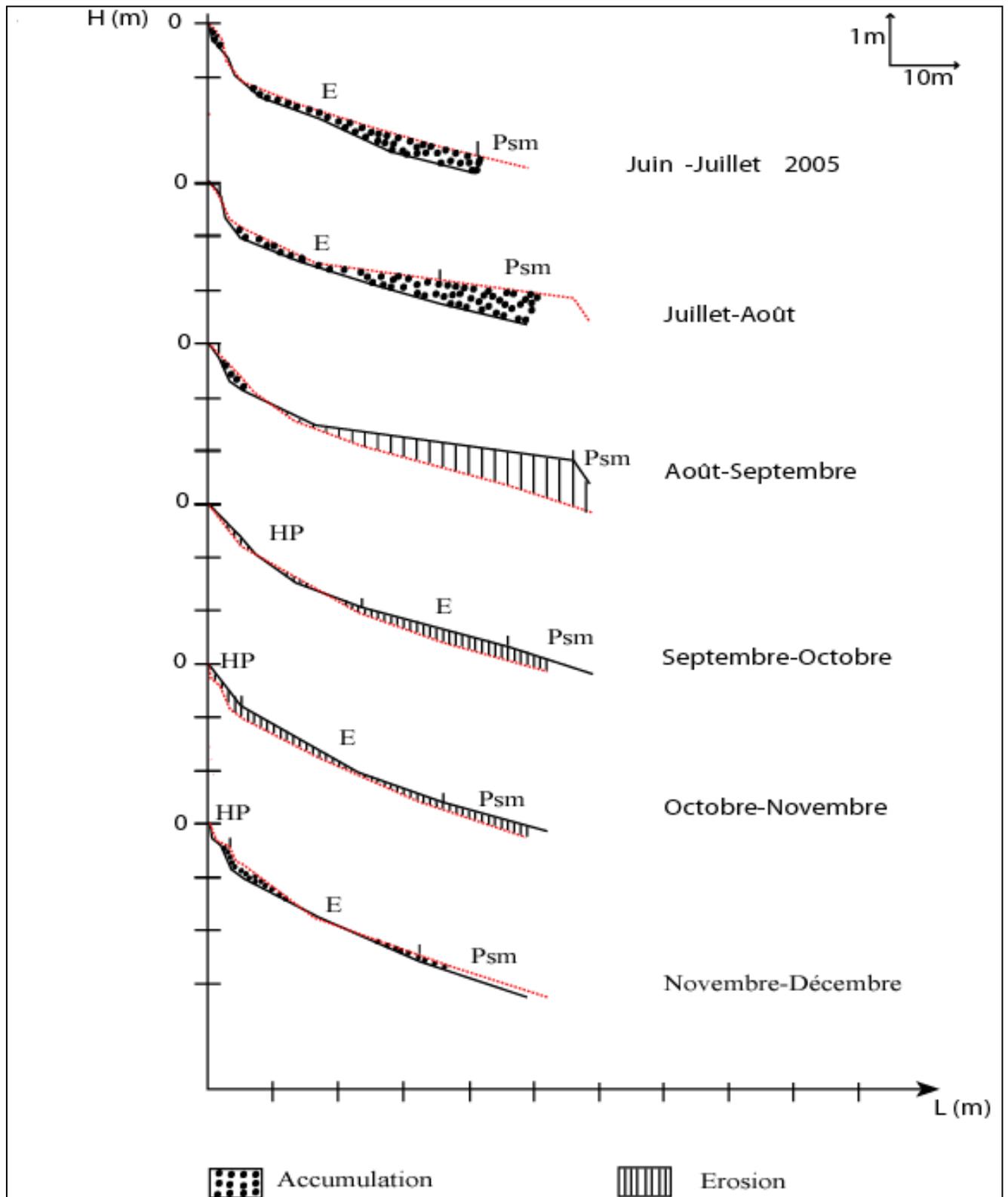


Figure 22 : P₃- Comparaisons des profils mensuels de plage

H (m) =hauteur en mètres; L (m) = longueur en mètres ; HP = haute plage ; E = estran ; Psm = plage sous-marine

III. 2. Analyse des données sédimentologiques

Les sédiments sont des sables fins à très fins ($98 \mu\text{m} < Mz < 238 \mu\text{m}$) hormis ceux de la haute plage du mois de juin qui sont des sables moyens. Ils sont moyennement bien à très bien classés ($0,27 < \text{Sig} < 0,67$), mésokurtiques et à skewness très variables mais à dominance positive (tableau 13). Les pourcentages de carbonates sont compris entre 10,46 et 39,6 % (tableau annexe). Des sédiments bimodaux ont été enregistrés sur le bas estran et sur la plage sous-marine en octobre, avec un mode fin principal de $125 \mu\text{m}$ et un mode grossier secondaire respectivement de $500 \mu\text{m}$ et de $1250 \mu\text{m}$.

L'évolution de la granulométrie le long du profil montre une baisse de celle-ci de la haute plage à la plage sous-marine (fig. 23). L'évolution mensuelle de la moyenne Mz au niveau du bas estran montre que celle-ci atteint son maximum au mois d'août et son minimum en octobre (fig. 24) contrairement aux des deux profils précédents.

Le diagramme de dispersion Mz- sigma nous permet de distinguer des ensembles (fig. 25):

- les sables fins à très fins qui sont bien à très bien classés, majoritairement composés des sables de l'estran et du déferlement ;
- les sables moyens à fins de la haute plage.

Tableau 13 : Variations de la moyenne Mz (en μm) et de l'indice de classement (sig) du profil P₃ selon les unités morphologiques

	Plage aérienne						Plage sous-marine	
	Haute plage		Haut estran		Bas Estran		Déferlement	
	Sig	Mz	Sig	Mz	Sig	Mz	Sig	Mz
juin 05	0,48	264	0,28	145	0,34	143	0,36	123
Août	0,47	218	0,37	205	0,47	186	0,67	219
Octobre	0,37	184	0,31	152	/	125	0,3	102
Décembre	0,52	238	0,32	156	0,26	137	/	Sédiments bimodaux
Moyenne	0,46	226	0,32	165	0,36	148	0,44	142

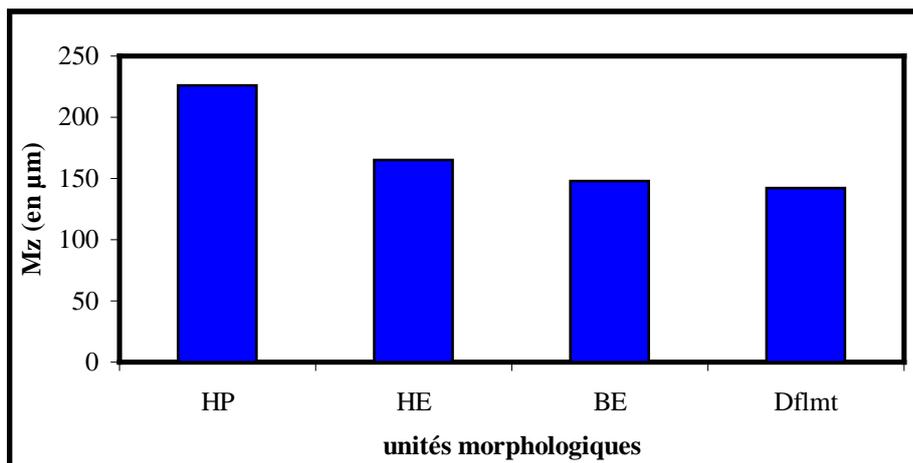


Figure 23 : Evolution de la granulométrie moyenne le long du profil P₃

HP =haute plage ; HE = haut estran ; BE = bas estran ; Dflmt = Déferlement

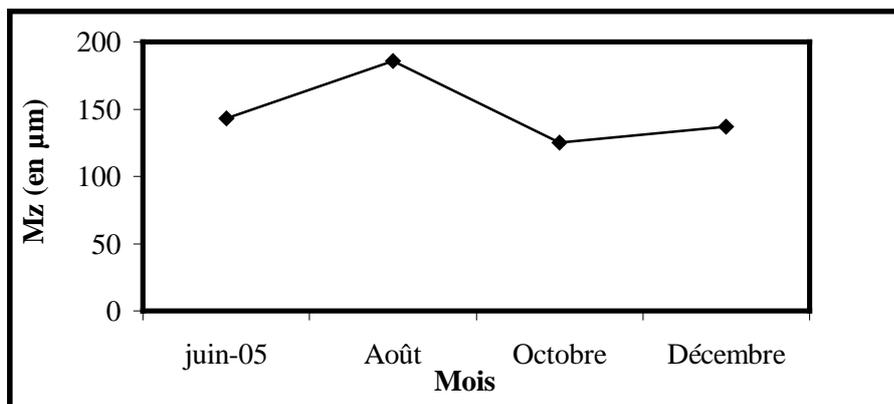


Figure 24 : Evolution mensuelle de la moyenne Mz (en μm) au niveau du bas estran de P₃

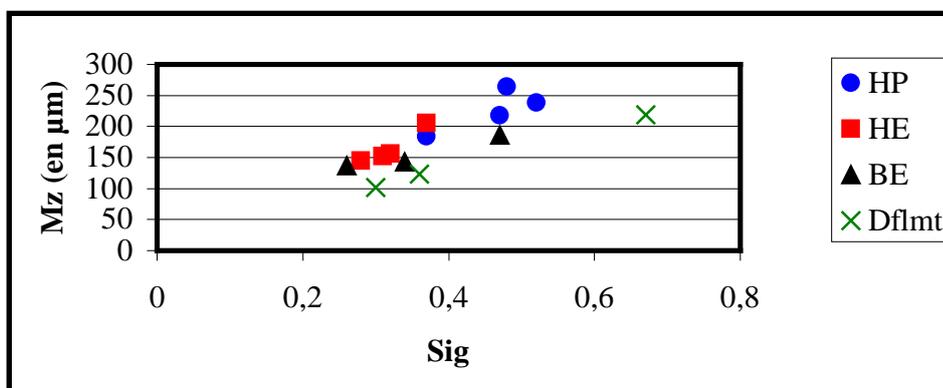


Figure 25 : Diagramme de dispersion Mz-sigma en fonction des unités morphologiques du profil P₃

HP =haute plage ; HE = haut estran ; BE = bas estran ; Dflmt = Déferlement

Tableau 14 : Variations moyennes des principaux indices granulométriques du profil P₃

Avec M₁ et M₂ modes principal et secondaire (en µm) ; P₁ et P₂ pourcentages des modes principal et secondaire

Profil 4	juin-05	Août	Octobre	Décembre
Haute plage				
Mz(µm)	264	2,18	184	238
Sig	0,48	0,47	0,37	0,52
Sk	0	0,02	-0,06	0,06
K	1,24	1,23	1,15	1,07
Laisse de haute mer				
Mz(µm)	158	225	159	179
Sig	0,27	0,42	0,29	0,36
Sk	0,23	0	0,11	0
K	0,89	1,14	0,99	1,05
Mi-estran				
Mz(µm)	132	1,84	144	132
Sig	0,28	0,31	0,33	0,28
Sk	0,18	0,11	0,09	0,08
K	1,13	0,98	1,35	1,02
Bas estran				
Mz(µm)	143	186	Sédiments bimodaux P ₁ =26,6; M ₁ =125 P ₂ =0,65 ; M ₂ =500	137
Sig	0,34	0,47		0,26
Sk	0,1	0		0,09
K	1,24	1,04		1,29
Déferlement				
Mz(µm)	123	219	Sédiments bimodaux P ₁ =64,17; M ₁ =125 P ₂ =0,07; M ₂ =1250	102
Sig	0,36	0,67		0,3
Sk	0,18	-0,11		0,25
K	0,99	0,93		1,09

IV. Profil 4 (P₄)

Il est situé juste à l'extrémité nord du mur en béton qui protège le cimetière musulman de Diokoul, du côté du débarcadère.

IV. 1. Analyse des données morphologiques

IV. 1.1. Caractéristiques morphologiques

La plage aérienne de ce profil P₄ est courte, 42 m de large en moyenne, avec une pente moyenne de 0,05. Sa haute plage, très courte (4 m en moyenne), disparaît aux mois d'août et de septembre mais sa pente est très variable (tableau 15). L'estran constitue l'essentiel de la plage aérienne et a une pente assez faible (0,05 en moyenne) presque invariante. Il atteint sa largeur maximale au mois d'août. A noter que les fortes pluies qui s'étaient abattues au mois d'août avaient rompu le cordon sableux séparant le marigot de Diokoul de la mer.

