

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المعهد الوطني لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Institut National des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR  
EN SCIENCES DE LA MER**

**Option : Aménagement du littoral**

**Thème :**

**Sidi Fredj, situation du littoral, diagnostic  
causes d'érosion et solutions d'aménagement**

**Présenté par :**

**KEZZOULI Kamel**

**TAIBI Abdellah**

**Soutenu devant la commission composée de :**

**Mr Refes Wahid**

**Mr Rabah Belkessa**

**Mr Sefiane Omar**

**Mr Hellal Mustapha**

**Président**

**Promoteur**

**Examineur**

**Examineur**

## SOMMAIRE

<b>Introduction</b> .....	01
<b>Chapitre I : Présentation de la zone d'étude</b> .....	03
I.1. Contexte administratif .....	03
I.2. Contexte géographique .....	03
I.3. Aspects physiques et naturels du milieu .....	05
I.3.1. Contexte morphologique .....	05
I.3.2. Contexte géologique .....	05
I.3.3. Données hydro climatiques de la zone côtière .....	12
a- Précipitations et températures .....	12
b- Les vents .....	13
c- Les houles .....	14
d- Les courants .....	14
I.3.4. La dérive littorale .....	14
<b>Chapitre II : Matériel et méthodes</b> .....	15
II.1. Travaux en mer .....	15
a- tracé du trait de côte .....	15
b- prélèvement des échantillons .....	17
II.2. Travaux au laboratoire .....	17
II.2.1 analyse granulométrique .....	17
II.2.1.1 définition .....	17
II.2.1.2 principe .....	17
II.2.1.3 traitement des échantillons .....	17

<b>Chapitre III : Résultats et discussions</b> .....	19
III.1. Présentation des résultats granulométriques .....	19
III.1.1. Aspect général des courbes granulométriques .....	19
III.1.2. Répartition des indices granulométriques .....	26
a/ La médiane .....	26
b/ Les pélites.....	31
c/ Les carbonates .....	31
III.2. Etude des variations du trait de côte .....	38
• Introduction .....	38
• Méthode d'évaluation .....	38
<b>Chapitre IV : Problème d'érosion</b> .....	45
• Introduction .....	45
• Causes d'érosion .....	45
<b>Chapitre V : Solutions d'aménagement</b> .....	50
<b>Conclusion générale</b> .....	54
<b>Bibliographie</b>	

## **Introduction**

Située à l'Ouest d'Alger, à une vingtaine de kilomètres, Sidi Fredj, cette baie autrefois agressée par un corps expéditionnaire français, ploie aujourd'hui sous le poids de l'érosion, du désengagement de l'état, d'une multitude de petits vendeurs.

Pour celui qui connaît Sidi Fredj, l'endroit en question a beaucoup changé ces dernières années et pris parfois des allures anarchiques. Pourtant, le grand point noir reste l'état déplorable des plages qui, comme tous les étés, sont envahies massivement par des estivants.

A l'heure actuelle, le littoral de Sidi Fredj, comme un peu partout dans le monde – celle-ci étant la règle générale – est en état de récession qui désormais constitue un souci quotidien et incessant.

D'ailleurs, le gros problème de recul du trait de côte a déjà fait l'objet de quelques travaux d'études qui ont été réalisés en 1995 et en 2002, montrant l'évolution continue du linéaire côtier de la région.

Dans ce cadre global, s'inscrit modestement notre étude sur l'état des plages Est et Ouest de Sidi Fredj et le processus d'évolution du trait de côte. Cette étude s'articule autour de cette question principale : les plages Est et Ouest de Sidi Fredj sont-elles soumises aux actions érosives de la mer ?

Donc saurons-nous garder un espace côtier où nous pourrions vivre en harmonie avec le littoral qui le compose ? et saurons-nous assurer un développement soutenable sans compromettre notre littoral, tout en évitant les impacts négatifs sur cet espace ?

L'objectif principal de cette étude est l'implication de l'océanographe ou l'aménagiste au fait que l'aménagement côtier est intimement lié à l'environnement naturel et à la société qui le compose, au territoire auquel il s'intègre, convaincre que notre métier est d'abord d'être au service de la population et de l'environnement, qu'aménager c'est d'abord ménager.

Pour accomplir ce travail, le mémoire est divisé en 4 parties :

- La première partie est consacrée à l'étude morphologique, géologique et hydrodynamique.
- La deuxième partie est relative à l'étude sédimentologique.
- La troisième partie traite l'évolution du trait de côte du site.
- La quatrième partie est consacrée aux problèmes d'érosion et aux solutions d'aménagement.

## **Chapitre I : Présentation de la zone d'étude**

### **I.1. Contexte administratif :**

Située à 20 Km à l'Ouest de la capitale, la localité de Sidi Fredj appartient, du point de vue administratif à la commune de Staouéli, daira de Zeralda et wilaya d'Alger.

On y accède en empruntant :

- la RN11, qui relie Alger à Tipaza par la côte ;
- la RN41, qui mène d'Alger à Staouéli par le sahel ;
- la Racade Sud ; Ben Aknoun-Zeralda.

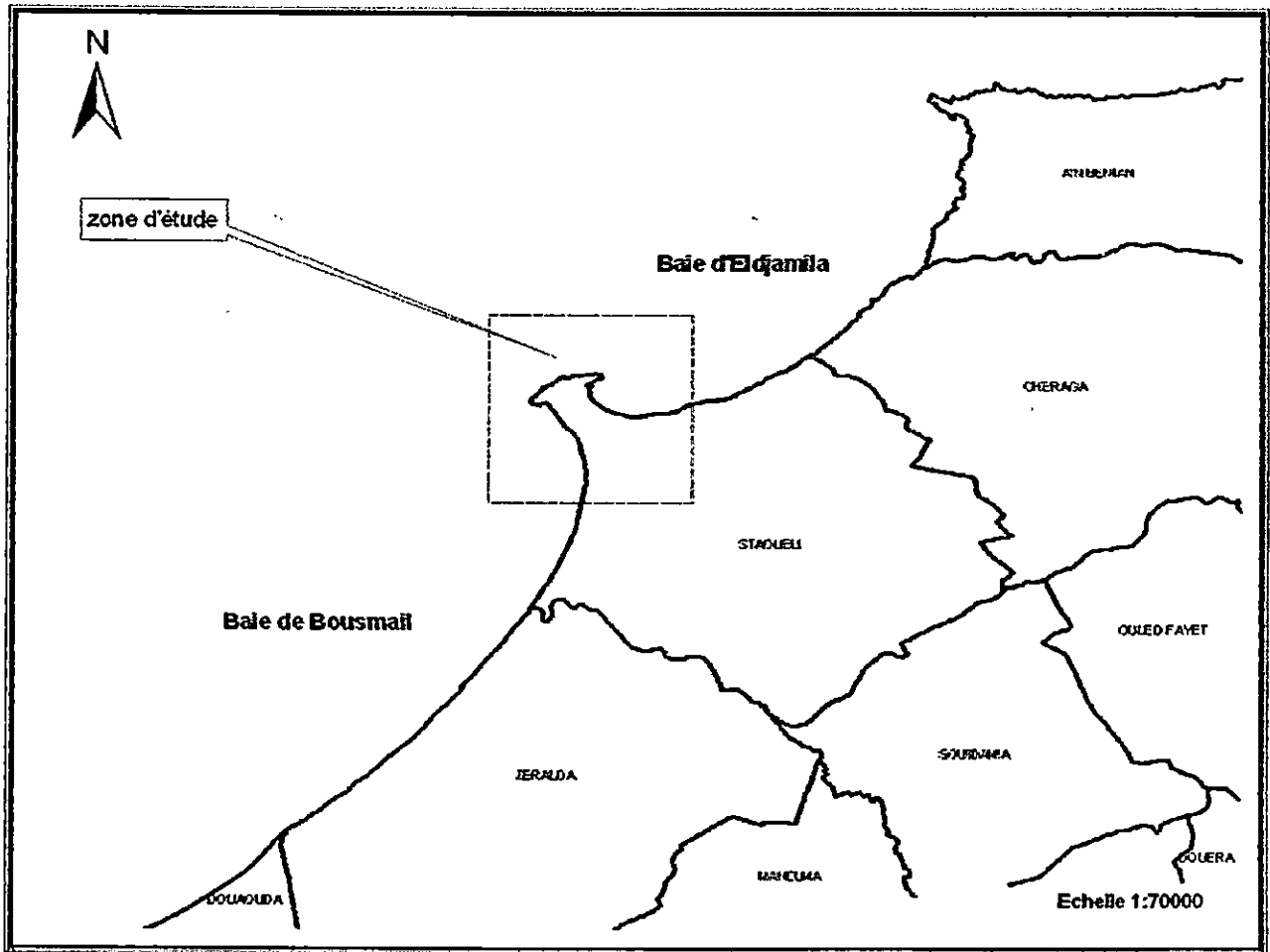
### **I.2. Contexte géographique : (carte N°01)**

Sidi Fredj est une localité située sur un kilomètre au bord de la mer, orientée vers le Nord-Ouest. Elle forme le cap Est de la baie de Bou Ismail et la limite Ouest de la baie d'Eldjamila.

C'est un promontoire rocheux en sailli par rapport aux côtes sableuses limitrophes, caractérisé par deux pointes :

- la pointe du Marabout, à l'Est ;
- la pointe de St Janvier, à l'Ouest ;

Les coordonnées géographiques sont : 2°50' Est et 36°45' Nord.



**Carte n° 01 : Localisation géographique de la zone d'étude.**

### **L3 Aspects physiques et naturels du milieu :**

#### **L3.1. Contexte morphologique :**

Le littoral de Sidi Fredj est essentiellement caractérisé par la présence d'un promontoire rocheux qui, abritant le port de Sidi Fredj, est soudé à l'arrière pays par un tombolo d'environ de 1 Km de longueur et 200m de largeur, dont l'axe est orienté vers le Nord Ouest.

Le promontoire rocheux qui forme une sorte d'épi naturel, dont l'axe est orienté Sud Ouest ; Nord Est débordé des deux côtés du tombolo donnant naissance à deux anses sableuses relativement abritées de part et d'autre de l'extrémité des côtes sableuses.

Par ailleurs, le côté Est de la presqu'île de Sidi Fredj est marqué par de grandes étendues sableuses constituant la plage Est, Moretti et club des Pins.

En s'éloignant vers l'Est, des criques individualisées par les affleurements rocheux y prennent place.

De même, le littoral de la partie Ouest de la presqu'île, est constitué des plages Ouest, Palm Beach et Azur plage.

Le seul et unique Oued débouchant en mer du côté de la plage Est, à environ 5km, est l'oued de Beni Messous, dont le débit a connu ces dernières années une nette diminution.

#### **L3.2 Contexte géologique : (carte N°.02)**

La presqu'île de Sidi Fredj est jointe au massif d'Alger lequel est recouvert par des terrains métamorphiques du primaire et des formations plio-quaternaires du Sahel.

- Les terrains métamorphiques :

Ils sont essentiellement constitués de granites et gneiss de teinte claire, largement fissurés et diaclases, affectés d'accidents mylonitiques (Ourabia et al, 1989).

Les gneiss du promontoire rocheux sont divisés en quatre types (Colomb et al, 1972).

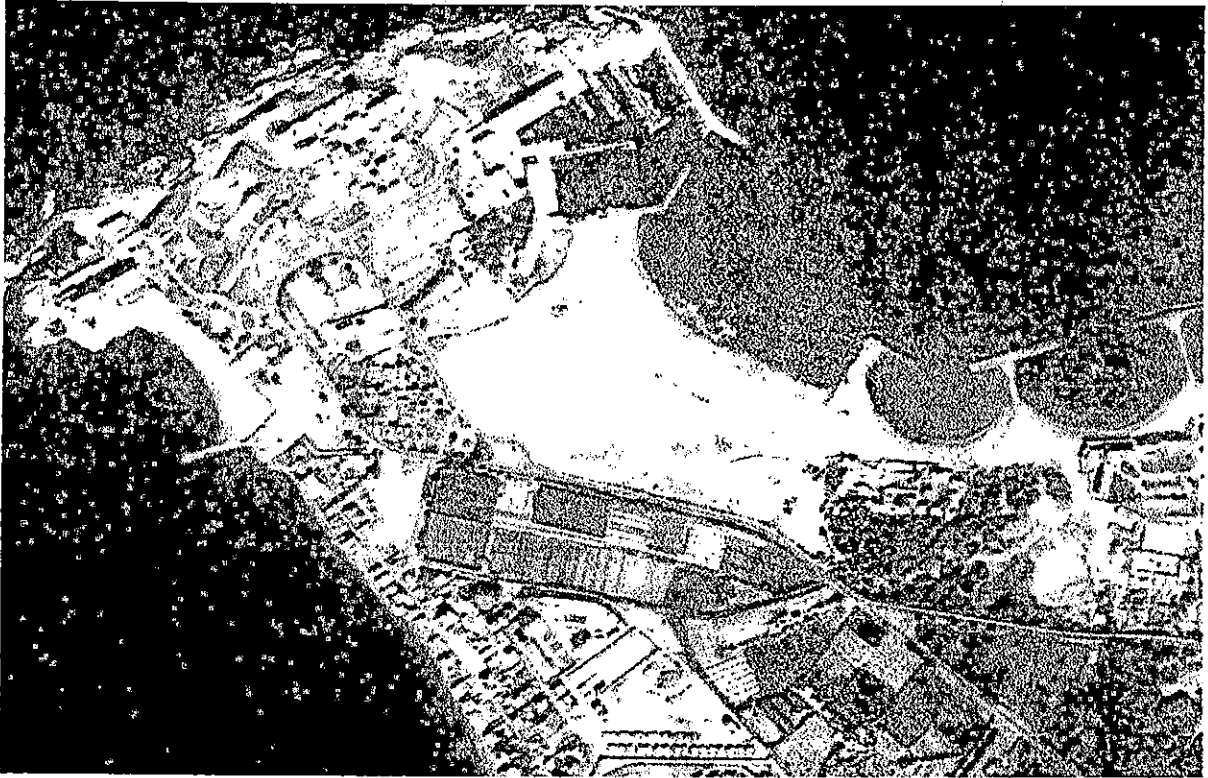
**Tableau N°01 Caractéristiques des roches métamorphiques de Sidi Fredj.**

Type	Particularités descriptives
I	Appelé « vieux gneiss » à foliation et linéarisation bien distinctes, grisâtre et assez clair.
II	Type massif peu orienté.
III	Gneiss à grains fins bien lités, riches en quartz.
IV	Aspect d'un granite orienté avec une foliation moulante de phénocristaux.

