

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



Mémoire de Fin d'Études en vue de l'obtention
du Diplôme d'Ingénieur d'Etat
en Sciences de la Mer

Option : Aménagement

Sujet

Approche méthodologique de la dynamique
hydrosédimentaire entre les isobathes -20 à -35m pour
l'exploitation des granulats marins

Par :

YAHY Abbas

Soutenu le 22. 07. 2009 devant la commission d'examen formée de :

Mr. KACHER.MPrésident
Mr. HEMDANE.YPromoteur
Mr.GUERFLMExamineur
Mr. GRIMES.SExamineur

Remerciements

Au terme de ce travail, je remercie notre Bon Dieu le tout puissant pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.

Je tient à remercier Mr le président KACHER.M d'avoir accepter de présider le jury de cette soutenance

Mr. GRIMES.S, de m'avoir honoré de sa présence, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Mr Mr.GUERFI.M je le remercie pour faire partie de mon jury et d'examiner notre travail.

J'adresse mes sincères remerciements à mon promoteur HEMDANE,Y pour avoir dirigé ce travail et lui avoir accordé un intérêt tout au long de son élaboration.

Je tiens à exprimer ma vive gratitude à tous mes enseignants, depuis la première année fondamentale, jusqu'à la cinquième année universitaire.

Enfin mes vifs remerciements, à toutes les personnes qui m'ont aidé du près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

Liste abrégée des symboles

D : diamètre moyen des grains (m)

g : accélération de la pesanteur ($m \cdot s^{-2}$)

kb : hauteur de la rugosité du fond (m)

κ : constante de von Karman

Sk : Skewness

u_z : vitesse moyenne à une hauteur z au-dessus du fond ($m \cdot s^{-1}$)

u^*c : vitesse de cisaillement lié au courant ($m \cdot s^{-1}$)

u^*cr : vitesse critique de cisaillement pour le début d'un transport sédimentaire sur le fond ($m \cdot s^{-1}$)

Y : paramètre de mobilité de Yalin

z : hauteur au-dessus du fond (m)

z_r : hauteur de mesure de courant (m)

z_0 : rugosité du fond (m)

ϕ : échelle Phi de Krumbein $= -\log_2(mm)$

ν : viscosité cinématique du fluide ($m^2 \cdot s^{-1}$)

ρ : densité du fluide ($kg \cdot m^{-3}$)

ρ_s : densité du sédiment ($kg \cdot m^{-3}$)

C.R.O.P : Centre de Recherche Océanographiques et de Pêche.

L.E.M : Laboratoire des Etudes Maritimes.

O.N.M : Office National de Météorologie.

S.D.A.T : Schéma directeur d'Aménagement touristique

O.N.A.T : Office national d'aménagement du territoire

Liste des tableaux

Tab. n°1 : Types de gneiss et description.	10
Tab. n°2 : les températures mensuelles moyennes de la baie de Bou-Ismaïl durant la période 1976 – 2005 (Source : ONM, 2007).	17
Tab. n° 3 : Classification de la taille des sédiments ASTM	29
Tab. n°4 : Classification du tri des grains du sédiment (Collias et al 1963)	30
Tab. n°5 : Classification de l'asymétrie des grains du sédiment (Collias et al 1963)	31
Tab. n°6 : Les paramètres granulométriques et leurs classification	40
Tab.n° 7 : Les coordonnées géographiques et les vitesses du courant avec leurs directions	45
Tab.n° 8 : les vitesses de cisaillement liées au courant et les vitesses de cisaillement critique	45

Liste des figures

Fig. n°1 : drague à benne (Alzieu et al 1999).	3
Fig.n°2 : aspiratrice stationnaire avec conduite de refoulement (Alzieu et al 1999).	5
Fig. n°3 : aspiratrice en marche (Alzieu et al 1999).	6
Fig. n°4 : Situation géographique du site d'étude (tirée de la carte topographique de CHERAGA 1/25000°, 1960).	11
Fig. n°5 : carte géologique de la région de Sidi Fredj ; tirée de la carte géologique Alger-Chéraga, 1/50000°.	13
Fig. n°6 : Sédimentologie de la baie de Bou-Ismaïl (Bakalem 2004).	15
Fig. n°7 : Réseau hydrographique de la baie de Bou-Ismaïl.	16
Fig. n°8 : Les diagrammes ombrothermique de Gaussen (1994-2004) (Source : ONM 2004).	18
Figure n°9 : Circulation de l'eau atlantique modifiée dans la méditerranée(Millot, 1987).	20
Fig. n° 10 : GPS de type «FURUNO »(ENSSMAL).	22
Fig.n° 11 : Benne Van Veen actionnée à la main (ENSSMAL).	23
Fig. n° 12 : Sac en plastique étiqueté.	23
Fig.n° 13 : Localisation des stations de prélèvement par benne.	24
Fig. n° 14 : Echosondeur de type « FURUNO » (ENSSMAL).	25

Fig. n° 15 : Le courantomètre 108 MKIII de l'ENSSMAL.	26
Fig. n° 16 : Zone de mesure de courants.	27
Fig. n° 17 : conversion des données de degrés décimaux en mètre.	32
Fig.n° 18 : le tableau de données converties en mètre.	32
Fig.n° 19 : boite de dialogue de logiciel Surfer.	33
Fig.n° 20 : Affichage des cartes par surfer.	34
Fig.n° 21 : Téléchargement des données à partir de CDU.	35
Fig. n °22 : variation de la bathymétrie dans la zone de Sidi Fredj.	37
Fig.n° 23 : Occupation anarchique du haut de la plage.	38
Fig. n °24 : profils bathymétrique de la zone.	39
Fig. n °25 : La distribution spatiale du diamètre moyen Mz.	41
Fig. n °26 : La distribution spatiale de l'indice de tri Si.	42
Fig. n °27 : La distribution spatiale de l'indice d'asymétrie (Skewness) Sk.	43
Fig. n °28 : Courants mesurés sur les profondeurs comprises entre -20 et -35 m : trait fin c'est l'isobathe -20m et le trait gras c'est l'isobathe -35 m.	44

SOMMAIRE

Introduction générale	1
Chapitre I : Techniques d'exploitation et les répercussions sur l'environnement	
I.1. Quelques techniques sur l'exploitation des granulats marins	3
I.1.1. Les dragues	3
I. 1.1.1. Les dragues à bennes preneuses	3
I. 1.1.2. Les dragues aspiratrices	4
I.1.2. Le transport et le déchargement des matériaux	6
I. 1.3. Contraintes du dragage	6
I.1.3.1. Les profondeurs	7
I.1.3.2. Les distances entre le gisement et les points de déchargement	7
I.1.3.3. Les conditions météorologiques	7
I.2. Les répercussions sur l'environnement	8
 Chapitre II : ZONE D'ETUDE	
II.1. Situation géographique de la zone d'étude	
II.2. Géologie	10
II.2.1. Les terrains métamorphiques	10
II.2.2. Les terrains quaternaires...	10
II.3. Morphologie sous marine de la baie de Bou-Ismaïl	10
II.4. Sédimentologie	14
II.5. Réseau hydrographique	16
II.6. Climatologie de la baie de Bou-Ismaïl.	16
II. 6.1. La température	17
II.6.2. La pluviométrie...	17
II.6.3. Les vents	17
II.7. Courantologie et plans de houle	19
II.7.1. Les courants généraux	19
II.7.2. Les courants côtiers	19
II.7.3. Plans de houle	19
II.7.4. Les courants de la dérive littorale...	19
II.8. Géomorphologie de la baie de Bou-Ismaïl.	21

III Matériel et méthodes

III.1. Travaux en mer	22
III.1.1. Mission sédimentologique	22
III.1.2. La Bathymétrie	25
III.1.3. Mesure des courants	27
III.2. Travaux au laboratoire	27
III.2.1. Granulométrie	29
III.2.2. Principe	29
III.2.3. Protocole pour l'étude de la texture des sédiments	29
III.3. Les indices	29
III.3.1. Le diamètre moyen M_z	29
III.3.2. L'indice de tri (classé) S_i	29
III.3.3. L'indice d'asymétrie (Skewness) S_k	30
III.4. Conversion des données et l'affichage des cartes	31
III.5. Courantologie	34
III.6. Etude de la dynamique hydrosédimentaire effective sur les profondeurs comprises entre -20 et -35 m	35

CHAPITRE IV : Résultats et discussions

IV.1. Bathymétrie de la zone	37
IV.1.1. Zone Est	38
IV.1.2. Zone de cap	38
IV.1.3. Zone Ouest	38
IV.2. Analyse granulométrique	40
IV.2.1. Le diamètre moyen M_z	41
IV.2.2. L'indice de tri S_i	42
IV.2.3. L'indice d'asymétrie (Skewness) S_k	43
IV.3. Courantologie	44

Conclusion générale	46
Références bibliographiques	47

A decorative graphic of a scroll with a light gray background and a black outline. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curving inward. The text is centered on the scroll.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION :

La croissance démographique et le développement économique en Algérie ont entraîné un essor fulgurant du secteur du Bâtiment et des Travaux Publics (d'autoroutes, de ports etc.), notamment dans les villes côtières où le besoin en sable, matériau indispensable à ce secteur, a connu une augmentation soutenue.

En Algérie, le marché du sable est jusqu'à présent essentiellement alimenté par les oueds les plages et les dunes du littorales.

A cet effet, les différents intervenants agissant dans ce secteur ont mené des actions pilotes visant à diversifier les ressources en sable de construction. Ils ont ainsi permis de mettre sur le marché d'autres types de sable tel que le sable de dragage (granulats marins).

A ce titre, d'autres pays utilisent les matériaux marins pour leurs besoins et la Grande-Bretagne est l'un des plus importants producteurs (Augris et Gressab, 1984).

Cependant, en plus de la contrainte liée à la texture (granulométrie) du sable requise pour l'exploitation du sable des fonds marins, il existe une autre contrainte environnementale qui concerne la zone d'extraction qui doit être non seulement la distante par rapport à la côte mais aussi ne présentant pas de solidarité (échanges sédimentaires) avec la côte.

A ce propos, en ce qui concerne le littoral Algérien, la législation (loi littorale 02-02) tolère l'exploitation des granulats marins et ce, à partir de l'isobathe de -25 m. Néanmoins, cette limite est contestable car celle-ci, dépendante fortement de la pente de l'avant-côte, peut aussi bien être très distante que très proche par rapport à la côte. Elle est fonction des caractéristiques physiques régulant les fonds marins (hydrodynamisme, morphologie, sédimentologie, etc) car l'avant-côte est le lieu 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) et les effets de friction sur le fond qui sont plus importants qu'au large (Niedoroda *et al*, 1985; Swift *et al*, 1986 ; Hemdane, 2006) et qui jouent un grand rôle dans les processus des transports sédimentaires et l'équilibre côtier.

Notre travail consiste à proposer une méthodologie pour la vérification de la dynamique du mouvement sédimentaire dans les profondeurs de -20 et -35 m comprenant quelques informations dynamiques (bathymétrie, granulométrie et courantologie) propre à la zone d'étude où les ponctions sédimentaires sont permises par la loi littorale 02-02.

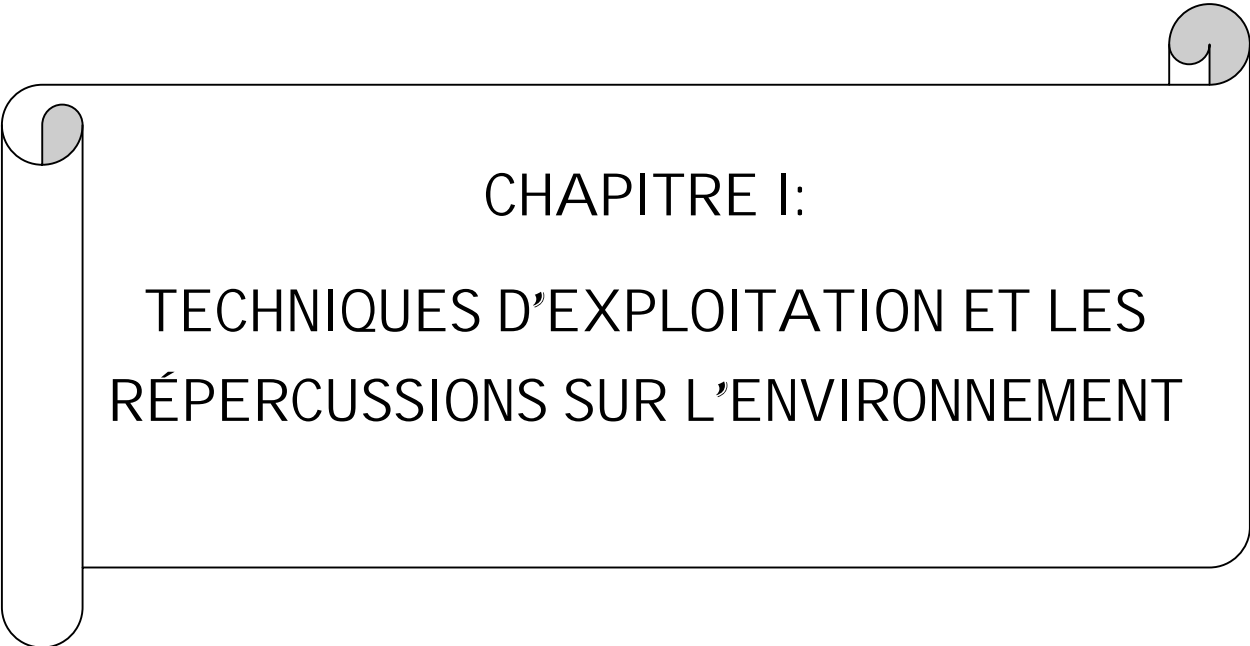
Le site atelier choisi pour la récolte des données est la zone de la presqu'île de Sidi Fredj (Alger Ouest); d'autres zones ont été choisies mais les moyens à la mer n'ont permis

d'effectuer qu'une seule mission de mesures de bathymétrie de granulométrie et de courantologie, lors de la journée du 16 mai 2009.