La zone de surf de la plage sous-marine est peu variable, tant en largeur qu'en pente. La largeur moyenne est de 17 m et sa pente moyenne 0,03. Un talus a été noté à la limite estran plage sous marine en juillet.

La forme générale prédominante est concave avec cependant la présence en juin novembre et décembre de formes concave-convexe-concave et convexe-concave. (fig. 26).

Tableau 15 : Principales caractéristiques morphologiques du profil P₄

L (m) = largeur en mètres ; P = pente sous forme tanβ ;

Mois	Haute plage		Estran		Plage aérienne		Plage sous-marine		Forme
	L (m)	P	L (m)	P	L (m)	P	L (m)	P	
Juin 2005	7	0,07	34	0,04	41	0,05	12	0,03	Conc-conv-con
Juillet	3	0,03	27	0,07	30	0,06	18	0,04	Concav-conve
Août	/	/	52	0,04	52	0,04	10	0,02	Concave
Septembre	/	/	47	0,05	47	0,05	18	0,02	Concave
Octobre	2	0,13	41	0,05	43	0,05	20	0,02	Concave
Novembre	3	0,05	37	0,05	40	0,05	21	0,03	Conc-conv-con
Décembre	3	0,09	38	0,04	41	0,05	18	0,03	Conc-conv-con
Moyenne	4	0,08	39	0,05	42	0,05	17	0,03	Concave

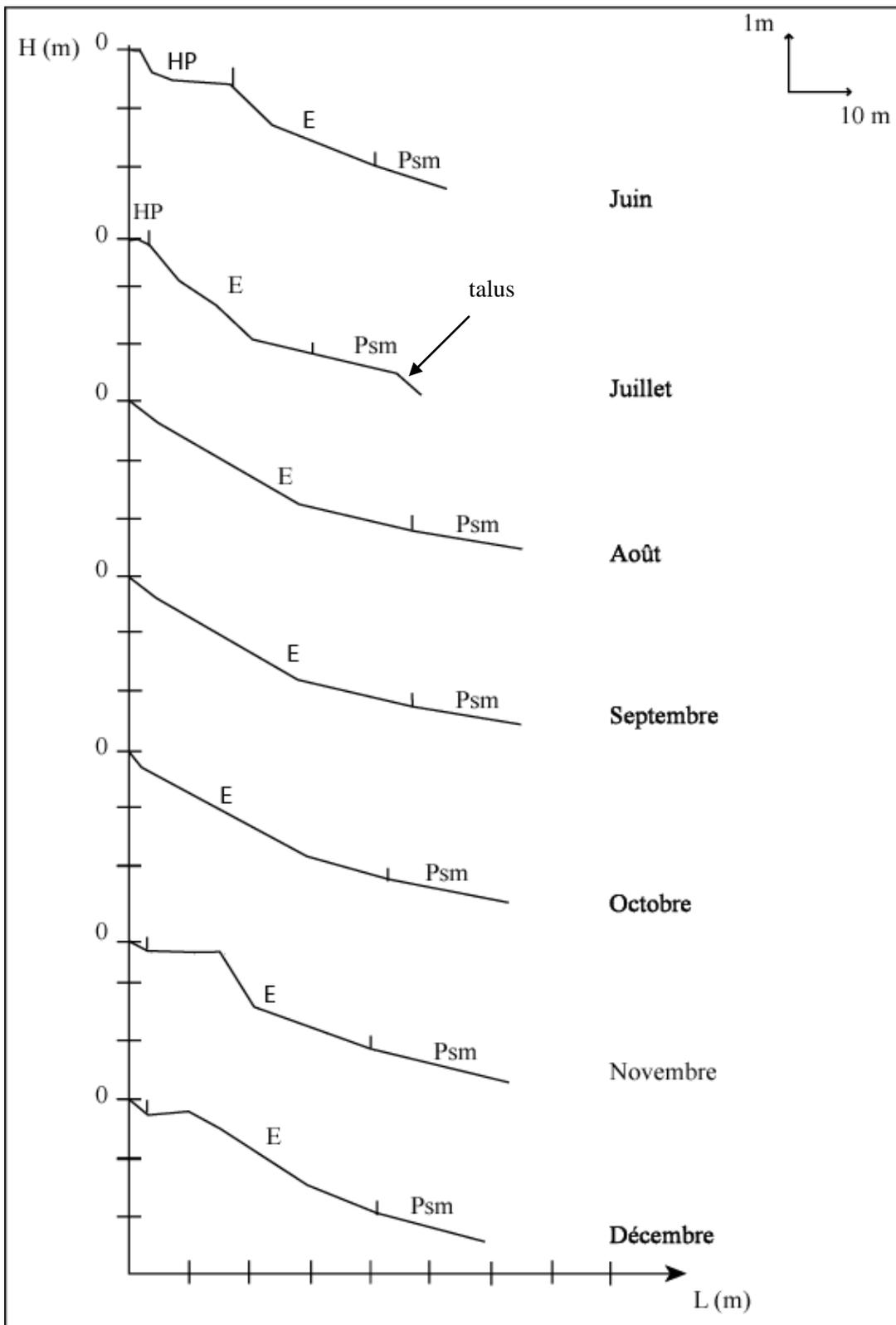


Figure 26 : P₄: Profils mensuels de plage

H (m) =hauteur en mètres; L (m) = longueur en mètres ; HP = haute plage ; E = estran ; Psm = plage sous-marine

IV. 1.2. Evolution des mouvements verticaux

L'évolution mensuelle des mouvements verticaux de ce profil se caractérise comme c'est le cas au niveau du P₃, par une succession de périodes d'accumulation et d'érosion (fig. 27). Cependant, la caractéristique générale de cette évolution est l'inversion des mouvements d'érosion ou d'accumulation qui se produit vers la limite supérieure de l'estran et qui correspond à la base du mur en béton. C'est-à-dire qu' en cas d'accumulation, il se produit une érosion de la base du mur et vice versa.

La période d'accumulation s'étend de juin à août. Elle atteint un maximum de + 6,67 m³. m⁻¹ sur la plage aérienne entre juin et juillet et un maximum de + 6,51 m³. m⁻¹ sur la plage sous-marine entre juillet et août. Notons qu'il y a toujours une partie du profil en érosion. La période d'érosion va d'août à décembre et a culminé entre octobre et novembre avec un taux de - 13,16 m³ m⁻¹ sur la plage aérienne et de - 9,25 m³.m⁻¹ au niveau du déferlement (tableau 16). Cette période d'érosion a été interrompue entre septembre et octobre par un léger mouvement d'accumulation qui a affecté toute la plage avec un taux de + 5,21 m³ m⁻¹ sur la plage aérienne.

Entre novembre et décembre, nous avons un mouvement de compensation au niveau de l'estran alors qu'un mouvement d'érosion affecte toute la plage sous-marine.

Tableau 16 : Evolution morphologique mensuelle du profil P₄

(Mouvements verticaux exprimés en m³ par mètre linéaire de plage)

Périodes	Haute plage	Estran	Plage aérienne	Plage sous-marine	Total
Juin-Juillet 2005	+4,3	+2,37	+6,67	+2	+8,67
Juillet-Août	-0,66	+3,55	+2,89	+6,51	+9,4
Août-Septembre	/	-7,54	-7,54	-2,13	-9,67
Septembre-Octobre	/	+5,21	+5,21	+1	+6,21
Octobre-Novembre	-1,08	-12,08	-13,16	-9,25	-22,41
Novembre-Décembre	-0,15	-1,65	-1,8	-1,62	-3,42
Cumul	+2,41	-10,14	-7,73	-3,49	-11,22

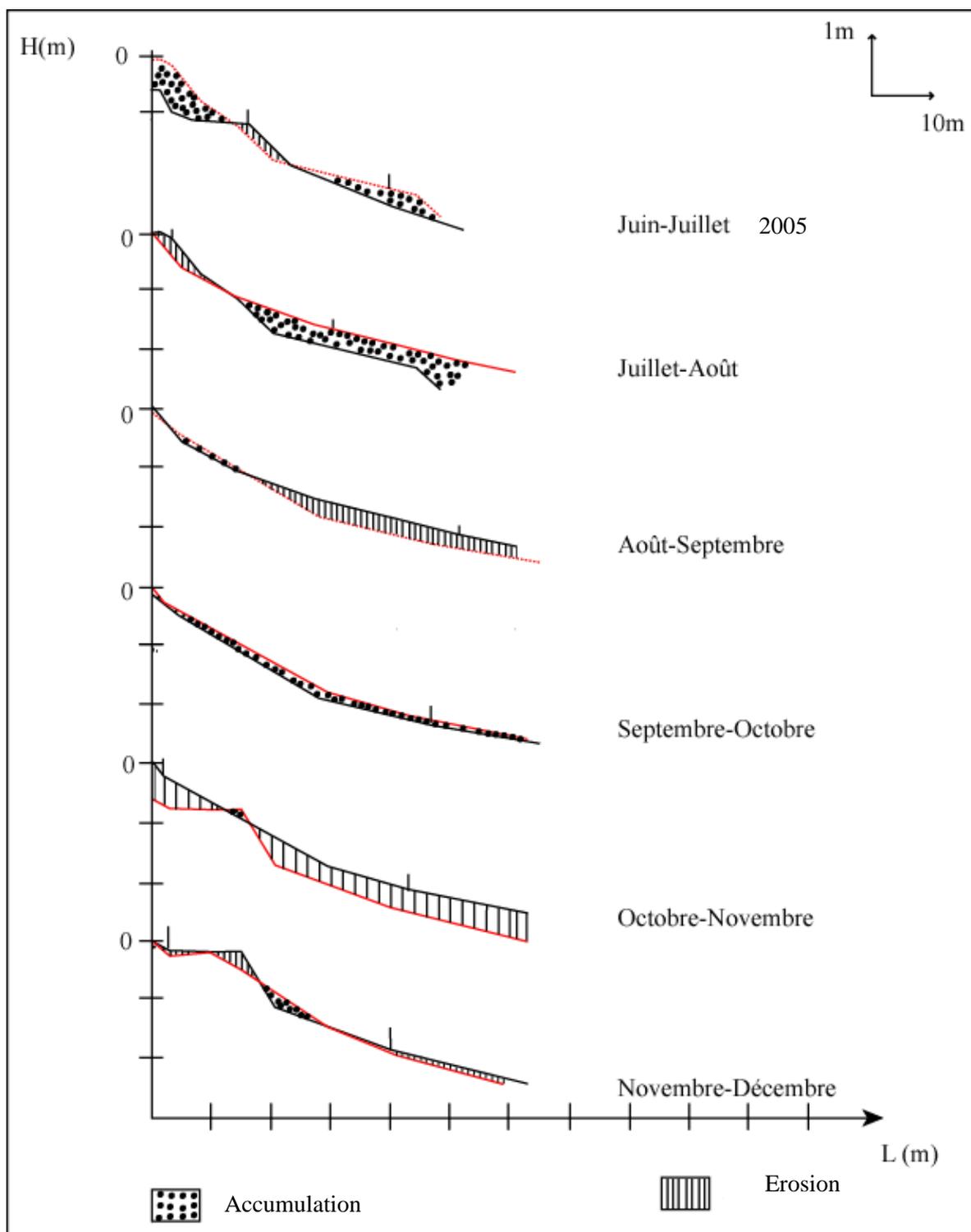


Figure 27 : P₄ Comparaisons des profils mensuels de plage

H (m) = hauteur en mètres; L (m) = longueur en mètres; HP = haute plage; E = estran; Psm = plage sous-marine

IV. 2. Analyse des données sédimentologiques.

Les sables de cette plage sont fins à très fins ($96 \mu\text{m} < Mz < 219 \mu\text{m}$) et mésokurtiques (tableau 17). Ils sont moyennement bien à très bien classés ($0,25 < \text{Sig} < 0,55$), à skewness variables et à pourcentages de carbonates variant entre 7,4 % et 35,13% (tableau annexe). Des sédiments bimodaux sont apparus sur le bas estran aux mois d'octobre et décembre avec un mode principal très fin de $100 \mu\text{m}$ et un mode secondaire grossier de $1000 \mu\text{m}$ (tableau 18).