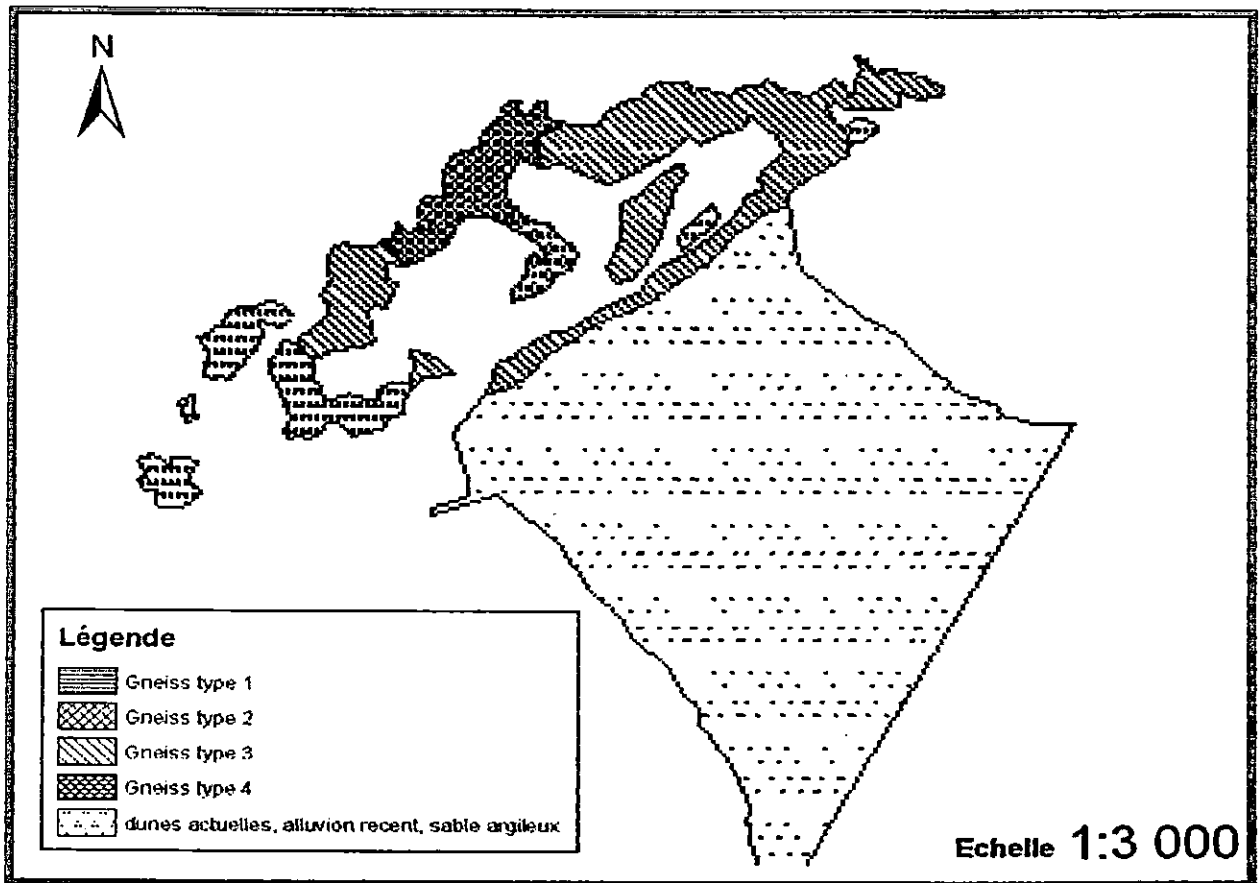
-Les terrains quaternaires :

Le littoral du Sahel occidental d'Alger présente une terrasse marine qui supporte d'importantes unités continentales, elle se subdivise en (Saoudi, 1983) :

- Formations dunaires anciennes sensiblement parallèles à la plage.
- Faciès sableux graveleux du tombolo à éléments métamorphiques.
- Recouvrement de sables argileux.
- Dépôts actuels : alluvions récentes.
- Grès dunaires du Quaternaire.



**Photo n°01 : Photo aérienne de Sidi Fredj en 1999.**



**Carte n°02 : carte géologique de Sidi Fredj**

### **I.3.3 Données hydroclimatiques de la zone côtière :**

#### **a- Les précipitations :**

La région de Sidi Fredj, comme l'ensemble de la côte algérienne est caractérisée par un climat méditerranéen tempéré, relativement froid et humide en hiver et chaud en été.

Les températures de l'eau et de l'air permettant le bain et le nautisme sur une période s'étalant d'avril à novembre, d'autant plus que cette longue saison balnéaire ne sont pas limitées par d'autres éléments.

L'étude récente des observations faites dans la région de Sidi Fredj, nous a conduit à conclure ce qui suit :

#### **• Caractéristiques de la période hivernale :**

**Pluviométrie :** la hauteur des précipitations est considérable du mois de décembre au mois de février. La quantité moyenne varie entre 15 et 68mm.

**Température :** sont basses et s'échelonnent en moyenne entre 5° et 18°C.

#### **• Caractéristiques de la période estivale :**

**Pluviométrie :** elle est réduite, de juin à août la quantité moyenne varie entre 4 et 8mm.

**Températures :** sont très élevées, la saison est caractérisée par une chaleur intense, les températures varient entre 20° et 31°C, parfois elles atteignent 40°C.

#### **• Caractéristiques de la période printanière :**

**Pluviométrie :** elle est plus ou moins importante. De mars à mai la quantité moyenne varie entre 10 et 45mm.

**Températures :** sont plus ou moins fraîches allant de 6° à 23°C.

#### **• Caractéristiques de la période automnale :**

**-pluviométrie :** De septembre à novembre, la quantité moyenne varie entre 12 et 35mm.

**-Températures :** elles varient entre 9° et 30°C.

**Tableau N°02 : Les températures à Sidi Fredj**

saisons	Mois	Température max (°c)	Température min (°c)
Hiver	Décembre	17.3	7.2
	Janvier	16.4	5.3
	Février	16.9	4.6
Printemps	Mars	18.4	6.6
	Avril	20	8.4
	Mai	22.3	11.1
Eté	Juin	26.4	15.2
	Juillet	30.5	18.2
	Août	30.7	18.5
Automne	Septembre	28.3	16.4
	Octobre	24.8	18.1
	Novembre	30.3	9.2

**b-Les vents :**

Dans la région de Sidi Fredj, la répartition des vents est proportionnellement liée au régime des houles tout le long de l'année .On relève à ce titre :

- Une dominance hivernale caractérisée par les vents d'Ouest et Nord-ouest ;
- Une dominance estivale avec du vent Nord-est.

Les données recueillies par le laboratoire d'études maritimes (LEM, 1984) indiquent que dans la région, les vitesses de vent les plus fréquentes se situent entre 6 et 10 nœuds.

### **c- Les houles :**

Les statistiques de houle dans la région de Sidi Fredj, font apparaître deux régimes :

- Les houles les plus fortes sont hivernales, de direction Ouest dominantes avec les plus grandes amplitudes ;
- En été, les directions dominantes sont l'Est avec des amplitudes plus faibles ;

Les vents se répartissent de la même façon que les houles ; les vents les plus violents sont issus du secteur Ouest et dominent du mois de décembre au mois de mai.

### **d- Les courants :**

Le long des côtes algériennes, les courants sont relativement faibles et ne constituent pas un facteur déterminant pour le fonctionnement des ouvrages littoraux.

Les informations compilées au cours des observations enregistrées au large par l'Institut Météorologique Royal Néerlandais indique que les courants ont une vitesse inférieure à 0.5 nœud pendant environ 75% et à un nœud pour 80% du temps .

#### **L3.4 La dérive littorale :**

En dépit du phénomène de réfraction, les vagues arrivent le plus souvent au rivage avec une certaine obliquité, leur angle d'incidence est généralement inférieur à  $10^\circ$ , ce qui explique l'existence, entre les lignes de déferlement et le trait de côte, d'un courant parallèle au littoral, le plus souvent désigné sous le nom de dérive littorale .Ce courant joue un rôle très important dans l'évolution des rivages, en particulier quand il s'agit de plages.

Sa connaissance est essentielle lorsque l'on procède à des aménagements qui empiètent sur l'espace infralittoral comme par exemple les installations portuaires (Paskoff ; 1998).

Depuis la construction du port de plaisance de Sidi fredj, la dérive littorale caractérisant le déplacement ou le transport des sédiments, parallèles à la côte, a été sensiblement perturbée, ce qui a véritablement engendré une modification de l'équilibre de la dynamique côtière, se traduisant par un ensablement à l'entrée du port et un démaigrissement du côté opposé.

## **Chapitre II : Matériel et méthodes**

### **II.1 Travaux en mer :**

Pour la plage Est, durant la sortie effectuée le 07/05/2005, la mer était peu agitée, le vent faible.

Pour la plage Ouest, la sortie a été réalisée le 23/05/2005 dans les mêmes conditions climatiques.

#### **a- tracé du trait de côte :**

La plage Est : le trait de côte a été réalisé à l'aide d'un seul théodolite placé en haut de la plage (au milieu), et d'une mire. Nous avons fixé comme point de repère le phare du port de plaisance.

Durant toutes les opérations, le théodolite a été placé à un endroit fixe, cependant la mire a été déplacée sur une vingtaine de points le long du linéaire côtier, nous permettant ainsi de tracer notre trait de côte.

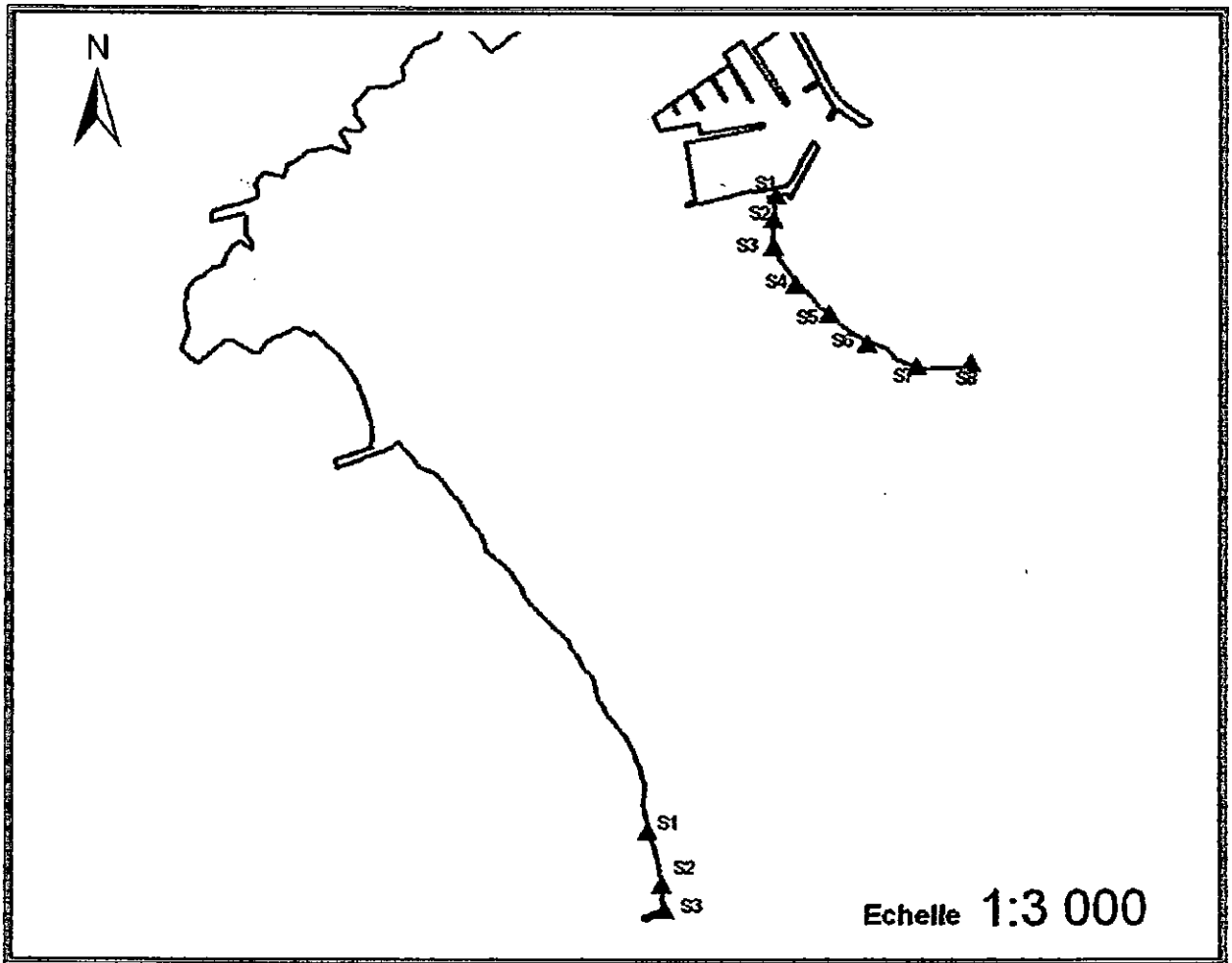
La plage Ouest : le travail a été réalisé en deux parties ; le tracé du trait de côte de la plage a été fait au moyen d'un décamètre, sachant que la morphologie de la plage nous a empêché de faire le travail avec les moyens appropriés (théodolite, mire ...).

Cependant, la seconde partie a été tracée par usage d'un schéma des villas construites le long la plage Ouest

#### **b- Prélèvement des échantillons et choix des stations : (fig n°01)**

Les prélèvements ont été effectués sur les sédiments superficiels des plages Est (8 échantillons), et Ouest (3 échantillons) de Sidi Fredj. Ceci nous permettra d'obtenir une vision globale sur la répartition granulométrique des sédiments le long des plages Est et Ouest de Sidi Fredj.

Onze (11) échantillons ont été prélevés de part et d'autre de la presqu'île de Sidi Fredj. Les échantillons, après avoir été mis dans des sachets en plastique, ont été transportés au laboratoire pour être traités.



**Fig n°01: Carte de positionnement des stations dans les plages Est et Ouest de Sidi Fredj.**

## **II.2 travaux au laboratoire :**

### **-Analyse granulométrique :**

#### **a- Définition :**

La granulométrie est un procédé d'analyse qui permet d'étudier la répartition des sédiments et le pourcentage des grains constituant le sable de la plage.

#### **b- Principe :**

Ce procédé consiste à passer l'échantillon par une série de tamis de maille décroissante et de récolter ensuite le poids partiel de chaque quantité dans le tamis.

Cependant, il existe de très nombreux tamis dans lesquels les mailles varient selon une progression géométrique décroissante permettant un espacement régulier des abscisses dans une échelle logarithmique, ainsi qu'une représentation étendue sur un graphique.

#### **- Traitement des échantillons :**

Dans un premier temps, les échantillons ont été mis dans des boîtes de pétri, puis passés à l'étuve pendant 24 heures, à une température de 105°C.

Après, ce premier séchage, on prélève 150gr de sédiment de chaque échantillon, comme poids initial.

Pour éliminer la fraction pélitique, les échantillons ont été rincés à l'eau courante sur un tamis de 40 microns, puis remis dans des boîtes de pétri, et de nouveau passés à l'étuve pour sécher.

Après le deuxième séchage, chaque échantillon est pesé et la différence par rapport au poids initial représente le poids de la fraction pélitique.

