



المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGENIEUR EN  
SCIENCES DE LA MER

OPTION : Aménagement du littoral.

Sujet :

Contribution à l'étude hydrodynamique et mouvements  
sédimentaires dans la presque île de Sidi Fredj (Alger Ouest).



Présenté par :

- M. BOUKHARI BRAHIM et M. SAOUD ISMAIL

Soutenu le mardi 14/07/2009 à 13h ; devant la commission de jury suivante :

M.SEMROUD. R (Professeur. ENSSMAL).....Président

M.BELKESSA. R (Maître-assistant ENSSMAL).....Examinateur

M.HELLEL. M (Maître-assistant ENSSMAL).....Examinateur

M. HEMDANE. Y (Maître-assistant ENSSMAL)..... Prometteur

-Promotion 2009-

# Remerciements

AU TERME DE CE MODESTE TRAVAIL, NOUS TENONS À  
REMERCIER VIVEMENT

**Mr HEMDANE.Y**, POUR AVOIR ÉTÉ NOTRE ENCADREUR ET DE  
NOUS AVOIR FAIT PROFITER DE SON EXPÉRIENCE, POUR LES  
CONSEILS QU'IL NOUS A PRODIGUÉS TOUT AU LONG DE  
L'ÉLABORATION DE CE MÉMOIRE.

NOS REMERCIEMENTS S'ADRESSENT AUSSI AUX MEMBRES DE  
JURY :

**Mr SEMROUD .R**, C'EST UN GRANT HONNEUR POUR NOUS  
QU'IL ACCEPTÉ DE PRÉSIDER CE JURY.

**Mr, BELKESSA. R, et Mr HELLEL .M**, POUR AVOIR ACCEPTÉ  
D'EXAMINER CE TRAVAIL.

NOS REMERCIEMENTS S'ADRESSENT ÉGALEMENT À TOUS LES  
ENSEIGNANTS, LES TRAVAILLEURS ET À TOUS LES ÉTUDIANTS  
DE L'ENSSMAL.

**B.BOUKARI**

**I.SAOU**

## Liste des figures

**Figure n° 1** : Image satellitaire de la presqu'île de Sidi Fredj (Google Earth.2009. modifiée).

**Figure n° 2** : carte Géomorphologique de la zone Algéroise (**Rahmani et Benabdelmoumene, 2006**.modifiée).

**Figure n° 3** : Tableau Représente des caractères géométriques d'Oued Mazafron et celui de Beni- Messous. (**A.N.R.H**).

**Figure n° 4** : Bathymétrie de la baie de Bou Ismail (Leclaire, 1972).

**Figure n° 5** : Sédimentologie de la baie de Bou Ismail (Bakalem, 2004).

**Figure n° 6** : Pourcentage des vents par direction sur six ans (1998 à 2004) période estivale (Juin à Novembre.) (**O.N.M**).

**Figure n° 7** : Pourcentage des vents par direction sur six ans (1998 à 2004) Période hivernale (Décembre à Mai) (**O.N.M**).

**Figure n° 8** : Tableau de Fréquence en pourcentage d'apparition de la houle dominante. *U.S.N.W.C, (1963-1970)*. (**L.E.M, 2002**) :

**Figure n°9** : Circulation de l'eau de l'Atlantique modifiée (*Modified Atlantic Water MAW*) et l'eau hivernale intermédiaire (*Winter Intermediate Water WIW*) (**Millot, 1999**).

**Figure n° 10** : Localisation des points de mesure du courant.

**Figure n° 11** : Le courantomètre VALEPORT model 108 MKIII.

**Figure n° 12** : Localisation des points de prélèvement des sédiments.

**Figure n° 13** : La benne VAN VEEN.

**Figure n° 14**. Protocole d'analyse granulométrique. **Hemdane, 2006**.

**Figure n° 15** tableau représentatif des positions des points de relevés bathymétriques converties en mètres a l'aide de logiciel *MapInfo*.

**Figure n° 16** : Carte Bathymétrique en 3D de la zone de Sidi Fredj.

**Figure n°17** : tableau de résultats de vitesses et la direction des courants mesurés de Sidi Fredj.

**Figure n° 18** : Carte Courantologique de la zone de Sidi Fredj. (En 2D).

**Figure n° 19** : Carte Courantologique de la zone de Sidi Fredj (en 3D).

**Figure n° 20** : tableau représentatif des indices granulométriques.

**Figure n° 21** tableaux représentatifs de classement des sédiments selon les indices granulométriques pour chaque station.

**Figure n° 22** : Distribution de sédiment selon Mz (Taille moyenne).

**Figure n° 23** : Distribution de sédiment selon Si (Tri).

**Figure n° 24** : Distribution de sédiment selon Sk (Asymétrie).

**Figure n°25** Tableau représentatif du Calcul de la quantité de sédiment déplacé ( $m^3/s/m$ ) .

**Figure n° 26** : carte représente les Directions de mouvement sédimentaire dans la zone de Sidi Fredj.

## Liste abrégée des symboles

- $D$  : diamètre moyen des grains (m)
- $g$  : accélération de la pesanteur ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ )
- $\kappa$  : constante de Von Karman
- $kb$  : hauteur de la rugosité du fond (m)
- $q$  : volume des transports sédimentaires ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )
- $Mz$  : Taille moyenne des grains
- $Si$  : Tri (Sorting) des grains
- $S_k$  : Asymétrie des grains (Skewness)
- $u$  : vitesse du courant moyen ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )
- $u_z$  : vitesse moyenne à une hauteur  $z$  au-dessus du fond ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )
- $u_{100}$  : vitesse moyenne à 1 m au-dessus du fond ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )
- $u_*$  : vitesse de cisaillement ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )
- $z$  : hauteur au-dessus du fond (m)
- $phi (\phi)$  : échelle Phi de Krumbein  $\phi = -\log_2(mm)$
- $\rho$  : densité du fluide ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )
- $\rho_s$  : densité du sédiment ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>I- CONTEXTE GEOGRAPHIQUE, MORPHOSEDIMENTAIRE ET GEOLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE .....</b>	<b>3</b>
<b>I-1- Localisation de la zone d'étude .....</b>	<b>3</b>
<b>I-2- Contexte géomorphologique .....</b>	<b>4</b>
<b>I-3- Réseau hydrographique .....</b>	<b>5</b>
<b>I-4- Contexte morphosédimentaire .....</b>	<b>6</b>
<b>II- CONDITIONS METEO-MARINES .....</b>	<b>9</b>
<b>II-1- vents .....</b>	<b>9</b>
<b>II-2- Vagues de gravité et houle .....</b>	<b>10</b>
<b>II-3- Les courants généraux .....</b>	<b>12</b>
<b>III- MATERIEL ET METHODES .....</b>	<b>13</b>
<b>III-1- Mesures des courants côtiers de la zone d'étude .....</b>	<b>13</b>
<b>III-2- Sédimentologie et bathymétrie de la zone d'étude .....</b>	<b>15</b>
<b>III-3- Étude de mouvements sédimentaires de la zone d'étude et quantification des transports sédimentaires totaux .....</b>	<b>18</b>
<b>IV- RESULTATS ET DISCUSSIONS.....</b>	<b>19</b>
<b>IV-1- Mesure des courants côtiers de la zone d'étude.....</b>	<b>19</b>
<b>IV-2- Sédimentologie de la zone d'étude.....</b>	<b>24</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>31</b>

## **Introduction**

L'aménagement et la protection du littoral c'est d'abord la compréhension des différents processus et contraintes dynamiques qui régulent aussi bien la côte que l'avant-côte tels que l'interaction des vagues, houle, marée, courants, surcôtes et décôtes, mouvements sédimentaires, etc. Ces contraintes interagissent dans une zone (avant-côte) où les forçages dus au vent, à la marée, à la densité de stratification, au gradient de la pression interne et à la force de Coriolis sont importants (**Csanady, 1982 ; Niedoroda *et al*, 1985**) où les effets de friction sur le fond sont plus importants qu'au large (**Niedoroda *et al*, 1985; Swift *et al*, 1986 ; Hemdane, 2006**). Ces éléments jouent un grand rôle dans les processus des transports sédimentaires.

La presqu'île de Sidi Fredj est une zone touristique où l'intervention de l'homme est très remarquable ; ce site contient d'ouvrages côtiers (ouvrages de protection et infrastructures portuaires). En effet, la présence de ces ouvrages maritimes durs (jetées, enrochements) a au fil des années une influence négative sur l'environnement. De surcroît, ces ouvrages ne font que déplacer les problèmes d'érosion de quelques centaines de mètres. Un exemple classique est celui des enrochements parallèles à la côte (brise-lame) qui favorisent la formation des tombolos qui bloquent la dérive littorale et induisent aussi un manque d'apport en sédiments sur l'autre côté du tombolo et donc une érosion locale (**Oukazi, 1993**).

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail qui consiste à comprendre l'hydrodynamique et les transports sédimentaires qui régulent les fonds des eaux peu profondes du littoral de Sidi Fredj (Alger Ouest). Depuis quelques années le littoral de cette zone subit une inquiétante érosion marine où plusieurs habitations, entre autres le siège de l'ENSSMAL.

Pour atteindre cet objectif, nous proposons dans ce travail d'étudier la dynamique des courants et des mouvements sédimentaires effectifs entre la côte et la limite inférieure de la zone de déferlement.

Toutefois, il est important de rappeler les limites de nos résultats qui sont exclusivement relatifs aux conditions météo-marines observées lors de la campagne de mesures (16 mai 2009). Par conséquent, nos résultats ne sont qu'une contribution événementielle (par rapport à un faible vent du NE) qui ne reflètent pas vraiment la circulation hydrosédimentaire nette qui régule notre zone d'étude. Et seules des campagnes de mesures effectuées lors des différents événements météo-marins peuvent nous conduire à tirer des conclusions plus ou moins fiables pour une meilleure conservation du littoral.

Dans cette étude, nous privilégions deux approches méthodologiques complémentaires ;

- Une approche fondée sur l'observation et l'expérimentation (en mer) et en laboratoire ;
- Une approche basée sur le traitement statistique et mathématique des données ainsi que leur visualisation et leur cartographie à l'aide des outils informatiques.

Le travail regroupe quatre parties :

- **Partie I** : cette partie est consacrée à la reconnaissance du site d'étude d'une manière générale ;
- **Partie II** : celle-ci est réservée aux conditions météo-marines qui caractérisent la zone d'étude ;
- **Partie III** : elle comprend la méthodologie utilisée dans ce travail ;
- **Partie IV** : résultats et discussion ; cette dernière partie rassemble tous les résultats de ce travail.

## I- Contexte géographique, morphosédimentaire et géologique de la zone d'étude

### I-1- Localisation géographique

La zone d'étude, Sidi Fredj se situe à 25 Km à l'Ouest d'Alger. C'est une presqu'île d'une longueur de 1 Km (**Figure n° 1**) localisée entre deux baies ; celle de Bou Ismail à l'Ouest, qui est une grande baie d'une ouverture de l'ordre de 35 Km d'environ, et celle d'El Djamila à l'Est ; une petite baie d'une longueur de 6 Km. Ses coordonnées géographiques sont :

- Longitude : 2°50' 60" et 2°51' 18" Est.
- Latitude : 36°45' 34" et 36°46' 30" Nord.

La presqu'île de Sidi Fredj est un promontoire rocheux limite par deux pointes :

- La pointe du Marabout à l'Est où se présente la Marina (port de plaisance).
- La pointe du Saint Janvier à l'extrémité Ouest de cap du Sidi Fredj.

Administrativement, la zone de Sidi Fredj appartient à la commune de Staoueli, daïra de Zeralda, wilaya d'Alger.



**Figure n° 1** : Image satellitaire de la presqu'île de Sidi Fredj (Google Earth.2009. modifiée).

## **I-2- Contexte géomorphologique :(figure n° 2)**

Les affleurements de la presqu'île de Sidi Fredj sont les prolongements de l'important ensemble cristallin de la grande Kabylie, auquel se rattache le massif granitique de Thénia (**LECLAIRE, 1972**).de point de vue géologique la presqu'île de Sidi Fredj est caractériser par deux ensembles :

- Le socle dont les affleurements ont considère comme une partie du massif d'Alger qui est forme par des roches métamorphiques (gneiss, micaschistes et calcaires métamorphiques (**degiovani, 1973**).
- Les formations sédimentaires déposées au dessus du socle sont d'âge pliocène, calabrien et quaternaires.