L'évolution de la granulométrie moyenne le long du profil montre une diminution de celle-ci de la haute plage à la plage sous-marine (fig. 28). L'évolution mensuelle de la moyenne Mz sur le bas estran montre un pic granulométrique en août et un minimum en octobre et décembre (fig. 29) comme en P₃.

Le diagramme de dispersion Mz-sigma permet de distinguer deux ensembles (fig. 30) :

- les sables fins à très fins et très bien classés constitués des sables du déferlement et d'une partie des sables de l'estran ;
- les sables fins moyennement bien à bien classés qui occupent le haut estran et la haute plage dont granulométrie diminue de juin à décembre.

Tableau 17 : Variations de la moyenne Mz (en μm) et de l'indice de classement sig du profil P₄ selon les unités morphologiques

	Plage aérienne						Plage sous-marine	
	Haute plage		Haut estran		Bas Estran		Déferlement	
	Sig	Mz	Sig	Mz	Sig	Mz	Sig	Mz
juin 05	0,49	219	0,29	149	0,32	116	0,25	96
Août	0,38	191	0,41	182	0,39	203	0,46	188
Octobre	0,43	187	0,41	137	/	Sédiments bimodaux	0,56	134
Décembre	0,37	173	0,3	143	/	Sédiments bimodaux	0,33	101
Moyenne	0,42	193	0,35	152	0,38	130	0,4	130

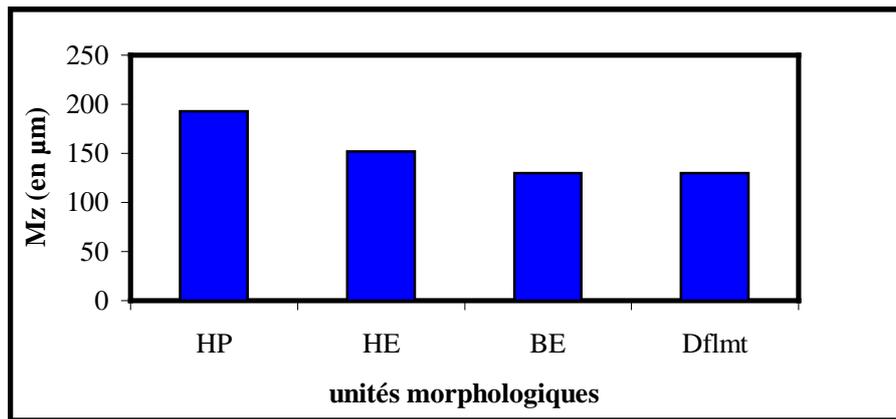


Figure 28 : Evolution de la granulométrie moyenne le long du profil P₄

HP =haute plage ; HE = haut estran ; BE = bas estran ; Dflmt = Déferlement

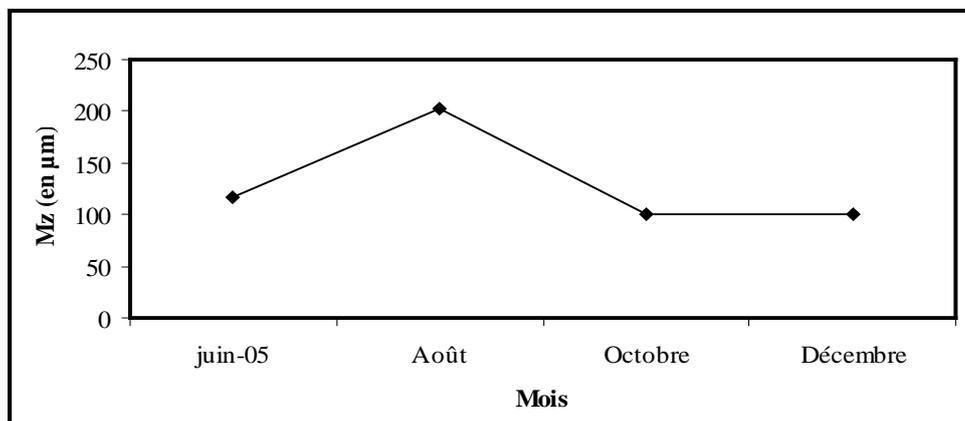


Figure 29 : Evolution de la moyenne Mz (en μm) au niveau du bas estran de P₄

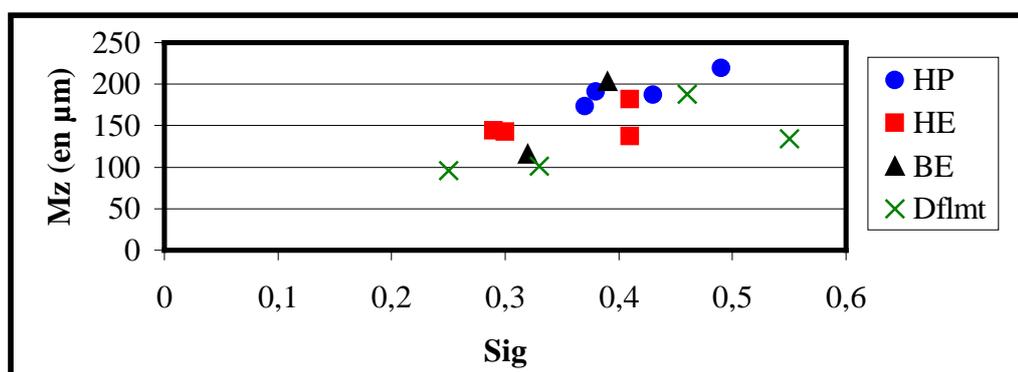


Figure 30 : Diagramme de dispersion Mz-sigma en fonction des unités morphologiques du profil P₄

HP =haute plage ; HE = haut estran ; BE = bas estran ; Dflmt = Déferlement

Tableau 18 : Variations moyennes des principaux indices granulométriques du profil P₄

Avec M₁ et M₂ modes principal et secondaire (en µm) ;P₁ et P₂ pourcentages des modes principal et secondaire

Profil 3	juin-05	Août	Octobre	Décembre
Haute plage				
Mz(µm)	219	191	187	173
Sig	0,49	0,38	0,43	0,37
Sk	-0,11	0,1	-0,08	-0,07
K	1,09	1,11	1,06	1,1
Laisse de haute mer				
Mz(µm)	163	187	176	159
Sig	0,3	0,43	0,45	0,32
Sk	0,1	0,04	-0,13	0,01
K	1,03	0,92	1,18	1,06
Mi-estran				
Mz(µm)	124	176	97	126
Sig	0,28	0,38	0,36	0,28
Sk	0,16	0,1	-0,07	0,18
K	0,91	0,95	1,02	0,93
Bas estran				
Mz (µm)	116	203	Sédiments bimodaux P ₁ =32,22; M ₁ =100 P ₂ =0,02 ; M ₂ =1000	Sédiments bimodaux P ₁ = 43,45; M ₁ =100 P ₂ =0,63; M ₂ =1000
Sig	0,32	0,39		
Sk	0,07	0,11		
K	0,94	1,05		
Déferlement				
Mz (µm)	96	188	134	101
Sig	0,25	0,46	0,55	0,33
Sk	-0,07	-0,06	0,02	0,06
K	1,04	1,07	1,22	1,12

V. Profil 5 (P₅)

Il est situé au fond de la baie de Rufisque à une dizaine de mètres avant le début du mur en enrochements allant de Keuri Souf - Bata

V. 1. Analyse des données morphologiques

V. 1.1. Caractéristiques morphologiques

La plage aérienne mesure 48 m en moyenne et sa pente, peu variable, est de 0,06 en moyenne. Elle comprend une haute plage de 27 m de large avec une pente moyenne 0,04 et un estran de 21 m de large en moyenne (tableau 19). L'estrans, avec une pente moyenne de 0,045, est généralement séparé de la haute plage par une rupture de pente. Sa forme est soit concave (en période d'érosion), soit convexe (en période d'accumulation) et on y observe constamment la présence de minéraux lourds.

La zone de surf de cette plage sous-marine mesure en moyenne 12 m de large et dispose d'une pente moyenne assez faible, de 0,06. Quand elle est fortement érodée, une rupture de pente la sépare de l'estrans, comme c'est le cas au mois de septembre où on a noté un talus à sa limite avec l'estrans en septembre.

La haute plage présente toujours une berme (fig. 31). La forme générale prédominante de ce profil est convexe.

Tableau 19 : Principales caractéristiques morphologiques du profil P₅

L (m) = largeur en mètres ; P = pente sous forme tan β

Mois	Haute plage		Estrans		Plage aérienne		Plage sous-marine		Forme
	L (m)	P	L (m)	P	L (m)	P	L (m)	P	Convexe
juin 05	32	0,04	15	0,10	47	0,06	8	0,08	Convexe
Juillet	30	0,03	13	0,12	43	0,05	7	0,10	Convexe concave
Août	27	0,05	28	0,06	55	0,05	12	0,03	Convexe-concave
Septembre	19	0,02	23	0,13	42	0,06	20	0,02	Convexe-concave
Octobre	28	0,03	21	0,10	49	0,06	15	0,06	Convexe
Novembre	28	0,05	23	0,07	51	0,06	13	0,07	Convexe
Décembre	27	0,05	23	0,08	50	0,06	12	0,07	Convexe
Moyenne	27	0,04	21	0,05	48	0,06	12	0,06	Convexe

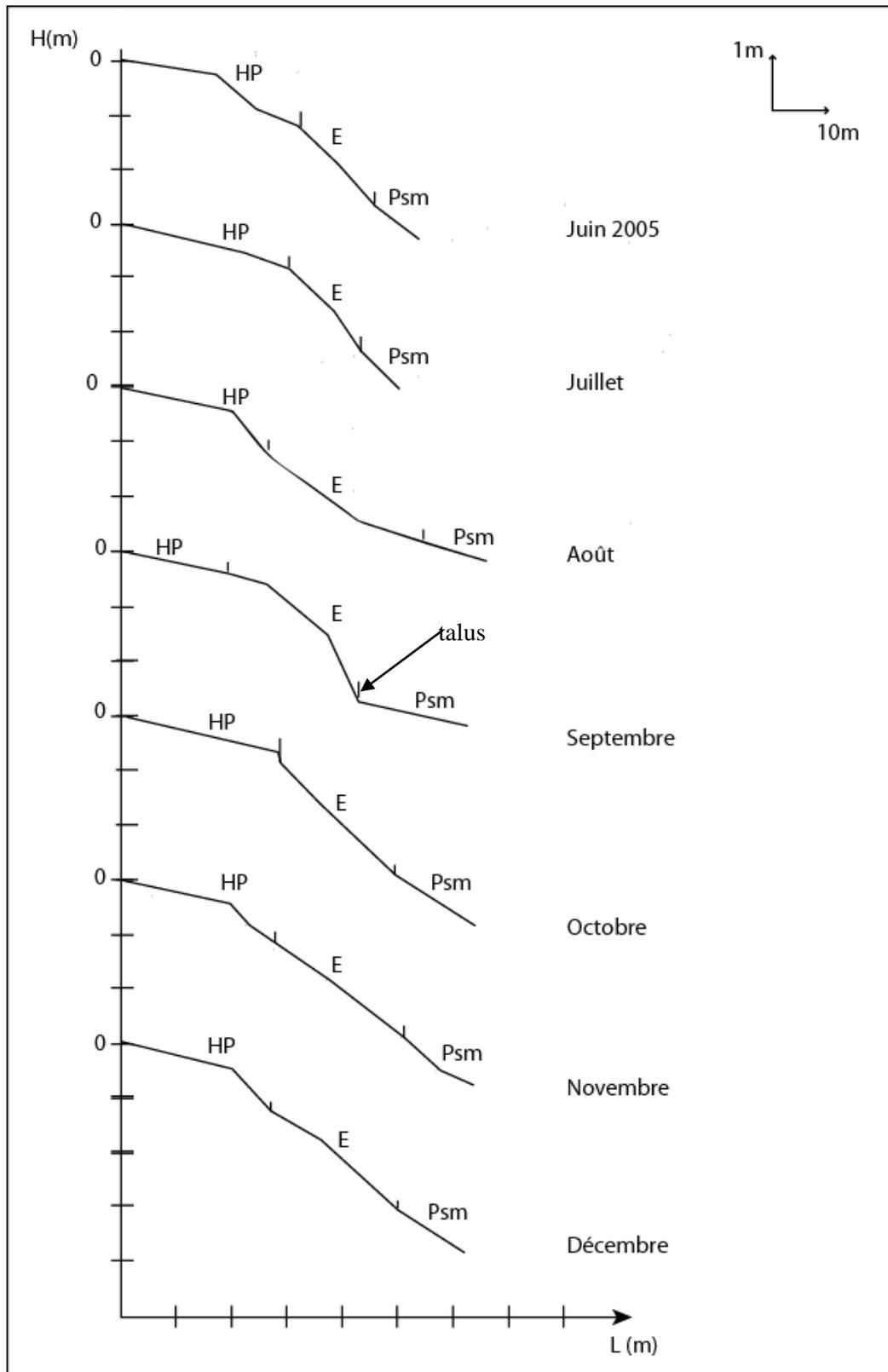


Figure 31 : P₅- Profils mensuels de plage

H (m) =hauteur en mètres; L (m) = longueur en mètres ; HP = haute plage ; E = estran ; Psm = plage sous-marine

V. 1.2. Evolution des mouvements verticaux

Ce profil se caractérise par l’alternance de périodes d’accumulation et d’érosion et par des mouvements de compensation qui sont des mouvements combinés d’érosion et d’accumulation le long du profil (fig. 32).