L'échantillon subit un tamisage sur une table vibrante pendant 10 minutes, en le passant à travers des séries de tamis de maille décroissante, comme suit :  
2000 $\mu$ m ; 1600 $\mu$ m ; 1250 $\mu$ m ; 1000 $\mu$ m ; 800 $\mu$ m ; 630 $\mu$ m ; 500 $\mu$ m ; 400 $\mu$ m ; 315 $\mu$ m ;  
250 $\mu$ m ; 200 $\mu$ m ; 160 $\mu$ m ; 125 $\mu$ m ; 100 $\mu$ m ; 80 $\mu$ m ; 63 $\mu$ m ; 50 $\mu$ m ; 40 $\mu$ m.

A la fin de chaque tamisage on pèse la quantité de sédiment retenue dans chaque tamis.

### **-Fraction pélitique :**

La détermination des teneurs en pélites s'effectue à partir de la différence du poids sec du sédiment estimé à l'analyse granulométrique, avant et après séparation par voie humide sur tamis de 40  $\mu\text{m}$ . Pour la plage Est, les teneurs en pélites des échantillons sont très faibles et atteignent rarement 2%, elles sont généralement comprises entre 0.7 et 1.7 %, et ceci est probablement dû à l'important hydrodynamisme dans la zone intertidale.

Les teneurs en pélites des échantillons de la plage Ouest sont elles aussi très faibles, elles sont comprises entre 1 et 1.3%.

### **-Décarbonation :**

Les teneurs en carbonates dans les sédiments sont obtenues en procédant à une attaque de 20g de sédiment à l'acide chlorhydrique (HCl), qui est ensuite rincé, afin d'éliminer les impuretés après réaction, et séché dans une étuve à 105°C pendant 24heures .La différence de poids avant et après réaction donne le taux de carbonates contenu dans l'échantillon.

## **Chapitre III : Résultats et discussions :**

### **III.1. Présentation des résultats granulométriques :**

#### **a- Aspect général des courbes granulométriques : (Fig n°02 – a , b et c).**

Une fois les échantillons secs, ils sont tamisés mécaniquement à l'aide d'une colonne de tamis superposés par ordre décroissant des mailles de bas en haut.

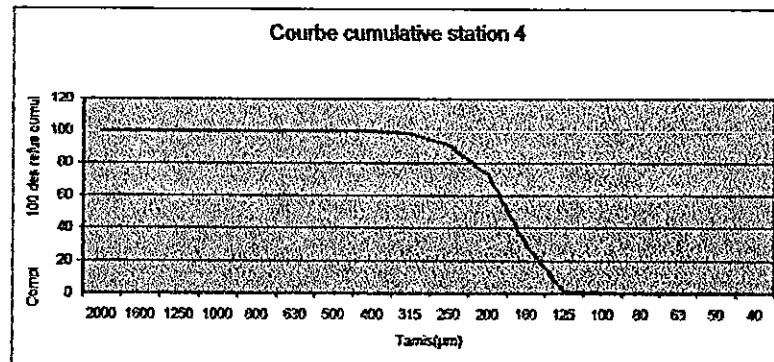
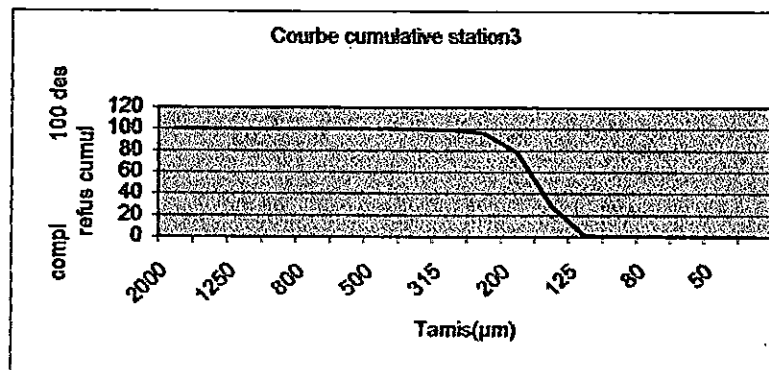
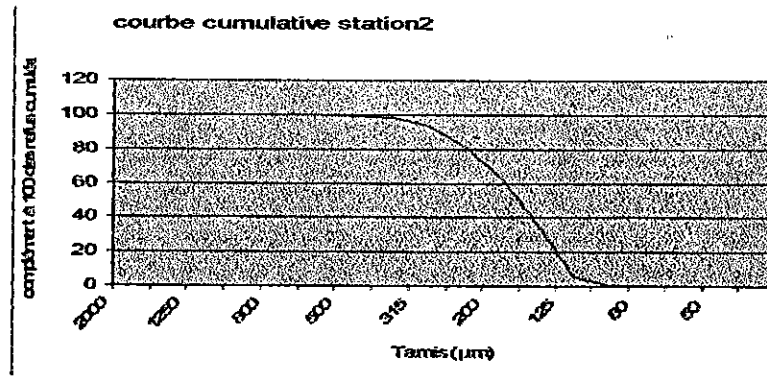
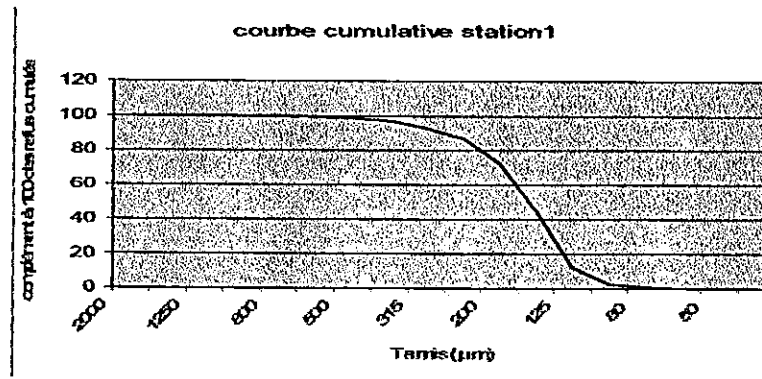
Le refus de chaque tamis est pesé puis transformé en pourcentage cumulé.

Les résultats de ces analyses ont été présentés sous forme de courbes cumulatives réalisées sur papier semi logarithmique à l'aide d'un programme informatique (Excel). En abscisses logarithmique, le diamètre des différentes fractions du sédiment, et en ordonnée, selon une échelle de probabilité, les pourcentages cumulés inférieurs à une taille donnée.

Les courbes cumulatives permettent de comparer les résultats des analyses des différents échantillons et de calculer les indices granulométriques.

**Tableau N°03 : Représentation graphique de l'analyse granulométrique-plage Est :**

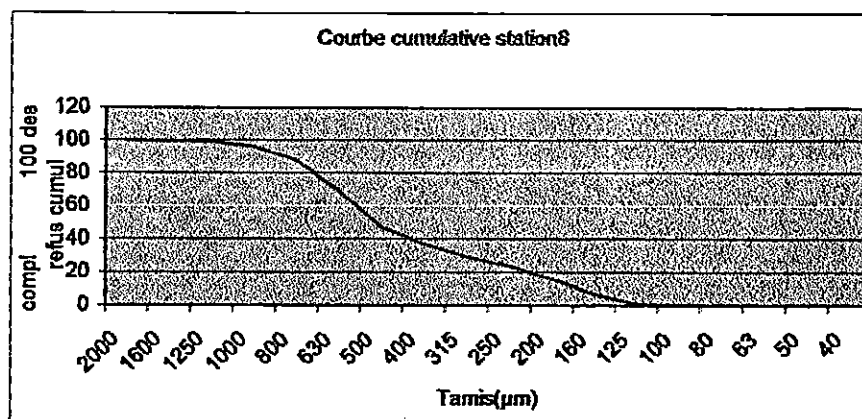
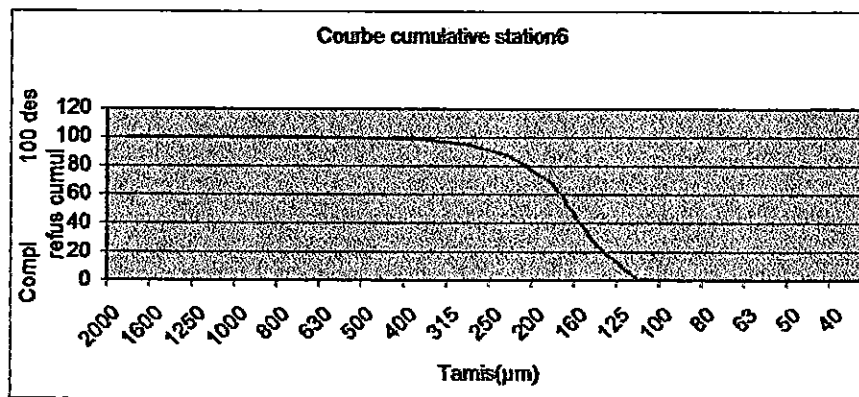
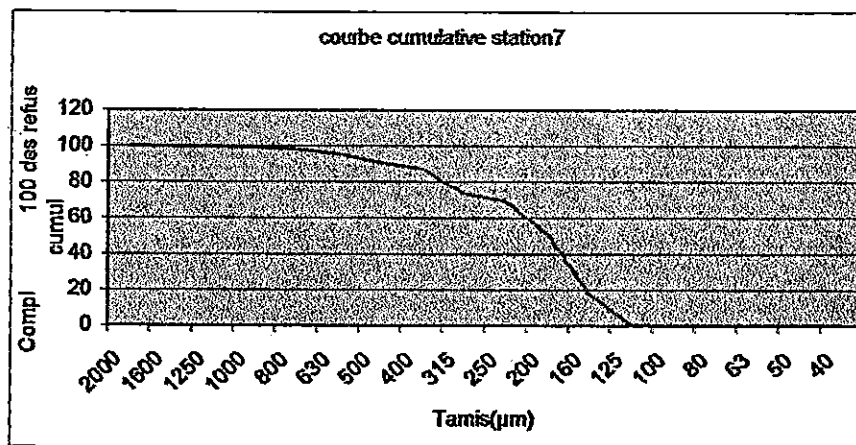
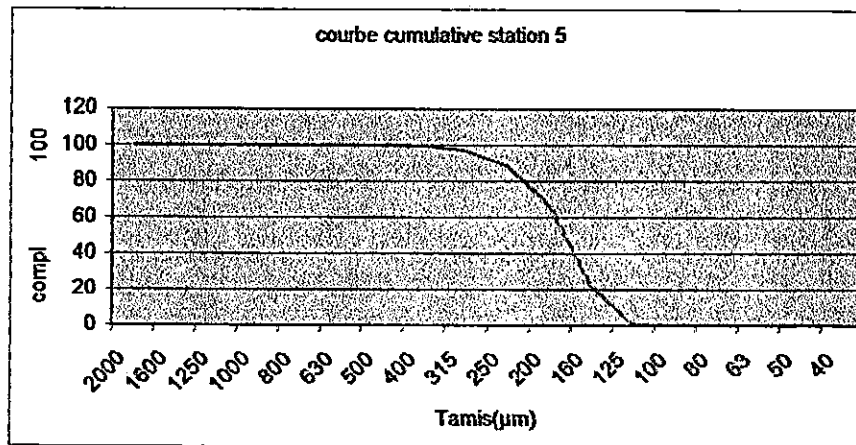
les compléments à 100 des refus cumulés (%)				
Tamis (µm)	station 01	station 02	station 03	station 04
2000	99.96	100	100	100
1600	99.95	99.99	100	100
1250	99.92	99.97	100	100
1000	99.85	99.95	100	100
800	99.75	99.92	100	99.99
630	99.47	99.83	100	99.98
500	98.66	99.45	99.99	99.93
400	97.01	98.22	99.91	99.71
315	92.82	93.42	99.34	98.19
250	86.7	81.88	96.26	90.7
200	72.3	63.2	77.66	73.08
160	44.79	36.35	28.82	29.63
125	12.29	5.8	1.32	1.26
100	2.42	0.8	0.36	0.28
80	0.82	0.43	0.32	0.24
63	0.38	0.31	0.3	0.28
50	0.33	0.28	0.29	0.28
40	0.29	0.27	0.29	0.28



**Fig n° 02 – a : Courbes cumulatives des sédiments de la plage Est**

**Tableau n°04: Représentation graphique de l'analyse granulométrique-plage Est :**

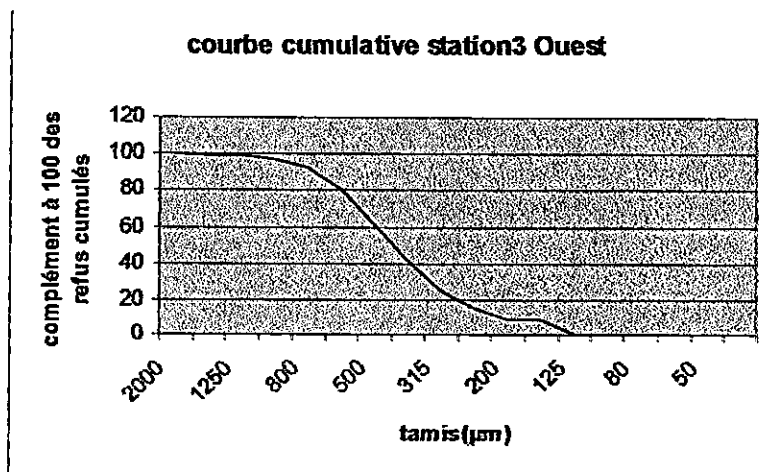
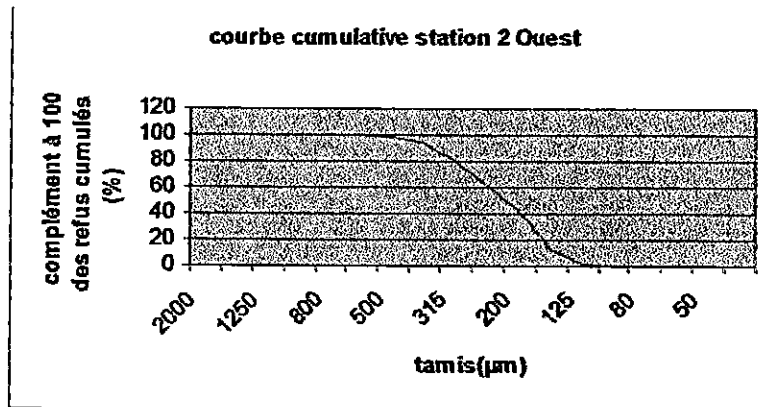
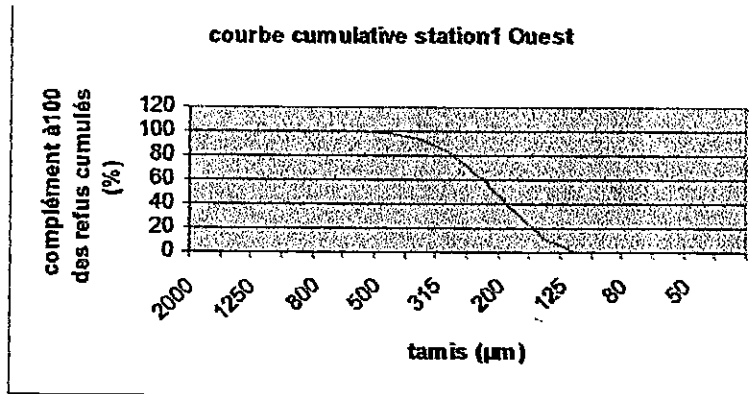
les compléments à 100 des refus cumulés				
Tamis ( $\mu\text{m}$ )	station 05	station 06	station 07	station 08
2000	100	100	99.94	99.8
1600	100	100	99.83	99.46
1250	100	100	99.64	98.88
1000	99.99	100	99.2	96.11
800	99.98	99.97	98.18	87.47
630	99.95	99.87	95.67	68.66
500	99.88	99.53	90.68	47.16
400	99.59	98.5	87.21	37.2
315	97.11	94.91	73.61	29.28
250	88.42	87.06	69.34	23.64
200	66.68	67.77	51.52	16.11
160	22.28	25.67	18.13	7.14
125	0.98	0.78	0.62	0.75
100	0.34	0.15	0.18	0.35
80	0.31	0.12	0.16	0.3
63	0.3	0.11	0.15	0.25
50	0.3	0.1	0.15	0.23
40	0.3	0.1	0.15	0.19