Enfin, il convient de rappeler que notre travail ne concerne que les contraintes abiotiques (courants, morphologie, sédimentologie, etc).

Notre travail est structuré comme suit :

- une représentation générale de quelques techniques sur l'exploitation des granulats marins techniques d'exploitation de sable ;
- une représentation générale du site atelier ;
- la méthodologie adoptée ;
- résultats et discussions.
- une conclusion générale et des recommandations.



CHAPITRE I:
TECHNIQUES D'EXPLOITATION ET LES
RÉPERCUSSIONS SUR L'ENVIRONNEMENT

1. Quelques techniques sur l'exploitation des granulats marins:

1.1. Les dragues :

Il existe de très nombreux types de dragues capables d'exploiter les gisements de matériaux marins ; elle se classe selon la technique de prélèvement (Augris et Gressard, 1984).

1.1.1. Les dragues à bennes preneuses :

Ces dragues exploitent au point fixe, mouillées sur leurs ancres, à l'aide d'une benne mise en œuvre au moyen d'un mât de charge ou d'une grue (Fig n°1). Le rendement effectif dépend du remplissage de la benne et de la nature du terrain. Une drague à benne ne permet pas un dragage régulier mais une succession d'excavation dont l'espacement est variable selon la profondeur. Cette technique est actuellement en désuétude et seuls les bateaux de faible tonnage l'utilisent ; c'est un système demandant un temps très long de chargement et qui reste tributaire des conditions météorologiques (Augris et Gressard, 1984).

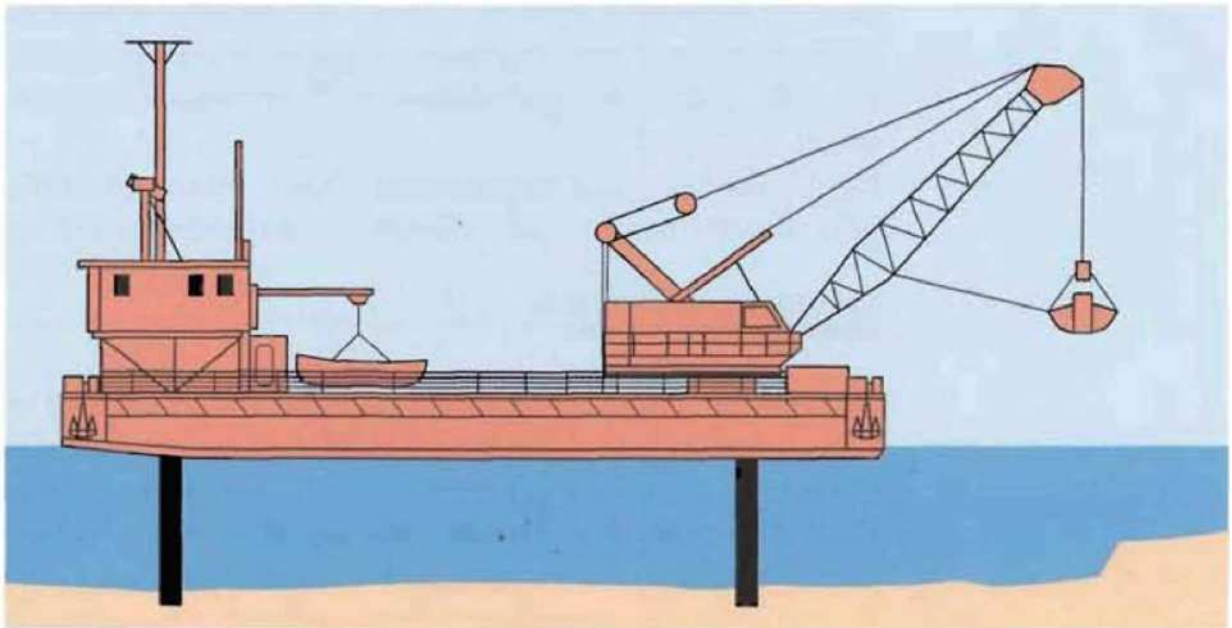


Figure n°1 : drague à benne (Alzieu et al., 1999).

1.1.2. Les dragues aspiratrices :

Les dragues aspiratrices sont des navires automoteurs et autoporteurs où les matériaux sont remontés en continu dans une élinde sous forme d'un mélange biphasé (eau-sédiment) ; le mouvement est entretenu à l'aide d'une pompe à déblais (Augris et Gressard, 1984).

Il existe deux types de dragues aspiratrices :

« Les dragues aspiratrices au point fixe (stationnaires) :

Travaillent mouillées sur une ancre et creusent une série d'entonnoirs contigus qui seront ensuite nivelés par le jeu des courants. Le dragage se fait par une élinde latérale (conduite d'aspiration) dirigée vers l'avant et suspendue à des bossoirs qui permettent au bec de reposer sur le fond.

Certains becs d'élinde sont aménagés pour faciliter la mise en suspension des matériaux solides à l'aide d'un fort jet d'eau. Ces dragues sont principalement utilisées dans des zones étroites ou pour le dragage de bancs isolés de faible surface. L'utilisation de ces navires exige des conditions météorologiques favorables. (Fig n°2).

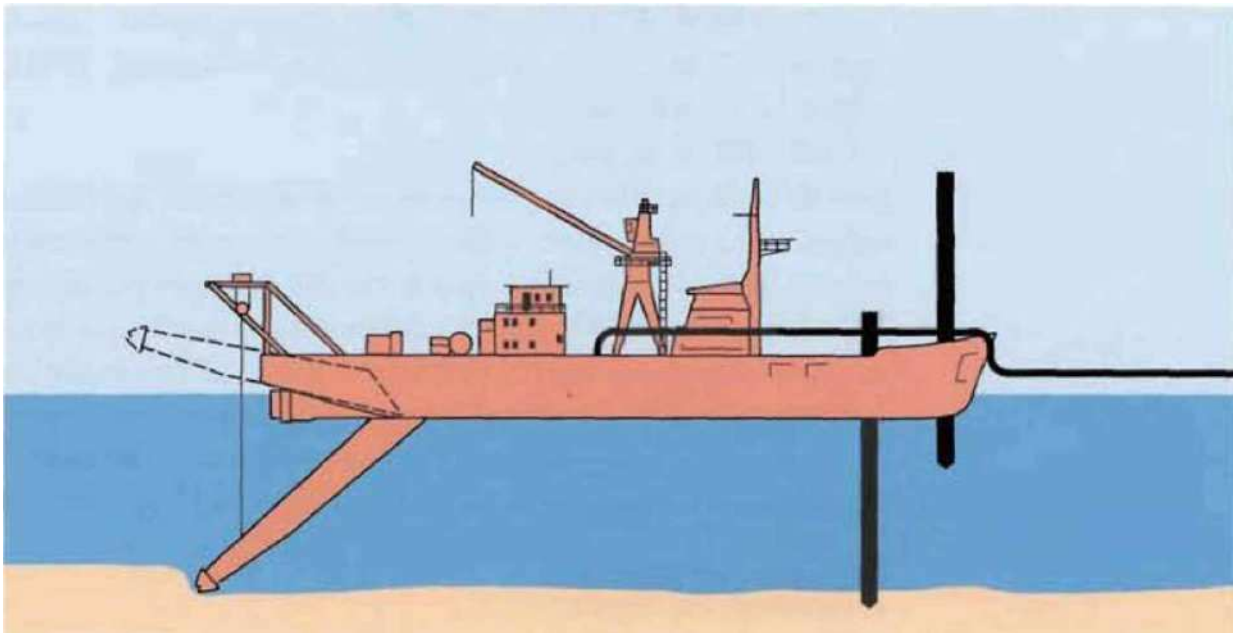


Figure n°2 : aspiratrice stationnaire avec conduite de refoulement (Alzieu et al., 1999).

« **Les dragues aspiratrices en marche :**

Travaillent en faisant route à vitesse lente (2 à 3 nœuds) en creusant des sillons plus ou moins profonds, selon le type de bec et les conditions de dragage. Les treuils d'élinde sont munis de compensateur de houle qui permet d'opérer jusqu'à 3 m de creux. Les becs d'aspiration sont articulés autour d'un axe horizontal qui facilite leur contact permanent avec le sol. Ces navires, travaillant selon la méthode dite des "profils parallèles", doivent posséder un système de positionnement précis (Fig n°3) (Augris et Gressard, 1984).

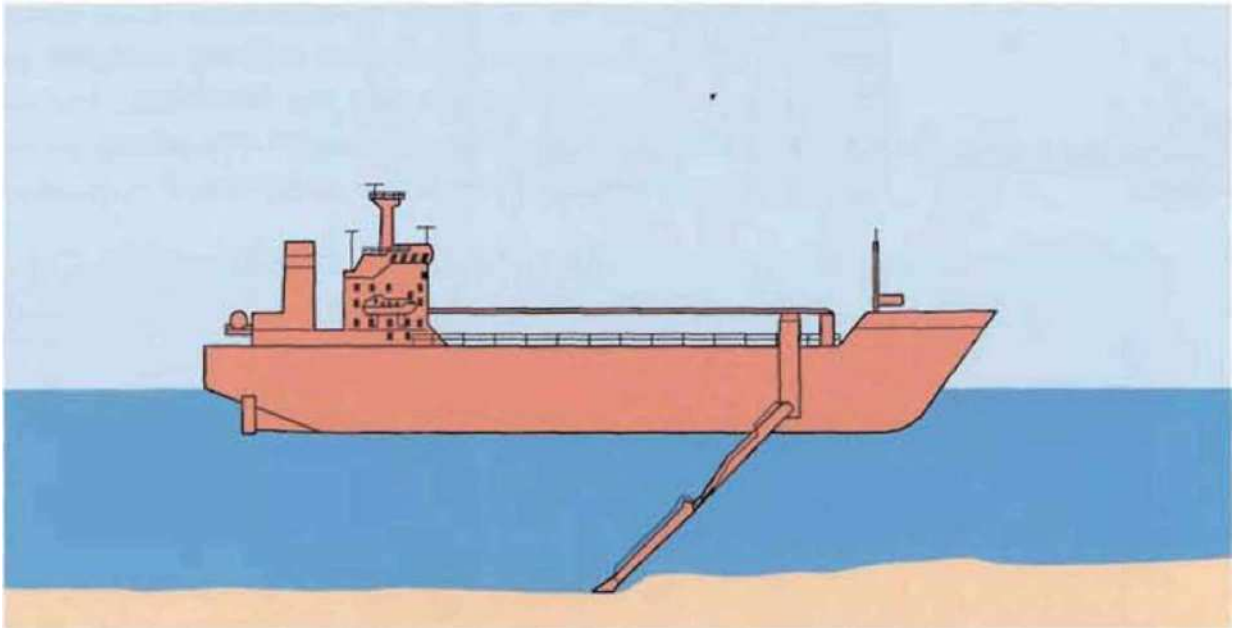


Figure n°3 : aspiratrice en marche (Alzieu et al., 1999).

1.2. Le transport et le déchargement des matériaux :

Dans toutes les dragues aspiratrices, les matériaux remontés sont mis dans une cale où ils se décantent: l'eau de la surverse repart en entraînant les particules les plus fines. Ces dragues offrent l'avantage de "laver" les matériaux ; elles permettent de travailler dans de meilleures conditions de sécurité (Augris et Gressard, 1984).

Les dragues assurent le transport entre le gisement et le port. La plupart des dragues actuelles sont autonomes, c'est-à-dire qu'elles ne nécessitent pas une aide extérieure pour leur déchargement.

Elles se déchargent de trois manières:

- « **par clapage** : en souille devant un quai. c'est une méthode très rapide, mais qui exige des moyens supplémentaires de reprise,
- « **à sec** : à l'aide de grues, de godets ou de tapis roulants ; cette méthode permet de mettre les matériaux à terre directement sur le quai ;

« **par refoulement hydraulique** : cette technique très rapide offre l'avantage de réaliser un stockage à une certaine distance du quai.

Actuellement, les entreprises s'orientent de plus en plus vers les dragues porteuses aspiratrices en marche pouvant décharger par refoulement hydraulique (Augris et Gressard, 1984).

1.3. CONTRAINTES DU DRAGAGE :

1.3.1. Les profondeurs :

Actuellement, les dragues les plus perfectionnées peuvent draguer sous **35** mètres d'eau ce qui. Compte tenu d'une exploitation sur **4 à 5** m d'épaisseur de gisement avec une houle de **3 à 4m**, nécessite de trouver des gisements par des profondeurs inférieures à **25** mètres (Augris et Gressard, 1984). La réglementation Algérienne (**la loi n°02-02 du 5 Février 2002/ article 21) interdit toute extraction de sable jusqu'à la profondeur de 25 mètres;** (Annexe : 3).

1.3.2. Les distances entre le gisement et les points de déchargement :

Cette distance correspond au temps de transit entre le point de déchargement et le gisement.

Plus la distance est courte, plus le nombre de rotation augmente.

1.3.3. Les conditions météorologiques :

Les conditions météorologiques limitent le nombre de jours par an où un gisement est exploité. De plus, ce nombre est tributaire de la profondeur de gisement: car plus le navire doit draguer avec une élinde verticale, plus l'action de la houle risque de détériorer le matériel; il faut alors utiliser des navires de plus fort tonnage (Augris et Gressard, 1984).