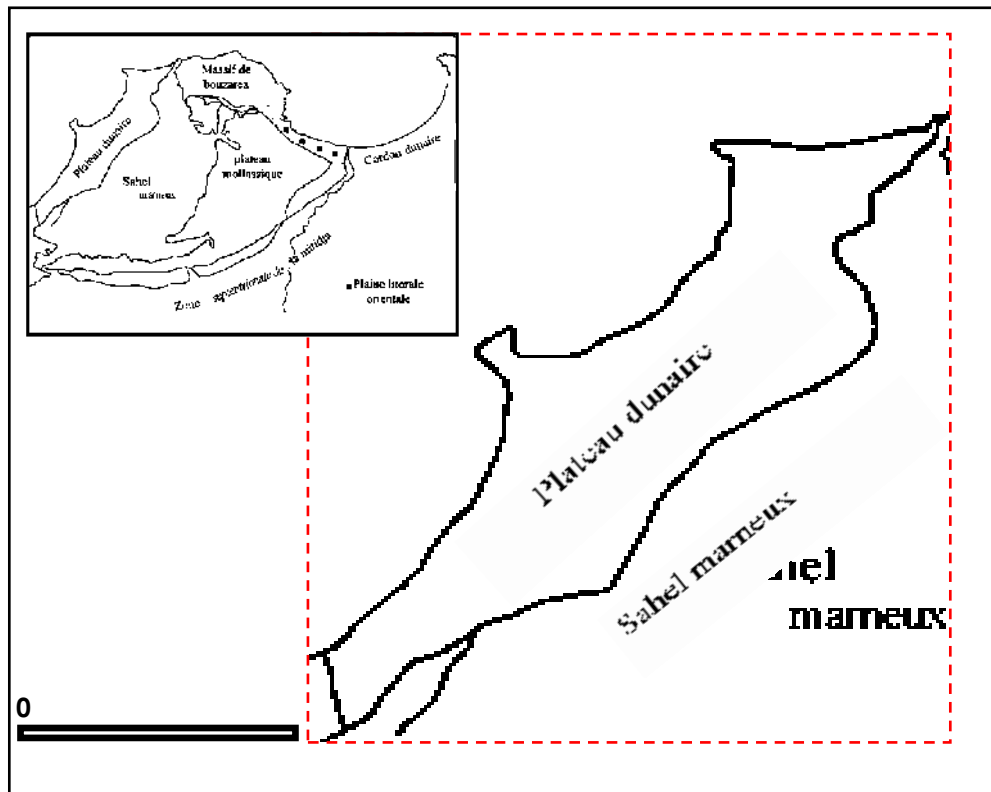
### **Le massif d'Alger :**

Il s'étend sur une longueur de 20 km suivant en axe Est-ouest. Sa largeur maximale est de 6 km. Il est orienté vers le Nord. Ce relief est constitué de roches cristallophylliennes (gneiss, micaschistes, schistes). Sa topographie est très accidentée et son sommet qui culmine à 407 m<sup>2</sup> constitue le point le plus haut de la région.

### **Le sahel d'Alger :**

Le Sahel d'Alger, anticlinal orienté Est-ouest, a une largeur maximale de 6 km et s'étend sur une longueur de 20 km. Il représente tous les petits reliefs qui s'étendent entre le massif d'Alger au Nord et les rives gauches d'Oued El Harrach au Sud et au Sud-est et à droite de l'Oued Mazafran au Sud-ouest (**Rahmani et Benabdelmoumene, 2003**).

La presqu'île de Sidi Fredj est constituée des dunes consolidées avec présence d'une partie rocheuse (le cap) d'une longueur de 1km.



**Figure n° 2** : carte Géomorphologique de la zone Algéroise (Rahmani et Benabdelmoumene, 2006.modifiée).

### **I-3- Réseau hydrographique :**

La dynamique sédimentaire de la zone de Sidi Fredj est influencée essentiellement par Oued Mazafran et celui de Beni Messous ;

L'Oued Mazafran qui tire son nom de la couleur de ses eaux : El Ma Essaфра (eau jaune) ; constitue l'un des principaux cours d'eau de la Mitidja et le plus important débouchant dans la baie de Bousmail. Il est formé principalement par la confluence de trois Oueds secondaires qui sont l'Oued Djer, Bouroumi et la Chiffa et reçoit comme affluent Oued Fatis.

Le bassin versant du Mazafran est plus important. Il est subdivisé selon l'A.N.R.H. en quatre sous bassins versants : Chiffa, Djer, Bouroumi et le bassin intermédiaire du Mazafran, l'ensemble des écoulements de ce bassin se dirigent vers la cluse du Mazafran.

Pour l'Oued de Beni Messous, il se situe à droite de cap du Sidi Fredj et au centre de la baie d'El Djamilia. Il traverse les communes de Beni Messous et de Chéraga au Nord, de Bouzaréah au Nord-est, de Dely Ibrahim à l'Est et d'Ain Benian à

l'Ouest. Il débouche au niveau de la plage « Les Dunes » qui fait partie de la baie d' El Djamilia. Le tableau ci-dessous représente les caractères géométriques de l'Oued Beni Messous.

**Figure n° 3 :** Tableau Représente des caractères géométriques d'Oued Mazafran et celui de Beni- Messous. (A.N.R.H) :

Bassin versant Caractéristiques	Bassin Oued Djer	Bassin Oued Bouroumi	Bassin Oued Chifa	Bassin inter-Médiane	Bassin Total	Oued Beni Messous
Surface (Km <sup>2</sup> )	420	250	500	700	1900	33,3
Longuer de bassin (Km <sup>2</sup> )	45	41	51	31	75	
Longuer de l'Oued (Km <sup>2</sup> )	54	47	62	36	92	11,5
Pente moyenne de l'Oued (%)	0.610	0.700	0.840	0.061	0.600	3

#### **I-4- Contexte morphosédimentaire :(figure n° 4)**

La répartition et la nature des sédiments du plateau continental dépend de son relief, de l'importance des apports terrigènes, des courants et des houles (Leclaire, 1972).

Sur les côtes Algériennes, le plateau continental est très étroit surtout à proximité des massifs et des caps ; il est moins de 10 km au niveau de cap du Sidi Fredj (**figure n° 4**) et il s'élargit un peu au milieu de la baie de Bou-Ismaïl à proximité de l'embouchure d'Oued Mazafran avec une extension maximale qui peut atteindre les 12 km.

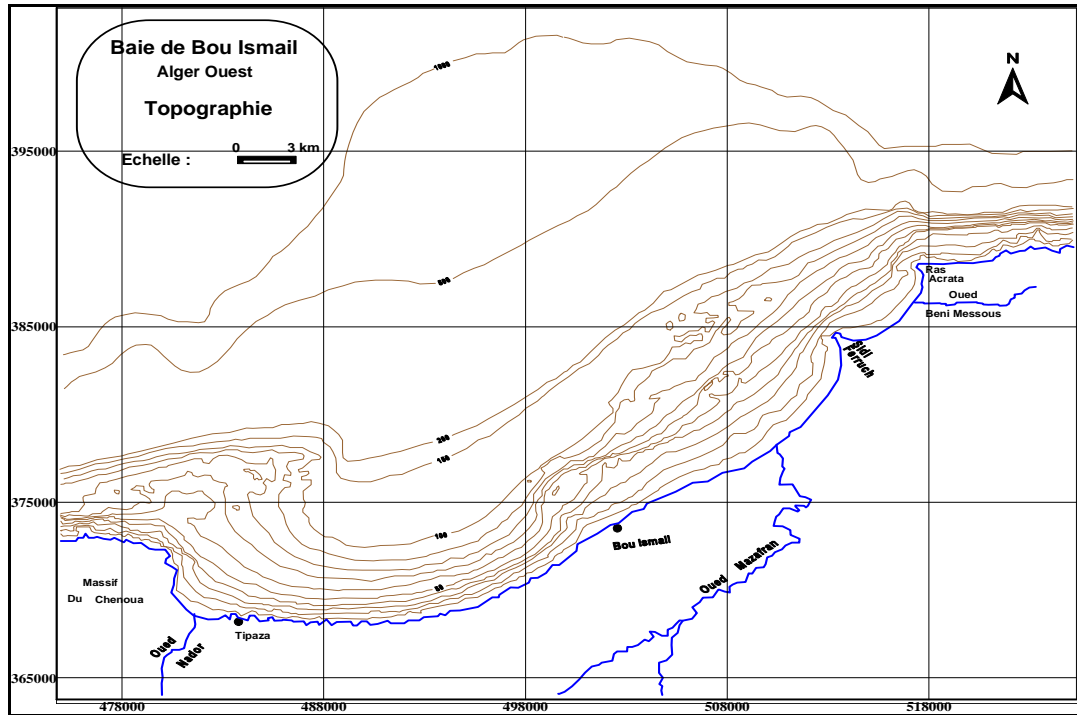


Figure n° 4 : Bathymétrie de la baie de Bou Ismail (Leclair, 1972).

L'étude sédimentologique et bathymétrique sont complémentaires, la **figure n° 5** représente la répartition de différents types de sédiments dans la baie de Bou Ismail qui inclut la presqu'île de Sidi Fredj.

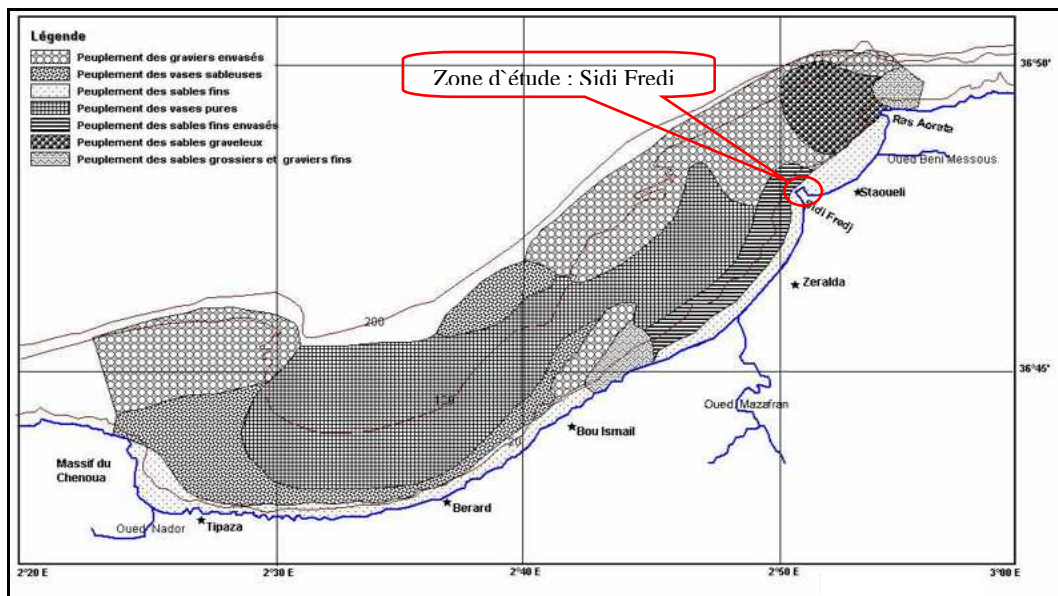


Figure n° 5 : Sédimentologie de la baie de Bou Ismail (Bakalem, 2004).

D'après cette carte et au niveau de cap du Sidi Fredj, nous constatons un sable fin recouvrant les zones peu profondes essentiellement sur la partie Est de cap. Nous observons aussi un sable fin envasé qui occupe une large bande qui s'étale du cap jusqu'à l'embouchure de l'Oued Mazafran (**figure n°5**). Quant aux sables grossiers et graviers fins, ils apparaissent essentiellement au voisinage des embouchures d'Oued Beni-Messous et Oued Mazafran.

Au delà de l'isobathe - 40 m et au large de cap, les sédiments sont très fins à vaseux et ce jusqu'à des profondeurs d'environ -150m.

## II- Conditions météo-marines :

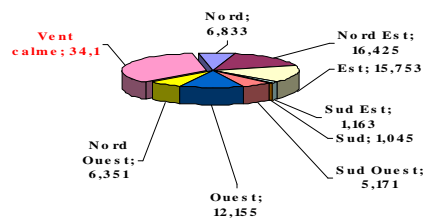
Le Nord Algérien est régi par un climat au régime Méditerranéen et caractérisé par la prédominance de deux saisons nettement contrastées ; une froide et humide en hiver, et l'autre chaude et sec en été.

### II-1- Le vent :

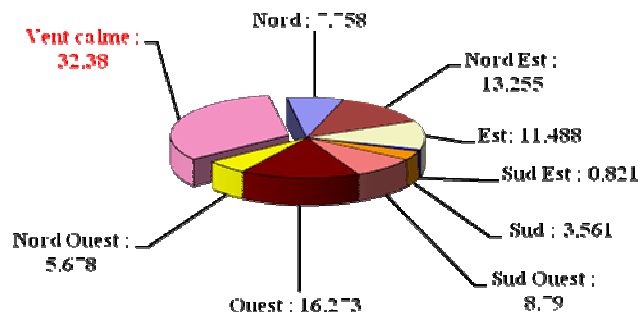
Les vents sont générateurs de houles et de courants superficiels, leur influence aussi bien sur les transports côtiers que sur les transports éoliens, jouent un rôle très important dans l'évolution géomorphologique des côtes (**Guicher, 1979.in Hamaidi et Haddar, 2007**). Ils sont aussi producteurs de vagues, de surcotes et décotes et de courants de compensation et de *downwelling* côtier.

Des mesures de vitesse de vents effectués sur six années, du 1998 au 2004 sur la zone littorale Algéroise, montrent que les vents dominants soufflent des secteurs Nord-est et Ouest (O.N.M) mais chaque régime apparaît dominant durant une des périodes de l'année.

Ces deux figures ci-dessous (**figure n°6 et n°7**) résument la répartition des vents entre 1998 et 2004 au niveau de la zone littorale Algéroise :



**Figure n° 6** : Pourcentage des vents par direction sur six ans (1998 à 2004) période estivale (Juin à Novembre.) (O.N.M).



**Figure n° 7** : Pourcentage des vents par direction sur six ans (1998 à 2004) Période hivernale (Décembre à Mai) (O.N.M).

En période estivale (Juin - Novembre) les vents sont du secteur oriental de direction Nord-est avec une concentration de plus de 16%, et de direction Est avec une concentration de 15%.

Pour la période hivernale (Décembre - Mai), les vents du secteur occidental sont intenses dans la direction Ouest (plus de 16%). Quant aux vents provenant du secteur Nord-Ouest, ils ont une fréquence d'environ 13%.

## **II-2- Vagues de gravité et houle :**

La connaissance des vagues et des houles sont d'une importance capitale en aménagement et protection du littoral. Ces deux contraintes ont des répercussions majeures aussi bien sur la dynamique côtière et sous-marine que sur les infrastructures maritimes de protection et de service.

Les données de houles ont été reprises auprès d'U.S.N.W.C *service* intitulé *Summary of Synoptique Meteorological Observation (S.S.M.O)* pour une période de huit ans (de 1963 à 1970), regroupant 45000 observations au large des côtes algériennes.