**Fig n 02-b : Courbes cumulatives des sédiments de la plage Est.**

**Tableau n°05 : Représentation graphique des résultats granulométriques de la plage  
Ouest**

Tamis ( $\mu\text{m}$ )	les compléments à 100		
	station 01	station 02	station03
2000	100	100	99.95
1600	100	100	99.26
1250	100	100	98.78
1000	100	99.99	96.88
800	99.98	99.95	92
630	99.75	99.75	80.2
500	97.9	98.4	60.76
400	93.18	93.13	42.04
315	81.4	79.3	24.99
250	60.47	61.7	14.87
200	33.83	42.3	8.7
160	11.35	12	9.19
125	0.52	0.8	0.21
100	0.29	0.43	0.06
80	0.06	0.4	0.05
63	0.03	0.39	0.04
50	0.01	0.39	0.04
40	0.01	0.39	0.04



**Fig n°02 – c : Courbes cumulatives des sédiments de la plage Ouest.**

#### **b- Répartition des indices granulométriques :**

**La médiane (Q50) :** (Fig. n°3-a ; 04-b) représente le diamètre du grain moyen représentant 50% en poids du sédiment, permet de définir la nature du sédiment (Monbet, 1976, Riviere ; 1977). Sa distribution au niveau des stations dans la plage Est montre une croissance de taille au niveau des particules du côté du port de plaisance vers l'épi de l'hôtel Elriadh, mais la croissance est très légère.

Pour la plage Ouest, sa distribution montre une augmentation assez importante, de la taille des particules allant de 190 à 393 $\mu\text{m}$ , en évoluant du centre de la plage vers les deux extrémités.

**Le premier quartile (Q25) :** correspond au diamètre du grain représentant 25% en poids du sédiment.

Dans la plage Est, les résultats obtenus montrent une croissance du Q25 de 135 à 265 $\mu\text{m}$  allant de la station 1 vers la station 8.

Dans la plage Ouest, le Q25 marque également une croissance de 170 à 285 $\mu\text{m}$  en allant de la station 1 vers la station 3

**Le troisième quartile (Q75) :** correspond au diamètre du grain représentant 75% en poids du sédiment.

Dans la plage Est, le Q75 croit légèrement de 212 à 330 $\mu\text{m}$  en allant de la station 1 vers la station 7, puis il passe de 330 à 687 $\mu\text{m}$  dans la station 8.

Dans la plage Ouest, le Q75 va de 261 $\mu\text{m}$  dans la station 1 à 560 $\mu\text{m}$  dans la station 3.

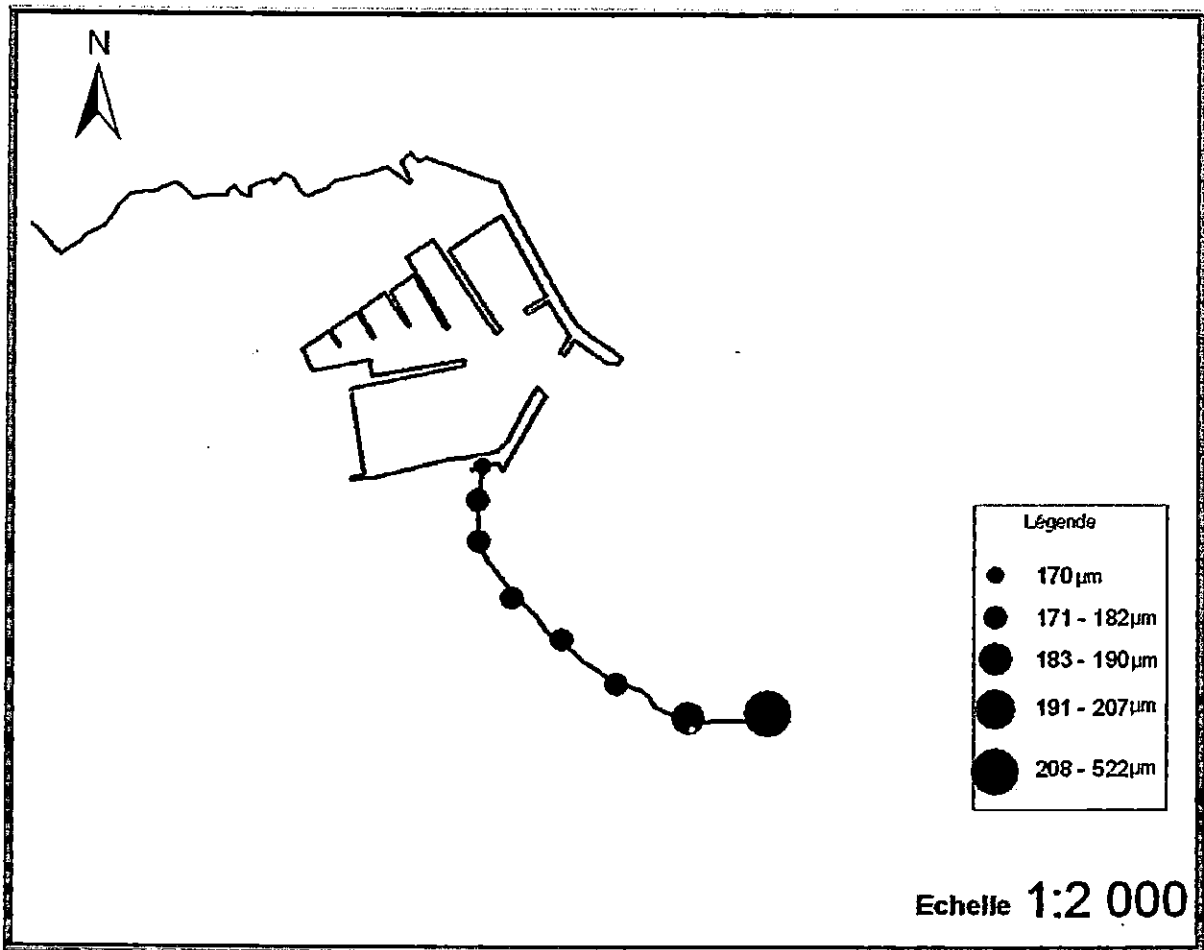
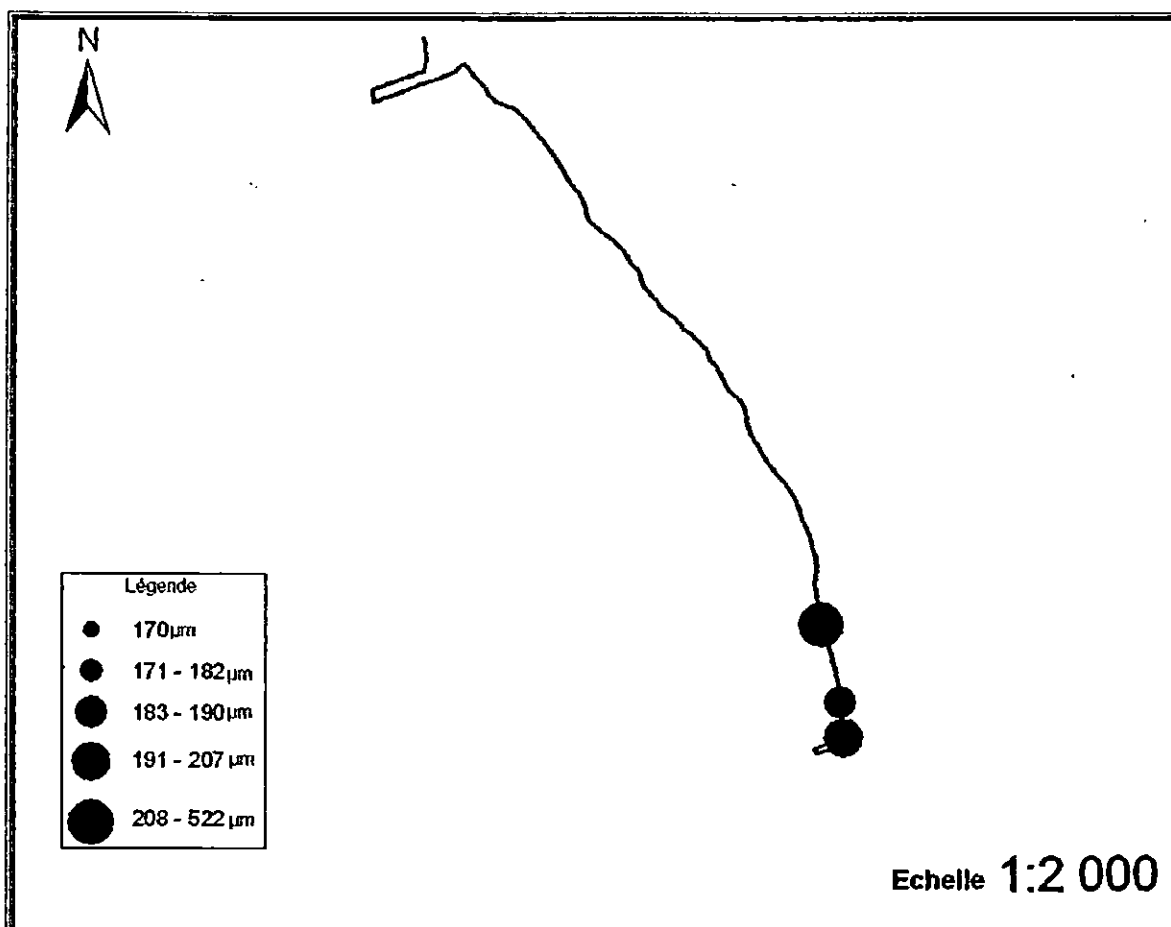


Fig n° 03-a : Répartition des médianes dans la plage Est.



**Fig n°03-b : Répartition des médianes dans la plage Ouest.**

**-Déviation des quartiers ou indice de déviation de STRACK (So) :**

$$So = Q75/Q25$$

Cet indice permet de faire un tri du sédiment selon les coupures adaptées par STRACK en 1930 sont :

**Tableau N°06 : Classement des sédiments selon l'indice de STRACK (So)**

Indice	Signification
$So < 2.5$	Sédiment très bien classé
$2.5 < So < 3.5$	Sédiment normalement classé
$3.5 < So < 4.5$	Sédiment assez bien classé
$So > 4.5$	Sédiment mal classé

Les échantillons de la plage Est ainsi que ceux de la plage Ouest ont un  $So < 2.5$ , donc ce sont des sédiments très bien classés.

**Indice d'asymétrie ou indice de Skewness (Sk) :**

Cet indice permet d'évaluer la tendance d'un sédiment vers la fraction grossière ou vers la fraction fine ;

$$Sk = \frac{Q25 \times Q75}{(Q50)^2}$$

- $Sk > 1$  : une asymétrie liée à une prédominance des grains supérieurs à la médiane ;
- $Sk = 1$  : désigne une symétrie par rapport à la médiane, la fraction fine est aussi bien représentée que la fraction grossière ;
- $Sk < 1$  : indique une asymétrie due à une prédominance des particules de diamètre inférieur à la médiane.

Dans la plage Est, la plupart des valeurs de SK semblent être proches de 1 (allant de 0.97 à 1.10) ce qui veut dire que les échantillons présentent un même classement aussi bien du côté fin que du côté grossier.

Dans la plage Ouest, les échantillons présentent également le même classement aussi bien du côté de la fraction fine que de la fraction grossière avec un SK allant de 1.03 à 1.19. Donc, il existe une symétrie par rapport à la médiane dans les deux plages.

**Tableau N°07 : Récapitulatif des quartiles, So, Sk ; –plage Est**

station	Q25	Q50	Q75	So	Sk
1	135	170	212	1.25	0.99
2	143	175	230	1.26	1.07
3	154	176	95	1.12	0.97
4	154	182	209	1.16	0.97
5	163	180	220	1.16	1.10
6	158	182	223	1.18	1.06
7	170	190	330	1.39	1.55
8	265	522	687	1.61	0.67

**Tableau N°08 : Récapitulatif des quartiles, So, SK –plage Ouest**

station	Q25	Q50	Q75	So	Sk
1	170	207	262	1.24	1.03
2	165	190	261	1.25	1.19
3	285	393		1.37	1.00

**Tableau N°09 : Asymétrie et classement du sédiment-plage Est**

Station	Classement	Asymétrie	Nature des sédiments
1	Très bien classé	Asymétrie du côté fin	Peu vaseux
2	Très bien classé	Asymétrie du côté grossier	Peu vaseux
3	Très bien classé	Asymétrie du côté fin	Peu vaseux
4	Très bien classé	Asymétrie du côté fin	Peu vaseux
5	Très bien classé	Asymétrie du côté grossier	Peu vaseux
6	Très bien classé	Asymétrie du côté grossier	Peu vaseux
7	Très bien classé	Asymétrie du côté grossier	Peu vaseux
8	Très bien classé	Asymétrie du côté fin	Peu vaseux

**Tableau N°10 : Asymétrie et classement du sédiment-plage Ouest**

Station	Classement	Asymétrie	Nature des sédiments
1	Très bien classé	Asymétrie du côté grossier	Peu vaseux
2	Très bien classé	Asymétrie du côté grossier	Peu vaseux
3	Très bien classé	Asymétrie du côté fin	Peu vaseux

**Les pélites : (Fig 04-a et b)**

Pour la plage Est, les teneurs en pélites des échantillons sont très faibles et atteignent rarement 2%, elles sont généralement comprises entre 0.7 et 1.7 %, et ceci est probablement dû à l'important hydrodynamisme dans la zone intertidale.

Les teneurs en pélites des échantillons de la plage Ouest sont elles aussi très faibles, elles sont comprises entre 1et 1.3%.