2. Les répercussions sur l'environnement :

Les granulats marins possèdent leurs contraintes propres. Les réserves théoriques sont loin d'être accessibles en totalité : les précautions à prendre pour préserver l'environnement, et plus particulièrement les zones où le dragage des fonds pourrait rompre l'équilibre écologique ou menacer certaines activités économiques -notamment la pêche- entraîne une réduction considérable des ressources exploitables (Merabti et Nouassa ,2008).

L'exploitation du fond de la mer, quelque soit son objectif et les précautions prises, entraîne des modifications temporaire ou permanente du milieu marin.

Ce système est complexe et l'interdépendance des facteurs physiques, chimiques et biologiques est telle que la modification de l'un d'eux peut entraîner une évolution irréversible du milieu (Merabti et Nouassa, 2008).

Au cours de l'extraction de granulats, l'eau est le premier milieu altéré par création d'une turbidité : en profondeur par le passage du bec d'élinde, en surface par le rejet des particules fines avec l'eau de la sur verse. Si faible soit-elle, on ne peut tenir cette turbidité pour négligeable du fait de ses implications sur la flore et la faune benthiques. Les particules fines vont former les panaches qui, entraîné par le courants se déposera à nouveau soit en mer, soit sur le littoral (Merabti et Nouassa ,2008).

A la suite de l'extraction, il y aura un changement de la morphologie du fond qui pourra modifier le régime des courants de fond au voisinage du site exploité. En modifiant ainsi l'équilibre des sédiments superficiels, auxquels on peut rattacher dans certains cas les sables littoraux, ces extractions pourront provoquer ou aggraver l'érosion côtière, particulièrement dans le cas d'exploitation à proximité des côtes et par faible profondeur d'eau. Les excavations peuvent, de plus, rendre ces secteurs temporairement impropres au chalutage.

Les effets des exploitations sur les ressources biologiques seront soit immédiates et donc évidentes, soit à long terme et seul un suivi sérieux permettra d'en mesurer l'importance.

Parmi les répercussions immédiates, la destruction du peuplement benthique dans la zone d'exploitation est indéniable. Cette destruction affecte essentiellement les invertébrés directement exploitables par l'homme ou source de nourriture pour certains poissons (Merabti et Nouassa, 2008).

Sur les prairies de posidonie océanique le dragage de sable peut causer, comme règle générale, des impacts de deux types : directs et indirects.

les impacts directs peuvent être produits par le dragage de fonds marins colonisés par une prairie de posidonie océanique. Dans ce cas les dégâts sur celle-ci seraient immédiats et irréversibles.

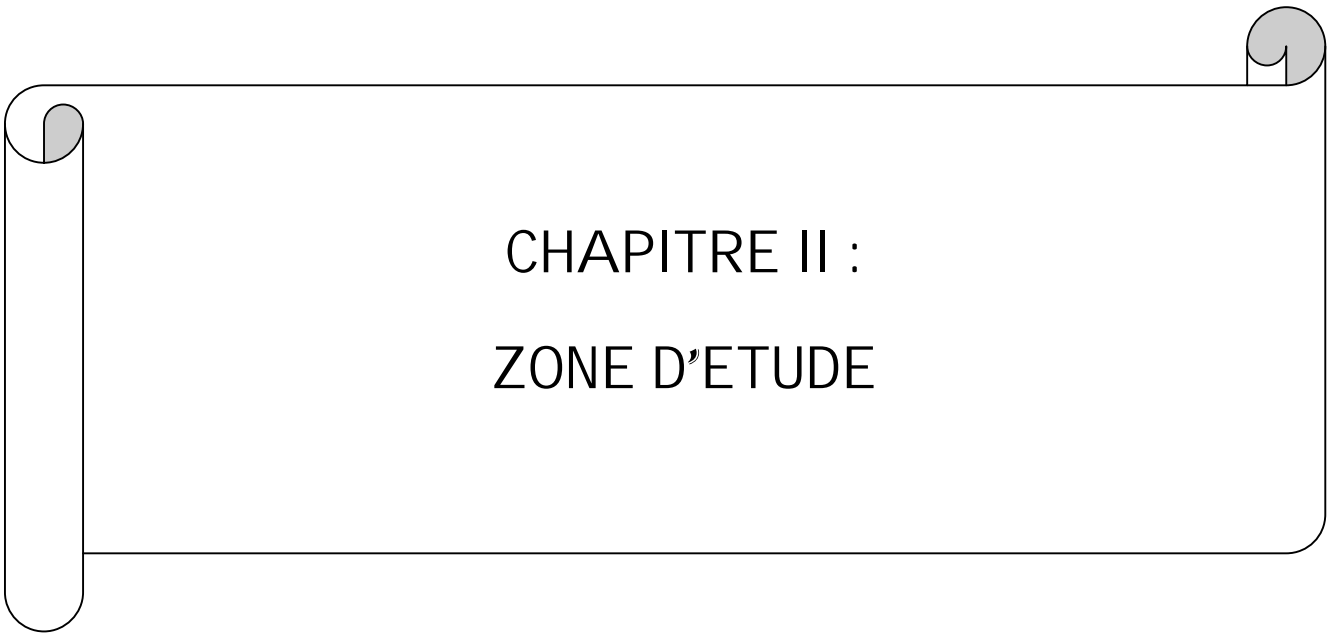
Malgré sa gravité, le dragage direct ne constitue pas une menace réelle car on n'effectue jamais des dragages sur ces types de fonds au moins que il n'arrive des accidents ou des erreurs dans les études préalables.

D'ailleurs dans les zones en proximité d'une prairie de posidonie, les dragages peuvent provoquer des érosions permanentes et impliquer ces prairies d'une façon pareille à l'érosion qui se produit sur les plages. La représentation cartographique des prairies de posidonie est par conséquent un élément essentiel pour sa protection.

De la même manière il est nécessaire d'approfondir la connaissance sur les problèmes qui se produisent sur les fonds adjacents à ceux d'exploitation, en déterminant des indicateurs de biodiversité et la cartographie d'influence qui permettent d'utiliser des techniques d'exploitation optimales et d'établir des adéquats rythmes d'exploitation des gisements marins.

La production des granulats marins doit donc passer par la concertation de tous les utilisateurs du domaine maritime et par l'exigence d'études d'impact approfondies devant comporter au moins :

- « un reconnaissance géologique précise du site et de ses ressources ;
- « une étude sédimentologique ;
- « des mesures des conditions hydrodynamiques ;
- « une détermination de la richesse benthique ;
- « une enquête sur les activités halieutiques ou aquacoles ;
- « une prévision des conséquences probables ;
- « des propositions pour en limiter les effets ;
- « Evaluation de la valeur patrimoniale du site ;
- « La bathymétrie.



CHAPITRE II :
ZONE D'ETUDE



1. Situation géographique de la zone d'étude :

Sidi Fredj est une localité au bord de mer, elle forme le cap Est la de la baie de Bou Ismail et la limite Ouest de la baie d'El Djamila qui mesure 6Km de long. Cette baie est délimité par deux promontoires rocheux, Sidi Fredj à l' Ouest et Ras Acrata au Nord –Est (Fig. n°4).

Les coordonnées géographiques de la région de Sidi Fredj sont.

- 2°50' Est.
- 36° 45' Nord.

2. Géologie :

La presqu'île de Sidi-Fredj est jointe au massif d'Alger lequel est recouvert par des terrains métamorphiques et plio-quadernaires du Sahel (Fig. n°5).(Zemenzer, 2004)

2.1. Les terrains métamorphiques :

Ils sont essentiellement des granites et gneiss de teinte claire, largement fissurés et diaclasés (O.N.A.T) affectés d'accident mylonitiques (Ourabia et Benallal, 1989).

Les gneiss du promontoire rocheux sont divisés en quatre types par *Colomb et al (1971)*, en vue d'une étude pétrographique : (Tab. n°1).

Tableau n°1 : Types de gneiss et description.

Type	Particularités descriptives
I	Appelé "Vieux Gneiss " à foliation et linéarisation bien distincte, grisâtre assez claire.
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.

Ces faciés offrent des caractéristiques géotechniques appréciables (Zemenzer, 2004):

- « Bonne portance ;
- « Stabilité d'équipements construits en zones pentues ;
- « Insensibilité à l'érosion ;
- « Non agressif vis à vis du béton.

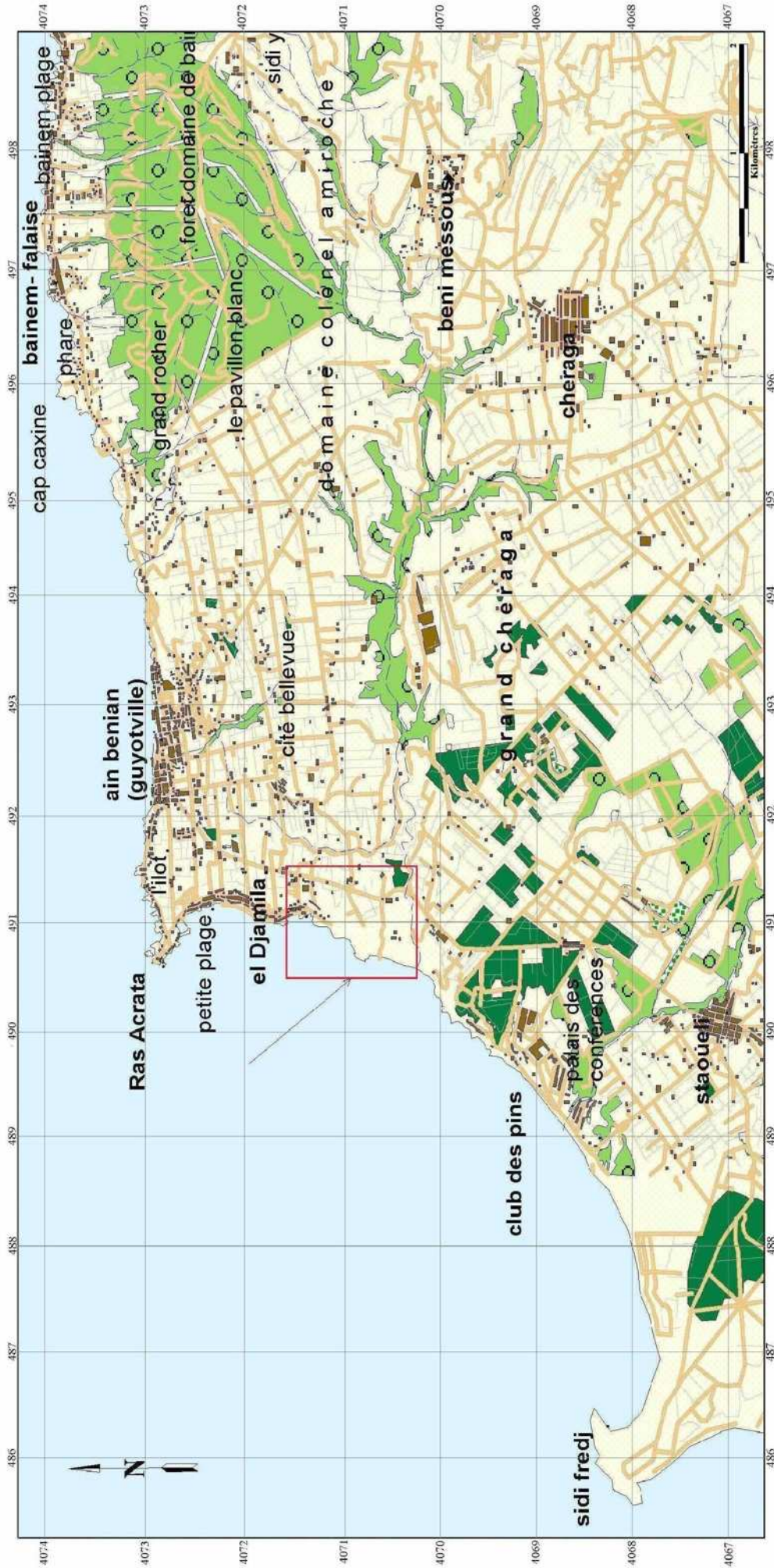


Figure n°4- Situation géographique du site d'étude (tirée de la carte topographique de CHERAGA 1/25000^e, 1960)

2.2. Les terrains quaternaires :

« Le littoral du Sahel occidental d'Alger présente une terrasse marine qui supporte d'importantes unités continentales, elle subdivise en :

« Les formations dunaires anciennes sensiblement parallèles à la plage, allant d'une altitude de plusieurs 10^{aines} de m de largeur, atteignent leurs plus grandes importances au niveau de Mortti ;

« Les fasciés sableux graveleux du tombolo à éléments métamorphiques et qui proviennent du démantèlement de sable de la presqu'île ;

« Le recouvrement de sables argileux ;

« Dépôts actuels : alluvions récentes ;

Grés dunaires du quaternaire. (**Zemenzer, 2004**).