A la différence des profils précédents, toutes les unités présentent un cumul négatif. De manière générale, la partie supérieure de la haute plage bouge peu.

La plage aérienne présente une prédominance des mouvements d’érosion, interrompus entre juin et juillet puis entre août et septembre par de nets mouvements accrétionnels, avec des taux respectifs de $+6,17 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ et $+5,5 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$. L’érosion a culminé entre juillet et août avec un maximum de $-11,15 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$.

Les mouvements de compensation expliquent le faible taux moyen observé entre septembre et octobre ($+0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$) sur l’estran alors qu’on a un mouvement d’érosion au niveau de la plage sous-marine. La forte pente observée (0,13) du mois de septembre correspond à une accumulation.

La plage sous-marine est marquée par la succession de trois phases : une phase d’accumulation de juin à août ; une phase d’érosion d’août à octobre et une phase où alterne accumulation et érosion. Les faibles taux observés sont peut être dus à la faible largeur explorée.

Tableau 20 : Evolution morphologique mensuelle du profil P₅

(Mouvements verticaux exprimés en m^3 par mètre linéaire de plage)

Périodes	Haute plage	Estran	Plage aérienne	Total
Juin-Juillet 2005	+3,43	+2,74	+6,17	+0,25
Juillet Août	-4,43	-6,67	-11,1	+0,33
Août-Septembre	+2,28	+3,22	+5,5	-1,39
Septembre-Octobre	-1,78	+0,6	-1,18	-3,19
Octobre-Novembre	-2,78	-3,06	-5,84	+1,18
Novembre-Décembre	0	-3,17	-3,17	-0,62
Cumul	-3,28	-4,56	-9,62	-3,44

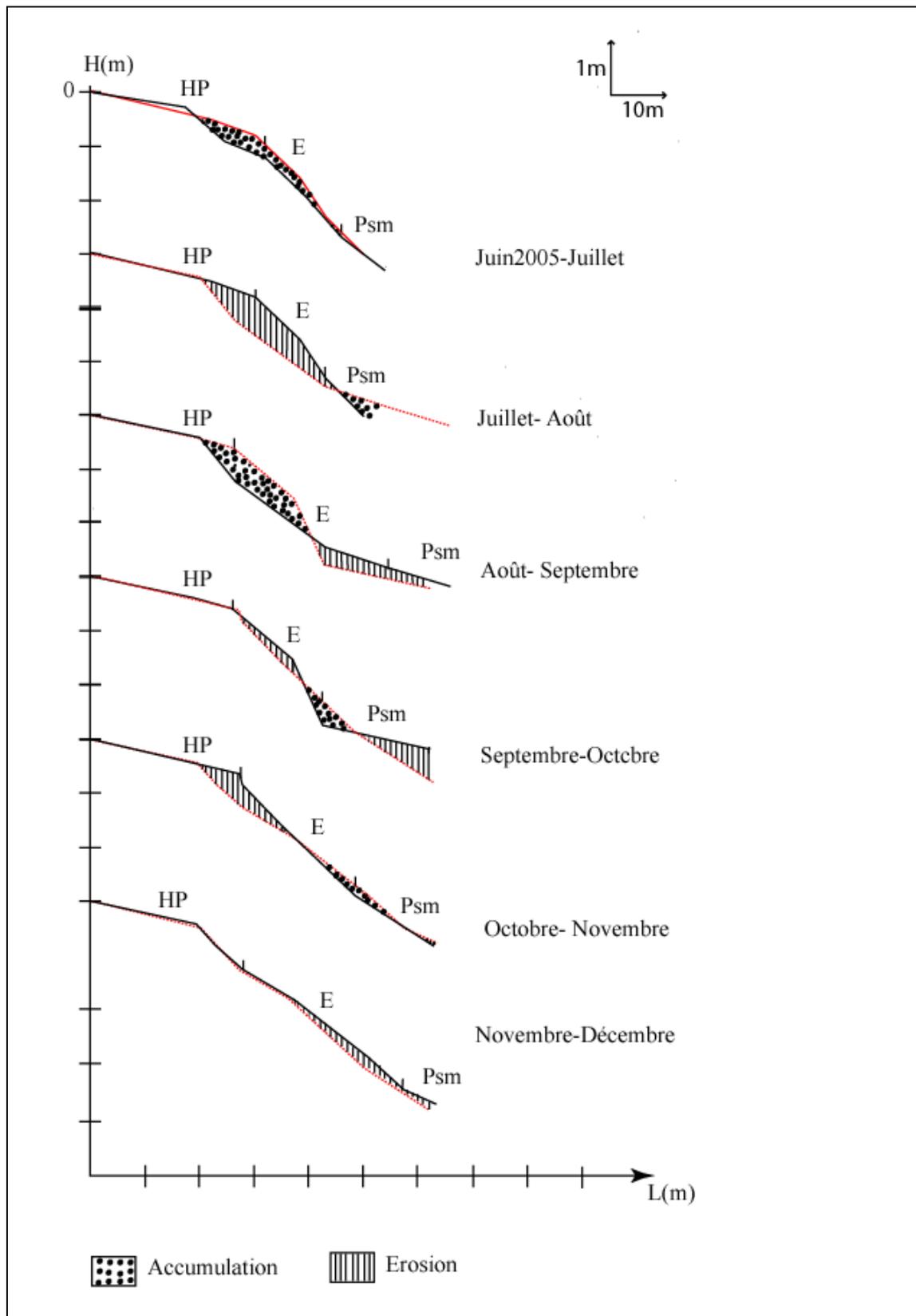


Figure 32 : P₅- Comparaisons des profils mensuels de plage

H (m) =hauteur en mètres; L (m) = longueur en mètres ; HP = haute plage ; E = estran ; Psm = plage sous-marine

V. 2. Analyse des données sédimentologiques.

Les sables sont fins à moyens ($164 \mu\text{m} < Mz < 352 \mu\text{m}$), bien à moyennement classés ($0,39 < Sig < 0,90$), mésokurtiques (tableau 21) et à pourcentage de carbonates variant entre 9,73 et 39,2 % et à skewness variable (tableau annexe).

Globalement, on note une diminution de la granulométrie de la haute plage à la plage sous-marine (fig. 33). C'est d'ailleurs, dans cette dernière unité que des sédiments bimodaux ont été notés en Août avec un mode fin principal de $250 \mu\text{m}$ et un mode grossier secondaire de $1000 \mu\text{m}$. Toutefois, le bas estran reste l'unité où la granulométrie est la plus grossière, sauf au mois d'octobre, où celle-ci a été observée au niveau de la haute plage. Par contre, la plage sous-marine se caractérise toujours par des sables fins, mais en général moyennement bien classés.

L'évolution de la moyenne au niveau du bas estran (fig. 34) montre une baisse de la granulométrie de Juin à octobre et une augmentation d'octobre à décembre.

Le diagramme de dispersion Mz-sigma (fig. 35) permet de distinguer d'une part, les sables de la plage aérienne bien à moyennement bien classés, des sables de la plage sous-marine, fins ($164 \mu\text{m} < Mz < 184 \mu\text{m}$), bien à moyennement bien classés.

Tableau 21 : Variations de la moyenne Mz (en μm) et de l'indice de classement du profil

P₅ selon les unités morphologiques

	Plage aérienne						Plage sous-marine	
	Haute plage		Haut estran		Bas Estran		Déferlement	
	Sig	Mz	Sig	Mz	Sig	Mz	Sig	Mz
juin 05	0,53	257	0,62	260	0,75	356	0,40	183
Août	0,59	323	0,5	276	0,81	351	/	Sédiments bimodaux
Octobre	0,62	299	0,5	206	0,62	277	0,64	165
Décembre	0,71	285	0,58	226	0,65	329	0,57	167
Moyenne	0,61	291	0,54	242	0,71	326	0,63	192

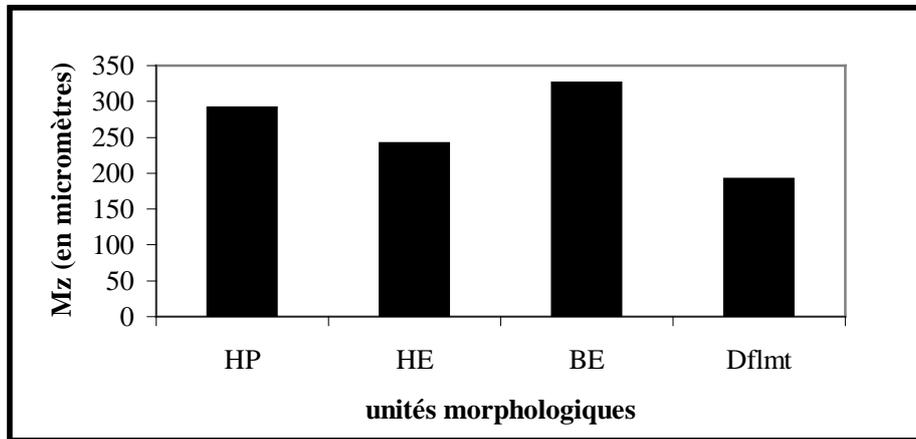


Figure 33 : Evolution de la granulométrie moyenne le long du profil P₅

HP =haute plage ; HE = haut estran ; BE = bas estran ; Dflmt = Déferlement

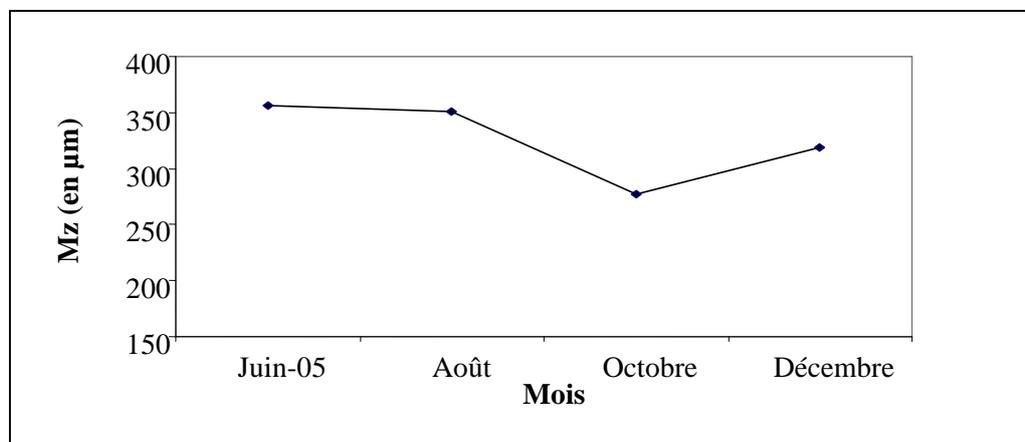


Figure 34 : Variations de la moyenne Mz (en µm) au niveau du bas estran de P₅

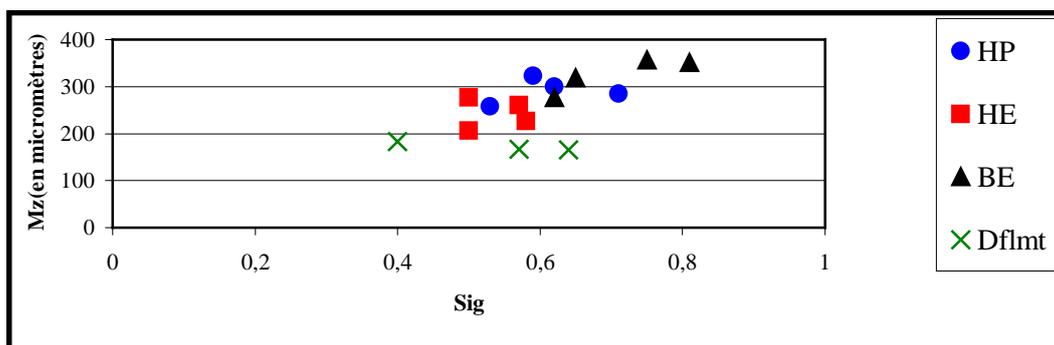


Figure 35 : Diagramme de dispersion Mz-sigma en fonction des unités morphologiques du profil P₅