**Les carbonates : (Fig 05-a, b et c)**

Les taux de carbonates dans les échantillon de la plage Est, augmentent vers chacune des extrémités de la plage de 30 à 45%, ceci s'explique par les dépôts des débris de coquilles et de squelettes d'organismes calcaires ,dans ces deux zones où l'hydrodynamisme est faible.

On déduit ainsi que les sédiments de cette zone circulent du centre de la plage vers l'épi de l'hôtel Elriadh, ainsi que vers l'ouvrage de protection du port.

**Tableau N°11 : Récapitulatif des pélites et carbonates –plage Est.**

station	Carbonates (%)	Pélites (%)
1	44.50	1.65
2	42.00	1.87
3	30.70	0.84
4	33.50	0.64
5	34.00	0.80
6	32.50	0.75
7	36.60	1.21
8	41.75	1.56

Concernant la plage Ouest, les taux de carbonates sont moins élevés, et ne dépassent pas 30%. Leur répartition montre un gradient vers la jetée militaire, ce qui prouve que les sédiments de cette zone circule vers l'Ouest.

**Tableau N°12 : Récapitulatif des pélites et carbonates –plage Ouest.**

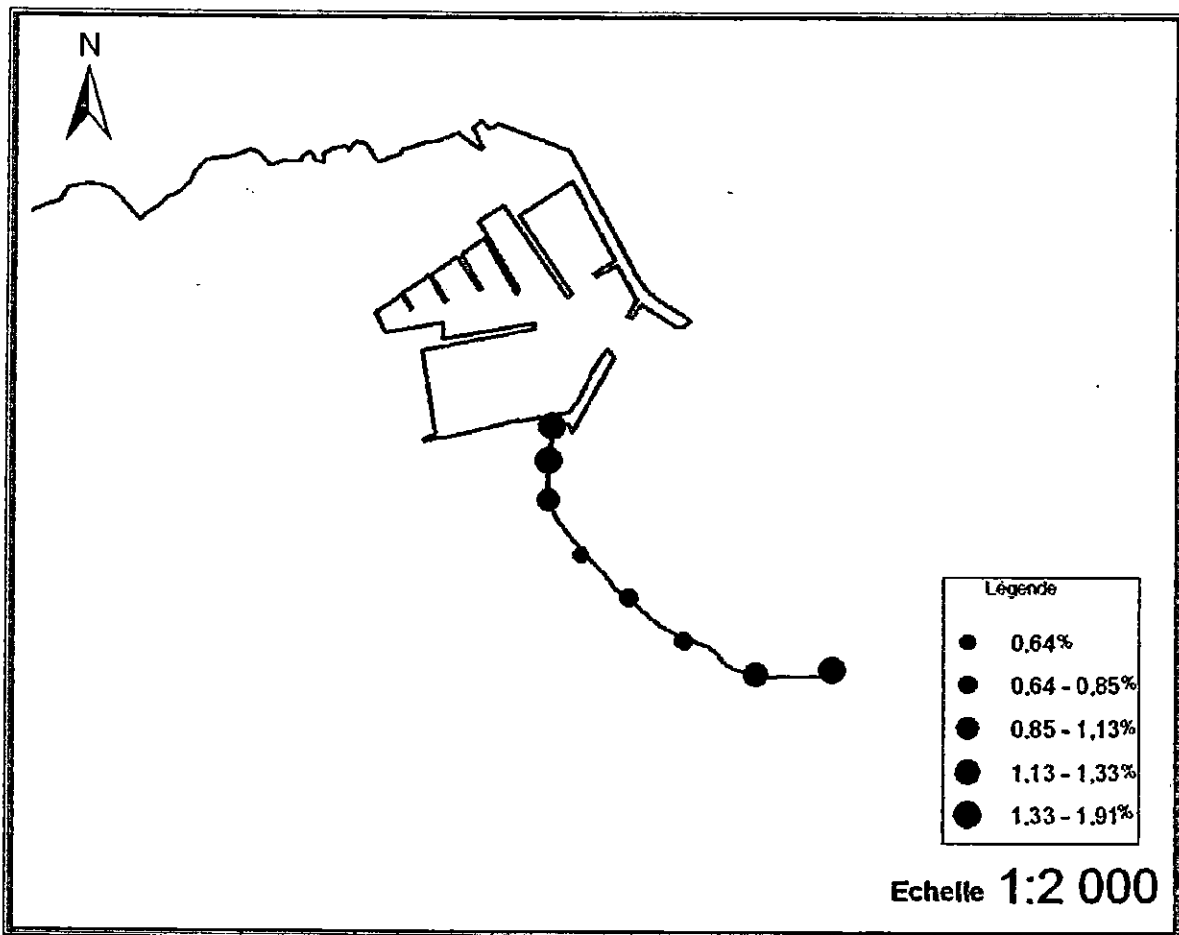
station	Carbonates (%)	Pélites (%)
1	27.50	1.04
2	27.50	1.33
3	25.00	1.13

**Conclusion de l'analyse granulométrique :**

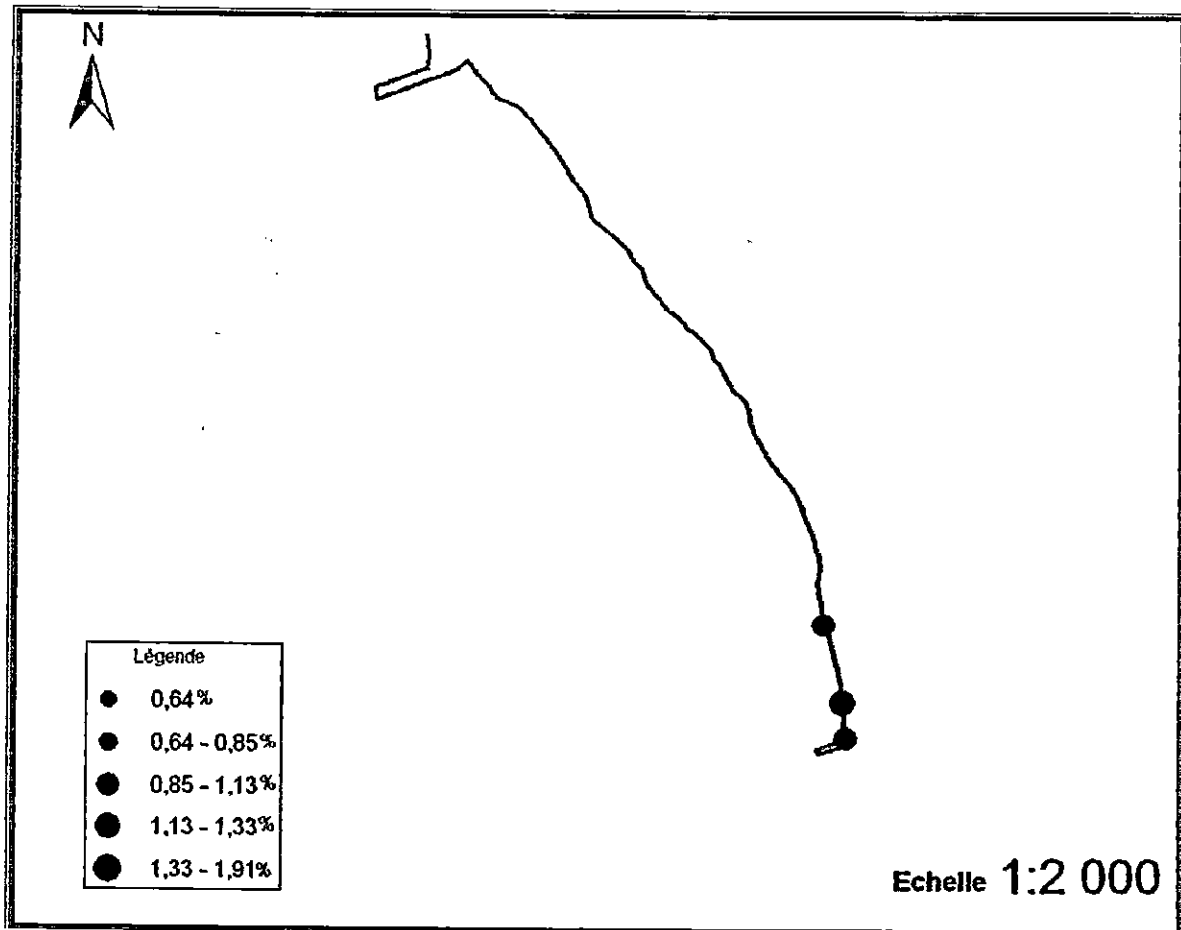
L'étude sédimentologique montre qu'il y a une distribution assez classique des sédiments fins très bien classés avec une légère décroissance de leur taille, avec des taux de carbonates plus ou moins importants allant de 31% jusqu'à 45%, en allant de la plage Est, l'épi de l'hôtel d'Elriadh et jusqu'à la jetée secondaire du port de plaisance.

Cependant, pour la plage Ouest on constate que la distribution de la taille des particules est irrégulière et augmente en allant du centre vers les deux extrémités, avec des taux de carbonates qui ne dépassent pas 30%.

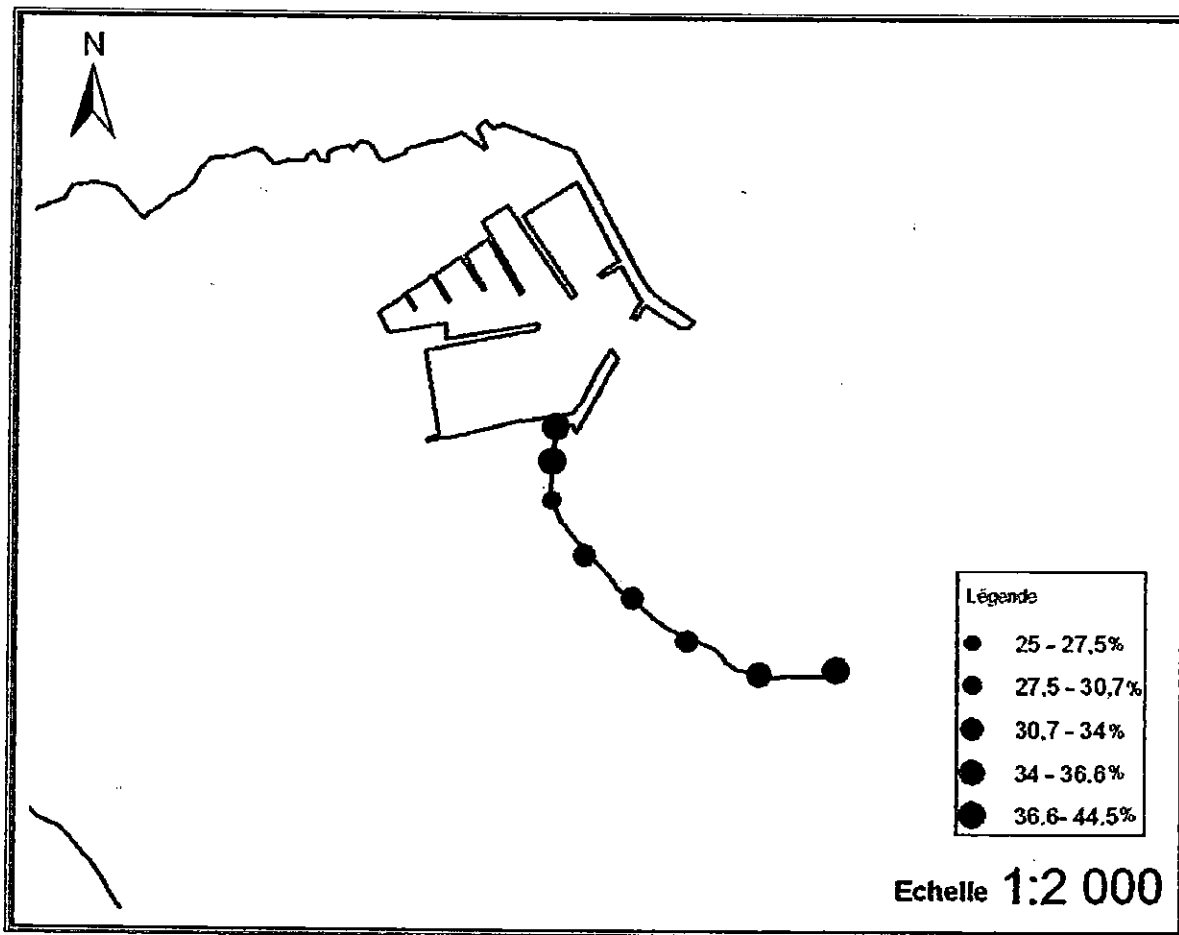
Cette étude nous a permis de mieux apprécier la dynamique sédimentaire dans les plage Est et Ouest de Sidi Fredj. Elle est relativement faible à l'Est et moyenne à l'Ouest.