Ces données sont à prendre avec précaution car non seulement ce sont des données anciennes mais aussi sans aucuns détails sur leurs aspects et spectres (vagues ou houles !).

La présence de la végétation occupant le fond marin essentiellement la posidonie a un effet modérateur sur les mouvements des sédiments côtiers (**Paskoff, 1993**).

**Figure n° 8 :** Tableau de Fréquence en pourcentage d'apparition de la houle dominante. *U.S.N.W.C, (1963-1970). (L.E.M, 2002) :*

Mois		Directions			
		Nord	Nord-est	Nord-ouest	Ouest
Période estivale	Mai	8.2	26.3	6.2	13.9
	Juin	9.2	29.1	4.2	16.4
	Juillet	5.9	32.5	2	16.3
	Aout	8.8	27.7	4.9	13.4
	Septembre	6.7	26.4	2.5	14.8
	Octobre	7.8	14.1	6.8	28.8
	<b>Moyenne</b>	<b>7.766%</b>	<b>26.016%</b>	<b>4.433%</b>	<b>17.266%</b>
Période hivernale	Novembre	5.5	5.8	9.4	40.4
	Décembre	10.2	6.2	10	37.1
	Janvier	8.1	12.9	7.3	28.8
	Février	8.8	10.3	5.6	35.6
	Mars	11.3	12.6	9.2	30.5
	Avril	11.7	15.4	10.2	26.7
	<b>Moyenne</b>	<b>9.266%</b>	<b>10.533%</b>	<b>8.816 %</b>	<b>33.183%</b>
<b>Annuel</b>		<b>8.50 %</b>	<b>18.30%</b>	<b>6.60%</b>	<b>25.10%</b>

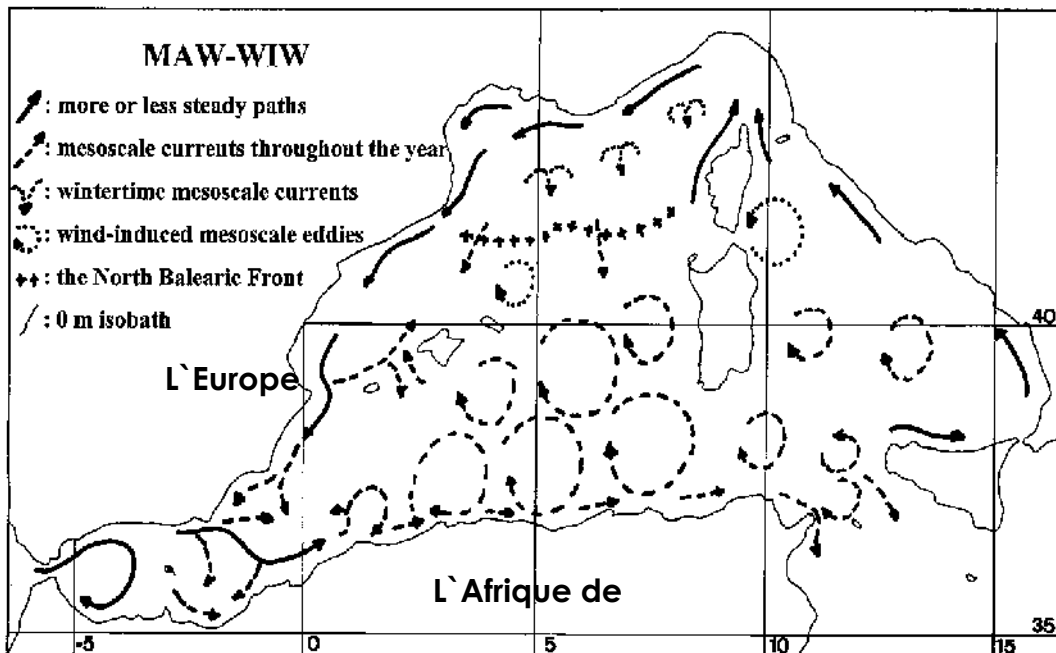
Le tableau ci-dessus montre que les houles les plus fréquentes dans cette zone sont de direction Ouest avec une fréquence annuelle de 25.10% et Nord-est avec une fréquence annuelle de 18.30% et ce, selon deux saisons de l'année :

- En hiver les houles les plus importantes et violentes viennent du secteur Ouest avec une fréquence saisonnière de 33.18%, elles exercent une attaque frontale sur le rivage qui est à l'origine de son érosion pendant la saison et la formation de barres sous marines (L.E.M, 2002).

- En été les houles les plus fréquentes sont celles du secteur Nord Est avec une fréquence saisonnière de 26.01%.

### II-3- Les courants généraux :

D'après les travaux de **Millot 1999**, à l'échelle annuelle, les eaux provenant de l'Atlantique sont modifiées pendant leur introduction en méditerranée. L'observation de ses résultats nous laisse supposer que le courant général agissant au large est, sous l'effet de la force de Coriolis, mobilisé vers le sommet du talus continental du littoral de notre zone d'étude (**figure n°9**). Ce courant général qui est de direction Ouest à Est pourrait atteindre les fonds marins de notre zone d'étude.



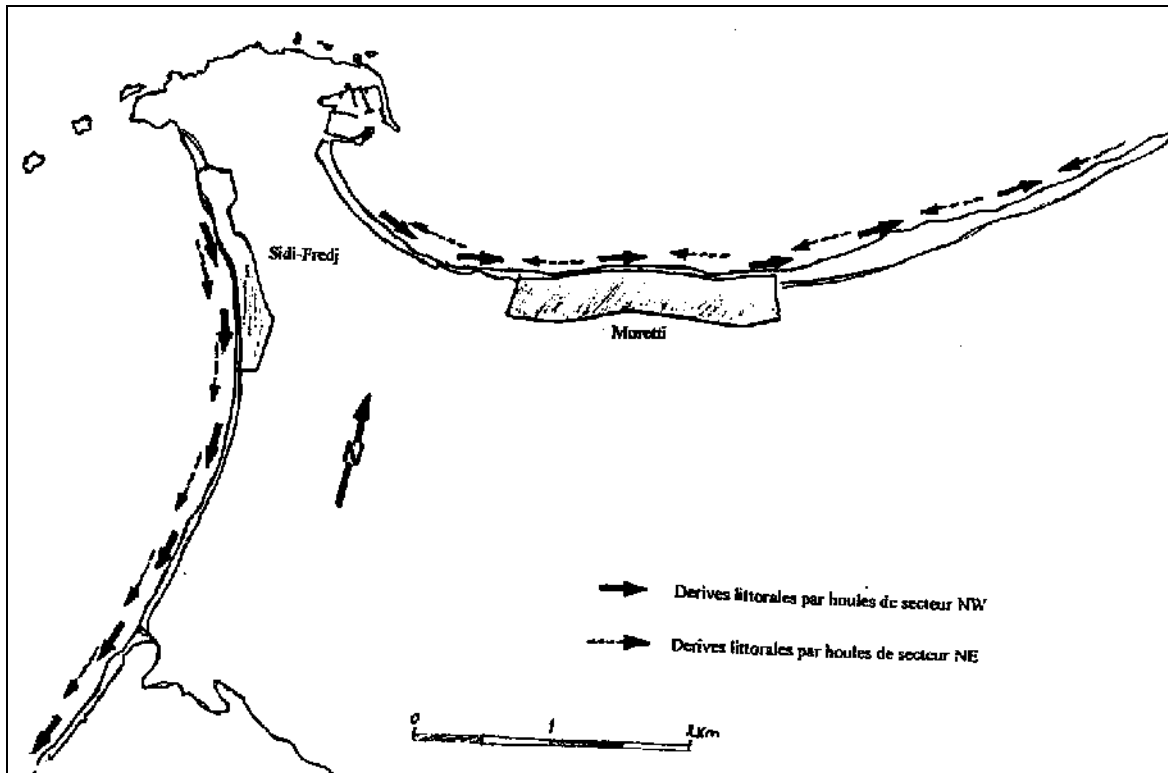
**Figure n°9** : Circulation de l'eau de l'Atlantique modifiée (*Modified Atlantic Water MAW*) et l'eau hivernale intermédiaire (*Winter Intermediate Water WIW*) (**Millot, 1999**).

### La dérive littorale :

La drève littorale est un courant parallèle a la cote, c'est le principale cause du transite sédimentaire le long de la cote.

Dans la région de Sidi Fredj, les observations sur le terrain par la méthode des flotteurs lestés, montrent que pendant les houles de secteur Nord-ouest la dérive littorale est de direction Nord vers le Sud sur la cote Ouest de la presqu'île de Sidi Fredj et de Sud-ouest vers Est sur la cote Est. La houle de Nord-est engendre une dérive littorale vers le Sud-ouest. (**Degiovani, 1973**)

En résumé, durant la quasi-totalité de l'année nous assistons à une dérive littorale à faible compétence unidirectionnelles vers le Sud-ouest.



**Figure n°10 : la dérive littorale dans la zone de Sidi Fredj (in Degiovani, 1973).**

### **III- MATERIEL ET METHODES**

#### **Introduction**

Notre objectif est de caractériser l'hydrodynamisme et les mouvements sédimentaires qui régulent l'avant-côte du littoral de Sidi-Fredj et ce, afin de fournir des données et arguments scientifiques pour l'aide à l'aménagement et à la protection de la zone littoral en question.

Pour atteindre cet objectif nous avons utilisé des moyens diverses aussi bien pour les mesures en mer que pour le travail en laboratoire ;

Pour à la localisation de nos points de mesures et la bathymétrie, nous avons utilisé respectivement un G.P.S de bord de type FURUNO WAS NAVIGATOR et un échosondeur de type FURUNO FCV-581 L.

En ce qui concerne la mesure de courants, nous avons utilisé un courantomètre de type MK108 VALEPORT (**Figure n° 11**), embarqué le 16 mai 2009 sur l'une des embarcations de l'ENSSMAL (Baba Aroudj), qui a été mouillé dans la zone de Sidi-Fredj et ce, en vue de mettre essentiellement en évidence les courants côtiers agissant entre -2.5 et -35 m de profondeur.

Parallèlement à l'étude des courants côtiers, des prélèvements de sédiments et un sondage bathymétrique ont été effectués et ce, afin de corroborer la signature courantologique et d'analyser les mouvements sédimentaires stimulés par ces courants.

Enfin, le travail en laboratoire a concerné aussi bien les traitements des données de courants et de sédiments et établir une cartographie grâce aux deux logiciels de traitement des données spatiales à savoir *MapInfo* et *Surfer*. Ces deux logiciels nous ont permis de faciliter la présentation de nos résultats présentés dans le chapitre suivant.

#### **III-1- Mesures in situ des courants côtiers de la zone d'étude**

Nous avons effectué 26 mesures de vitesses et de directions du courant (**Figure n° 10**) et ce à une profondeur d'environ 1 m au-dessus du fond marin.

Le courantomètre VALEPORT 108 MK III est un instrument à lecture directe qui peut être utilisé directement en lecture directe ou bien en connexion avec un PC via le logiciel CDU EXPRESS fournie par le constructeur. Ces deux options sont contrôlées par l'unité de contrôle et d'affichage « Control Display Unit ».

En matière d'énergie, le 108 MK III est alimenté à partir d'une batterie (piles) qui peut nous permettre de faire des mesures sur une période de temps considérable

(environ 10 heures de mesures continue). Quant à la fréquence de mesures, celle-ci est modulable avec une fréquence maximale de 0.2 Hz.

Après son immersion en mer, le 108 MK III entamé la mesure du courant (vitesse et direction), d'autres paramètres physiques (Température, Pression, Salinité...).

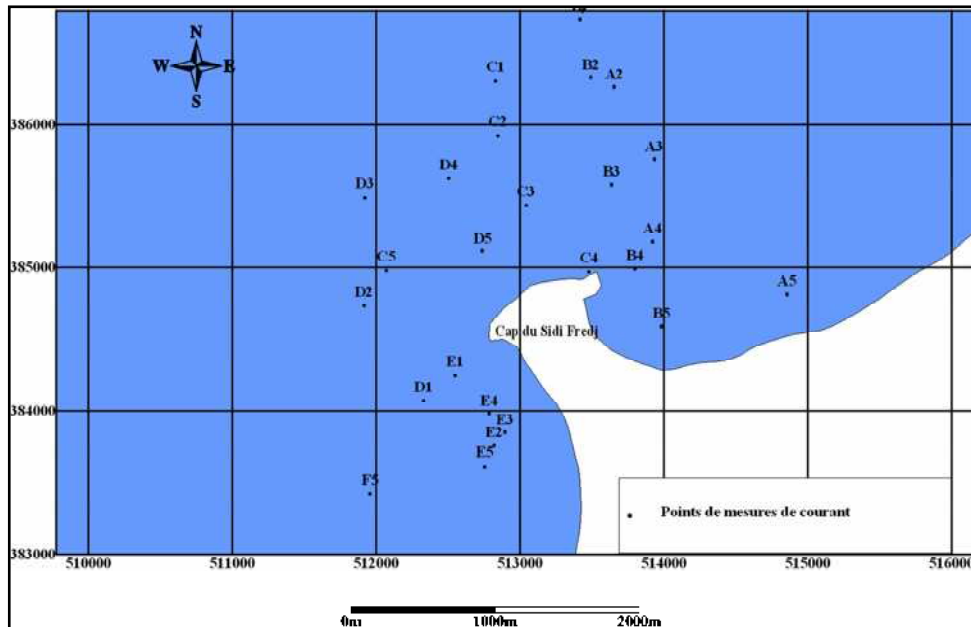


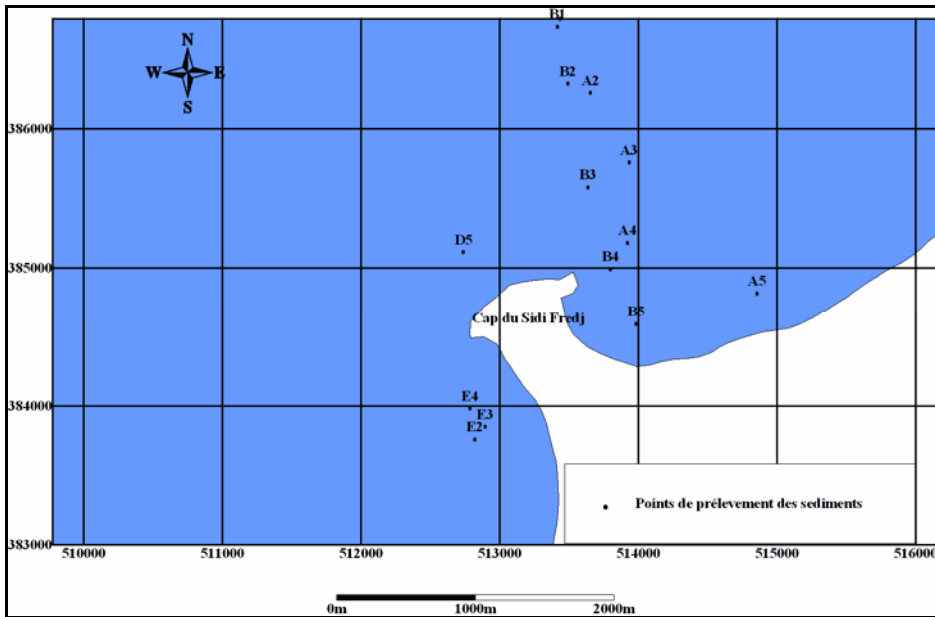
Figure n° 10 : Localisation des points de mesure du courant.