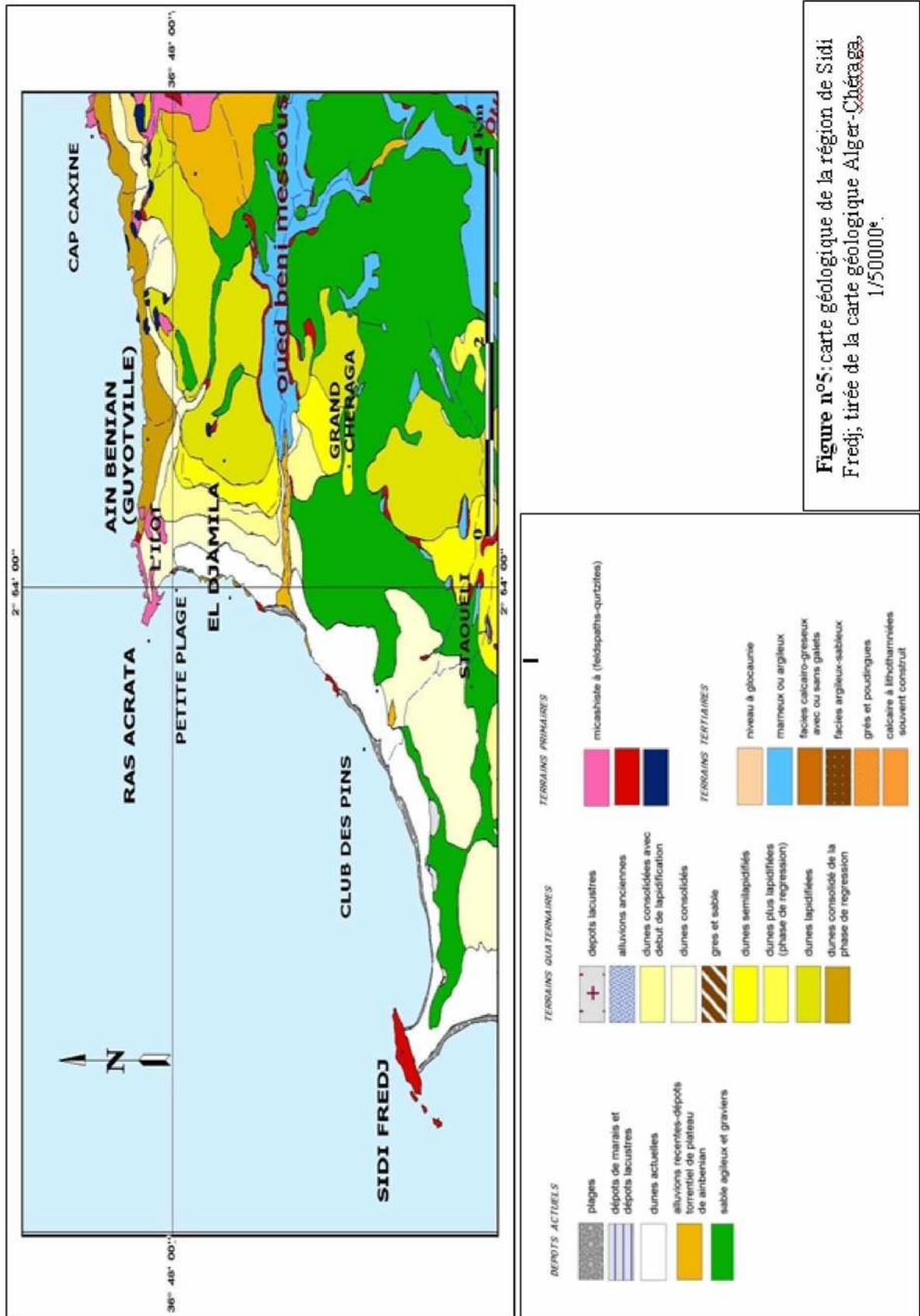


Figure n°5: carte géologique de la région de Sidi Fredj; tirée de la carte géologique Alger-Chéraga, 1/50000^e.

3. Morphologie sous marine de la baie de Bou-Ismaïl :

Le plateau continental de la baie de Bou Ismaïl présente une extension maximale de 11Km. La pente est douce et perturbée par quelques appointements rocheux localisés au large du Mazafran à proximité de Bou Ismaïl. Sa déclivité augmente après la première rupture de la pente (-120), marquant la limite de ce plateau, au-delà la croissance est également régulière mais avec une pente moyenne (plus de 1%) (Leclaire, 1972).

Leclaire (1972) distingue ainsi trois zones d'affleurement rocheux difficilement chalutables, qui sont :

1. Le prolongement du massif de Chenoua, lequel rejoint la vallée sous-marine du Ras-Nador depuis la côte jusqu'à l'isobathe 180m en direction N-NE.
2. Entre Bouharoun et Douaouda Marine, depuis la côte jusqu'à l'isobathe 100 m.
3. Depuis les fonds de 110m à 150m au Nord de Bou Ismaïl jusqu'à la hauteur de Sidi Fredj.

4. Sédimentologie :

La baie de Bou-Ismaïl est caractérisée par une diversité sur le plan sédimentaire, neuf faciès ont été identifiés : les sables fins, les sables fins envasés, les vases sableuses, les sables graveleux, les graviers envasés, les sables grossiers et fins graviers, les vases pures, le faciès rocheux (fig. n°6) (Grimes, 2003). Les vases pures et les graviers envasés sont les faciès dominants de la baie de Bou-Ismaïl. Les vases sont très développées dans la région Ouest et forment ainsi une importance vaseuse littorale, tandis que les graviers envasés le sont dans la région Est.

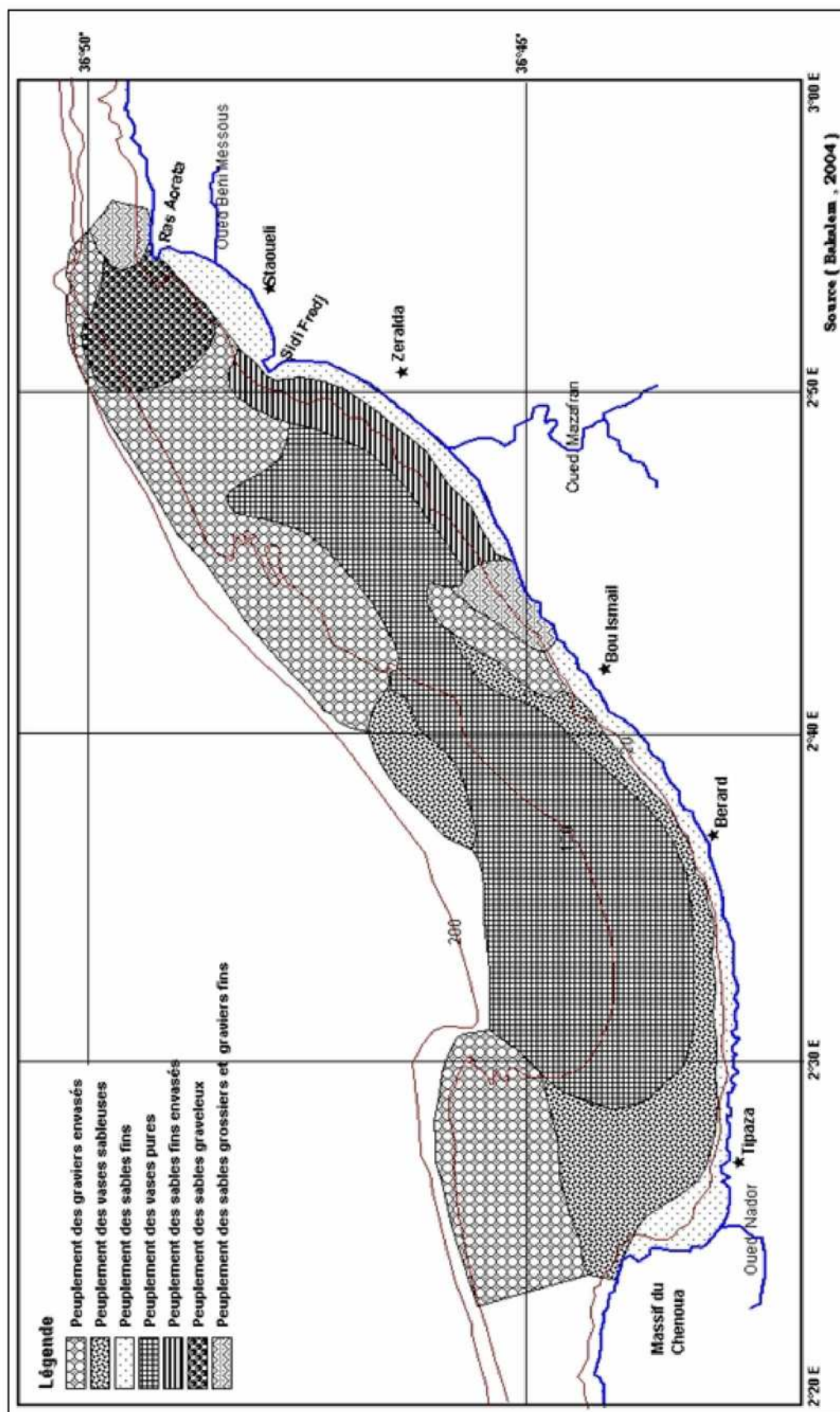


Figure n°6 : Sédimentologie de la baie de Bou-Ismaïl (Bakalem ,2004).

5. Réseau hydrographique :

Les principaux oueds qui se jettent en baie de Bou Ismaïl sont l'oued Nador dans la baie du Chenoua, l'oued Mazafran et l'oued Beni Messous en baie d'El Djamila (Fig. n°7).

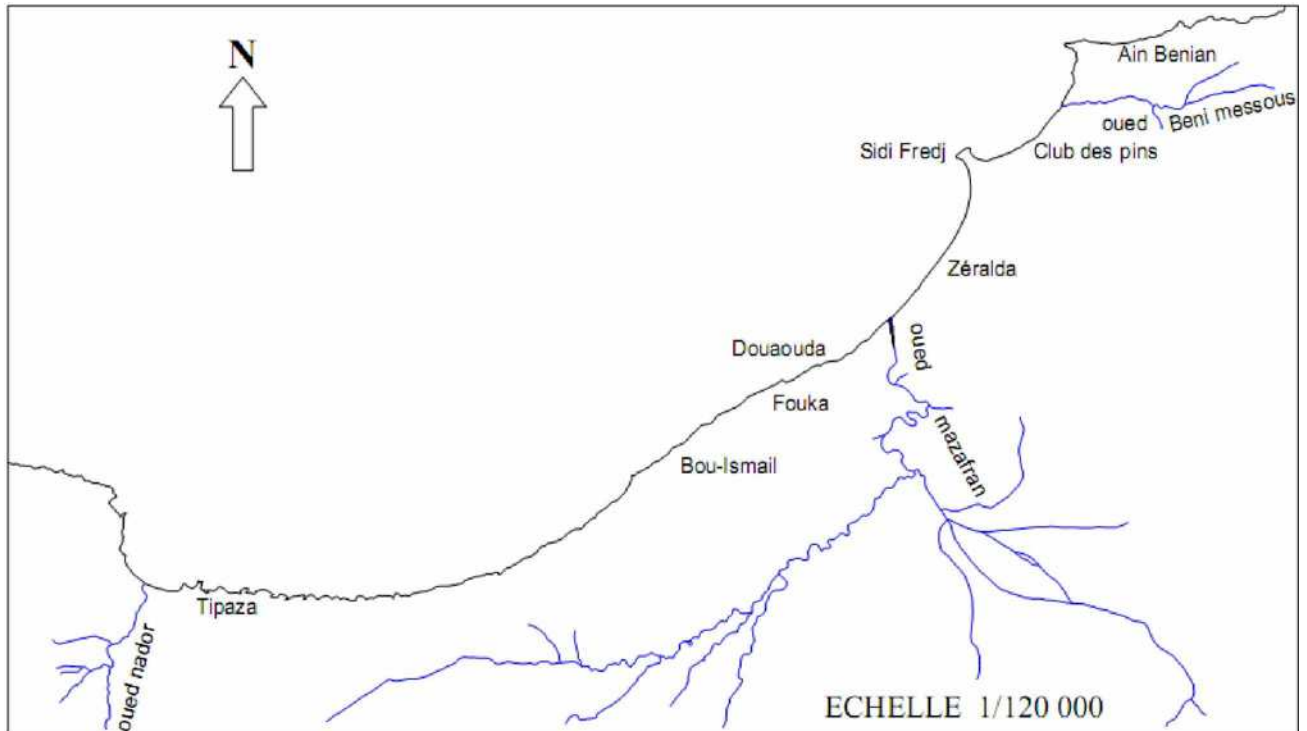


Figure n°7: Réseau hydrographique de la baie de Bou-Ismaïl.

Sidi-Fredj est sillonné par un seul oued secondaire, temporaire "Oued Beni Messous", débouche à environ 5Km à l'Est au niveau de la plage "les Dunes".

Le régime de cet Oued est caractérisé par un minimum pendant la période estivale et un maximum pendant l'hiver (S.D.A.T, 1986).

6. Climatologie de la baie de Bou-Ismaïl.

II. 6.1. La température :

La température en baie de Bou-Ismaïl est marquée par deux périodes où les températures superficielles maximales se situent en été entre Août et Septembre, et les températures minimales en Janvier, Février et Mars.:

- Période chaude : Juin à Octobre : $20^{\circ}\text{C} < T^{\circ} < 23,5^{\circ}\text{C}$.
- Période froide : Novembre à Mars : $14,5^{\circ}\text{C} < T^{\circ} < 16^{\circ}\text{C}$.

Tableau n°2 : les températures mensuelles moyennes de la baie de Bou-Ismaïl durant la période 1976 – 2005 (Source : ONM, 2007).

Mois		Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov.	Des
T(C°)	Min	5.5	5.9	7.1	8.8	12.3	16.1	18.9	19.8	17.6	14.2	9.8	7.2
Moy.	Max	16.7	17.4	19.2	20.9	23.9	28.2	31.2	32.2	29.6	25.9	20.8	17.9

6.2. La pluviométrie :

La baie de Bou-Ismaïl est une région à pluviométrie relativement élevée. La moyenne des précipitations annuelles de 1970 à 2006 est de 509.25 mm. (ONM, 2007), Cette pluviométrie est très variable d'une saison à l'autre et présente les moyennes, les maxima et les minima suivants :

- Printemps : $37.1 \text{ mm} < \text{pluviométrie} < 324.3 \text{ mm}$, avec une moyenne de 131.51 mm.
- Été : $0 \text{ mm} < \text{pluviométrie} < 98.5 \text{ mm}$, avec une moyenne de 14.64 mm.
- Automne : $46.9 \text{ mm} < \text{pluviométrie} < 438 \text{ mm}$, avec une moyenne de 155.61 mm.
- Hiver : $57.7 \text{ mm} < \text{pluviométrie} < 454.1 \text{ mm}$, avec une moyenne de 209.13 mm (Fig. n°8).