HP =haute plage ; HE = haut estran ; BE = bas estran ; Dflmt = Déferlement

Tableau 22 : Variations moyennes des principaux indices granulométriques du profil P₅

Avec M₁ et M₂ modes principal et secondaire (µm) ; P₁ et P₂ pourcentages des modes principal et secondaire

Profil 2	juin-05	Août	Octobre	Décembre
Haute plage				
Mz(µm)	257	323	299	285
Sig	0,53	0,59	0,62	0,71
Sk	0	0,05	0,06	0,07
K	1,06	1,02	1,04	0,96
Laisse de haute mer				
Mz(µm)	250	276	199	270
Sig	0,62	0,49	0,57	0,72
Sk	-0,14	0,13	-0,04	0,08
K	0,96	1,05	1,02	0,9
Mi-estran				
Mz(µm)	270	276	213	182
Sig	0,51	0,5	0,42	0,44
Sk	0,1	0,18	0,13	-0,14
K	0,98	0,97	0,9	1
Bas estran				
Mz(µm)	356	351	277	319
Sig	0,75	0,81	0,62	0,65
Sk	0,11	0,11	0,07	0,18
K	1,09	1	1,03	1,02
Déferlement				
Mz(µm)	183	Sédiments bimodaux P ₁ = 17,82; M ₁ =150 P ₂ = 3,61; M ₂ =1000	165	167
Sig	0,4		0,64	0,57
Sk	-0,14		-0,26	-0,2
K	1,32		1,28	1,22

VI. Profil 6 (P₆)

Le profil P₆ est situé à environ 60 m après le mur en enrochements de Keuri Souf - Bata, juste à 15 m de la clôture du cimetière musulman de Thiawlène, près de l'usine Bata.

VI. 1. Analyse des données morphologiques

VI. 1.1. Caractéristiques morphologiques

La plage aérienne de P₆, large en moyenne de 32 m, dispose d'une pente moyenne de 0,09 (tableau 23). Elle est constituée d'une haute plage et d'un estran à largeurs moyennes à peu près égales (respectivement 15 et 16 m) mais la pente moyenne de l'estran est plus forte que celle de la haute plage (0,09 contre 0,06). Cette plage aérienne se caractérise particulièrement par la diversité de ses pentes. De Juin à Août, la forte pente observée (0,13) est due à la présence d'une micro falaise vers la limite supérieure de l'estran, alors qu'aux mois de septembre et octobre, les pentes sont faibles (0,01). A partir de novembre, apparaissent de fortes pentes (0,14). L'estran et la haute plage sont séparés par une rupture de pente à partir du mois de septembre.

La partie de la plage sous-marine explorée a une largeur moyenne de 9 m et présente une pente moyenne de 0,09. La pente est ici fortement influencée par la présence de blocs de basalte éparpillés dans la direction du profil et dont la base est très souvent fortement affouillée. C'est d'ailleurs ce qui nous a empêché de prendre des mesures au mois d'août.

Les profils sont de forme variable avec l'apparition dès septembre d'une berme et à partir du mois d'octobre de formes convexes (fig. 36). Cependant, il est à noter que la forme du profil et la valeur de la pente en juillet et août sont dues à des actions anthropiques. En effet l'accentuation de l'érosion en juillet a justifié la réalisation d'un enrochement par des blocs de calcaires de l'estran au niveau de cette extrémité du mur de protection, ce qui a fortement influencé la forme du profil.

Les minéraux lourds (ilménite) sont fréquents de juin à octobre alors que des croissants de plage ont été observés en septembre et octobre. Ce profil se caractérise surtout par une grande différence de forme entre les profils de la saison des pluies (irréguliers) et ceux de la saison sèche (convexes). Mais la forme dominante est convexe.

Tableau 23 : Principales caractéristiques morphologiques du profil P₆

Za = zone aménagée du cimetière L (m) = largeur en mètres ; P = pente sous forme tan β

Mois	Za		Haute plage		Estran		Plage aérienne		Pl. sous-marine		Forme
	L (m)	P	L (m)	P	L (m)	P	L (m)	P	L (m)	P	
											Convexe
Juin 2005	27	0,01	15	0,05	9	0,10	24	0,05	6	0,12	Convexe
Juillet	29	0,01	10	0,07	13	0,13	23	0,12	4	0,08	Convexe
Août	29	0,01	6	0,02	14	0,09	20	0,07	/	/	Convexe
Septembre	28	0,01	9	0,01	28	0,05	37	0,05	14	0,08	Conv-conc-convex
Octobre	27	0,01	19	0,01	18	0,01	37	0,06	6	0,12	Convexe
Novembre	27	0,01	23	0,14	18	0,13	41	0,14	13	0,06	Convexe
Décembre	24	0,01	25	0,14	18	0,14	43	0,14	9	0,10	Convexe
Moyenne	27	0,01	15	0,06	16	0,09	32	0,09	9	0,09	Convexe

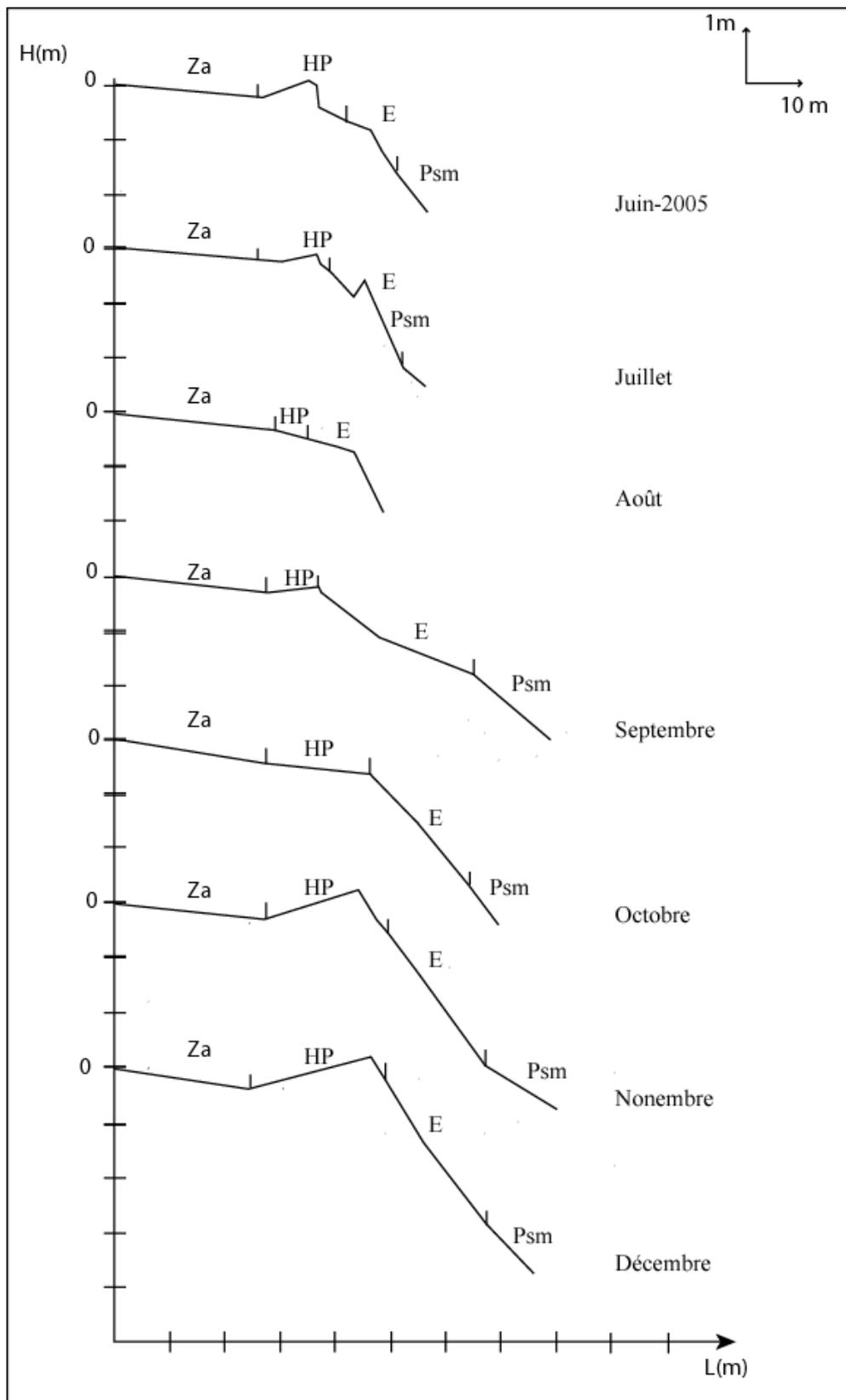


Figure 36 : P₆: profils mensuels de plage

Za = zone aménagée du cimetière ; HP = haute plage ; E = estran ; Psm = plage sous-marine

VI. 1.2. Evolution des mouvements verticaux

La plage aérienne de ce profil présente un cumul nettement positif avec $+18,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-1}$ (tableau 24). Nous notons ici une grande variabilité des mouvements verticaux (fig. 37).

La plage aérienne enregistre une période d'érosion très accentuée de Juin à Août avec un maximum de $-3,03 \text{ m}^3 \text{ m}^{-1}$ entre juillet et août, et une période de forte accumulation de septembre à décembre qui a culminé entre octobre et novembre avec un taux de $+15,42 \text{ m}^3 \text{ m}^{-1}$. Cette période d'accumulation a été interrompue par une forte érosion entre septembre et octobre, avec un taux de $-6,08 \text{ m}^3 \text{ m}^{-1}$. C'est durant cette période d'accumulation qu'on a enregistré les plus fortes pentes (0,14).

La plage sous-marine se distingue par ses faibles taux mais qui sont en rapport avec sa faible largeur. Cependant ce sont les mêmes mouvements enregistrés sur la plage aérienne qu'on retrouve au niveau de cette unité.

Au cours de la période d'érosion, les taux ont été fortement influencés par les blocs de calcaire déposés sur l'estran. Il semblait aussi que l'érosion avait commencé avant le début de nos campagnes de mesure.

Entre août et octobre, ces mouvements n'ont pas pu être évalués sur la plage sous-marine à cause des raisons citées ci dessus.