Figure n° 11 : Le courantomètre VALEPORT model 108 MKIII.

### III-2- Sédimentologie et bathymétrie de la zone des eaux peu profondes de la zone d'étude

Afin d'étudier la dynamique sédimentaire de la zone d'étude, nous avons effectué 14 prélèvements de sédiments sur des fonds marins entre la zone subtidale proche et l'isobathe -35 m (**Figure n° 12**) allant des petites fonds jusqu'à la cote et ce, à l'aide d'une benne preneuse de type VAN VEEN (**Figure n° 13**).



**Figure n° 12** : Localisation des points de prélèvement des sédiments.

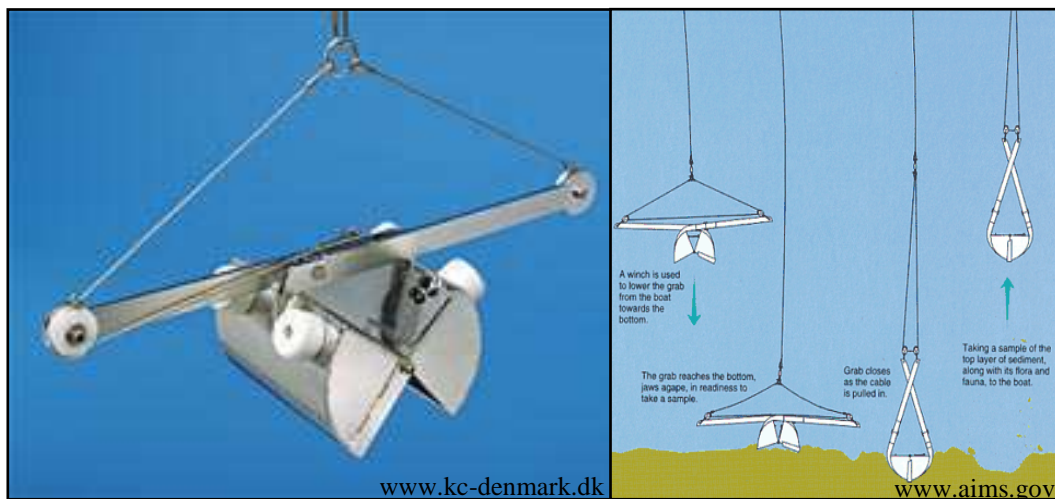


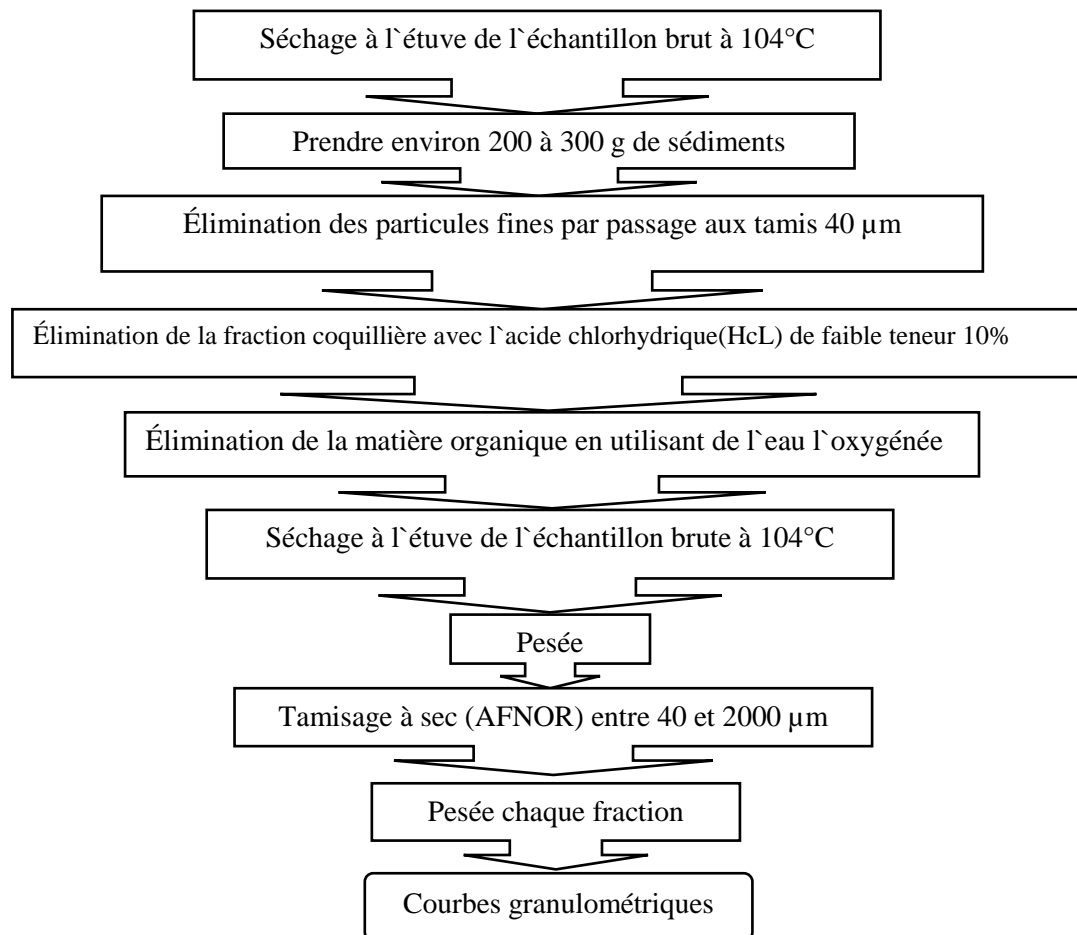
Image de la benne

Méthode de prélèvement de sédiments

**Figure n° 13** : La benne VAN VEEN.

Après le prélèvement des sédiments, on passe au travail de laboratoire. Cette étape consiste à préparer les échantillons pour l'analyse granulométrique.

Les échantillons prélevés sont soumis à une analyse granulométrique (**Figure n° 14**).



**Figure n° 14.** Protocole d'analyse granulométrique. **Hemdane, 2006.**

**Remarque :**

Dans se protocole d'analyse granulométrique nous n'avons pas pris en compte la fraction coquillière (fraction biogène) car on a utilisé la méthode de **Folk et Ward (1957)** qui ne prend pas en considération cette fraction dans le calculer des différents indices granulométriques.

## Les indices granulométriques

Les paramètres granulométriques suivants ont été obtenus à l'aide de la méthode de Folk et Ward (1957) :

Les diamètres doivent impérativement être en échelle phi

**Le diamètre moyen  $Mz$  :** 
$$Mz = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$$

**L'indice de tri  $Si$  :** 
$$Si = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 + \phi 5}{6,6}$$

**L'indice d'asymétrie (Skewness)  $S_i$**  
$$S_i = \frac{\phi 16 + \phi 84 - 2\phi 50}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 95 - 2\phi 50}{2(\phi 95 - \phi 5)}$$

Avec :  $\phi(x)$  étant le diamètre en échelle Phi correspondant au pourcentage cumulé de  $x$  exprimé en millimètre ( $\phi(x) = -\log_2 x$ ).

## Classification de la taille des sédiments

Entre -2.25 phi et -1 phi : sable grossier

Entre -1 phi et 1.25 phi : sable moyen

Entre 1.25 phi et 3.75 phi : sable fin

## Classification du tri des grains du sédiment

<0.35 phi : très bon tri

Entre 0.35 phi et 0.5 phi : bon tri

Entre 0.5 phi et 0.71 phi : tri assez bon

Entre 0.71 phi et 1 phi : tri modéré

Entre 1 phi et 2 phi : mauvais tri

Entre 2 phi et 4 phi : très mauvais tri

>4 : Tri extrêmement mauvais

## Classification de l'asymétrie des grains du sédiment

- 1 phi à 0.3 phi : très forte asymétrie vers les particules fines
- 0.3 phi à 0.1 phi : asymétrie vers les particules fines
- 0.1 phi à -0.1 phi : quasi-symétrie
- 0.1 phi à -0.3 phi : asymétrie vers les grosses particules
- 0.3 phi à -1 phi : très forte asymétrie vers les grosses particules

### III-3- Étude de mouvement sédimentaire de la zone d'étude ; quantification des transports sédimentaires totaux

Pour estimer la quantité totale de sédiment transportée, il est nécessaire de calculer le transport dans chaque station. L'équation d'Engelund-Hansen, 1967 modifiée peut être utilisée pour l'estimation de ce mouvement :

$$q = 0.05u_{100}^2 \rho^2 u_*^3 / D(\Delta\rho g)^2,$$

Avec :

$u_{100}$  : Vitesse du courant mesurée à 1 m au-dessus du fond;

$\rho$  : densité de l'eau de mer ;

$g$  : l'accélération, liée à la Pesanteur;

$D$ : Diametre moyen des grains;

$\Delta\rho$  : La différence entre la densité du sédiment et celle de l'eau de mer ;

$u_*$  : Vitesse de cisaillement ;

$$u_* = \frac{\kappa u_z}{\ln(30z / Kb)}$$

Avec :

$\kappa$ : Constante de Karman (0,4) ;

$u_z$  : vitesse du courant mesurée sur une hauteur de  $z$  au-dessus du fond ;

$Kb$  : Hauteur de la rugosité initiale qui peut être estimée par :  $Kb = 2,5D$  ;

L'équation de Engelund-Hansen est valide pour un fond sédimentaire où la taille moyenne des grains du sédiment est supérieure à 0.15 mm.

## **IV Résultats et discussion**

Nous abordons dans ce chapitre les résultats relatifs à la circulation hydrosédimentaire (courants côtiers et mouvements sédimentaires) obtenus lors de notre campagne de mesures du 16 mai 2009. A ce propos, il est important de rappeler que ces résultats n'expriment que la circulation hydrosédimentaire relative aux conditions météo-marines de la journée du 16 mai 2009 et ne peuvent aucunement être extrapolés pour les autres évènements météo-marins.

### **IV-1- Mesures des courants côtiers de la zone des eaux peu profondes de la zone d'étude**

#### **IV-1-1- Étude bathymétrique**

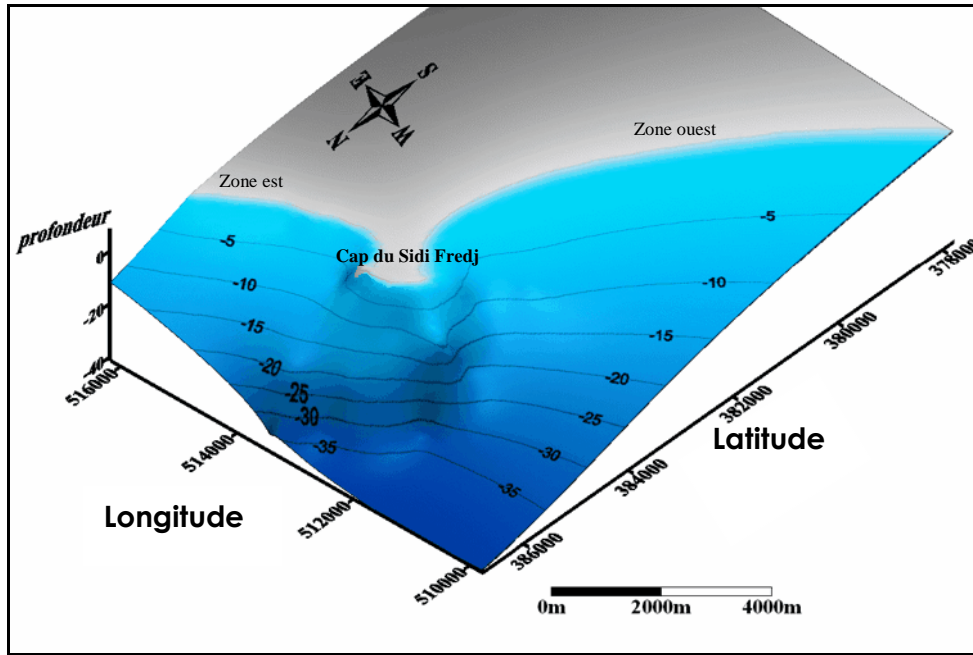
On a obtenu les résultats de la bathymétrie à partir de la combinaison de deux types de données ; les données de positionnement des points de prélèvements obtenues par le GPS et celles des profondeurs obtenues pour chaque point de mesures.