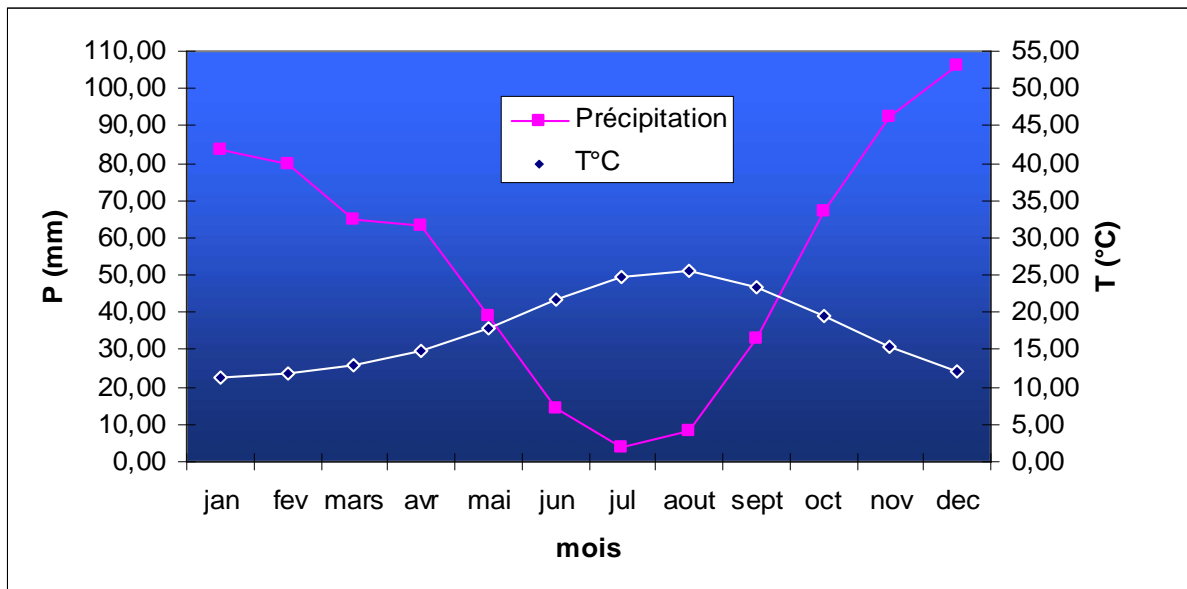


Figure n°8: Les diagrammes ombrothermique de Gausse (1994-2004) (Source : ONM 2004).

6.3. Les vents :

Au large de la baie de Bou-Ismaïl les vents soufflent environ 90 % du temps, considérés comme facteur déterminant affectant de manière significative le nombre et la durée des sorties en mer, de même que l'écologie des espèces (ONM). La vitesse du vent moyen annuel à Alger estimée par l'ONM (2007) sur une période allant de 1970 à 2006, est de 3.09 m/s.

L'analyse globale des observations des régimes des vents faite sur 5 ans par le (C.R.O.P, 1983), montre qu'il existe trois catégories dominantes de vent:

- Les vents nuls, estimé annuellement à 11,6 % avec une dominance estivale.
- Les vents de secteur Nord Nord-ouest (N315° - 360°) à ouest (N270° à 315°) sont les plus fréquents (représentés à 18.06 % en été, à 45,64 % en hiver). Ils s'étalent sur une longue période (de Décembre à Mai) et se caractérisent par leur violence (de 6 à 10 noeuds) (Leclaire, 1972).
- Les vents de secteur est (N 45°-90°), peu fréquents (de 18,27 % en hiver et 57,63% en été), de durée moindre (de Juin à Octobre), ils ont des vitesses plus atténuées (de 4 à 6 noeuds).

7. Courantologie et plans de houle :

Les courants jouent un rôle très important dans le transport sédimentaire, ils participent dans l'évolution de la morphologie côtière en conduisant à des ensablements, des envasements et des érosions.

7.1. Les courants généraux :

La côte algérienne est traversé par un courant général dénommé courant Algérien résultant d'un écoulement d'eau atlantique à travers le détroit de Gibraltar, le courant Algérien pénètre sous forme de veine et circule d'ouest en est, et dès 1° et 2° est, il donne naissance a des méandres et des tourbillons côtier (50-100 km) associés à des upwellings (Millot *et al.*, 1990) (Fig. n°9).

7.2. Les courants côtiers :

En absence de courant permanent ou de marée suffisamment importante, les courants induits par la houle au large ou à la côte sont à peu près les seuls à agir sur la sédimentation actuelle (Caulet, 1972).

- « **Les Courants d'entraînements** sont provoqués par les mouvements des masses d'eaux dans le sens de propagation des houles, ils sont aussi à l'origine des apports sédimentaires lors de son déploiement à la côte notamment ceux en suspension, donc ils participent d'une façon active dans la sédimentation actuelle.
- « **Le courant de retour** participe activement à l'érosion côtière de la zone d'étude, c'est le courant compensateur sur le fond qui s'effectue en direction du large résultant du retour des masses d'eau déployées par la houle sur la côte. Leur effet est remarquable surtout par mauvais temps généralement en hiver.

7.3. Plans de houle :

Les houles sont de direction ouest et nord-ouest. Elles engendrent des courants de retour dès leurs arrivées perpendiculairement à la côte, ces courants prennent avec eux les sédiments côtiers vers le large (Haddouche, 2003).

Les houles estivales sont de direction nord-est, et entraînent une dérive littorale de l'est vers le sud-ouest, dès leurs arrivées tangentielllement à la côte.

7.4. Les courants de la dérive littorale :

Lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique. Elle donne naissance à un courant de dérive littoral, la vitesse de celui-ci est maximale pour un angle d'incidence de 50° à 60° (LEM, 2001).

Ce courant parallèle au rivage, qui se manifeste dans la zone de déferlement des vagues, joue un rôle essentiel dans le déplacement des sédiments le long de la côte et dans l'alimentation des plages en sable et en galets.

Dans la baie de Bou-Ismaïl l'orientation des courants côtiers résulte de l'effet combiné des houles dominantes et de l'orientation de la côte. Ces paramètres permettent d'identifier l'hydrodynamisme côtier dans la zone d'étude.

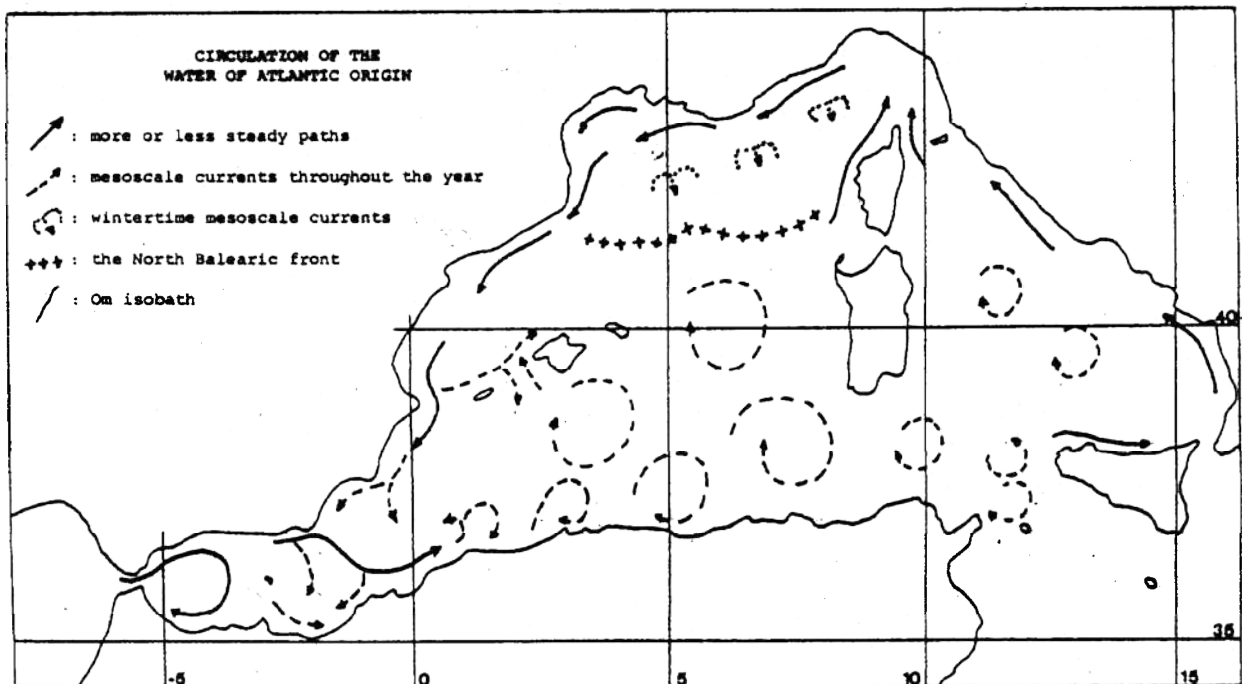


Figure n°9: Circulation de l'eau atlantique modifiée dans la méditerranée (Millot, 1987).

8. Géomorphologie de la baie de Bou-Ismaïl.

La baie de Bou-Ismaïl est caractérisée par une morphologie côtière diversifiée composée des côtes rocheuses, de falaises, de plages et de dunes (Grimes ; 2004).

- « **Les falaises** : La falaise la plus importante dans la baie de Bou Ismaïl est celle de Mont Chenoua qui est située à l'Ouest de la commune du chef lieu de Tipaza.
- « **Les côtes rocheuses** : Il s'agit de formes rocheuses quelconques localisées entre Tipaza (les différentes anses) et Bou Haroun (rocher plat).
- « **Les plages** : La baie de Bou-Ismaïl comprend 16 plages dont la plus développée est celle de Colonel Abbas (située dans la commune de Douaouda) qui s'étale sur une longueur de 3.000 m. La granulométrie de ces plages est constituée de sable fin, moyen et de galets.
- « **Les dunes** : C'est des formations qu'on retrouve immédiatement sur la continuité des plages puisqu'elles sont à l'origine de leur formation (**Nadia, 2008**)

A decorative graphic of a scroll, consisting of a central rectangular area with rounded corners and a vertical strip on the left side that is rolled up at the top and bottom. The scroll is outlined in black and has a light gray shadow on the top and right edges.

CHAPITRE III :
MATÉRIELS ET MÉTHODES

1. Travaux en mer :

Les prélèvements des sédiments superficiels et les mesures des vitesses des courants du fond ont été effectués au cours d'une campagne de mesures en mer le 16/05/2009, à bord de l'embarcation de « Baba Aroudj » et ce, en l'absence d'un vent significatif ($<6.5 \text{ m.s}^{-1}$, ONM, 2009) et un état d'agitation de la mer favorables.

La localisation géographique des points de mesures est faite à l'aide d'un GPS de type «FURUNO » (Fig. n° 10).



Figure n° 10 : GPS de type «FURUNO » (ENSSMAL).

1.1.Mission sédimentologique :

Le prélèvement des sédiments a été réalisé à l'aide d'une benne preneuse de type « Van Ween » (Fig. n° 11). La benne Van Veen est parmi les dispositifs de ce type les plus couramment utilisés. Avec ce préleveur de fond, les échantillons peuvent être collectés à n'importe quelle profondeur souhaitée. Quand la benne est immergée, les deux bras leviers sont écartés de chaque côté, avec les mâchoires ouvertes. Au contact du fond, le mécanisme de fermeture se déclenche et quand le câble est tiré pour remonter la benne, les mâchoires se referment et emprisonnent une quantité de sable ou de sédiment. Sur l'embarcation, la benne est ouverte et le contenu est collecté dans des sacs en plastiques étiquetés (Fig. n° 12). Lors de la journée du 16 mai 2009, quatorze échantillons de sédiments ont été prélevés sur des fonds allant de -3 à -35 m de profondeur (Fig. n° 13).



Figure n° 11: Benne Van Veen actionnée à la main (ENSSMAL).