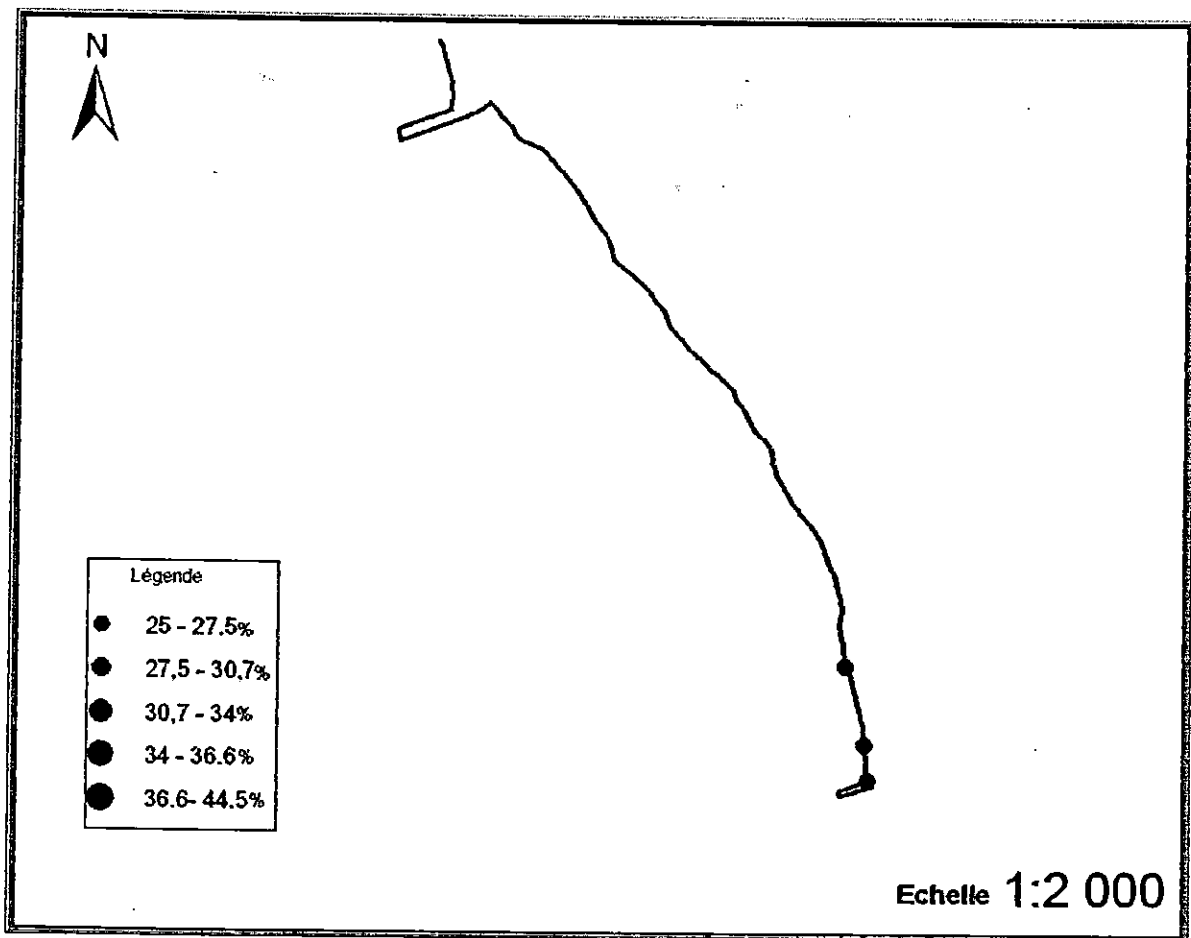
**Fig n°04-a : Répartition des pélites dans la plage Est.**



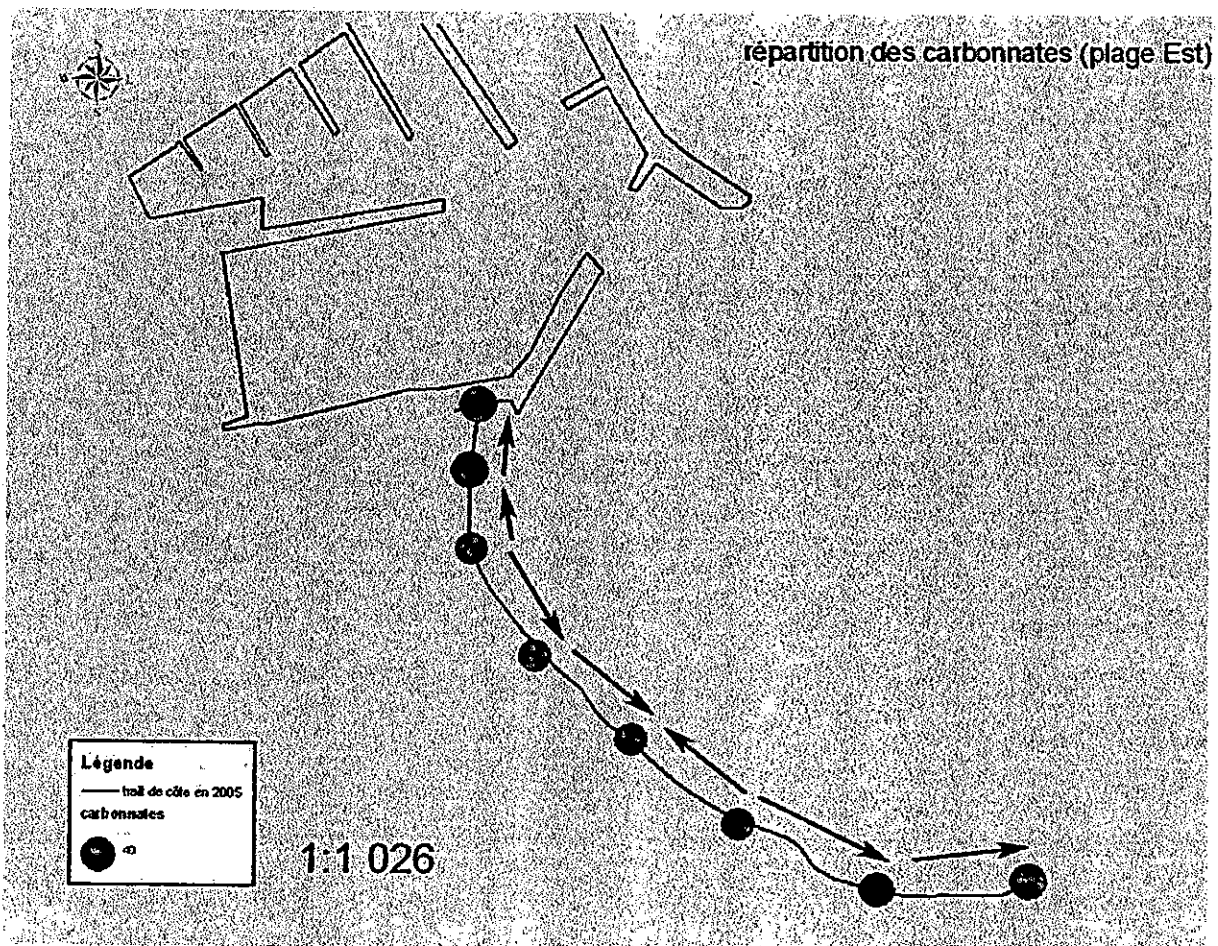
**Fig n°04-b : Répartition des pérites dans la plage Ouest.**



**Fig n°05-a : Répartition des carbonates dans la plage Est.**



**Fig n°05-b : Répartition des carbonates dans la plage Ouest.**



**Fig n°05-c : Circulation des courants selon la répartition des carbonates dans la plage Est.**

### **III.2 Etude des variations du trait de côte :**

#### **a - Introduction :**

Une ligne de rivage correspond par définition à l'intersection de la lithosphère avec l'hydrosphère marine .En réalité , ce niveau marin ,outre des oscillations de courte durée ,est affecté par des variations à long terme ,dont la connaissance est indispensable pour comprendre la morphologie et l'évolution des littoraux (Paskoff ,1998).

Connaissant l'état actuel des plages, qui témoigne d'une inversion dans leur tendance évolutive, les plages Est et Ouest de Sidi fredj, ont fait l'objet d'une étude d'évolution .Celle-ci a pour principal but de connaître la tendance de la dynamique de la plage et les causes déterminant son évolution.

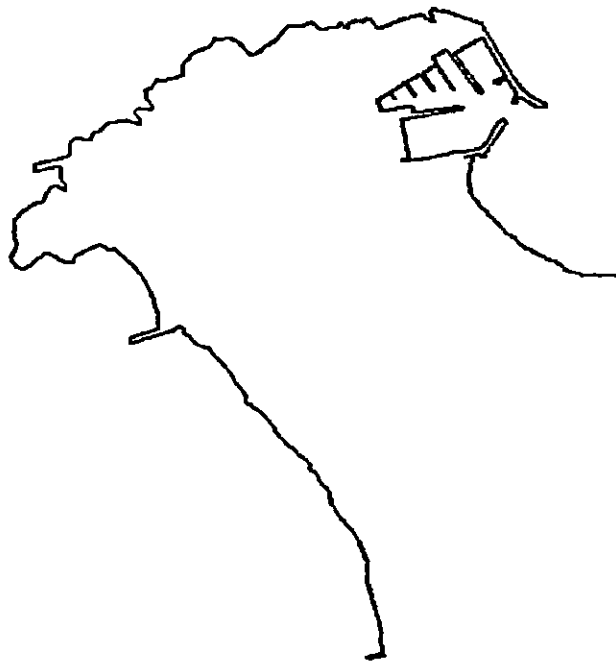
#### **b- Méthode d'évaluation :**

Le trait de côte est dynamique par nature, l'érosion côtière fait reculer les côtes rocheuses. Le patrimoine des côtes meubles connaît des variations (engraissement amaigrissement).Il importe ainsi d'utiliser des méthodes d'évaluation et de définir une terminologie pour identifier les modifications des formes côtières (Larid, 1992).

Pour mieux visualiser ces modifications, nous avons établi une comparaison entre notre trait de côte récemment réalisé en mai 2005 (carte n° 03) et celui de 1972, 1980, 1999,2002 (carte n°04).

Par ailleurs, une comparaison diachronique faite entre deux tracés 2002-2005 (carte n°05) nous a permis de mesurer la variation du trait de côte et de calculer le degré d'avancement ou de recul de la plage Est, et dont les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous.

trait de côte de la plage  
de sidi fredj en 2005

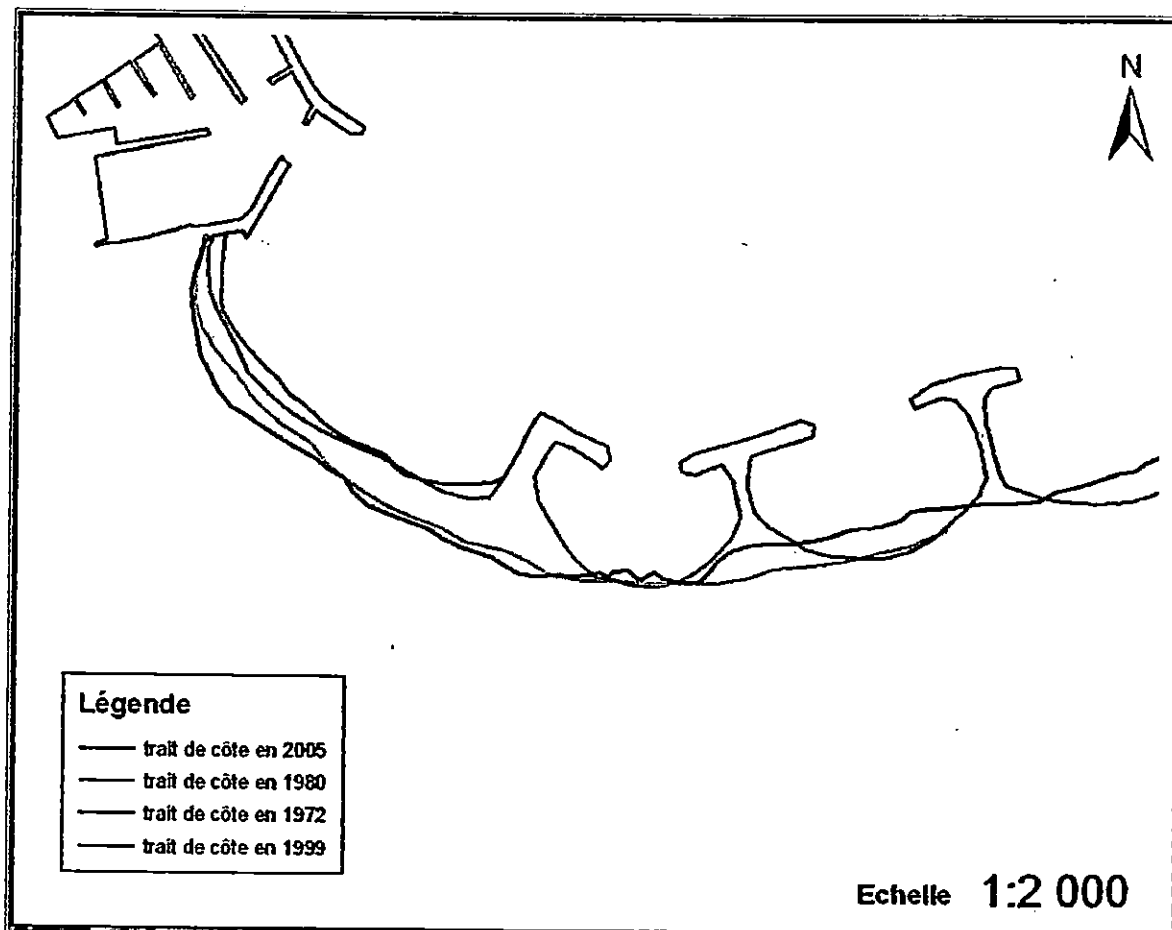


**Légende**

— trait de côte en 2005

Echelle 1/5000

Carte n°03 : Trait de côte en 2005.



**Carte n° 04 : Evolution des traits de côtes de la plage Est.**

**Tableau n°13 : Evolution du trait de côte entre 2002 et 2005 (plage Est)**

<b>Zone</b>	<b>Distance entre les deux traits de côte (m)</b>	<b>Moyenne annuelle (m)</b>
<b>Z1 S1</b>	+ 8,80	+2,93
<b>Z1 S2</b>	00	00
<b>Z2 S1</b>	+6,60	+ 2,20
<b>Z2 S2</b>	-3,96	-1,32
<b>Z3 S1</b>	-4,40	-1,46
<b>Z3 S2</b>	+4,40	+1,46
	<b>TOTAL =</b>	<b>+2,35</b>

D'après les résultats obtenus, on remarque qu'il y a engraissement généralisé estimé à 2,35m, étalé sur une période de 3ans, soit +0,78 m tous les ans.

Du côté du port, le gain est estimé à + 8,80 m, et du côté de l'épi à + 4,40m.

Ceci semble être évident, car en 2003 un volume de 20000 m<sup>3</sup> de sédiments sortis du port, lors des opérations de dragage, a été déposé sur la plage, au niveau la zone I.

Durant les deux années précédentes, le retour de ces sédiments vers la mer (sous l'effet de l'hydrodynamisme marin), explique en grande partie le degré d'avancement de la plage dans cette zone I (+8,80m).

La présence d'affleurements rocheux dans la zone I à côté du port et au niveau de la zone III à côté de l'épi de l'hôtel Elriadh, jouent un rôle de piégeage des sédiments, favorisant ainsi l'engraissement de la plage au niveau de ces deux zones.

Quant à la zone II, elle semble maintenir son équilibre, bien qu'il y a en permanence départ et arrivée de sédiments, suivant les saisons et les conditions hydrodynamiques marines. (Fig 06).