Les données de GPS sont représentées en degrés décimaux sont ensuite transformées en unité métrique à l'aide du logiciel *MapInfo* (**Figure n° 15**).

Nous avons ensuite introduit les coordonnées de la ligne de rivage de notre zone d'étude prélevées de la carte de base d'Alger de logiciel *MapInfo*.

**Figure n° 15** tableau représentatif des positions des points de relevés bathymétriques converties en mètres a l'aide de logiciel *MapInfo* :

Stations	x (Longitude) Est		y (Latitude) Nord		Z Profondeur en m
	en degré	en m	en degré	en m	
A <sub>1</sub>	36,781	513434.14	2,849	386787.69	35,2
A <sub>2</sub>	36,776	513653.59	2,851	386255.49	18,5
A <sub>3</sub>	36,772	513931.1	2,854	385756.74	12,9
A <sub>4</sub>	36,767	513918.59	2,854	385179.82	8,3
A <sub>5</sub>	36,763	514852.9	2,864	384815.23	3
B <sub>5</sub>	36,761	513978.44	2,855	384591.94	3,6
B <sub>4</sub>	36,765	513794.8	2,853	384991.02	7,8
B <sub>3</sub>	36,77	513635.03	2,851	385578.74	12
B <sub>2</sub>	36,777	513489.33	2,849	386321.8	20,5
B <sub>1</sub>	36,78	513416.4	2,848	386732.17	32,5
C <sub>1</sub>	36,777	512828.85	2,842	386298.67	33
C <sub>2</sub>	36,773	512844.63	2,842	385921.49	21,1
C <sub>3</sub>	36,769	513039.88	2,844	385433.61	12,1
C <sub>4</sub>	36,765	513477.96	2,849	384968.38	4,9
C <sub>5</sub>	36,765	512067.63	2,833	384977.37	7,8
D <sub>5</sub>	36,766	512736.86	2,841	385111.46	10,5
D <sub>4</sub>	36,77	512501.38	2,838	385621.42	21
D <sub>3</sub>	36,769	511919.64	2,832	385487.49	32,4
D <sub>2</sub>	36,763	2,83195	511913.5	384733.14	20,4
D <sub>1</sub>	36,756	2,836	512327.72	384068.08	10,2
E <sub>1</sub>	36,758	2,839	512546.19	384245.91	3
E <sub>2</sub>	36,754	2,842	512819.2	383758.11	4,4
E <sub>3</sub>	36,755	2,842	512892.29	383846.99	2,9
E <sub>4</sub>	36,756	2,841	512784.94	383980.02	2,4
E <sub>5</sub>	36,752	2,841	512752.48	383613.8	5,1
F <sub>5</sub>	36,751	2,832	511955.45	383424.11	8,018



**Figure n° 16** : Carte Bathymétrique en 3D de la zone de Sidi Fredj.

La bathymétrie de la région de Sidi Fredj se divise en trois zones (**Figure n° 7**) :

**La Zone Nord-Est**: la pente est douce et constante sur une profondeur d'environ -20 m où les plages sont plus larges. A cet endroit, la profondeur ne dépasse pas -5 m sur une distance d'environ 500 m vers le large. Et la pente est ainsi égale à environ 0,6%.

**La zone du cap** : la profondeur de la région est plus importante par rapport à la zone précédente ; elle atteint rapidement l'isobathes -15 m sur une courte distance. Ainsi, la pente à cet endroit est de l'ordre de 1.4%.

**La Zone Sud-ouest** : quant à la zone ouest, celle-ci se caractérise par une pente très douce d'environ 0,45%.

#### IV-1-2- Étude courantologique

Les données courantométriques dans le tableau ci-dessous (**Figure n° 17**) représente les résultats de vitesses ainsi que la direction des courants mesurés sur les fonds marins (à 1 m au-dessus du fond) de Sidi Fredj :

**Figure n°17** : tableau de résultats de vitesses et la direction des courants mesurés de Sidi Fredj :

Stations	X(Longitude) en m	Y(Latitude) en m	Z(Profondeur) en m	vitesse en m/s	Direction (§°)
A <sub>1</sub>	513434.14	386787.69	35,2	0,24	76
A <sub>2</sub>	513653.59	386255.49	18,5	0,4	51
A <sub>3</sub>	513931.1	385756.74	12,9	0,3	49
A <sub>4</sub>	513918.59	385179.82	8,3	0,417	41
A <sub>5</sub>	514852.9	384815.23	3	0,2	9
B <sub>5</sub>	513978.44	384591.94	3,6	0,36	50
B <sub>4</sub>	513794.8	384991.02	7,8	0,3	45
B <sub>3</sub>	513635.03	385578.74	12	0,417	69
B <sub>2</sub>	513489.33	386321.8	20,5	0,417	70
B <sub>1</sub>	513416.4	386732.17	32,5	0,33	77
C <sub>1</sub>	512828.85	386298.67	33	0,326	69
C <sub>2</sub>	512844.63	385921.49	21,1	0,59	69
C <sub>3</sub>	513039.88	385433.61	12,1	0,495	68
C <sub>4</sub>	513477.96	384968.38	4,9	0,34	33
C <sub>5</sub>	512067.63	384977.37	7,8	0,245	30
D <sub>5</sub>	512736.86	385111.46	10,5	0,474	62
D <sub>4</sub>	512501.38	385621.42	21	0,59	61
D <sub>3</sub>	511919.64	385487.49	32,4	0,415	81
D <sub>2</sub>	511913.5	384733.14	20,4	0,33	66
D <sub>1</sub>	512327.72	384068.08	10,2	0,387	29
E <sub>1</sub>	512546.19	384245.91	3	0,273	42
E <sub>2</sub>	512819.2	383758.11	4,4	0,3	28
E <sub>3</sub>	512892.29	383846.99	2,9	0,272	18
E <sub>4</sub>	512784.94	383980.02	2,4	0,158	55
E <sub>5</sub>	512752.48	383613.8	5,1	0,243	23
F <sub>5</sub>	511955.45	383424.11	8,018	0,25	42

En intégrant ces données dans le logiciel *Surfer*, nous obtenons les résultats des courants correspondants aux conditions météo-marines de la journée du 16 mai 2009. Les résultats sont représentés sur les **Figures n°18 et n° 19**.

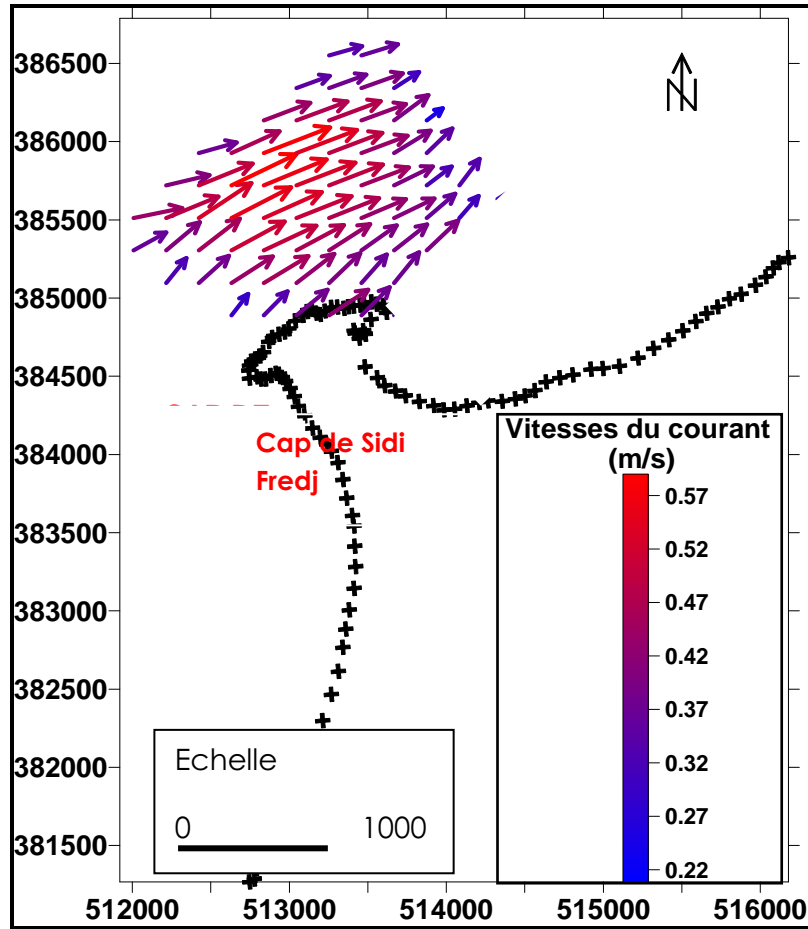


Figure n° 18 : Carte Courantologique de la zone de Sidi Fredj. (En 2D).

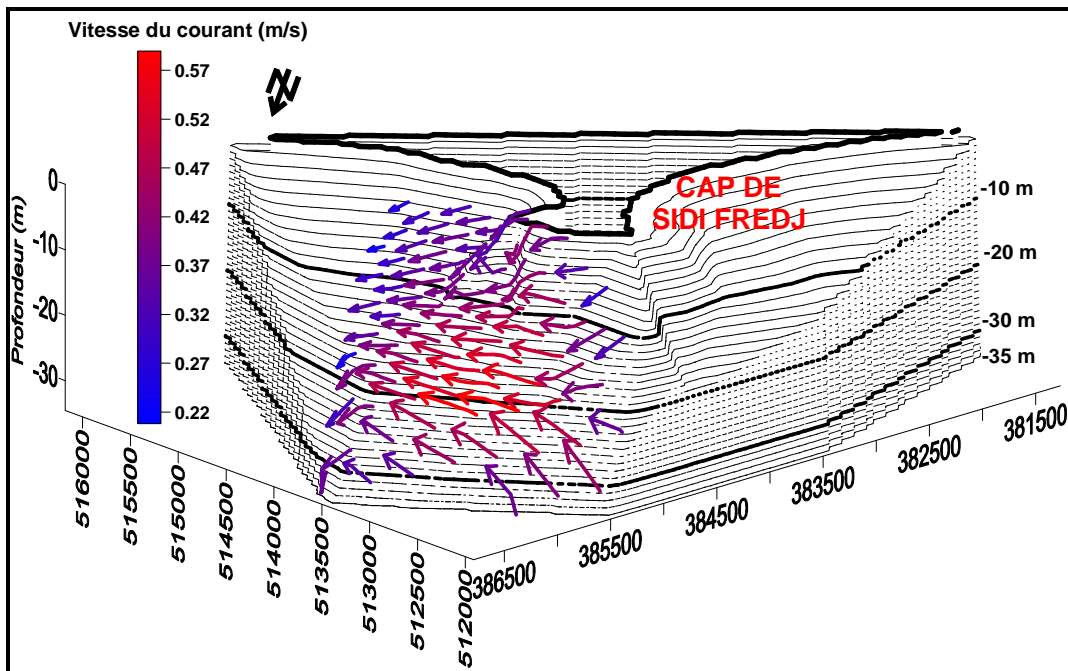


Figure n° 19 : Carte Courantologique de la zone de Sidi Fredj (en 3D).

L'examen des résultats des courants enregistrés lors de la journée du 16 mai 2009 montre que des courants de vitesses élevées (entre 0.2 et 0.6 m/s) se dirigent vers le NE (**Figure n° 18 et 19**). Ce forçage des courants peut être à l'origine d'un potentiel de déplacement (transport) de sédiments vers la plage Est de Sidi Fredj et d'autres zones littorales du NE (Chéraga, Ain Benian, etc.).

L'observation détaillée des courants mesurés au niveau de la zone d'étude montre aussi que localement les vitesses des courants sont disparates ; elles sont plus importantes au niveau du cap de Sidi Fredj (environ 0.6 m/s) et relativement plus faibles vers le Nord-Est et le Sud-Ouest de la zone d'étude (environ 0.3 m/s) (**Figure n° 18 et 19**).

La confrontation des données anémométriques, relatives à la journée du 16 mai 2009, fournies par l'ONM avec les courants côtiers mesurés dans notre zone d'étude montre que le courant mesuré est indépendant de la vitesse du vent et ce en raison de sa progression dans la direction opposée du vent. Par conséquent, le courant mesuré lors de la journée du 16 mai 2009 serait imputé à un courant général provenant du large pour longer ensuite les eaux peu profondes de notre zone d'étude mis en évidence par **Millot, 1999 (Figure n°9)**.

## IV-2- Sédimentologie de la zone des eaux peu profondes de la zone d'étude

### IV-2-1- Granulométrie

Après le traitement des sédiments en laboratoire (tamisage et calcul des indices granulométriques), nous présentons dans le tableau suivant les résultats granulométriques relatifs à notre zone d'étude.

**Figure n° 20** : tableau représentatif des indices granulométriques :

Stations	X(Longitude) en m	Y(Latitude) en m	Mz (phi)	Si (phi)	Ski (phi)
A <sub>1</sub>	513434.14	386787.69	2,563	0,936	0,232
A <sub>2</sub>	513653.59	386255.49	2,77	1,015	0,335
A <sub>3</sub>	513931.1	385756.74	2,84	1,041	0,342
A <sub>4</sub>	513918.59	385179.82	2,916	1,107	0,286
A <sub>5</sub>	514852.9	384815.23	2,32	0,834	-0,234
B <sub>5</sub>	513978.44	384591.94	2,573	0,78	0,057
B <sub>4</sub>	513794.8	384991.02	2,81	1,045	0,249
B <sub>3</sub>	513635.03	385578.74	2,9	1,068	0,247
B <sub>2</sub>	513489.33	386321.8	2,78	1,007	0,255
B <sub>1</sub>	513416.4	386732.17	2,593	0,923	0,156
D <sub>5</sub>	512736.86	385111.46	2,746	0,993	0,274
E <sub>2</sub>	512819.2	383758.11	2,3	0,911	-0,442
E <sub>3</sub>	512892.29	383846.99	2,88	1,098	0,324
E <sub>4</sub>	512784.94	383980.02	2,933	1,092	0,256

Les résultats du tableau précédent (**Figure n° 20**) sont ramenés sur le tableau ci-dessous (**Figure n° 21**).