Tableau 24 : Evolution morphologique mensuelle du profil P₆

(Mouvements verticaux exprimés en m^3 par mètre linéaire de plage)

Périodes	Haute plage	Estran	Plage aérienne	Plage sous-marine	Total
Juin-Juillet 2005	-1,58	-1,25	-2,83	-1,89	-4,72
Juillet-Août	-1,77	-1,26	-3,03	/	/
Août-Septembre	+0,84	+3,64	+4,48	/	/
Septembre-Octobre	-2,32	-3,76	-6,08	-5,82	-11,9
Octobre-Novembre	+11,7	+3,73	+15,42	+0,66	+16,08
Novembre-Décembre	+2,91	+7,23	+10,14	+1,62	+11,76
Cumuls	+9,78	+8,36	+18,01	/	

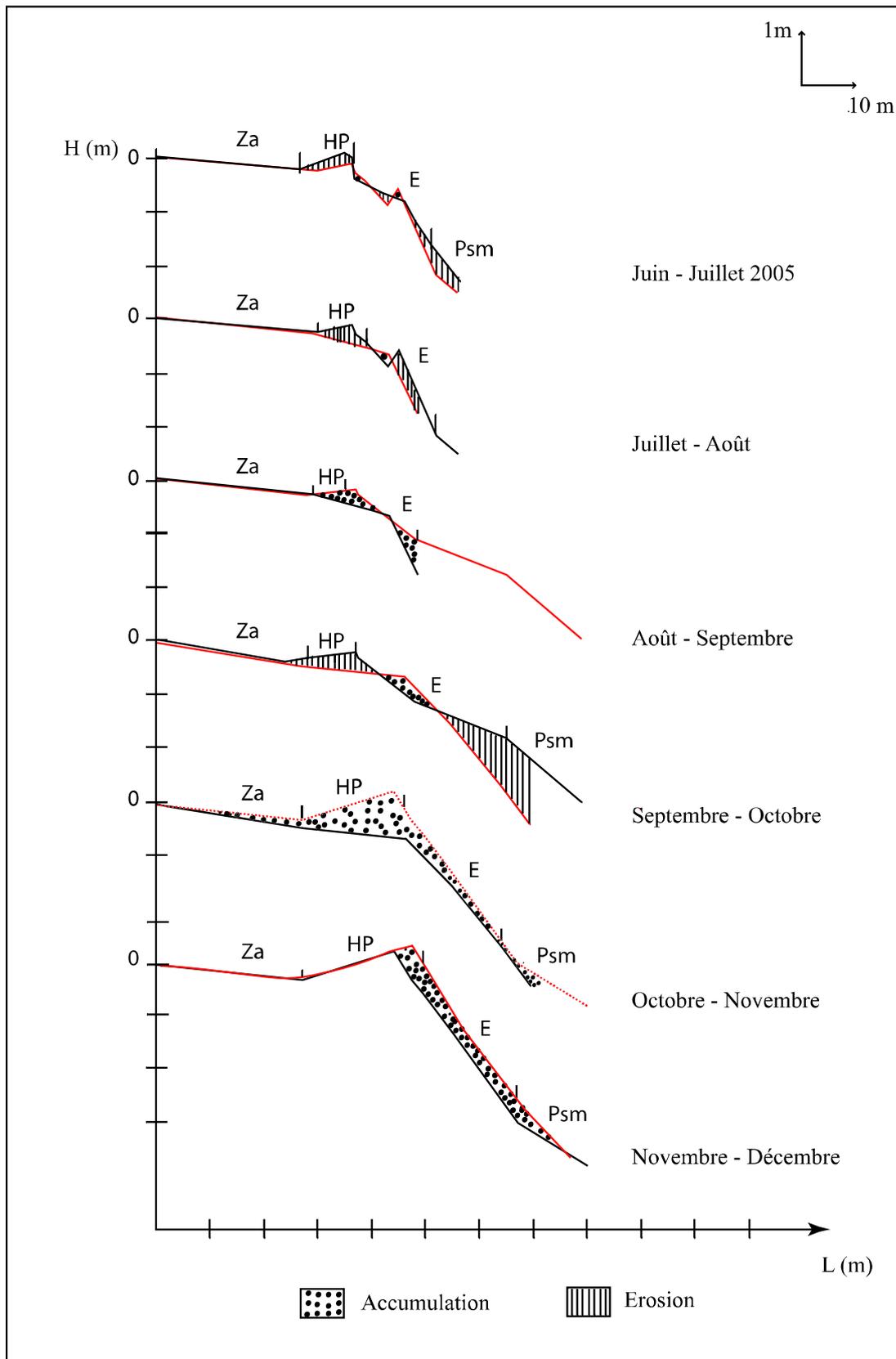


Figure 37 : P₆ Comparaisons des profils mensuels de plage

Za = zone aménagée du cimetière ; HP = haute plage ; E = estran ; Psm = plage sous-marine

VI. 2. Analyse des données sédimentologiques.

Les sédiments sont dans l'ensemble des sables fins à moyens ($210 \mu\text{m} < Mz < 403 \mu\text{m}$), moyennement bien à très bien classés ($0,3 < Sig < 0,56$). Ils sont tous mésokurtiques. Des sédiments bimodaux ont été enregistrés au niveau de la plage sous-marine au mois d'août avec un mode fin principal de $250 \mu\text{m}$ et un mode grossier secondaire de $1000 \mu\text{m}$. Le skewness est variable et centré autour de zéro (tableau 26).

Au niveau de la haute plage, nous notons une augmentation de la granulométrie de juin à décembre, tandis que le classement s'améliore. Au niveau du haut estran, la granulométrie augmente aussi de juin à décembre, corrélativement à une péjoration du classement. Durant cette période, on note au niveau de la plage aérienne un développement de pentes très fortes (0,14 aux mois de novembre et décembre). Au niveau du bas estran on remarque que quand la granulométrie diminue, le classement se détériore (tableau 25). Les sables de la page sous-marine n'évoluent pas (Mz presque stables) mais leur classement se détériore.

La granulométrie moyenne diminue de la haute plage à la plage sous-marine (fig. 38). Au niveau du bas estran, les faibles granulométries sont notées en août et décembre (fig.39). Le diagramme de dispersion Mz -sigma (fig. 40) permet de distinguer :

- les sables moyens qui sont les mieux classés (bien à très bien classés) constitués des sables de la haute plage, du haut estran et d'une partie des sables de la plage sous-marine ;
- les sables fins à moyens, moyennement bien à bien classés, composés des sables du bas estran et d'une partie des sables de la plage sous-marine.

Tableau 25 : Variations de la moyenne Mz (en μm) et de l'indice de classement du profil P_6 selon les unités morphologiques

Mois	Plage aérienne						Plage sous-marine	
	Haute plage		Haut estran		Bas Estran		Déferlement	
	Sig	Mz	Sig	Mz	Sig	Mz	Sig	Mz
Juin	0,45	328	0,38	292	0,46	319	0,3	279
Août	0,42	342	0,39	351	0,5	215	/	Sédiments bimodaux
Octobre	0,41	349	0,43	306	0,53	351	0,56	276
Décembre	0,38	403	0,4	325	0,56	210	0,45	279
Moyenne	0,42	356	0,4	319	0,51	274	0,46	221

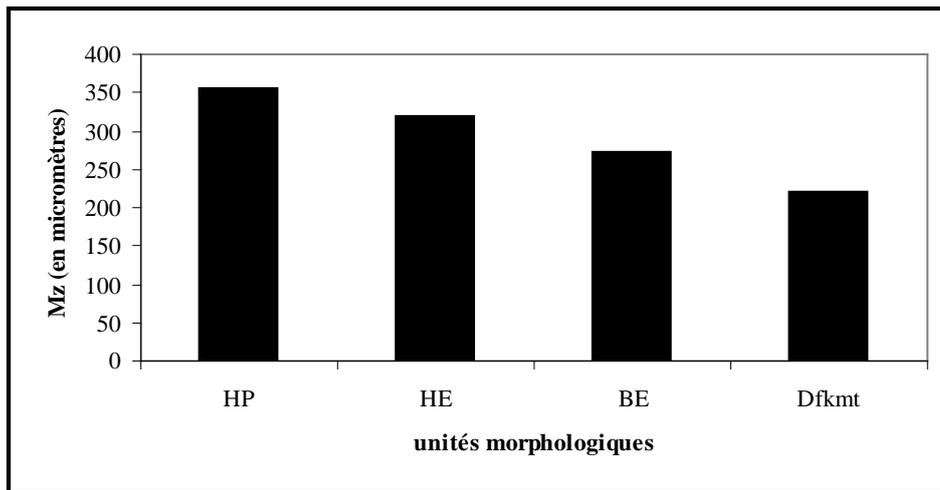


Figure 38 : Evolution de la granulométrie moyenne le long du profil P₆

HP =haute plage ; HE = haut estran ; BE = bas estran ; Dflmt = Déferlement

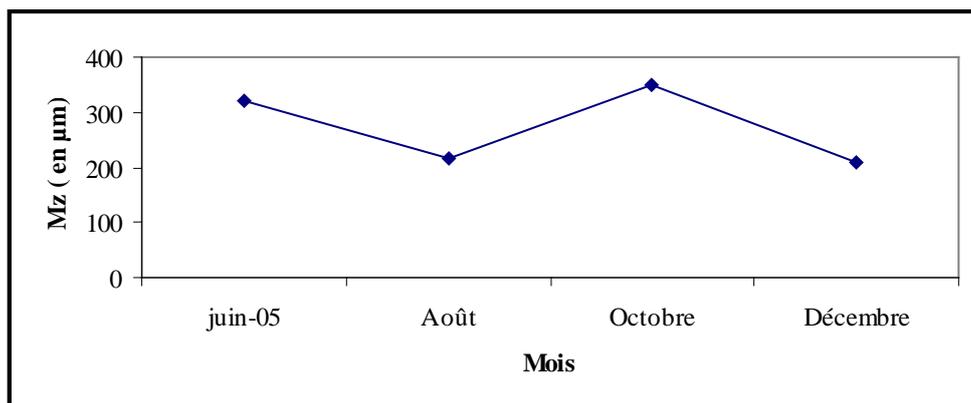


Figure 39 : Variations de la moyenne Mz (en µm) au niveau du bas estran de P₆

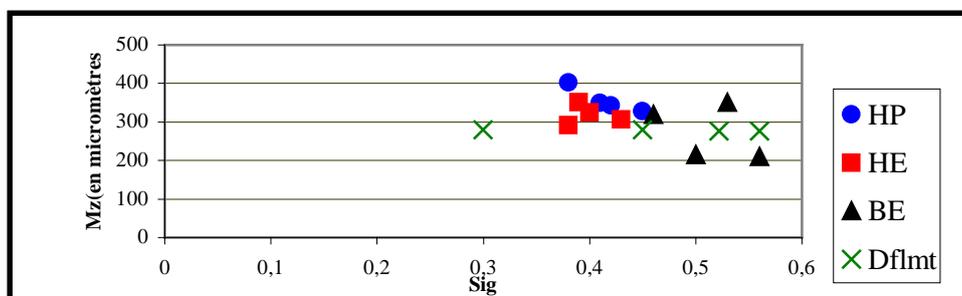


Figure 40 : Diagramme de dispersion Mz-sigma en fonction des unités morphologiques du profil P₆

HP =haute plage ; HE = haut estran ; BE = bas estran ; Dflmt = Déferlement

Tableau 26 : Variations moyennes des principaux indices granulométriques en P₆

Avec M₁ et M₂ modes principal et secondaire (µm), P₁ et P₂ pourcentages des modes principal et secondaire

Profil 1	Jun 2005	Août	Octobre	Décembre
Haute plage				
Mz(µm)	328	342	349	403
Sig	0,45	0,42	0,41	0,38
Sk	0,11	0,2	0,17	0,04
K	1,16	1,2	0,97	1,05
Laisse de haute mer				
Mz(µm)	302		281	330
Sig	0,41		0,49	0,43
Sk	-0,02		0,13	0,16
K	1		1,07	1,1
Mi-estran				
Mz(µm)	281	351	330	319
Sig	0,35	0,39	0,37	0,36
Sk	0,05	0,22	0,26	-0,01
K	0,85	0,9	1,08	1,01
Bas estran				
Mz(µm)	319	215	351	210
Sig	0,46	0,5	0,53	0,56
Sk	-0,14	-0,08	0,15	0,04
K	1,06	0,92	1,06	1,1
Déferlement				
Mz(µm)	279	Sédiments bimodaux P ₁ = 30,57; M ₁ =150 P ₂ = 0,08; M ₂ =1000	276	279
Sig	0,3		0,56	0,45
Sk	-0,12		0,28	-0,03
K	1,09		0,95	1,07

VII. Synthèse et discussion des résultats obtenus

VII. 1. Résultats morphologiques

VII. 1.1. Caractéristiques morphologiques

Les plages aériennes du littoral de Rufisque sont étroites (44 m de largeur en moyenne) (tableau 27). Elles sont caractérisées par une haute étroite plage qui tend à disparaître pendant la saison des pluies. Dans certains secteurs, cette haute plage n'existe plus. Les pentes sont en général faibles (0,06 en moyenne) mais deviennent fortes pendant les périodes d'accumulation et d'érosion qui varient dans le temps et dans l'espace. Elles sont comparables avec les pentes de la zone de surf. Ce sont les profils P₅ et P₆ qui encadrent le mur en enrochement de Keuri Souf-Thiawlène qui ont subi les plus importantes variations de forme.