Figure n° 12: Sac en plastique étiqueté

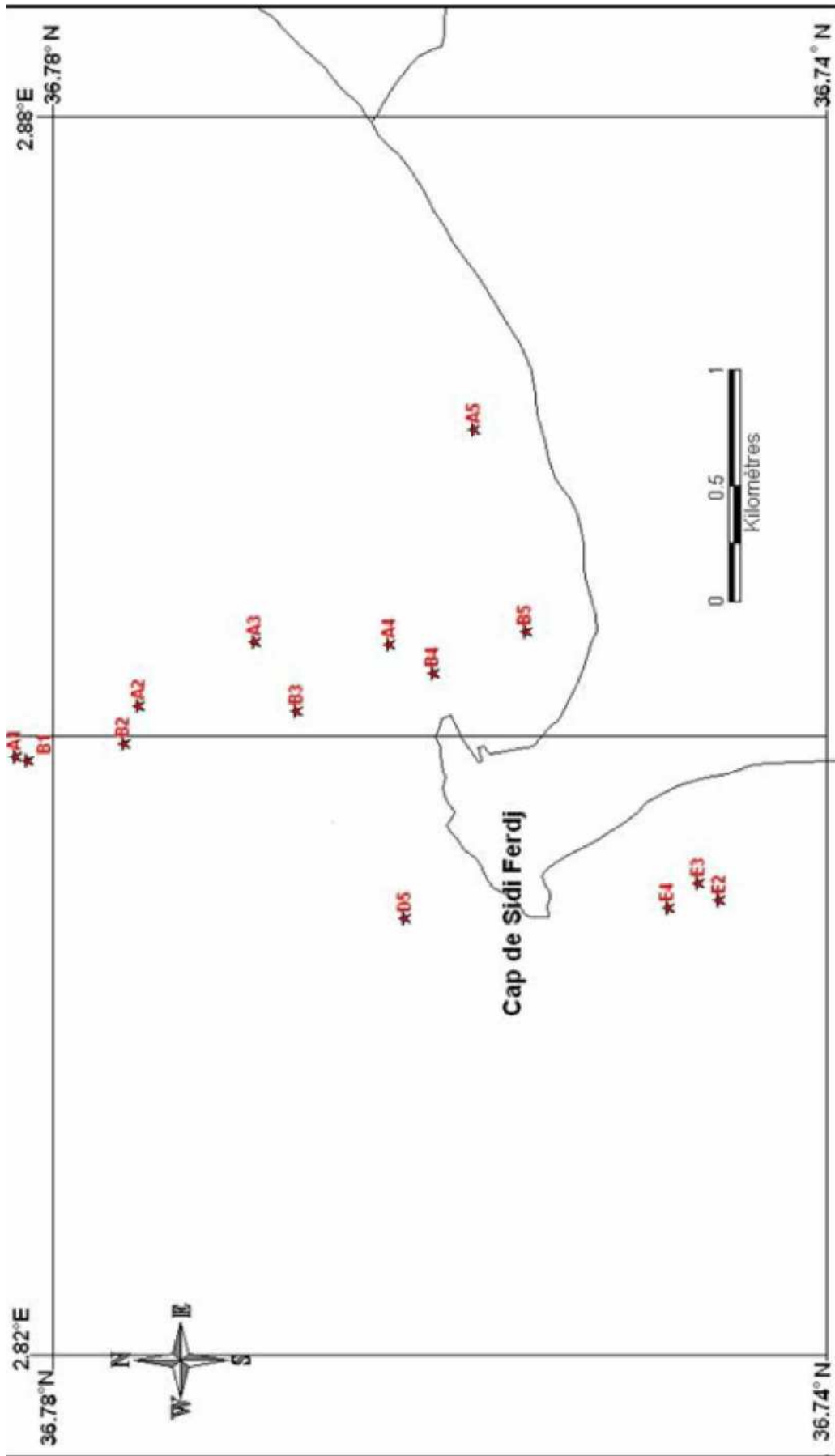


Figure n° 13: Localisation des stations de prélèvement par benne.

1.2.La bathymétrie :

Les données bathymétriques pour tous les points de prélèvement sont obtenues à l'aide d'un échosondeur de type « FURUNO » (fig. n° 14).

Les données de GPS sont représentées en degrés décimaux, pour les exploitées il faut les convertir en mètre c'est pour ça qu'on a utilisé le logiciel *MapInfo*.

Le tableau représenté en annexe n°4 indique les positions des points d'échantillonnages en degrés converties en mètre.



Figure n° 14: Echosondeur de type « FURUNO » (ENSSMAL).

1.3. Mesure des courants :

Les courants sont mesurés sur place à l'aide d'un courantomètre « Model 180 MK III » (fig. n° 15).

Le modèle 108 MK III est un instrument à lecture directe. Cet instrument peut être utilisé directement avec un PC ou avec le 8008 CDU « control display unit », (unité de contrôle et d'affichage).

En matière d'énergie, le 108 MK III est alimenté à partir d'une batterie (piles) qui peut nous permettre d'effectuer des mesures sur une période de temps considérable (environ 10 heures de mesures continue). Et en ce qui concerne la fréquence de mesure, celle-ci est modulable avec une fréquence maximale de 0.2 Hz.

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

Les stations étudiées dans le présent travail sont représentées dans la fig. n°16.

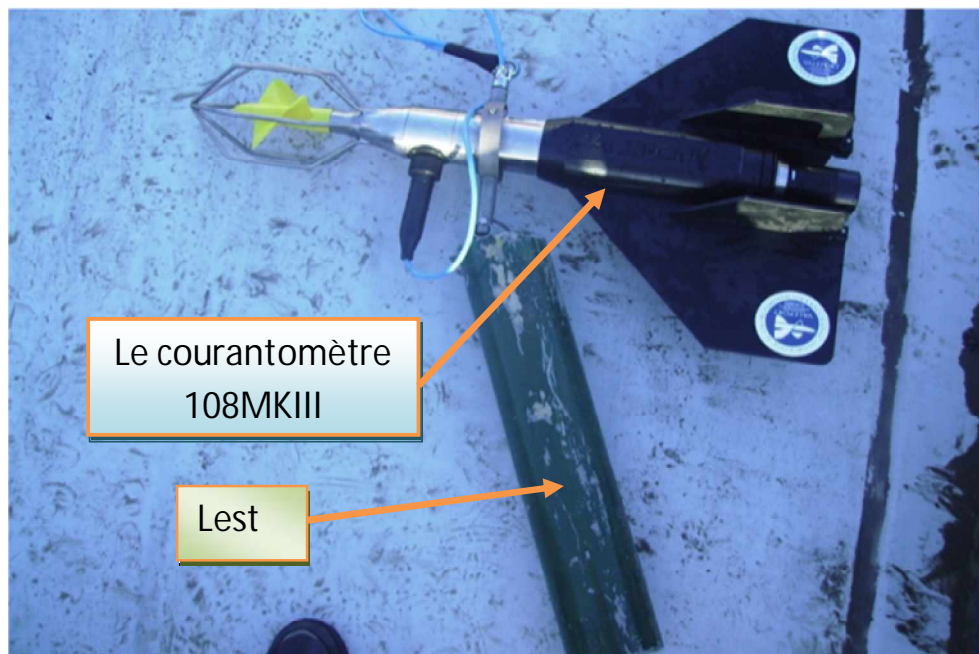


Figure n° 15 : Le courantomètre 108 MKIII de l'ENSSMAL.

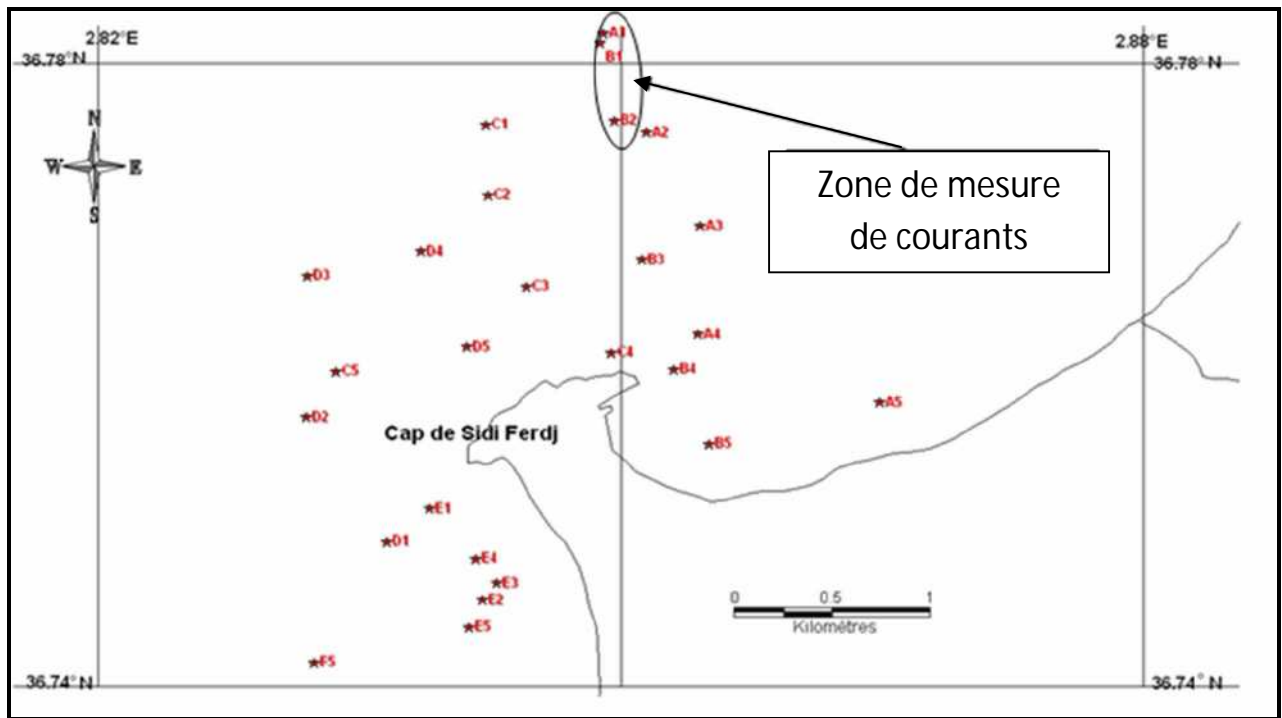


Figure n° 16: Zone de mesure des courants

2. Travaux au laboratoire :

2.1. Granulométrie :

L'analyse granulométrique est l'étude de la taille des grains et de leur répartition dans un échantillon donnée.

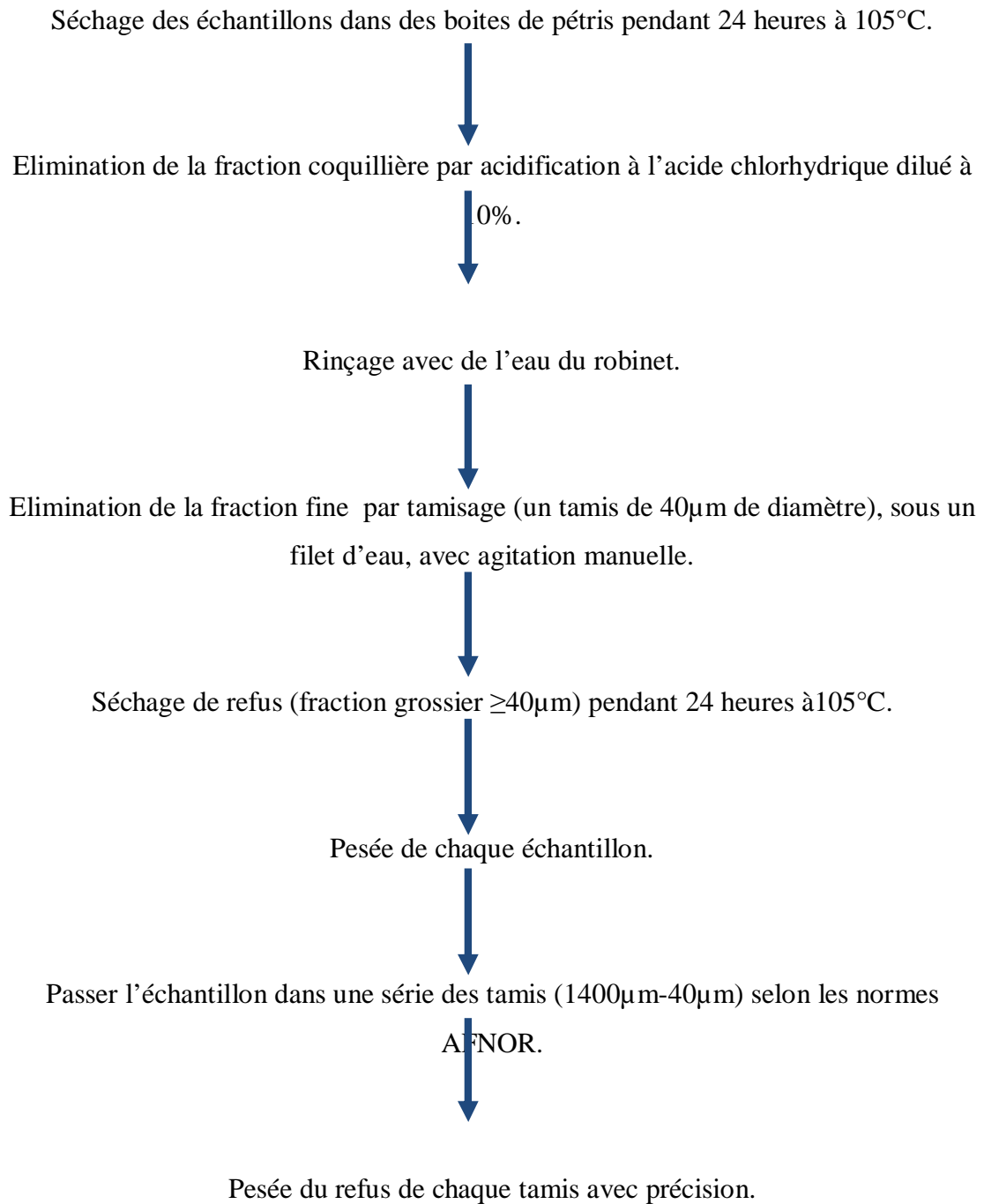
L'analyse granulométrique permet la construction de notions relatives au transport et au dépôt des sédiments sur le fond, elle permet aussi de les classer selon leur taille.

2.2. Principe:

Ce procédé consiste à passer, l'échantillon par une série de tamis de mailles décroissante et de récolter en suite 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.

2.3. Protocole pour l'étude de la texture des sédiments:



L'interprétation des résultats obtenus s'effectue de la manière suivante :

- « Représentations graphiques en courbes cumulatives fréquences, pour calculer les paramètres granulométriques (annexe 1).
- « Traitement des données.

A partir des courbes cumulatives à l'allure d'une sigmoïde, les paramètres granulométriques sont tirés.

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

3. Les indices :

3.1. Le diamètre moyen M_z :

C'est l'indice absolu (Rivière, 1977), correspond au diamètre du grain moyen dont l'ordonnée est à 50% du poids total des sédiments.