**Figure n° 21** tableaux représentatifs de classement des sédiments selon les indices granulométriques pour chaque station :

Ech	Mz	Si	Ski	classement selon Mz	classement selon Si	classement selon Ski
D <sub>5</sub>	2,747	0,994	0,275	sable fin	tri modéré	symétrie vers les particules fines
E <sub>2</sub>	2,300	0,912	-0,443	sable fin	tri modéré	symétrie vers les grosses particules
E <sub>3</sub>	2,880	1,099	0,325	sable fin	mauvais tri	très forte symétrie vers les particules fines
E <sub>4</sub>	2,933	1,093	0,256	sable fin	mauvais tri	symétrie vers les particules fines
B <sub>1</sub>	2,593	0,923	0,157	sable fin	tri modéré	symétrie vers les particules fines
B <sub>2</sub>	2,780	1,008	0,256	sable fin	mauvais tri	symétrie vers les particules fines
B <sub>3</sub>	2,900	1,069	0,247	sable fin	mauvais tri	symétrie vers les particules fines
B <sub>4</sub>	2,810	1,046	0,250	sable fin	mauvais tri	symétrie vers les particules fines
B <sub>5</sub>	2,573	0,780	0,057	sable fin	tri modéré	quasi-symétrie
A <sub>1</sub>	2,563	0,937	0,233	sable fin	tri modéré	symétrie vers les particules fines
A <sub>2</sub>	2,770	1,016	0,335	sable fin	mauvais tri	très forte symétrie vers les particules fines
A <sub>3</sub>	2,840	1,042	0,342	sable fin	mauvais tri	très forte symétrie vers les particules fines
A <sub>4</sub>	2,917	1,108	0,286	sable fin	mauvais tri	symétrie vers les particules fines
A <sub>5</sub>	2,320	0,834	-0,235	sable fin	tri modéré	symétrie vers les grosses particules

L'observation des résultats granulométriques (**Figures n° 18, 19, 20 et 21**) montre que la texture des sédiments de la zone d'étude est fine avec une tendance exceptionnelle vers les particules grossières au niveau de la plage Est. Par ailleurs, nous constatons qu'au niveau de la zone d'étude que le tri (Si) est mauvais au niveau du cap de Sidi Fredj avec une légère amélioration (meilleur tri) au niveau des plages limitrophes.

Cette répartition spatiale des indices granulométrique dans notre zone d'étude peut nous aider à avoir une idée sommaire sur les mouvements sédimentaires qui régulent notre zone d'étude. A ce propos, des études ont montré que la taille des grains diminue dans le sens du transport des sédiments (**Pettijhon et al, 1932 ; Mc Cave, 1978 ; Nordstrom, 1989**). Néanmoins, il est possible d'observer un accroissement de la taille des grains dans l'aval du transport (**McLaren et al, 1985 ; Gao et Collins, 1992**).

Par conséquent, la taille des grains pourrait nous tromper dans l'interprétation des résultats, puisque celle-ci, dans des conditions environnementales semblables, est tantôt grossière, tantôt fine. C'est pour cette raison que d'autres études ont pris en considération le tri des sédiments qui semble donner plus de renseignements sur l'énergie et les transports sédimentaires sur les fonds marins (McLaren *et al*, 1985 ; Gao et Collins, 1992).

C'est pour cette raison que nous allons, dans le cadre de cette étude, nous intéresser d'une manière particulière au tri des sédiments de notre zone d'étude. A ce propos, nous observons un mauvais tri au niveau de la presqu'île (Cap) de Sidi Fredj. Ce tri médiocre serait imputable à la virulence du courant, mis en évidence dans cette étude, qui ne permet pas au sédiment de bien se trier (perturbation de la texture granulaire à cause des courants).

### Présentation de diamètre moyen $M_z$

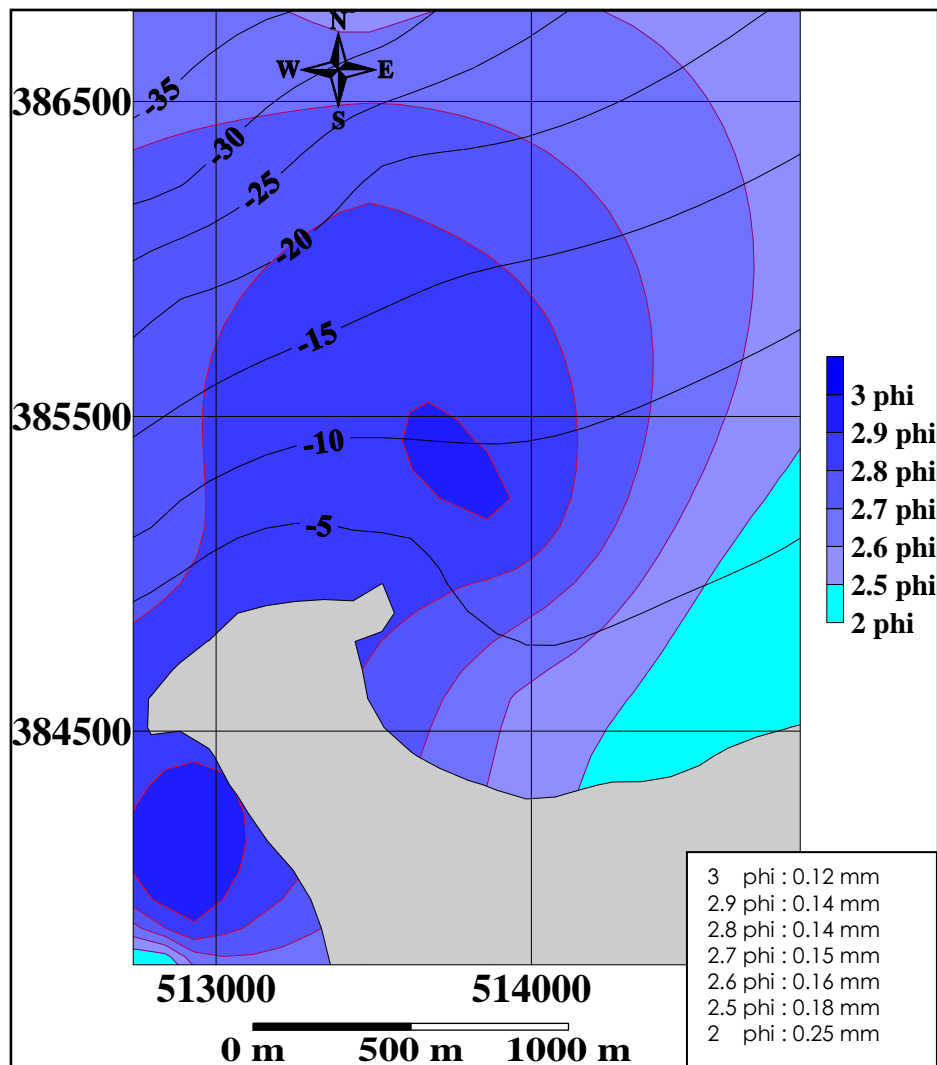


Figure n° 22 : Distribution de sédiment selon  $M_z$  (Taille moyenne).

Présentation de L'indice de tri  $S_i$

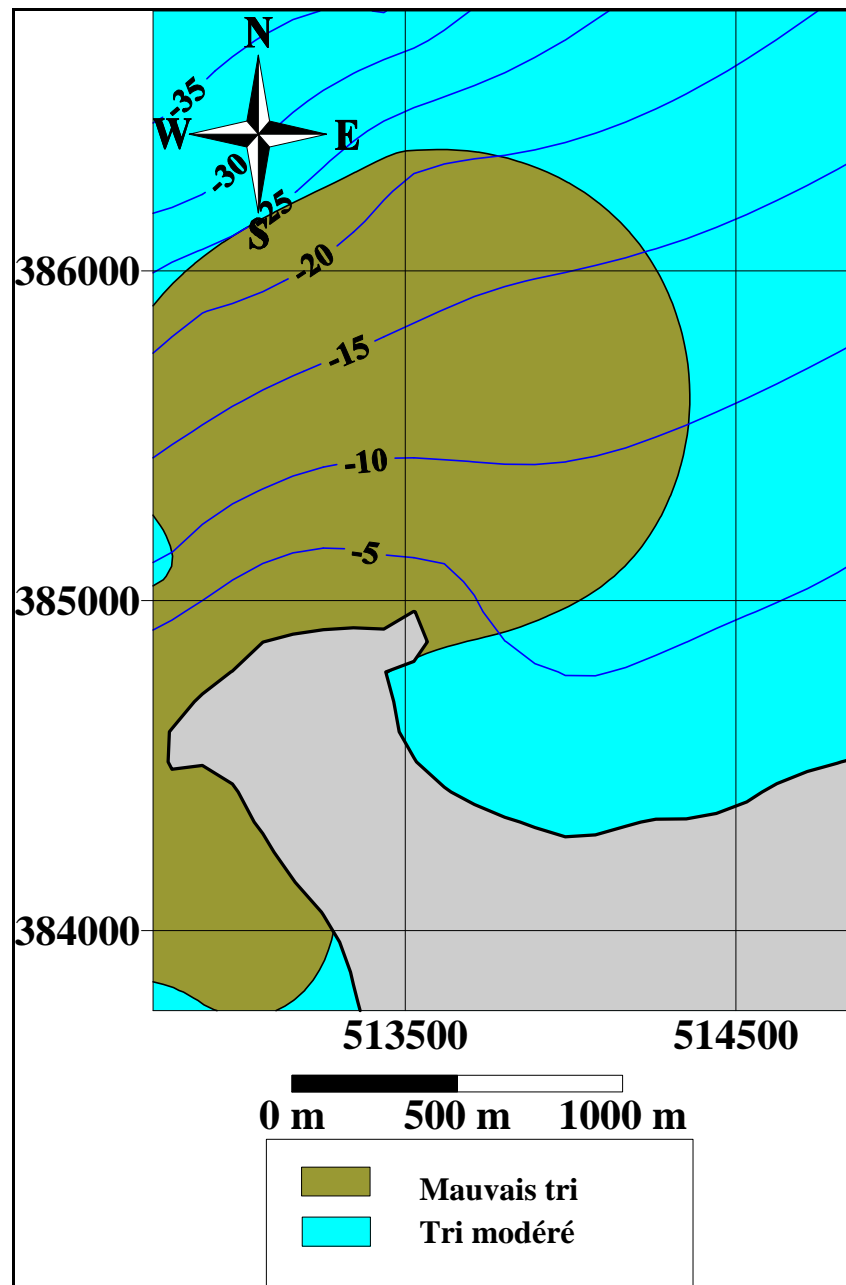


Figure n° 23 : Distribution de sédiment selon  $S_i$  (Tri).

Présentation de L'indice d'asymétrie (Skewness)  $S_k$

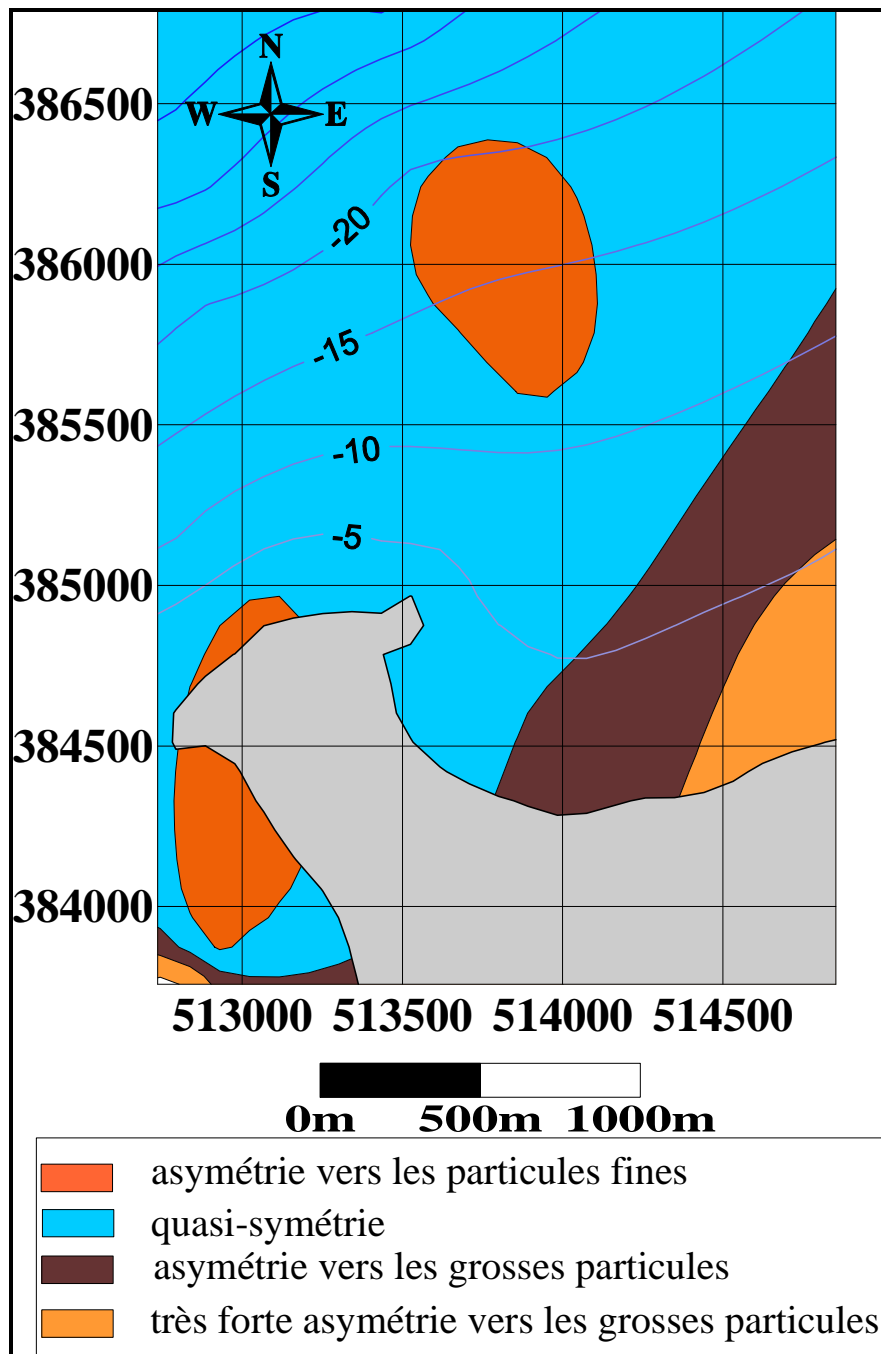


Figure n° 24 : Distribution de sédiment selon  $S_k$  (Asymétrie).