Cependant il est important de signaler les cas particuliers des plages aériennes de la centrale thermique, et du Nord de la falaise du Cap des Biches (P₂ et P₁) qui, du point de vue largeur, s'écartent de la moyenne. En effet, la largeur importante (50 m pour l'estran) de la plage aérienne de la centrale thermique (P₂) par rapport à la moyenne (44 m) est due à la présence du chenal qui fonctionnerait comme un épi et de ce fait arrête tout ou une partie des sédiments transportés par la dérive littorale. Ce profil est donc situé dans une zone de dépôt. Elle présente également les pentes les plus faibles Par contre la plage du Cap des Biches (P₁) est plus courte que la moyenne ce qui pourrait être du à une avancée de la mer et à un recul très lent de la falaise. La plage du cimetière de Thiawlène se distingue aussi par ses pentes fortes et sa courte largeur qui pourrait aussi être un indice d'érosion. Celle-ci a cependant été influencée par la disposition d'enrochements. .

La forme dominante des profils de plage varie selon les secteurs. La forme caractéristique des plages est le croissant de plage. Les minéraux lourds sont souvent présents.

Tableau 27 : Caractéristiques morphologiques de la plage aérienne du littoral de Rufisque

Profil	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	Moyenne
Largeur moyenne	32	48	42	39	76	26	44
Pente moyenne	0,09	0,06	0,05	0,06	0,03	0,06	0,06
Forme dominante	Convexe	Convexe	Concave	Concave	Convexe	Convexe	

VII. 1.2. Les mouvements verticaux mensuels

Les mouvements verticaux mensuels des plages du littoral de Rufisque sont très variables dans l'espace et dans le temps et selon les secteurs. Sur la base du cumul des mouvements verticaux, on distingue trois secteurs (tableau 28) : le secteur du Cap des Biches (P_1 et P_2), le secteur de Diokoul (P_3 , P_4 et P_5) et le secteur de Keuri-Souf- Thiawlène qui va jusqu'à l'usine Bata (P_6).

Tableau 28 : Les mouvements verticaux de la plage aérienne des différents profils (exprimés en m^3 par m linéaire de plage).

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
Juin-05-Juillet	+2,39	+0,28	+7,75	+6,67	+6,17	-2,83
Juillet-Août	-3,9	-2,51	+7,84	+2,89	-11,1	-3,03
Août-Septembre	+4,73	-7,2	-20,04	-7,54	+5,5	+4,48
Septembre-Octobre	+9,15	+0,23	-4,26	+5,21	-1,18	-6,08
Octobre-Novembre	-12,85	+1,37	-6,09	-13,16	-5,84	+15,42
Novembre-Décembre	+5,77	+8,39	+3,12	-1,8	-3,17	+10,14
Cumul	+5,29	+0,56	-11,68	-7,73	-9,62	+18,08

Dans le secteur du Cap des Biches la tendance est accumulative et les mouvements les plus importants sont enregistrés entre novembre et décembre pour P_2 ($+8,39 m^3 \cdot m^{-1}$) et entre septembre et octobre pour P_1 ($+9,15 m^3 \cdot m^{-1}$). Ce secteur bénéficie d'une part de la présence du banc des Biches qui atténue les vagues et d'autre part du chenal d'alimentation en eau de la centrale thermique qui joue le rôle d'épi mais qui semble atteindre son profil d'équilibre du fait de la faiblesse des mouvements, comparé aux autres profils.

Au niveau du secteur de Diokoul, (P_3 et P_4) c'est l'érosion qui domine avec des cumuls très négatifs. L'érosion est maximale. Cela pourrait s'expliquer par sa situation dans une zone de divergence de la dérive littorale (Niang Diop, 1995). Cette érosion très accentuée pourrait aussi être le résultat des phénomènes de réflexion des houles et de contournement des vagues au niveau des extrémités du mur en béton de Diokoul.

Nous notons ici une variation dans le temps des mouvements verticaux. Ainsi, les mouvements érosifs les plus importants sont enregistrés entre octobre et novembre pour P_4 et

entre août et septembre pour P₃, alors qu'ils ne sont distants que d'une centaine de mètres. Ces deux profils encadrent le mur en béton.

Au fond de la baie de Rufisque (P₅), la tendance générale négative serait le résultat de la concurrence de plusieurs actions parmi lesquelles : un déferlement de type plongeant qui favorise un transport de sédiments vers le large, l'extrémité du mur qui entraîne des phénomènes de réflexion des houles et une turbulence du jet de rive. Sa situation en arrière du cap pourrait être un obstacle à la dérive littorale et probablement une zone de naissance d'une nouvelle dérive et en fin sa situation de baie qui n'a pas encore atteint son profil d'équilibre.

Au niveau du secteur de Keuri Souf-Thiawlène (le secteur des plages de Bata), nous avons une succession d'une période d'érosion qui se produit pendant l'hivernage et de période d'accumulation au cours de la saison sèche. Pendant la saison sèche, la dérive littorale Nord Ouest-Sud Est semble dominante. Elle dépose sa charge sédimentaire à cette extrémité du mur. Vient interférer à cela l'existence à Thiawlène d'une zone de convergence de la dérive littorale durant cette période. Mais aussi la présence de moules sur les rochers de l'extrémité du mur en novembre et décembre indique un milieu peu agité, donc favorable au dépôt. La berme s'est formée lors du passage des conditions de forte énergie de houle à des conditions de faible énergie de houle. C'est ce qui expliquerait les taux positifs de ce profil P₁. Cependant, ce résultat doit être pris avec beaucoup de prudence, non seulement parce que la quantification des mouvements d'érosion a été fortement influencée par des actions anthropiques et que cette zone était en érosion avant le début de nos mesures mais aussi qu'il s'agit d'une étude à court terme. Ces plages étant décrites comme des plages réfléchives (Niang Diop, 1995), il devrait donc s'agir de leur évolution à un état transitoire suite à un changement des conditions de houles.

Il existerait une dérive littorale en sens inverse (Sud Est- Nord Ouest) au début de la saison des pluies qui coïncide avec le maximum des upwellings et à l'augmentation de l'énergie des houles au niveau de la côte Sud. Il se produit des phénomènes de réflexions plus importants que pendant la saison sèche. Le clapotis, né de la combinaison de la houle incidente perpendiculaire à la côte et de la houle réfléchie, semblerait favoriser le transport de sédiments vers le large.

Il semblerait aussi que le recul du rivage observé se produit juste après le passage des conditions de faible énergie de houles à des conditions de forte énergie de houle c'est à dire entre juin et juillet.

VII. 2. Les résultats sédimentologiques

L'analyse des sédiments des différents profils montre qu'ils se répartissent en deux groupes de part et d'autre du Cap de Diokoul. Nous avons des sables fins à très fins au Nord du cap (P₁, P₂, P₃ et P₄) et des sables moyens et rarement fins au Sud du cap (P₅ et P₆). Les sédiments sont mésokurtiques et dans l'ensemble moyennement bien à très bien classés. Cependant, les sédiments fins des profils P₁, P₂, P₃ et P₄ sont en général mieux classés que ceux des profils P₅ et P₆ (tableau 29). Ainsi dans le secteur du Cap des Biches à Diokoul une dérive littorale Nord Ouest-Sud Est se dessine et dans la baie de Rufisque, elle est de sens opposé.

Tableau 29 : Variation de Mz et Sig moyens le long du secteur d'étude

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆
Mz (µm) moyenne	160	200	148	130	326	274
Sig moyen	0,38	0,47	0,36	0,38	0,71	0,51

↑
Cap de Diokoul

La granulométrie moyenne diminue de la haute plage à la plage sous-marine au niveau des profils P₁, P₃, P₄, et P₆. Cette disposition, inverse de ce qui est généralement observé sur la plupart des littoraux, pourrait s'expliquer par un tri granulométrique. Au moment où le mélange sable eau escalade la plage aérienne, les sables grossiers à énergie cinétique plus grande atteignent la haute plage et s'y déposent, tandis que les sables fins de densité à peu près égale à celle de l'eau à suivent la lame de retrait. Alors qu'en P₂ et P₅, la granulométrie est plus grossière au niveau du bas estran qui est le milieu le plus énergétique.

Les variations mensuelles de la moyenne Mz au niveau du bas estran montrent la même évolution entre P₁, P₂ et P₆ d'une part et entre P₃, et P₄, d'autre part. Le profil P₅ présente une évolution différente. Ce qui nous permet d'affirmer que les secteurs du Cap des Biches et de Thiawlène sont soumis aux mêmes conditions hydrodynamiques, à l'inverse du secteur de Diokoul ; tandis P₅ est situé dans un zone de transition. C'est d'ailleurs les profils

P₁, P₂ et P₆ qui ont un cumul positif contrairement aux profils P₃ et P₄. Mais l'érosion importante à Diokoul serait aussi liée à la nature de son sable fin à très fin qui est plus sujette au transport vers le large et à la présence d'un ouvrage de protection non adapté au profil de la côte.

Les diagrammes de dispersion Mz-sigma ont permis de distinguer les différentes unités morphologiques de la plage au niveau des profils P₁, P₃, P₄, P₅ et P₆ ce qui n'est pas le cas au niveau du profil P₂. On peut dire donc que les sédiments du P₂ ont subi les mêmes conditions de transport et seraient issus de la même source, ce qui fait qu'on a la prédominance de la classe modale 200 µm sur toutes les unités morphologiques (tableau 30).

CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES

L'étude de l'évolution morphosédimentaire actuelle du littoral de Rufisque a permis de prouver l'influence des ouvrages de protection sur l'érosion côtière mais aussi d'avoir une idée sur ses caractéristiques morpho sédimentologiques actuelles.

L'évolution des caractéristiques morphologiques mensuelles des profils de plage montre une plage aérienne et une plage sous-marine de courtes largeurs et à pentes comparables à l'exception des profils P₆ et P₁, P₂ qui se distinguent respectivement par leur forte pente et par leurs largeurs importantes.

L'étude de l'évolution des mouvements verticaux permet de distinguer un secteur en érosion (P₃, P₄ et P₅) encadré par deux secteurs en accumulation (P₆ au Sud et P₁ et P₂ au Nord). Ces mouvements sont caractérisés par une grande variabilité dans le temps et dans l'espace L'érosion est particulièrement importante au niveau des plages situées aux extrémités des ouvrages de protection. Mais malgré son cumul positif un recul du rivage est noté au niveau du P₆. P₆ subit les influences de la mise en place de l'enrochement.

La forme des profils de plage est variable, mais au niveau des secteurs en érosion, la forme prédominante est concave, alors que la forme convexe domine dans les secteurs en accumulation.

L'évolution des caractéristiques sédimentologiques montre que le Cap de Diokoul sépare un secteur à sables fins à très fins et bien classés et un secteur à sables moyens.

Le réchauffement global de la planète constaté va davantage exposer le littoral de Rufisque à l'érosion côtière et vient assombrir la maîtrise des facteurs hydrodynamiques, en particulier les houles qui sont les agents les plus déterminants dans la dynamique littorale. Ainsi nous essayerons par une étude comparée non seulement de mieux cerner les caractéristiques morpho sédimentologiques et d'évaluer le taux de recul du rivage mais aussi de donner une explication à l'érosion notamment des plages des cimetières de Thiawène et de Diokoul. Cependant, une telle étude serait facilitée par un enregistrement régulier des données de houle pour la construction d'ouvrages de protection adaptés à cette côte très exposée.