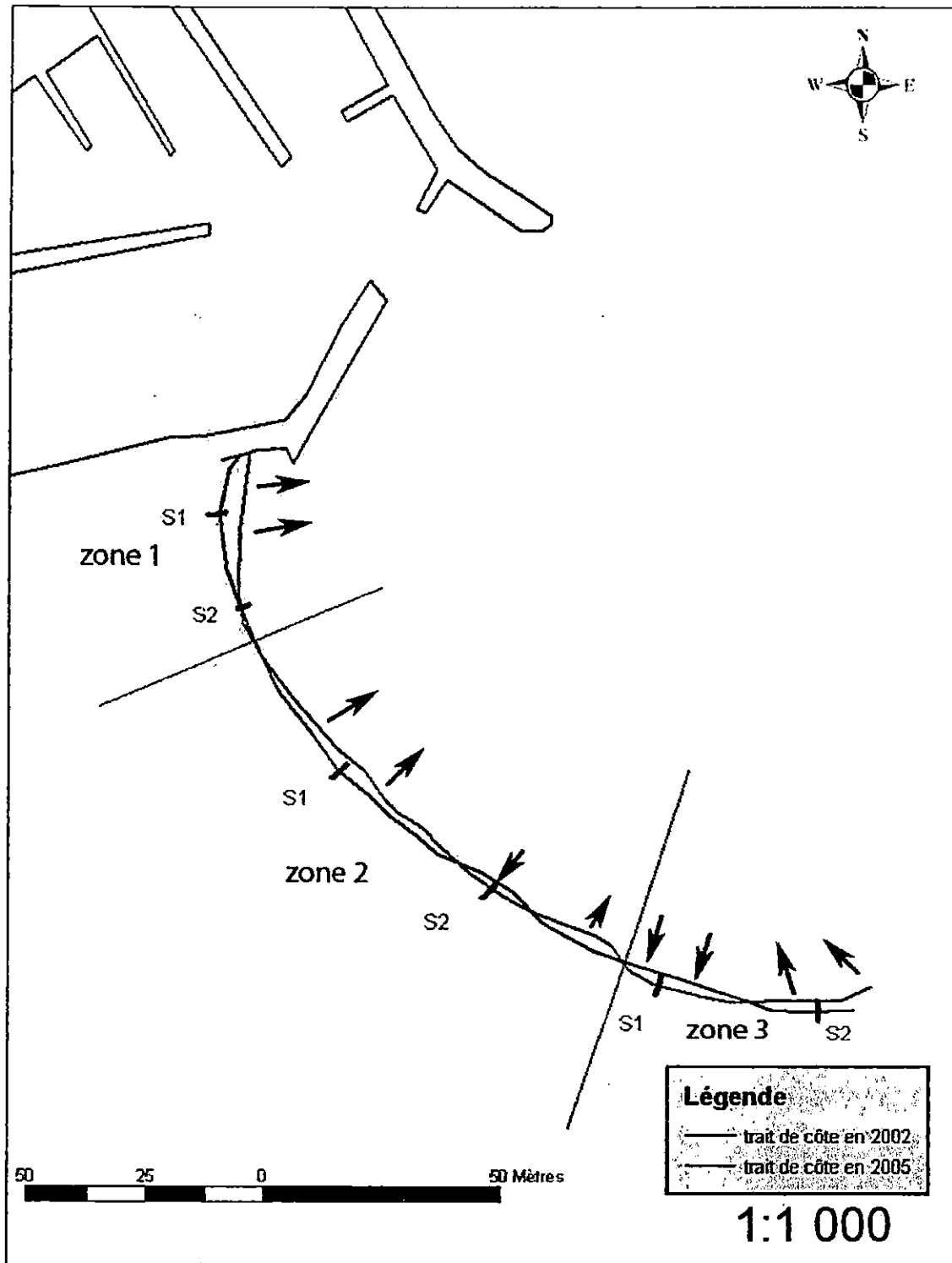


Fig n°06 : Carte de comparaison des traits de côte entre 2002-2005.

### **Plage Ouest :**

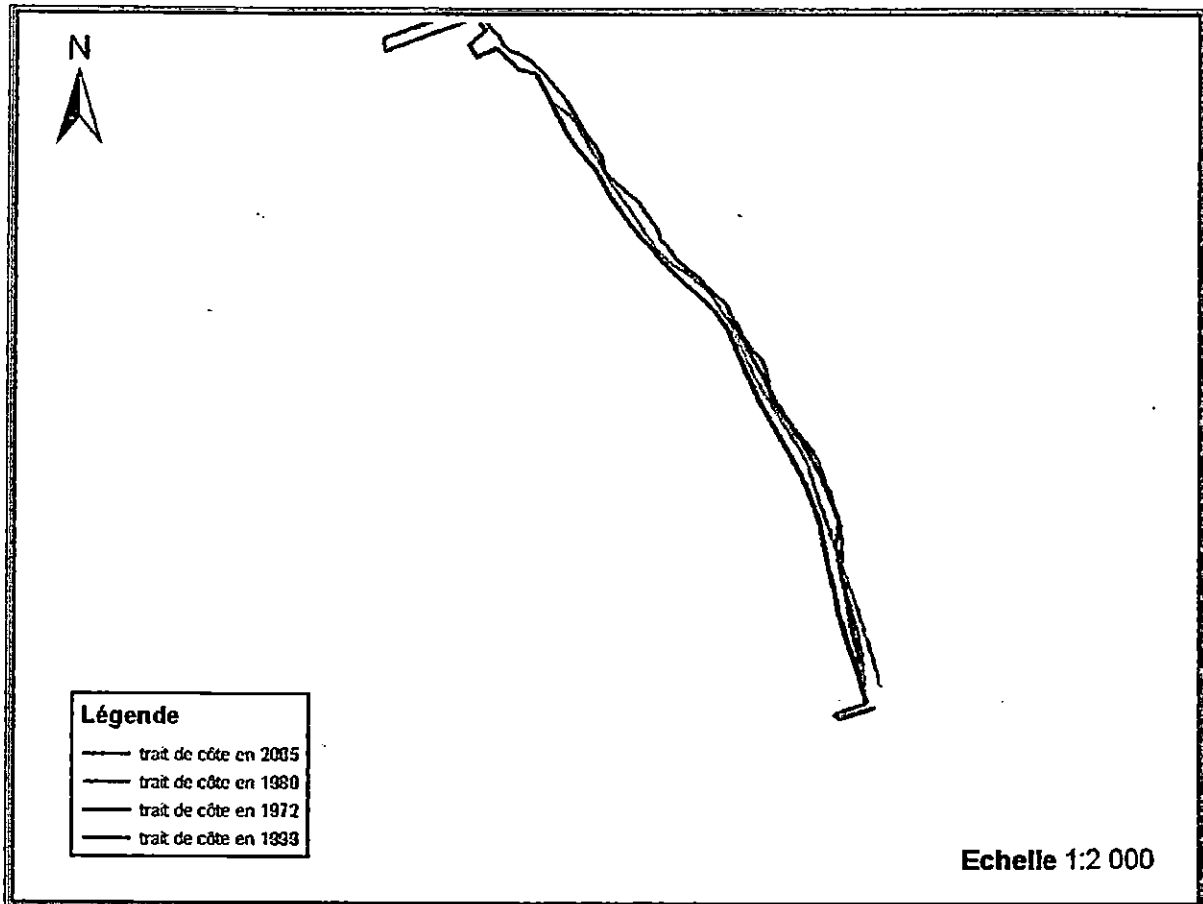
Pour le suivi de l'évolution du trait de côte, la comparaison a été faite sur les photographies aériennes de 1972, 1980, 1999 et 2005. (Carte n°05).

Contrairement à la plage Est, la plage Ouest de Sidi Fredj présente à l'heure actuelle une situation très désespérée. Un linéaire côtier d'environ de 750m de longueur a complètement disparu ne laissant qu'une partie de plage de 150m de longueur au voisinage de la jetée militaire.

La présence de la jetée militaire, a permis à la plage de s'engraisser à son pied en ayant une largeur de 22m, mais qui décroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne vers l'Est pour enfin disparaître complètement.

Il y a contact direct entre l'eau de mer et les murs des constructions faites à bord de la mer. Pour protéger ces constructions, leurs propriétaires ont dû placer des blocs, d'environ 300 Kg, formant ainsi de courtes jetées.

Ces entrochements, effectués d'une manière anarchique, n'ont fait qu'aggraver la situation, donnant ainsi naissance à des poches de sable réparties le long de cette plage.



**Carte n°05 : Evolution des traits de côtes de la plage Ouest.**

## **CHAPITRE IV : Problème d'érosion**

### **Introduction :**

Le phénomène de démaigrissement ou de recul des plages (érosion) atteint l'ensemble des littoraux. Depuis la fin de la dernière transgression, nous connaissons une période de restriction en sédiments d'origine marine, et de ce fait l'alimentation des plages est limitée aux produits de l'érosion côtière et continentale, ce qui entraîne une diminution de leurs estrans.

### **Causes d'érosion :**

Deux principales séries de causes sont à l'origine de la fragilité des côtes de plages et de leur érosion. Celles qui relèvent de leur évolution naturelle, contre lesquelles il est difficile de lutter et celles qui sont dues à l'impact négatif de l'occupation humaine, qu'il faut identifier pour mieux les maîtriser.

#### **a- Les raisons de la fragilité naturelle :**

Les modifications des profils des côtes Est et Ouest de Sidi Fredj, provoquées par les variations des volumes de matériaux déposés ou enlevés, fondent leur dynamique. Sous l'action des courants littoraux, de la houle, des vagues et de la dérive littorale conjuguée aux effets éoliens et à l'influence de la topographie du site, ces deux plages connaissent une évolution de leur budget sédimentaire.

Pour le cas de la plage Est, sa morphologie se stabilise momentanément, s'amaigrit en hiver, et s'engraisse en été. (Photo n°02).

Par contre, la plage Ouest, son budget sédimentaire accuse un déficit remarquablement important surtout après la disparition de la quasi-totalité de sa plage, ne laissant qu'une petite plage de sable, se trouvant à l'ombre de la jetée militaire, qui connaît une instabilité saisonnière (Photos n°03 et 04).

#### **b- Impact humain sur l'évolution des plages :**

Les effets négatifs de l'impact humain sur l'équilibre et l'évolution des plages sont nombreux. Ils revêtent plusieurs aspects : perturbation du transfert des matériaux, réduction de leur consistance, modification de la structure et de la morphologie...

Une approche à la fois comparative et analytique faite sur l'état de la plage Est avant et après 1972 montre que le port de plaisance construit dans cet endroit était la cause principale du recul du trait de côte. (Photo n°05)

Pour la plage Ouest, cette dernière a perdu de sa splendeur et a été dégradée après la réalisation du projet du complexe de thalassothérapie et le port dans la zone militaire. Pour vérifier de l'authenticité de ces hypothèses, une étude a été faite en 1995 par Chenibet sur :

- le mouvement sédimentaire.
- l'impact des projets réalisés.

Les résultats obtenus lors de cette étude révèlent que :

La plage Ouest est protégée des houles de direction Nord et Nord-Est cependant, elle est atteinte par celles du Nord-Ouest.

L'étude de l'angle d'incidence de la houle renseigne sur la présence des courants de retour en hiver, et d'une faible dérive littorale dirigeant du Nord vers le Sud.

Le site d'étude est donc soumis à un transport littoral peu important d'autant plus qu'on assiste à un départ saisonnier du sable vers le large.

Quant à l'impact des projets réalisés, une étude effectuée au niveau du LEM a permis d'avoir les renseignements suivants :

Le port en question réalisé en 1980, est construit dans la zone militaire qui juxtapose le site d'étude au Sud-Ouest.

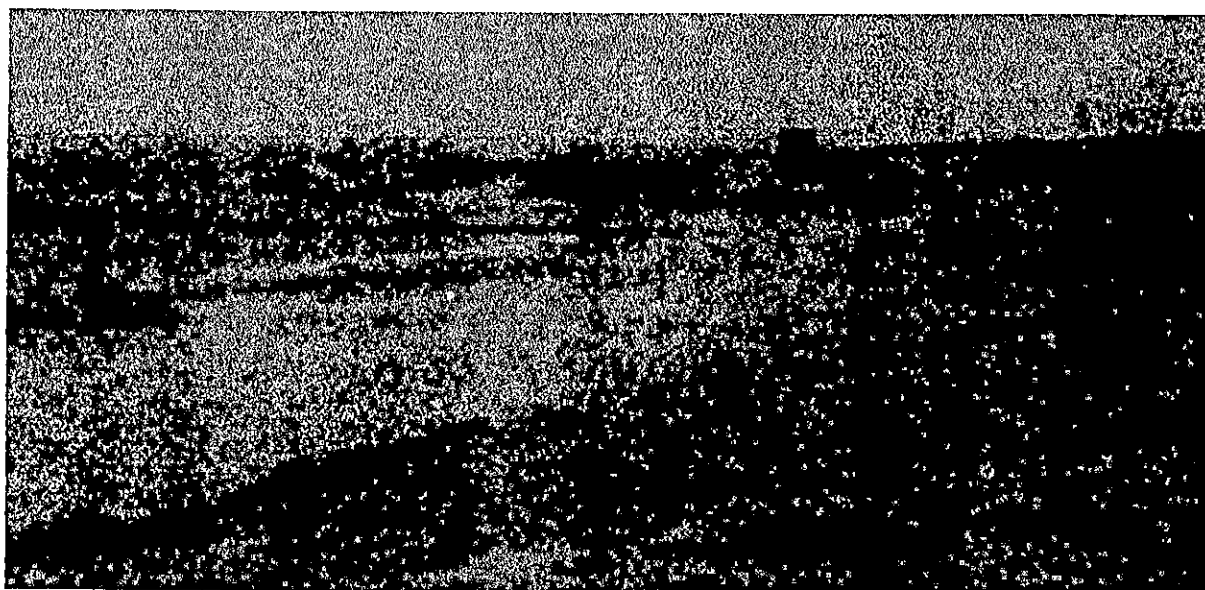
Cette zone est soumise à un apport sédimentaire en provenance du Nord, celui-ci provoque un ensablement au niveau du port, ce problème est accentué par les modifications répétées de la configuration du port.(Photo n°06)

Par conséquent, le port, par sa présence, contribue à la fois à la sauvegarde de la partie restante de la plage Ouest, qui se trouve au pied de la jetée militaire, et à la disparition du reste. Le transport sédimentaire est perturbé, provoqué par les houles de direction Nord-ouest.

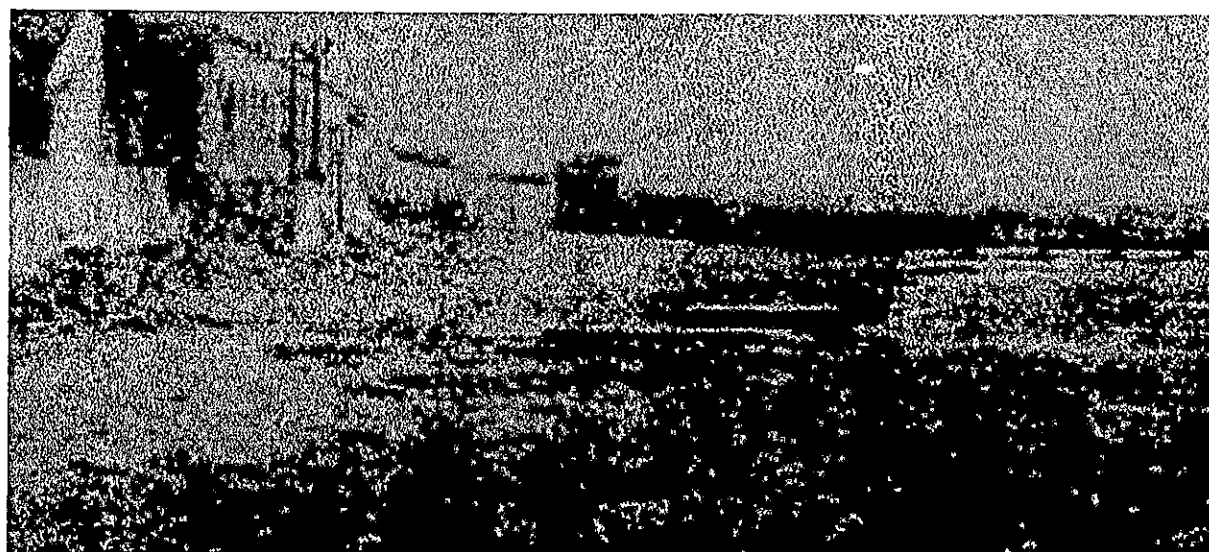
### **Impact du complexe de thalassothérapie :**

Après la réalisation du complexe de thalassothérapie, un fait de constatation démontre que des volumes sédimentaires parcourant toute la zone se trouvent piégés au niveau de l'épi, induisant ainsi un dépôt de sable à l'amont et une érosion à l'aval.