Le grain moyen est l'expression de la force d'un courant (eau, vent), capable d'avoir mis en mouvement l'essentiel d'un sédiment donnée (Chamley, 1987).

$$M_z = \frac{\varphi 16 + \varphi 50 + \varphi 84}{3}$$

Tableau n° 3: Classification de la taille des sédiments ASTM (American Society of Technical Materials) :

Phi (φ) =	Classification
(-2.25) à (- 1)	sable gorsier
(-1) à (1.25)	sable moyen
(1.25) à (3.75)	sable fin

3.2. L'indice de tri (classement) S_i :

Il nous a permet de classer et d'étudier le classement des sédiments. Il indique la dispersion des tailles par rapport à la moyenne de l'échantillon (Chamley, 1987-2000) suite aux actions de tri au cours de transport et du dépôt ;comme il nous a renseigne sur la croissance du tri lors du transport et de sédimentation (Chamley, 1987).

$$S_i = \frac{\varphi 84 - \varphi 16}{4} + \frac{\varphi 95 + \varphi 5}{6,6}$$

Tableau n°4 : Classification du tri des grains du sédiment:

Phi (φ) =	Classification
<0.35	très bon tri
0.35 phi et 0.5 phi	bon tri
0.5 phi et 0.71 phi	tri assez bon
0.71 phi et 1 phi	tri modéré
1 phi et 2 phi	mauvais tri
2 phi et 4 phi	très mauvais tri

3.3. L'indice d'asymétrie (Skewness) Sk :

L'asymétrie indique la prédominance, ou non, de particules fines pélitiques (valeurs positives) ou grossières (valeurs négatives) par rapport à la moyenne de l'échantillon (Chamley; 1987-2000); ainsi elle reflète le milieu de dépôt que les conditions de transport (Chamley; 1987). Graphiquement le Skewness exprime la partie bombée de la courbe qui suivant la position nous donne la valeur positive ou négative (Boutiba, 1996).

$$Sk_i = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{84} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{84} - \varphi_{16})} + \frac{\varphi_5 + \varphi_{95} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{95} - \varphi_5)}$$

Tableau n°5 : Classification de l'asymétrie des grains du sédiment:

Phi (φ) =	Classification
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
-0.1phi à -0.3 phi	asymétrie vers les grosses particules
-0.3phi à -1phi	très forte asymétrie vers les grosses particules

φ (x) étant le diamètre en échelle Phi correspondant au pourcentage cumulé de x exprimé en millimètre.

« **Pour la Transformation du mm au phi :**

$$\varphi = -\log_2 \cdot x \cdot (\text{mm})$$

Et pour revenir au mm, on utilise la relation suivante :

$$\text{mm} = 2^{-\varphi}$$

4. Conversion des données et l'affichage des cartes:

Lors de notre mission en mer on a noté les données de GPS qui sont en degrés décimaux, et pour travailler avec le Surfer on a rencontré le problème de la conversion de ces données en mètre et pour cela, on a utilisé le logiciel de MapInfo et on a procédé comme suit:

-On a Choisit la projection catégorie: longitude/latitude (projection 6.0 et ultérieur),
projections : longitude/latitude (North Sahara 1959) (fig.n°17);

-On a convertit les données de degrés décimaux en mètre (catégorie : Lambert V.L.U Algérie,
projections: Lambert V.L.U Nord Algérie) (Fig. n° 17).

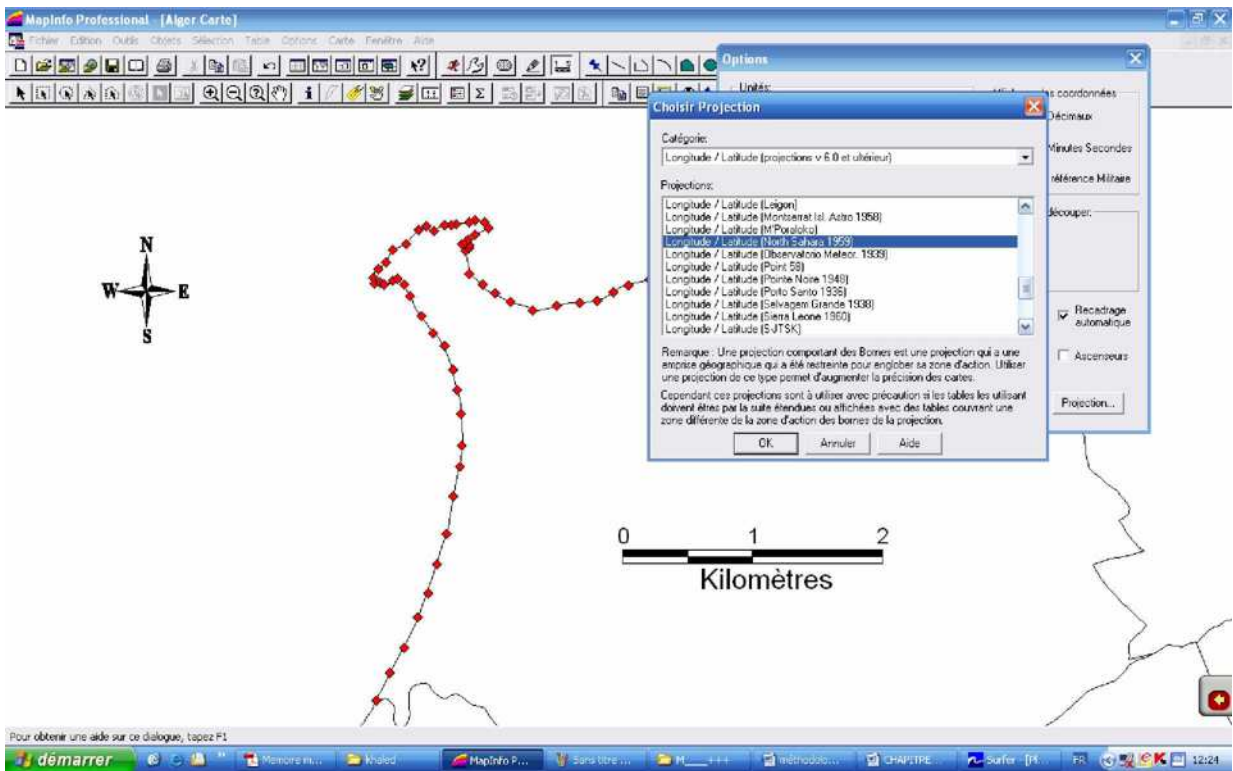


Figure n° 17: conversion des données de degrés décimaux en mètre.

Voici une figure qui montre les données en degrés décimaux et leurs conversion en mètre (Fig. n° 19).

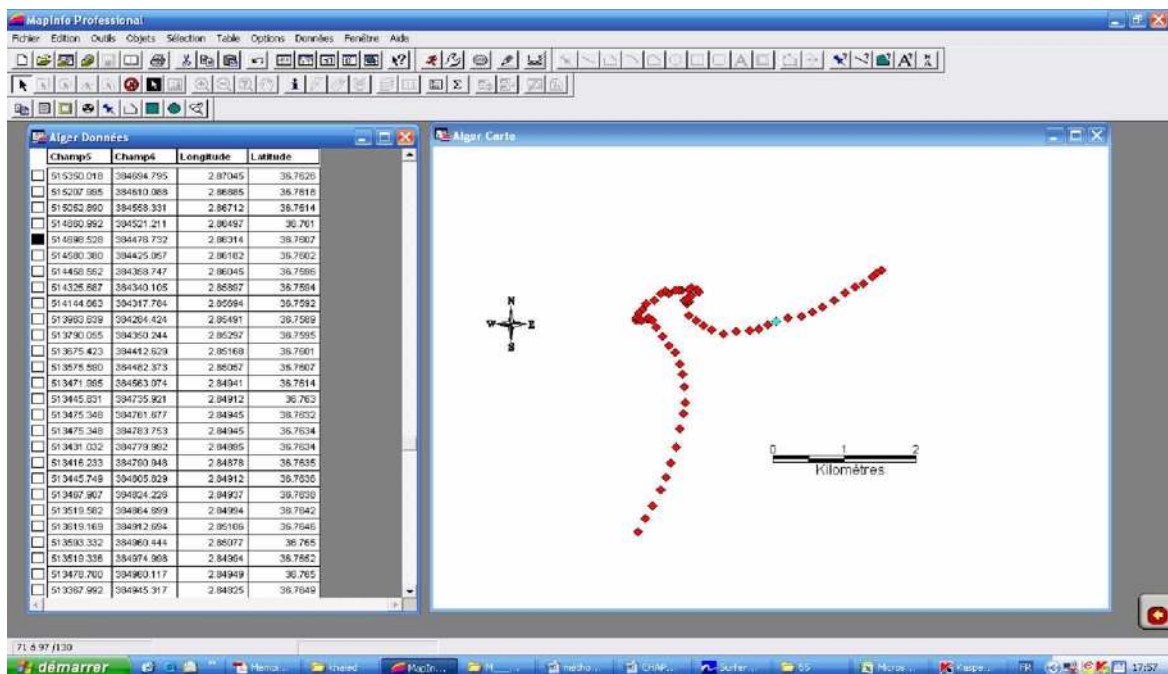


Figure n° 18: le tableau de données converties en mètre.

Après la conversion des données de degrés en mètre, les données ont été introduit dans le logiciel Surfer en suivant la procédure suite :

-Ouvrir file >> New >> plot document ;

-Ouvrir Grid >> data >> Feuille de données de Microsoft Office Excel 97-2003.

-une fois que l'Excel est ouvert ; une boite de dialogue est apparue (Fig. n° 20).

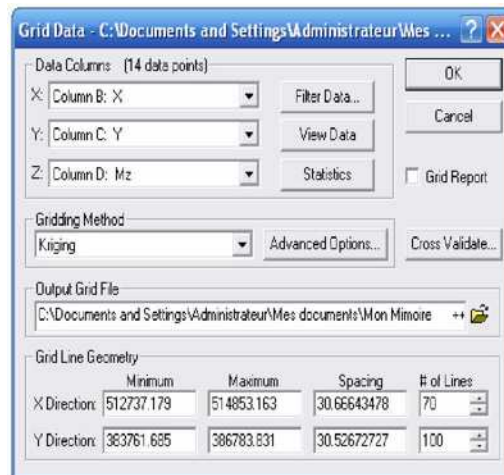


Figure n° 19: boite de dialogue de logiciel Surfer.

« Pour afficher les cartes :

-Ouvrir <Contour Map>, une boite de dialogue qui contient des fichier de format «Grd » est apparue;

-l'Ouverture l'un de ces fichier nous a données une carte en 2dimmension (Fig. n° 21).

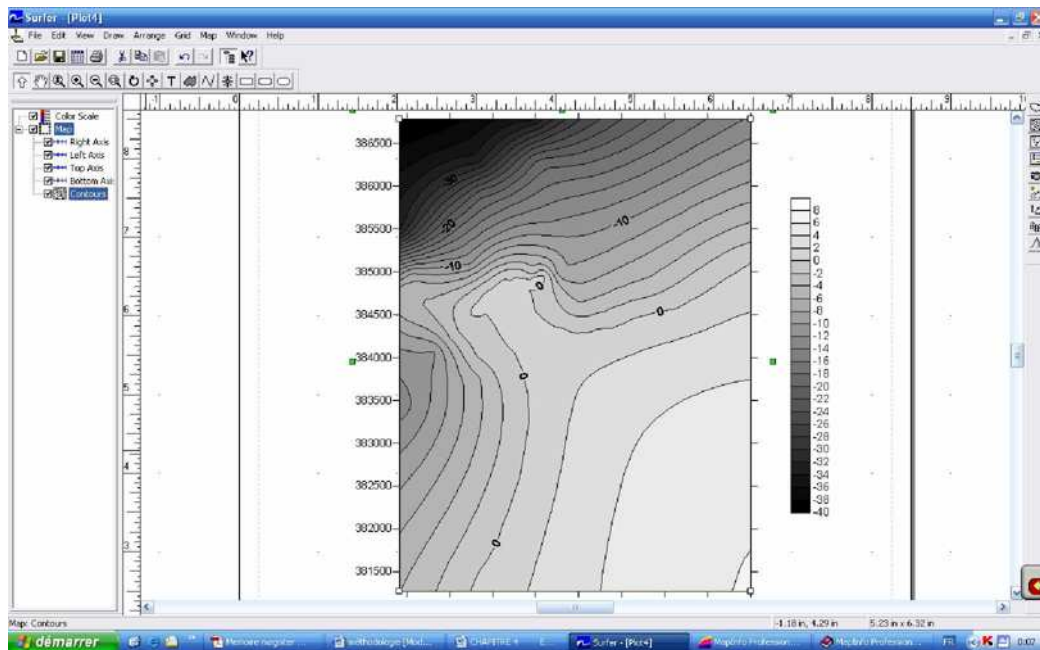


Figure n° 20: Affichage des cartes par surfer.

5. Courantologie

En laboratoire, les données de courants mesurés sont téléchargées depuis le CDU (Control Display Unit ; unité de contrôle et d'affichage) vers le PC ayant un port COM. Les données téléchargées sont ensuite visualisées grâce à un logiciel de visualisation de données fourni par le constructeur du courantomètre et traitées à l'aide du calculateur EXCEL (fig. n° 21).