#### IV-2-2- Calcul du transport sédimentaire total

L'injection des valeurs mesurées de courants dans l'équation pour la quantification des transports sédimentaires totaux d'Engelund-Hansen (1967)

$$q = 0.05 (u_{100})^2 \rho^2 (u_*)^3 / D (\Delta \rho g)^2$$

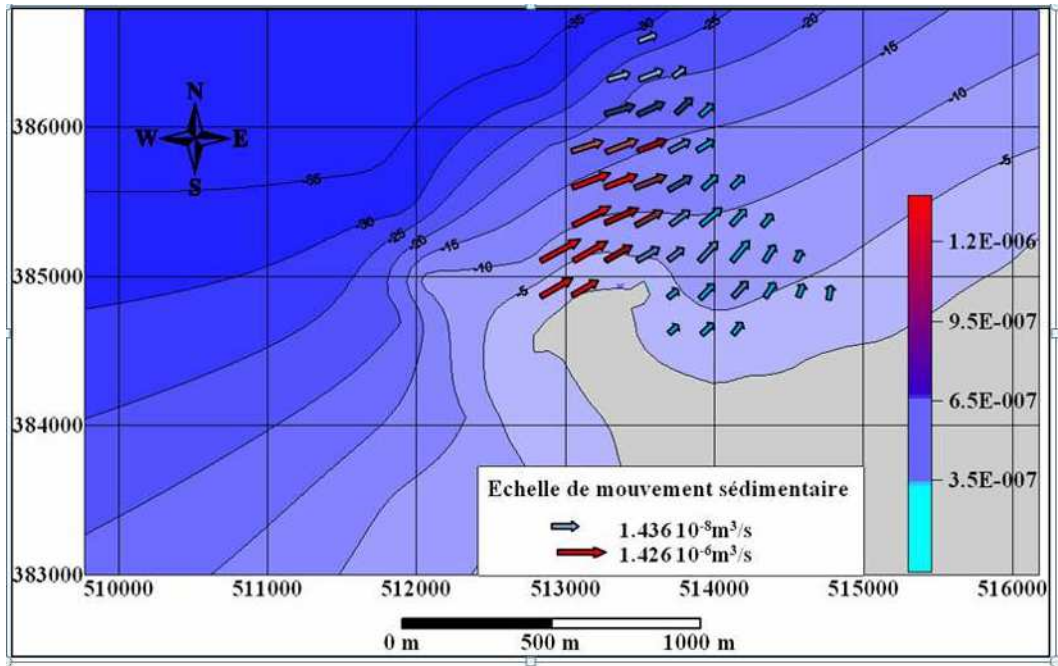
Montre que pour les courants les plus forts enregistrés entre l'isobathe – 15 et – 20 m transportent des quantités considérables de sédiments (tableau n° 8, carte n°13). L'extrapolation de ces résultats sur une durée d'une journée et un couloir d'action d'environ 250 m montre qu'environ 30 m<sup>3</sup>/jour/250 m transiteraient dans le sens du courant (vers le NE) pouvant potentiellement alimenter les plages situées au NE de la zone d'étude.

Ces courants qui interagissent avec les fonds des eaux peu profondes peuvent jouer un grand rôle dans les échanges sédimentaires côtiers qui s'effectuent entre la plage et les petits-fonds et qui sont très importants dans la dynamique côtière et la stabilisation du trait de côte (Swift *et al*, 1986 ; Wright *et al*, 1991).

**Figure n°25** Tableau représentatif du Calcul de la quantité de sédiment déplacé (m<sup>3</sup>/s/m) ;

stations	Longitude(m)	Latitude(m)	V(U <sub>100</sub> ) m/s	Mz (mm)	U <sub>*</sub> m/s	q (x10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /s/m)
A1	513434,14	386787,69	0,24	0,169	0,0146	0,22
A2	513653,59	386255,49	0,4	0,146	0,0141	0,63
A3	513931,1	385756,74	0,3	0,139	0,01	0,13
A4	513918,59	385179,82	0,417	0,132	0,005	0,034
A5	514852,9	384815,23	0,2	0,200	0,007	0,014
B5	513978,44	384591,94	0,36	0,211	0,013	0,28
B4	513794,8	384991,02	0,3	0,142	0,01	0,13
B3	513635,03	385578,74	0,417	0,133	0,014	0,73
B2	513489,33	386321,8	0,417	0,145	0,014	0,67
B1	513416,4	386732,17	0,33	0,165	0,011	0,18
D5	512736,86	385111,46	0,474	0,148	0,0167	0,14
E2	512819,2	383758,11	0,3	0,203	0,011	0,12
E3	512892,29	383846,99	0,272	0,135	0,01	0,11
E4	512784,94	383980,02	0,158	0,130	0,005	0,005

Ces résultats sont représentés sur la carte bathymétrique de la zone ;



**Figure n° 26** : carte représente les Directions de mouvement sédimentaire dans la zone de Sidi Fredj.

## **Conclusion :**

Au terme de cette étude, nous avons essayé de comprendre l'hydrodynamique et les mouvements sédimentaires qui régulent et façonnent la zone côtière du littoral de Sidi Fredj.

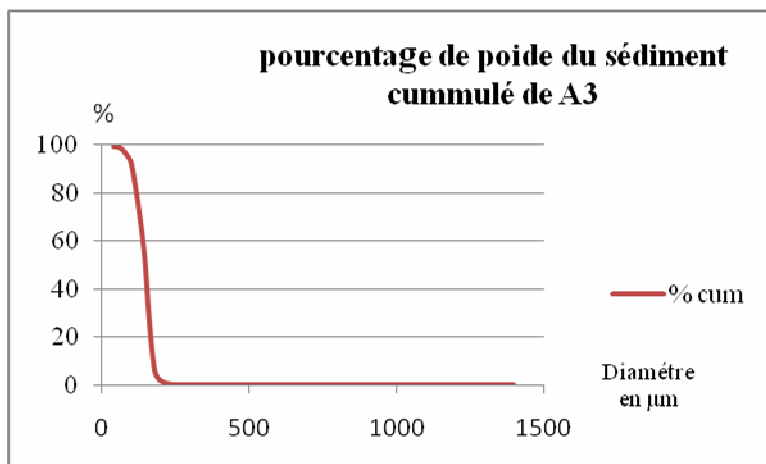
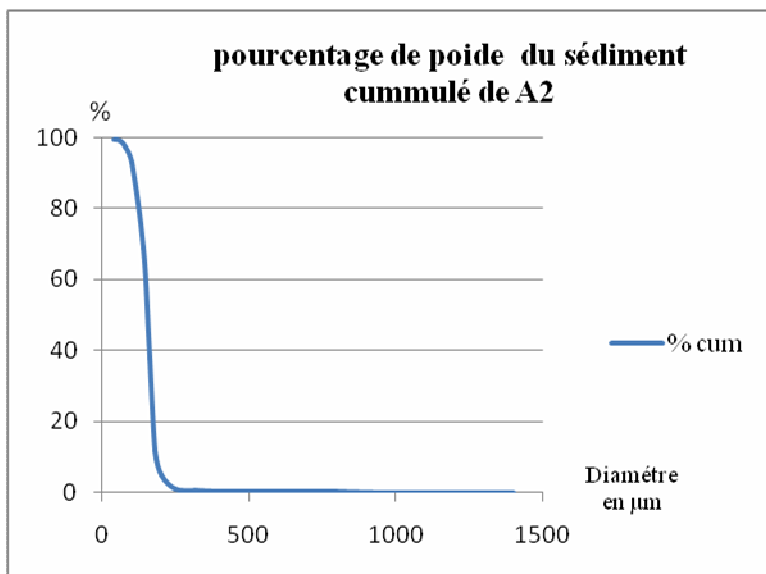
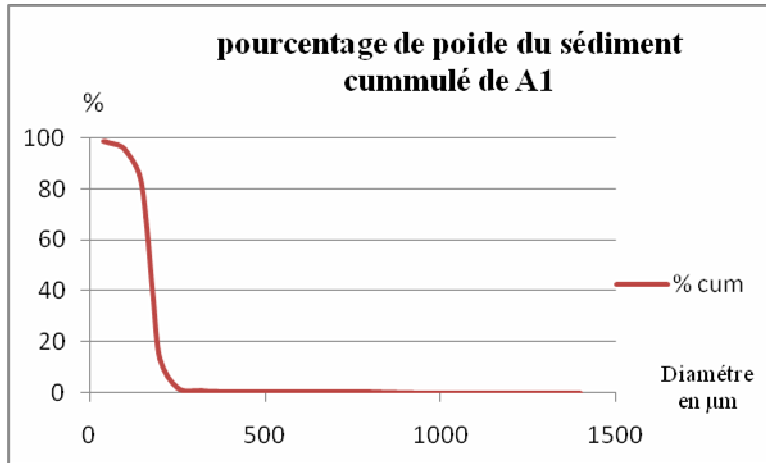
Cependant, nous ne pouvons point tirer des conclusions sur l'aménagement et la protection du littoral en question et ce, en raison de l'absence de la donnée mesurée qui est incontournable aussi bien pour la compréhension de la dynamique côtière et sous-marine que pour le prédimensionnement ou le dimensionnement des techniques de protections pour la conservation du littoral en question.

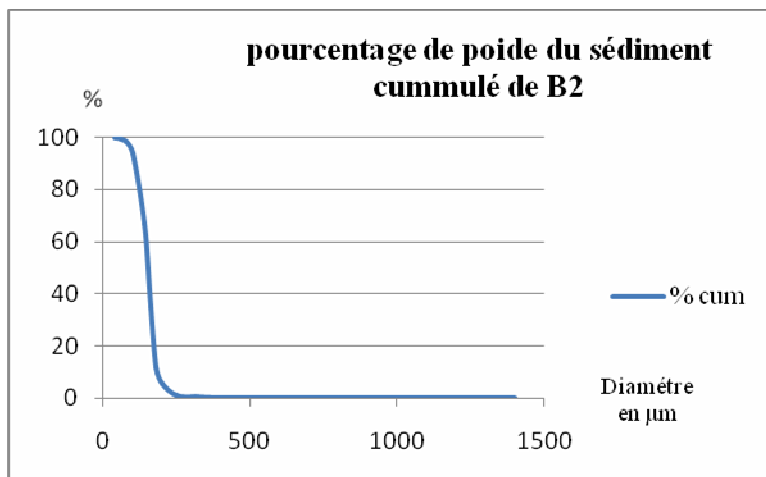
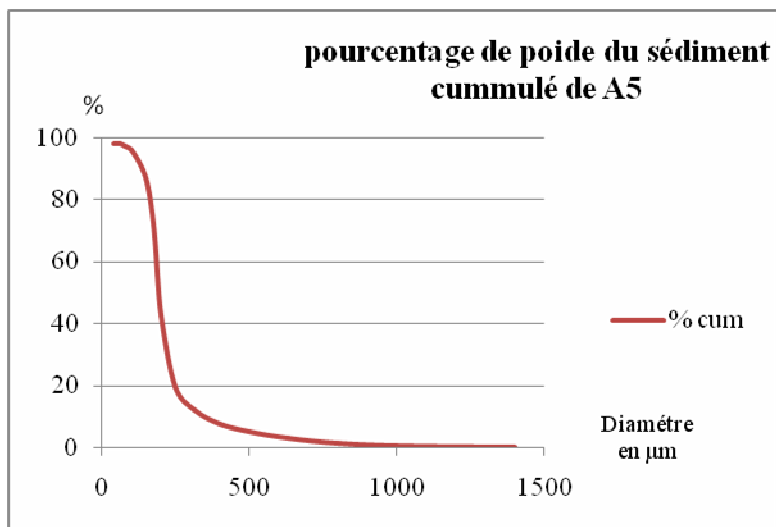
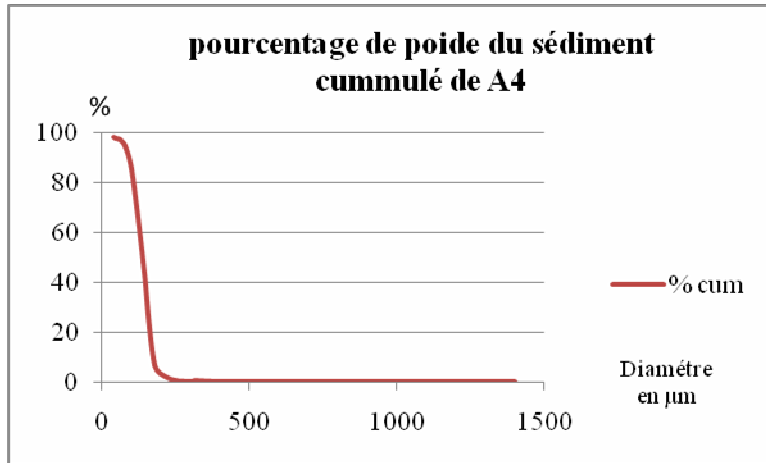
Bien que notre étude ait donné des résultats nécessaires pour la compréhension de l'érosion côtière qui affecte la zone de Sidi Fredj, nous pensons que seule la multiplication de campagnes de mesures peut nous mener à mieux comprendre ce phénomène qui nous conduira, par voie de conséquences, à une meilleure méthode pour protéger notre zone. C'est pour cette raison que nous nous limitons, dans le cadre de cette étude, à interpréter nos résultats très prudemment et de ne les imputer qu'aux conditions météo-marines de la journée du 16 mai 2009.