Tableau annexe : Variations du mode (μm) et pourcentage de CaCO_3 des unités morphologiques

P ₁								
Un.Morph.	Juin		Août		Octobre		décembre	
	%CaCO ₃	Mode	%CaCO ₃	Mode	%CaCO ₃	Mode	%CaCO ₃	Mode
HP	11,06	315	9,66	315	9,66	315	16,86	400
LHM	11,13	250	/		6,66	250	9,33	315
ME	5,33	250	4,4	250	6,86	315	7,93	250
Mer	19,53	250	3,06	160	16,46	315	9,13	200
Dflmt	11,33	250	6,13	250+1000	9,66	315	10,73	250
P ₂								
HP	15,38	250	27,4	315	23,53	250	22,4	250
LHM	15,6	200	18,26	250	9,8	200	19,8	250
ME	14,8	250	14,6	315	9,73	200	4	160
Mer	31,2	400	34,4	400	23,46	250	19,06	400
Dflmt	12,6	160	39,2	250+1000	19	125	11,93	125
P ₃								
HP	27,8	200	14,73	200	14,53	160	14,26	125
LHM	17,26	160	7,4	200	16,4	160	13,06	125
ME	26,53	125	11,6	160	21,46	80	23,6	125
Mer	32,6	100+400	14,53	200	19,33	100+1000	31,7	100+1000
Dflmt	15,8	80	19,33	160	35,13	125	15	100
P ₄								
HP	39,6	250	14	200	12,86	160	23,33	250
LHM	13,2	160	20,8	200	14,13	160	12,4	160
ME	22	125	10,46	160	17,2	125	19,26	125
Mer	28,66	125	19,2	160	31,33	125+500	31,86	125+1250
Dflmt	18,53	125	38,46	160	12,66	80	18,93	100

P ₅								
Un.Morph.s	Juin		Août		Octobre		Décembre	
	%CaCO ₃	Mode						
HP	8,73	160	9	200	7,86	200	7	200
LHM	9	160	7,13	200	8	160	9	200
ME	7,46	200	6,93	200	7,2	160	9,06	200
Mer	24	200	6,93	200	9,26	200	13,2	200+1000
Dflmt	13,06	125	8,13	200	15,2	125	10	200
P ₆								
LHM	10,33	160	11,86	200	11,14	160	11,26	200
ME	15,13	125	16,46	160	20,33	125	12,73	160
Mer	17,73	125	15,73	200	32,53	125	15,66	125
Dflmt	20,86	125	9,8	200	19,33	100	25,33	125+1000

Photos annexes : Emplacement des profils de plage



A₁ : Vue d'ensemble du profil P₁ (19 octobre 2005)



A₂ : Vue d'ensemble du profil P₂ (07 Octobre 2006)



A₃ : Vue d'ensemble du profil P₃ (07 Octobre 2006)



A₄ : Vue d'ensemble du profil P₄ (07 Octobre 2006)



A₅ : Vue d'ensemble du profil P₅ (07 Octobre 2006)



A₆ : Vue d'ensemble du profil P₆ (07 Octobre 2006)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARBEY, C. (1982) – Les ergs du Sud-Ouest de la Mauritanie et du Nord du Sénégal.
Thèse Etat Lettres, Univ.Paris VII, 2 tomes, 454 p., 68 fig., 14 tab., 16 ph., 4 ann., 8 pl.h.t.
- BARBEY, C., DESCAMPS, C. (1967) – Note sur les formations quaternaires de la pointe de Fann (Dakar). *Notes. Afr.*, Dakar, **114**, p 48-54, 9 fig., 6 ph.
- BELLION, Y, J-C. (1987). Histoire géodynamique post-paléozoïque de l’Afrique de l’Ouest d’après l’étude de quelques bassins sédimentaires (Sénégal, Taoudenni, Iullemmeden, Tchad).
Thèse Etat Sciences, Univ. Avignon et Pays du Vaucluse, Avignon, 302 p., 125 fig., 13 tab., 1 pl., 1 ann.
- BRANCART, R. Y. (1975) – Etude micropaléontologique des feuilles au 1/20 000^e de la presqu’île du Cap Vert : Rufisque – Bargny (Sénégal Occidental). D. E. S. ,
Labo.Sédimentologie Continentale, Univ.Aix – Marseille III.
- BRANCART, R. Y. (1977) – Etude micropaléontologique et stratigraphique du Paléogène sur le flanc occidental du horst de Ndiass et dans la région de Taïba. Thèse 3^{ème} cycle,Univ. Provence, 2 vol., 89 p. , 21 fig., 5 tab., 3 h. t., 40 pl.
- BRENNINKMEYER, B. (1982) – Major beach features. In: Schwartz, M. L. (ed) "The encyclopaedia of beaches and coastal environments", Encyclopaedia of Earth Sciences Series, XV, Hutchinson Ross Pub. Comp., Stroudsburg, 528-531, 2 fig.
- BRUUN, P. (1962) Sea – level rise as a cause of shore erosion. *J. Waterways and Harbors Div.*, ASCE, New York, 88, 117 – 130, 4 fig.
- CANTAGREL, J. M., LAPPARTIENT J. R., TESSIER F. (1976) – Nouvelles données géochronologiques sur le volcanisme ouest africain. 4^{ème} R. A. S. T., Paris, 13 – 16 Avril 1976, 93.

CHAUHAN, O.S. (1992) – Laminae and grain-size measures in beach sediments, East Coast Beaches, India. *J. Coastal Res.*, Fort Lauderdale (Flo.), **8** (1), 172-182, 9 fig., 3 tab.

CREVOLA, G. (1978) - Sills, dykes et pipes de tufs volcaniques bréchiqes fluidifiés dans la presqu'île du Cap Vert, (Sénégal). *C. R. Somm. Soc. Géol. France*, Paris, 3, 135 – 139, 3 fig.

DAVIS, Jr, R. A. (1982) – Beach. In: Schwartz, M. L. (ed) "The encyclopaedia of beaches and coastal environments", *Encyclopaedia of Earth Sciences Series*, XV, Hutchinson Ross Pub. Comp., Stroudsburg, 140-141, 1 fig.

DEMOULIN, D., MASSE, J.P (1969)- Grès de plage de la presqu'île du cap vert (Sénégal). *Bull.I.F.A.N.*, Dakar, Ser.A, **XXXI** (3), 721-738, 2fig., 2 ph.

DESCAMPS, C., DEMOULIN, D. (1969) – Stratigraphie du gisement préhistorique du Cap Manuel (Dakar). *Bull. I. F. A. N.*, Dakar, Ser. , 6, 92 p., 22 fig., 10 tab., 6 pl. h t.

DIALLO, S. (1982) – Evolution géomorphologique du littoral sur la Petite Côte à Rufisque. *Mém. Maîtr., Dpt. Géogr., , Fac Lettres Sci. hum., Dakar*, 124 p., 33 fig.

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

DIOUF, M.B. , GIRESSE, P., OCHIETTI, S., CAUSSE, C. (1993) – La limite méridionale des grès calcaires du Pléistocène marin ouest – africain : étude pétrologique et géochimique d'après l'exemple du cap des Biches (Sénégal). In : *Evolution côtière au Quaternaire*, Réunion Intern. PIGC 274, O. R. S. T. O. M., Dakar, 6 - 7

DWARS, HEEDERIK et VERHEY INGENIEURS CONSEILS (1979) – Rapport sur l'étude de la protection du rivage de la Petite Côte. Ministère Equipement, Rép.Sénégal, 92 p., 24 fig., 5 tab., 28 ph., 2 ann.

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., BRANCART, R., HEBRARD, L. (1976a) – Notice explicative de la carte géologique de la presqu'île du Cap Vert au 1/20 000. Rufisque. Dir. Mines et Géologie, Min. Dév. Industr. Environ., Dakar, 35 p., 5 fig., 1 carte h.t.

ELOUARD, P., BRANCART, R., HEBRARD, L. (1976b) – Notice explicative de la carte géologique de la presqu'île du Cap Vert au 1/20 000. Bargny. Dir. Mines et Géologie, Min. Dév. Industr. Environ., Dakar, 43 p., 8 fig., 1 carte h.t.

ELOUARD, P., FAURE, H., HEBRARD, L. (1977) – Variations du niveau de la mer au cours des 15 000 dernières années autour de la presqu'île du Cap Vert. Dakar-Sénégal. *Bull. liaison Ass.Sénég.Et.Quatern.Afr.*, Dakar, 50, 29-49, 2 fig.,

ELOUARD, P., (1980) – Géomorphologie structurale, lithologique et climatique de la presqu'île du Cap Vert (Sénégal). *Notes Africaines*, Dakar, 167, 1-68, 7 fig.

FOLK, R.L. (1966) – A review of grain-size parameters. *Sedimentol.*, Amsterdam, 6 (2), 73-93, 1 fig., 3 tab.

FOLK, R.L., WARD, W.C. (1957) – Brazos River bars : a study in the significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol.*, Tulsa (Okl.), 27 (1), 3-26, 19 fig.

GIRESE, P., BARUSSEAU, J.P. DESCAMPS, C., MONTEILLET, J. (1988b)- Enregistrement sédimentologique et archéologique des oscillations climatiques récentes dans le domaine littoral de l'extrême ouest africain. Contribution à l'étude des aridifications. Rapport final. Lab. Rech.Sedim. marine, Perpignan, 133 p., 17 fig., 9 tab., 2 ann.

IBE, A.C., QUELENNEC, (1989)- Méthodologie d'inventaire et de contrôle de l'érosion côtière dans la région de l'Afrique de l'ouest et du centre. Rapport et études des mers régionales n° 107. , 107 p. 55 fig. , 4 tab.

LAPPARTIENT, J. R. (1985). Le « Continental terminal » et le Pléistocène ancien du bassin sénégalo-mauritanien (Stratigraphie, sédimentation, diagenèse, altérations. Reconstitution des paléorivages au travers des cuirasses). Thèse Etat Sciences, Univ. Aix-Marseille, St Jérôme, 286 p., 121 fig., 8 tab., 10 pl. ph.

G.I.E.C ; (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'évolution du Climat) (2003) Bilan 2001 des changements climatiques Cambridge University Press, Cambridge. 205p, 106 fig,60 tab, 5 ann.

LAWSON, E. B (1970) Etude géomorphologique et biogéographique de la région de Mbao (Presqu'île du Cap Vert, Sénégal). Mem. Maîtr., Dpt Geogr., Fac. Lettre Sci. Hum., Dakar, 152 p. 34 fig., 11 tab, 8 ph.

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

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

LOMPO, M. (1987) - Méthodes et étude de la fracturation et des filons. Exemple de la région du Cap Vert (Sénégal). Mém. D.E.A., Dpt Géologie, Univ. Dakar, 58 p., 16 fig. 2 ann.

MASSE, J.P. (1968) – Contribution à l'étude des sédiments actuels du plateau continental de la région de Dakar (République du Sénégal). *Rapp.Labo.Geol.*, Fac.Sci., Univ.Dakar, **23**, 81 p., 38 pl.

MICHEL, P. (1973) - Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etudes géomorphologiques. ORSTOM ed. , Paris, 3 tomes, 752 p. , 170 fig., 37 tab. , 91 pl. , 9 pl. h. t. , 6 cartes.

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

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.

PINOT, J. P. (1998) La gestion du littoral. Tome I- Littoraux tempérés : côtes rocheuses et sableuses. Collection Propos Institut Océanographique, Paris, 399 p. ,244 fig.

REINECK, H.E., SINGH, I.B. (1975) – Depositional sedimentary environments. With reference to terrigenous clastics. Springer-Verlag, Berlin, 439 p., 579 fig., 23 tab.

RIFFAULT, A. (1980) – Les environnements sédimentaires actuels et quaternaires du plateau continental sénégalais (Sud de la presqu'île du Cap Vert). Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Bordeaux I, n° 1561, 145 p., 57 fig., 7 tab., 2 ph., 1 pl., 4 ann.

SAHU, B.K. (1964) – Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments. *J. Sedim. Petrol.*, Tulsa (Ok.), **34** (1), 73-83, 1 fig.

SOGREAH INGENIEURS CONSEILS (1981) – Etude de la houle et du vent sur le site de Bargny (République du Sénégal). MIFERSO, Dakar, Rpt R 35 1160b, 34 p., 23 pl.

SONU, C. J. , VAN BEEK, J. L (1971) – Systematic beach changes on the Outer Banks, North Carolina. *J. Geol.* , Chicago, **79** (4), 416-425, 10 fig.

SOW, Y., (1994) – Etude de l'ensablement du chenal de prise d'eau de la centrale thermique du Cao des Biches (C III). Rapport d'UV₁₅ : stage d'entreprise. Univ C.A.D de Dakar Fac. Sci. Techn. Institut des Sciences de la Terre, . 58 p, 35 fig, 20 tab.

TESSIER, F., FLICOTEAUX, R. LAPPARTIENT, J. R, NAHON, D., TRIAT, J. M (1975) – Reforme du concept de continental terminal dans les bassins sédimentaires côtiers de l'ouest africain. IX^{ème} Congr. Intern. Sédim., Nice, Thème 1, 207-217, 2 fig.

VILLENEUVE, M. ROCHET, J., FAYE, M., (1993) – Héritage structuraux panafricains et hercyniens sur la marge africaine de l'Océan Atlantique, entre la Mauritanie et le Libéria. *Bull. Soc. Geol. France*, Paris, **164** (6), 851 – 860 ; 9 fig