La plage de la Thalassothérapie se trouve ainsi coincée avec des sédiments piégés entre le complexe et l'épi. Il faut noter que des injections de sable ont été effectuées (4000 à 5000m<sup>3</sup>) pour aggrandir la largeur de la plage touristique. (Photo n°07).



**Photo n°02 : La plage Est de Sidi Fredj en 21/05/2005.**



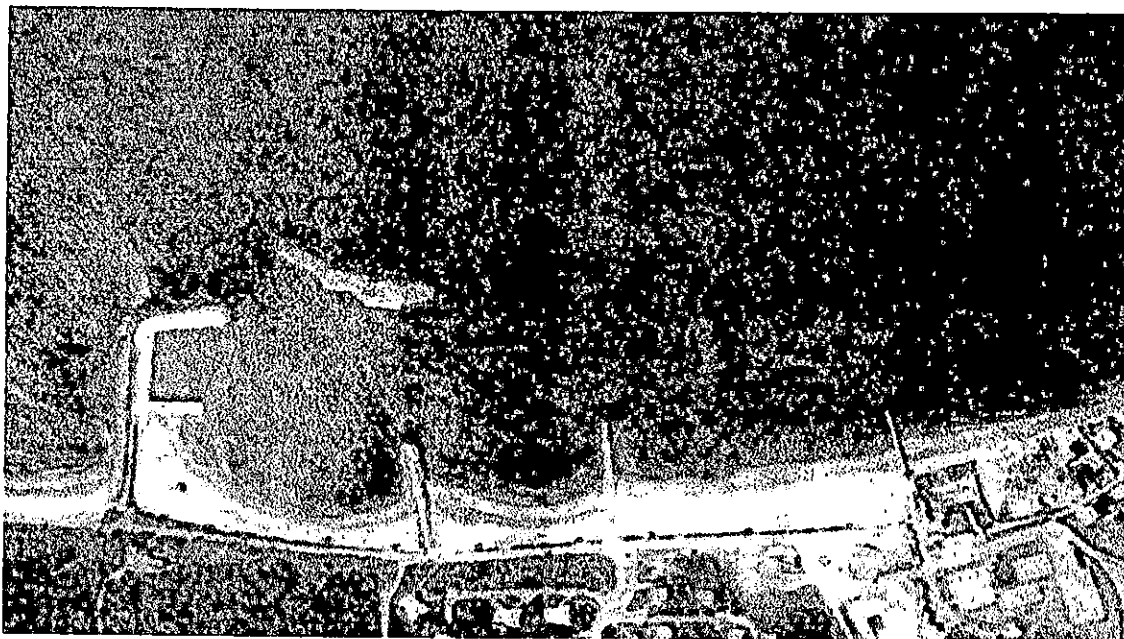
**Photo n°03 : La partie restante de la plage Ouest de Sidi Fredj 21/05/2005.**



**Photo n°04 : La partie érodée de la plage Ouest de Sidi Fredj 21/05/2005.**



**Photo n°05 : Photo aérienne du port de plaisance de Sidi Fredj en 1999.**



**Photo n°06 : Photo aérienne du port militaire dans la plage Ouest en 1999.**



**Photo n°07 : Photo aérienne du centre de Thalassothérapie en 1999.**

## **Chapitre V : Solutions d'aménagement**

Il est de tradition de confier à des ingénieurs la protection des littoraux contre l'attaque de la mer. Cette agression est vue par eux comme un défi de la nature qu'il convient de relever en fortifiant le rivage.

Les ingénieurs dimensionnent et positionnent des ouvrages qui réussissent souvent à mettre à l'abri des aménagements menacés par les vagues, mais en général ils se préoccupent peu des effets induits qui risquent de perturber irrémédiablement les équilibres dynamiques précaires des milieux côtiers et donc de dégrader l'environnement de façon irréversible.

Il reste que l'on peut aujourd'hui établir un bilan de mécomptes et de déboires sur ce qui a été fait jusque là pour la protection du littoral de Sidi Fredj et de sa mise en valeur, et de proposer de nouvelles méthodes d'intervention mieux adaptées à cet environnement fragile.

Dans la plage Est, on recommande de :

Revoir la disposition des épis près de l'hôtel d'El-Riadh afin de permettre aux sédiments de circuler et de diminuer l'ensablement du port. (Photo n°08)

Injection du sable pompé du port de plaisance sur la plage :

On peut contrecarrer le démaigrissement et le recul de la plage par une alimentation artificielle en sable récupéré du port de plaisance lors d'éventuelles opérations de dragage.

Il s'agit d'une méthode douce qui, en corrigeant un déficit sédimentaire, s'attaque à l'origine du mal principal qui ronge le rivage, sans perturber, comme le font les ouvrages de défense contre la mer, le jeu naturel des processus dynamiques des littoraux.

La réhabilitation des dunes bordières situées en haut de la plage :

Il existe diverses méthodes pour reconstituer une dune bordière qui a été détruite.

La meilleure consiste à planter artificiellement des espèces psammophiles, tout particulièrement *Ammophila arenaria*, excellente fixatrice du sable déplacé par le vent. On peut rétablir artificiellement une dune bordière en recourant à des engins mécaniques de terrassement qui enlèvent du matériel sur l'estran pour l'accumuler à l'arrière sous la forme d'un bourrelet, ce qui n'est pas évident dans le cas de la plage Est à partir du moment où son estran se trouve en restriction sédimentaire. (Photo n°09)

Ne pas défricher l'arrière plage pour éviter le départ des sédiments, alimentant l'avant plage, sous l'action du vent. D'ailleurs, c'est ce que l'on constate aujourd'hui.

Dans la plage Ouest, on préconise :

La suppression des jetées anarchiquement construites par les propriétaires des villas se trouvant au bord de la mer en vue de les protéger. (Photo n°10)

La mise en place des brise-lames le long de la côte :

Ces ouvrages de défense contre la mer vont être placés sur les petits fonds, en avant de la côte, et disposés plus ou moins parallèlement à son tracé. Ils auront pour but d'atténuer ou de supprimer l'impact des vagues sur la plage en réfléchissant ou en absorbant leur énergie avant qu'elles ne l'atteignent. En provoquant, par voie de conséquence, une décélération de la dérive littorale, en diffractant aussi la houle lorsqu'elle heurte leurs extrémités, les brise-lames induisent une sédimentation à leur abri. Des langues de sables se développeront à partir du rivage pour rattacher les brise-lames à la terre ferme (tombolos, plage alvéolaires,...). Mais la construction de ces ouvrages sur une côte pose aussi des problèmes, sans parler de leur coût car, étant édifiés en mer, ils reviennent plus cher que les autres ouvrages de défense.

Rechargement artificiel :

L'alimentation artificielle des plages constitue actuellement la meilleure solution à l'érosion des plages à partir du moment où l'on décide d'y résister, bien qu'elle pouvait avoir des inconvénients d'ordre écologique.

Un préalable important existe : trouver une source proche et aisément accessible, de sédiments en quantité suffisante (il revient à estimer le volume des quantités de sable nécessaire pour reconstituer une plage d'une telle largeur avec une pente connue) et de qualité adéquate. Il est recommandé de recourir à un matériel d'une taille un peu plus grossière que celle du matériel original car, si elle est plus fine, il y a un risque de dispersion par les vagues. Mais, si la taille est trop grossière, la pente de la nouvelle plage sera plus forte, donc plus réfléchissante, d'où un enlèvement plus rapide des sédiments sur l'estran.

Les sédiments de la plage Ouest en 1995 avaient une médiane comprise entre 100 et 250µm (Chenibet et al, 1995), C'est une médiane qui est proche de la médiane des sédiments du port. La plage Ouest peut recevoir les sédiments de dragage pour une quantité située entre 10000 à 20000m<sup>3</sup>) de sédiments. Cette quantité peut être trouvée justement près du port de Sidi Fredj.

La mise en place des atténuateurs de houle :

C'est une technique de défense souple qui a pour but d'utiliser l'énergie cinétique d'une masse d'eau importante en mouvement oscillatoire pour créer une houle en opposition de phase avec la houle incidente, le résultat étant d'annuler les deux houles.

L'effet obtenu par l'action des plaques horizontales, immergées sous quelques mètres d'eau et posées sur des pieux.

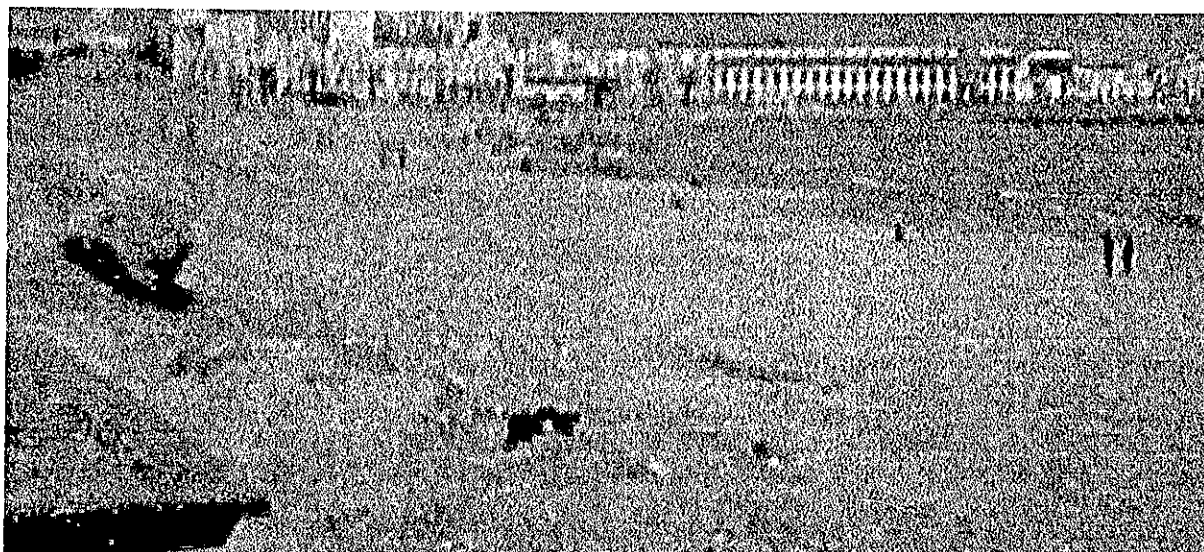
La mise en place des algues artificielles :

Afin de freiner les courants et aider à la sédimentation, on suggère de mettre en place des algues artificielles sous forme de rubans plastiques qui par leur aspect rappellent les laminaires. Mais le problème à résoudre tient à l'ancrage et à la durabilité de ces algues artificielles.

La plage Ouest de Sidi Fredj étant bien abritée pour accueillir ce type de projet.



**Photo n°08 : Photo aérienne des épis de l'hôtel El-Riadh en 1999.**



**Photo n°09 : les dunes bordière sans la plage Est ( 21/05/2005).**



**Photo n°10 : Les digues d'énrochements anarchiques dans la plage Ouest (21/05/2005).**

## **Conclusion générale :**

La connaissance du comportement des plages Est et Ouest de Sidi Fredj dans un passé récent permet une prévision relativement fiable de son évolution dans les décennies à venir, et on ne peut que recommander la multiplication de ce type de recherche sur l'ensemble des littoraux de notre pays.

A partir des résultats obtenus, il est possible d'établir des cartes prospectives à grande échelle de l'évolution du trait de côte qui sont d'une grande utilité pour mettre à l'abri d'une éventuelle érosion les aménagements à venir. Ainsi, c'est toujours en terme d'un antagonisme avec l'homme que le phénomène naturel est envisagé alors qu'il conviendrait de l'apprécier aujourd'hui davantage dans une perspective d'adaptation des aménagements à une situation de fait qui ne relève pas du seul art de l'ingénieur. Il est urgent que s'établisse une réflexion d'ensemble dans le but de substituer une perception exclusivement technocratique et défensive de ce phénomène d'érosion.

Une ample concertation devrait associer des ingénieurs, des élus, et des universitaires de disciplines diverses : géographes, géologues, juristes, économistes, sociologues, historiens,...

Actuellement, les connaissances s'étant approfondies et les mentalités ayant évolué, il est possible d'énoncer des principes d'action sur les milieux côtiers permettant d'éviter l'impasse qui conduit à une défense obligée coûteuse pour la collectivité et nuisible pour l'environnement.

En fin, l'objectif de cette étude est de gérer l'espace pour ne pas être contraint un jour à protéger contre l'érosion et la submersion par la mer des aménagements qui y ont été implantés. Prévision des événements et souplesse des interventions constituent le fondement de cette philosophie des rivages.

Si l'homme par des méconnaissances a pu déséquilibrer le littoral de Sidi Fredj en provoquant la disparition de la plage ouest, l'ensablement du port et en défigurant le site près de l'hôtel El-Riadh, c'est à lui de rétablir l'équilibre par des solutions appropriées.

## Bibliographie

### Les ouvrages :

-PASKOFF.R, 1993, Les littoraux, Impact des aménagements sur leur évolution. *Ed Masson et Cie.Paris.*

-PASKOFF.R, 1998, Côtes en danger .*Ed Masson et Cie .Paris*

-P.A.PIRAZZOLI, 1993, Les littoraux ; Leur évolution .*Ed Nathan.Paris.*

-M.LARID, 1992, Cour d'aménagement du littoral I.

### Les mémoires :

-OUKAZI.H, 1993, le port de plaisance de Sidi Fredj ; approche critique à travers son fonctionnement et son impact sur l'environnement immédiat, mémoire d'ingénieur ISMAL.

-CHENIBET, 1995, Evolution de la plage Ouest de Sidi Fredj ; problèmes et solutions, mémoire d'ingénieur ISMAL.

-MESSAOUDI.S, 2002, Evolution du trait de côte dans la plage Est de Sidi Fredj, mémoire DEUA ISMAL.

-ZEMENZER.S, 2004, : Le port de Sidi Fredj, mémoire d'ingénieur ISMAL.

-BELLAHCENE.Y, 2002: Le port de Sidi Fredj ; Dragage et le site de dépôt des matériaux, , mémoire DEUA ISMAL.

### Organismes consultés :

-CNERU (centre national des études régionales d'urbanisme).

-ONM (office national de la météorologie).

-LEM (laboratoire d'études maritimes).

-INCT (institut national de cartographie et de télédétection).