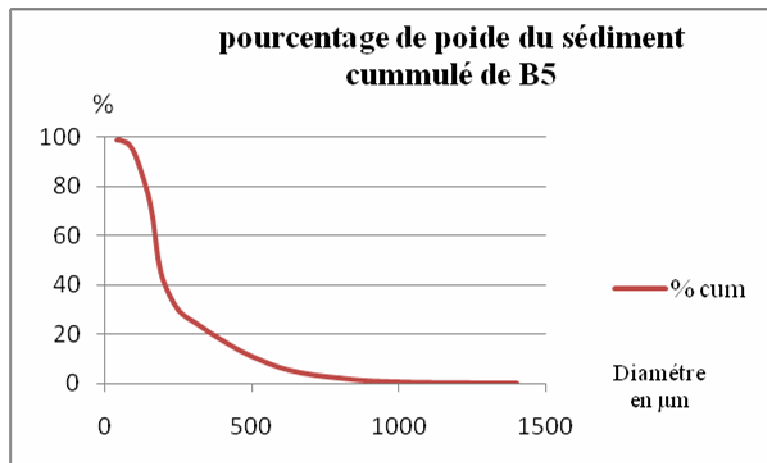
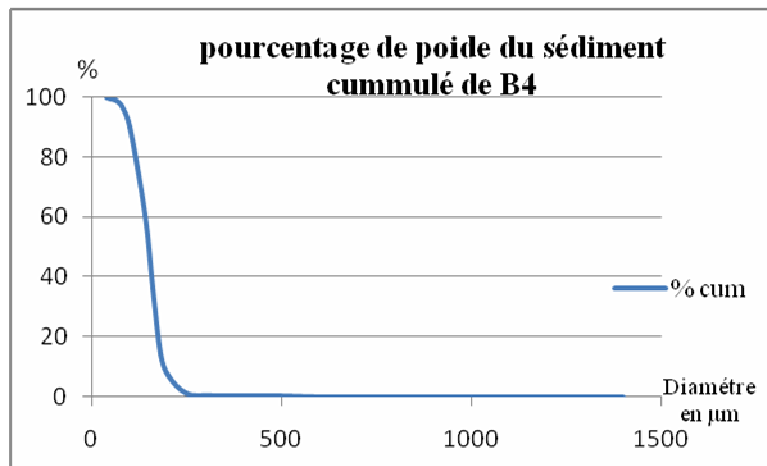
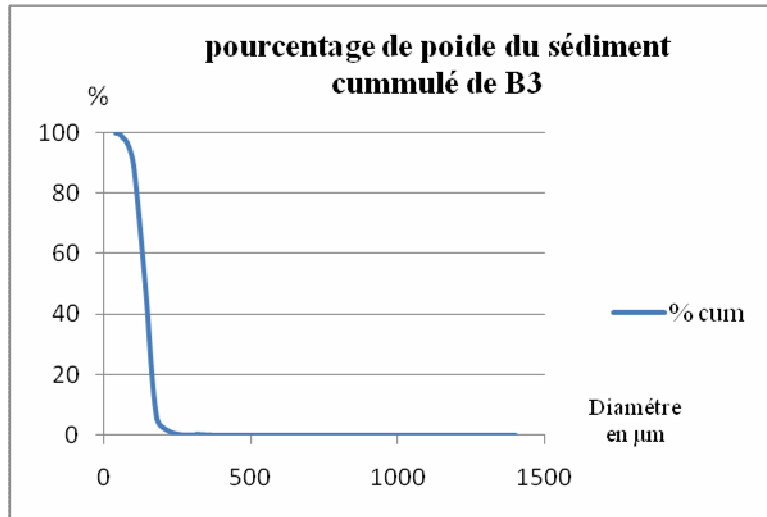
Toutefois, la mesure des courants à l'aide du courantomètre de l'ENSSMAL nous a aidé à mettre en évidence des courants considérables et qui seraient indépendants du vent et qui seraient capables d'être à l'origine d'une érosion de la partie SO de la zone d'étude au profit de celle du NE (vers Staouéli, Chéraga, Ain El Benian, etc.). Cependant, nous ne pouvons corroborer ces hypothèses en absence des données relatives à tous les événements météomarins (faible et de forte énergie).

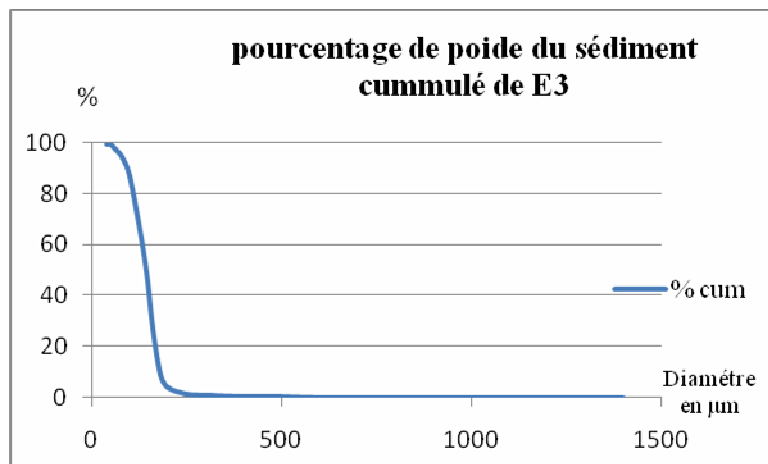
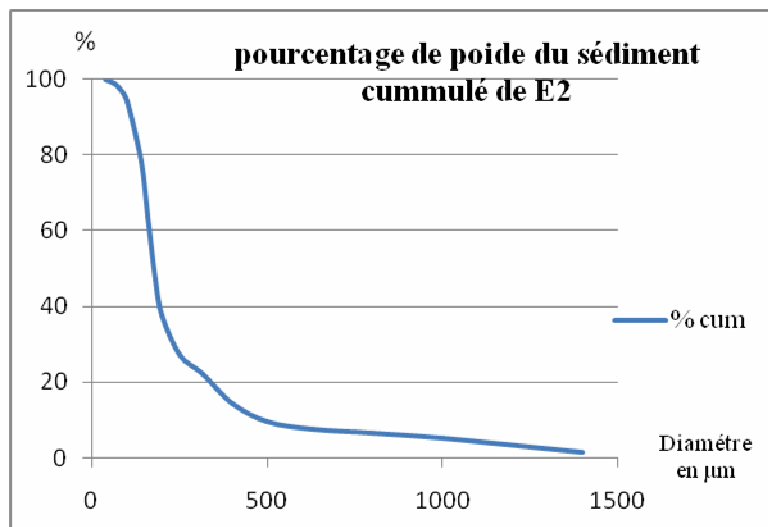
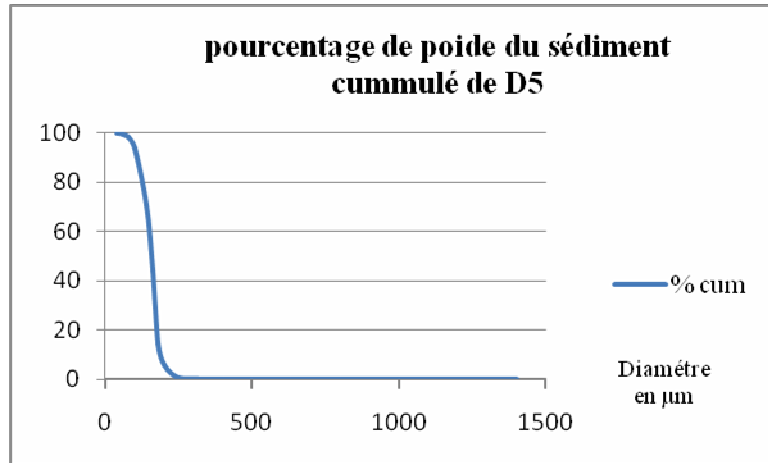
A cet effet, nous recommandons une densification de campagnes de mesures de l'hydrodynamisme de la zone littorale en question pour une durée très étendue afin de voir la réponse de la côte et des fonds marins lors des tempêtes et même en leur absence. Ceci peut se faire à l'aide d'une instrumentation diverses où des équipes pluridisciplinaires peuvent travailler en se complétant les uns les autres (hydrodynamique, sédimentologie, écologie, géotechnique, géophysique, etc.)

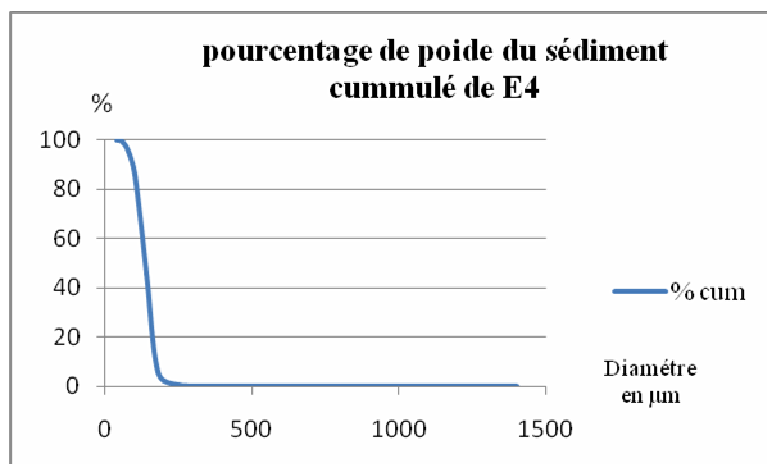
# ANNEX











### Les données du vent de l'ONM

Moyenne mensuelle des vitesses du vent moyen (en M/S)  
 Station : ALGER DAR-EL-BEIDA Période : 1998 – 2004  
 Altitude : 25 m Latitude : 36°41 N Longitude : 03°13 E

Année	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
<b>1998</b>	2.2	1.2	1.4	2.6	2.2	2.1	2.1	2.1	2.5	1.7	1.8	1.3	1.9
<b>1999</b>	2.1	2.2	2.1	1.7	2.8	3.1	2.8	2.2	2.8	2.6	2.4	3.4	2.5
<b>2000</b>	1.2	1.9	2.1	4.2	2.5	3.0	3.2	3.2	2.8	2.9	3.3	3.2	2.8
<b>2001</b>	3.3	2.4	3.1	3.0	3.3	3.6	3.2	2.7	3.0	1.9	2.5	1.4	2.8
<b>2002</b>	1.5	2.0	2.8	2.7	3.1	3.1	3.1	2.4	2.9	2.4	3.0	2.8	2.7
<b>2003</b>	4.0	3.2	2.0	2.7	2.5	2.9	2.6	2.5	2.4	2.0	2.6	3.3	2.7
<b>2004</b>	2.4	2.0	2.3	3.2	3.1	2.4	2.4	2.4	2.0	1.6	1.6	3.2	2.4
<b>Moyen</b>	2.5	2.1	2.2	2.7	2.7	2.8	2.7	2.4	2.5	2.0	2.5	2.5	2.5

Moyenne mensuelle des vitesses du vent maximal (en M/S)  
 Station : ALGER DAR-EL-BEIDA Période : 1998 – 2004  
 Altitude : 25 m Latitude : 36°41 N Longitude : 03°13 E

Année	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuel
1998	9.6	8.1	8.2	10.6	10.2	9.6	9.7	10.2	11.8	9.4	9.7	8.1	9.6
1999	9.2	9.9	10.8	9.5	10.8	11.2	10.4	9.9	10.3	10.2	10.5	12.6	10.4
2000	8.3	9.9	10.5	15.8	11.4	12.2	12.5	13.0	13.5	12.4	14.3	13.4	12.2
2001	13.1	11.3	11.8	11.9	11.8	12.8	12.2	10.6	11.7	10.0	10.5	7.3	11.2
2002	8.5	9.1	11.6	11.4	12.3	11.9	11.1	10.3	11.1	10.5	12.3	10.6	10.9
2003	12.9	10.8	8.3	9.5	9.2	10.6	10.2	9.2	8.4	7.6	9.6	10.4	9.7
2004	9.2	9.0	9.2	10.8	9.9	8.9	8.8	10.1	8.6	8.0	7.8	9.7	9.2
<b>Moyen</b>	10.1	9.5	9.8	10.8	10.4	10.6	10.5	10.2	10.4	9.4	10.5	10.0	10.2

### Les photos de la sortie



L'équipe de la sortie avec le promoteur



Préparation de courantomètre pour les mesures



Préparation de la benne VAN VEEN pour les prélèvements



Traitement de sédiment in situ



Courantomètre VALEPORT modèle MK III 108

Notation des prélèvements



Embarcation BABA ARROUJ



Pointe du Saint Janvier