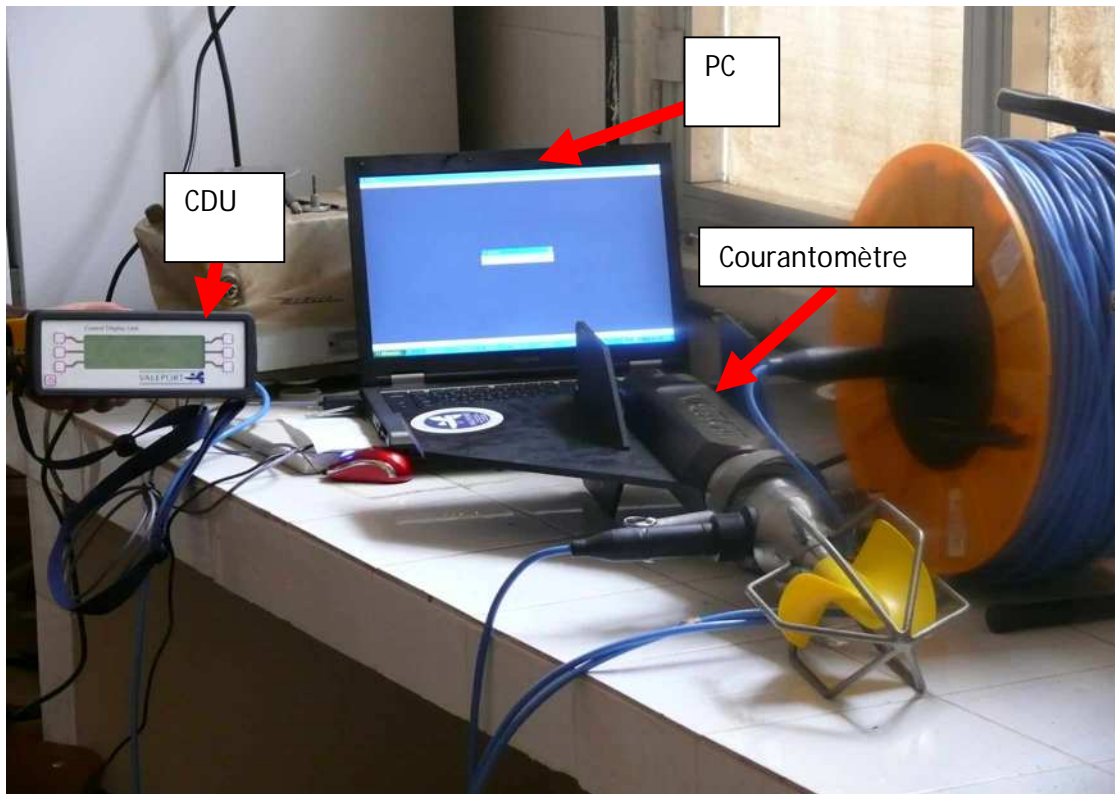


Figure n° 21: Téléchargement des données à partir de CDU.

6. Etude de la dynamique hydrosédimentaire effective sur les profondeurs comprises entre -20 et -35 m :

L'étude de la dynamique des sédiments des profondeurs entre – 25 et -30 m a été effectuée en utilisant la donnée courantologique mesurée au niveau de ces profondeurs. Et pour l'étude de la mobilité des sédiments sur ces fonds marins, nous avons injecté la donnée du courant dans des équations mathématiques et ce, pour le calcul de la vitesse de cisaillement pour un début de transport par charriage (u_{*cr}).

A cet effet, la méthode de Yalin (1963 in Hemdane, 2006) a été utilisée pour obtenir le paramètre adimensionnel de Shield θ_{cr} :

$$\log \theta_{cr} = 0.041 (\log Y)^2 - 0.356 \log Y - 0.977, \quad Y < 100,$$

$$\log \theta_{cr} = 0.132 \log Y - 1.804, \quad 100 < Y < 3000,$$

$$\log \theta_{cr} = 0.045, \quad \theta Y > 3000$$

Y étant le paramètre de Yalin (paramètre de mobilité) qui est défini par :

$$Y = [(\rho_s - \rho)gD^3 / \rho \nu^2]^{0.5},$$

Avec :

ρ_s et ρ sont respectivement la densité du sédiment et du fluide, g l'accélération de la pesanteur, D le diamètre des grains et ν la viscosité cinématique du fluide. La valeur de θ_{cr} est ensuite utilisée pour l'évaluation de la contrainte critique de cisaillement τ_{cr} par l'équation suivante:

$$\tau_{cr} = \theta_{cr} (\rho_s - \rho)gD,$$

La vitesse critique de cisaillement u_{*cr} est obtenue par la loi quadratique :

$$u_{*cr} = (\tau_{cr} / \rho)^{0.5}$$

Enfin, la vitesse de cisaillement (u_*) à partir de la vitesse enregistré par le courantomètre et le diamètre moyen par l'équation suivante :

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

Avec :

κ : Constante de Karman (0,4) ;

u_z : vitesse du courant mesurée sur une hauteur de z au-dessus du fond (m/s);

Kb : Hauteur de la rugosité initiale (m), estimée par : $Kb = 2,5D$;

D : diamètre moyen des grains ;

u_z : vitesse moyenne à une hauteur (z) au-dessus du fond ;

z : hauteur au-dessus de laquelle le courant est mesuré ($z = 1$ m pour notre cas).

A decorative graphic of a scroll, oriented vertically, with a grey circular element at the top right corner and a grey circular element at the bottom left corner. The scroll is outlined in black and has rounded corners.

CHAPITRE IV :

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Bathymétrie de la zone:

D'après les données de profondeurs de l'écosondeur et les coordonnées géographiques de G.P.S on a réalisé la carte représentée dans la fig.22:

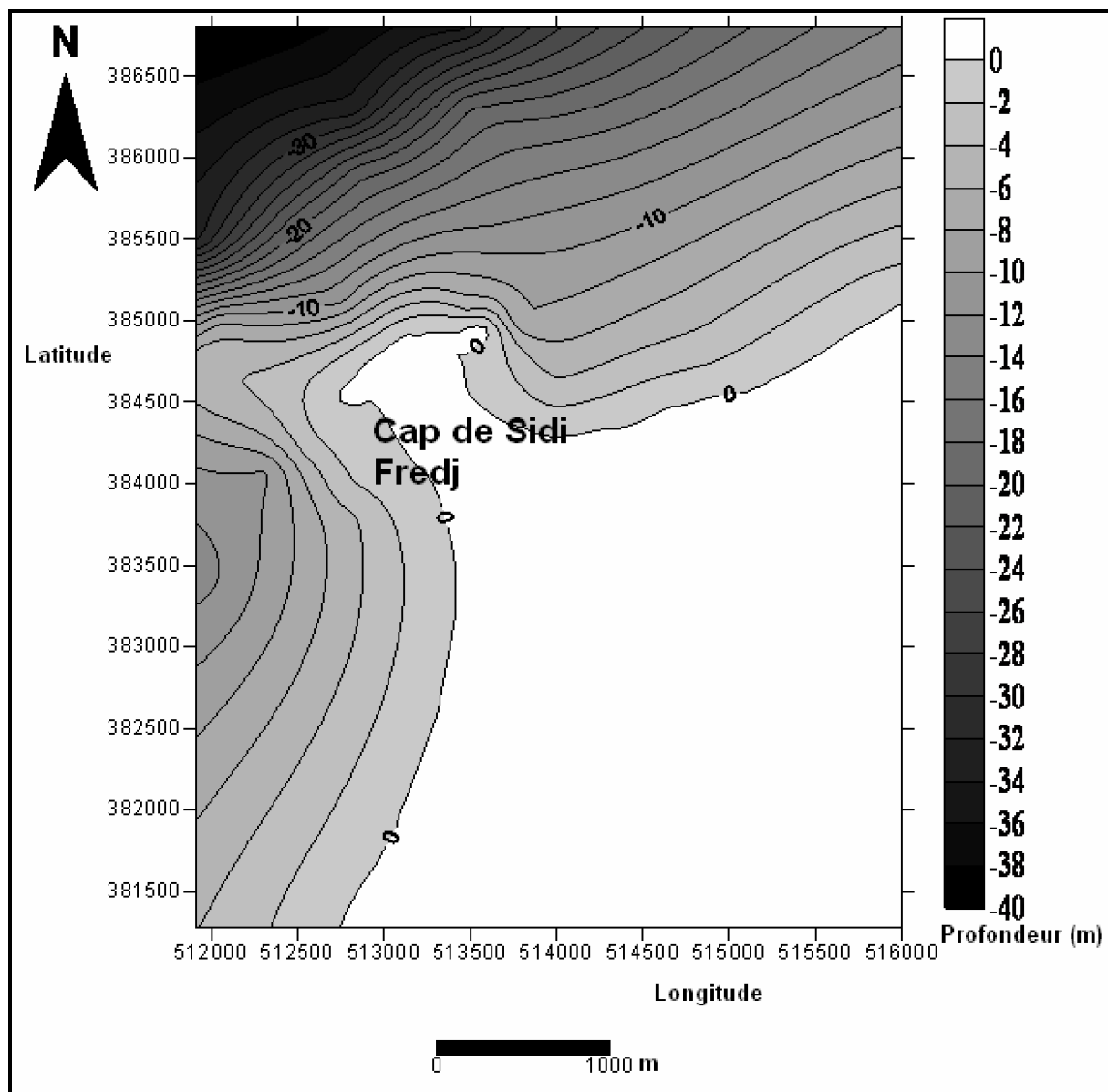


Figure n °22: variation de la bathymétrie dans la zone de Sidi Fredj.

L'observation de la bathymétrie de la zone d'étude nous permet de diviser celle-ci en trois zones :

1.1. Zone Est :

Dans cette zone la bathymétrie est assez régulière avec une pente moyenne de **0.63°** jusqu'à des profondeurs de **30 m (Voir le profil bathymétrique-1)**. Ceci confirme la présence d'une forme d'accumulation sous-forme de plage et de dunes littorales (plage Est) ; la pente douce favorise les accumulations sédimentaires.

1.2. Zone du cap :

La bathymétrie dans cette zone est moins régulière avec une pente moyenne de **1.31°** (Voir le profil bathymétrique-2).

1.3. Zone Ouest:

Dans cette zone la bathymétrie est inégale avec une pente moyenne de **0.3°** jusqu'à des profondeurs de **30 m (le profil bathymétrique-3)**. Bien que la pente soit douce et favorable pour des dépôts sédimentaires sur la plage, on remarque que la plage Ouest est en érosion. Ceci serait lié, à l'occupation anarchique du haut de la plage de cette zone (fig.23)



Figure n° 23 : Occupation anarchique du haut de la plage

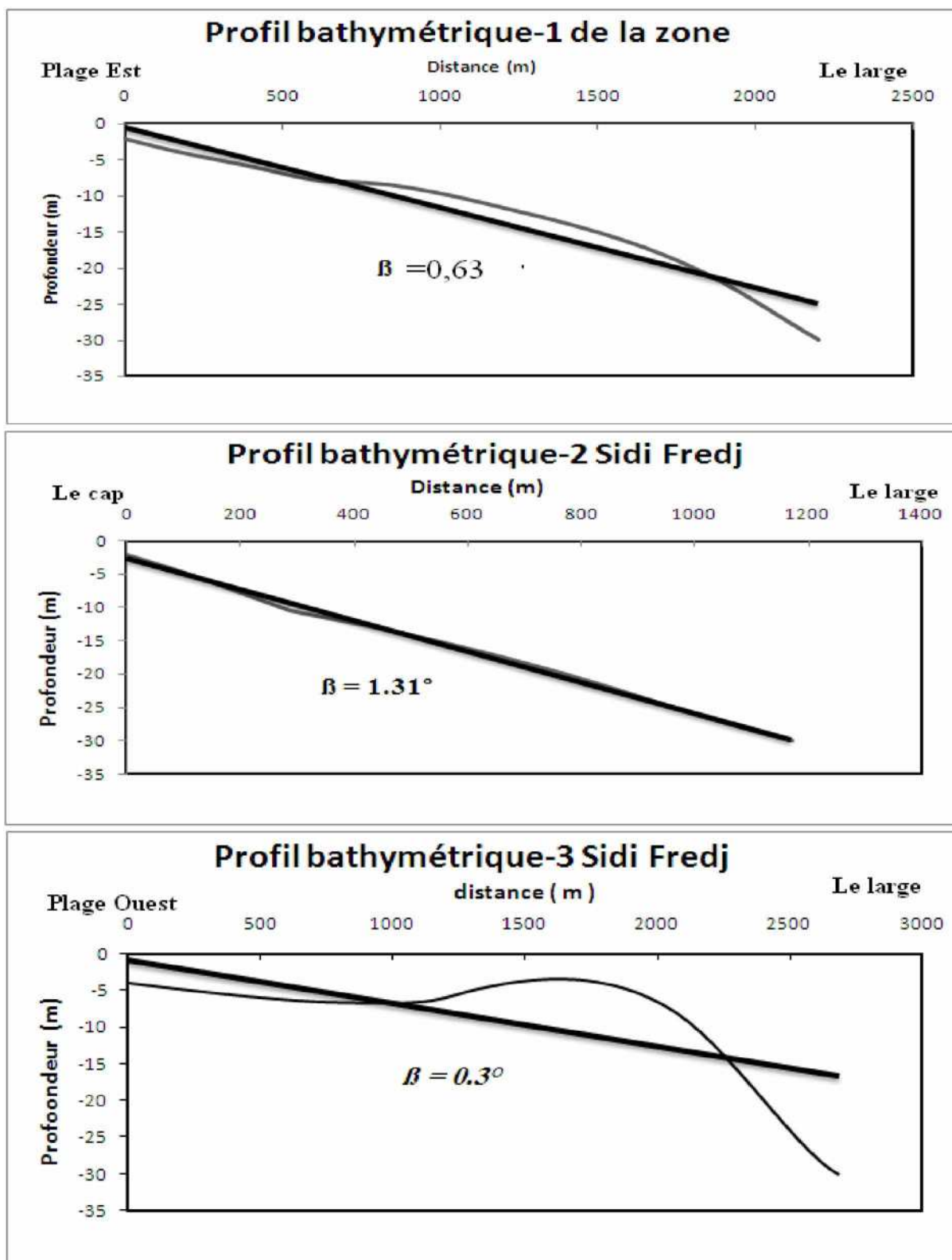


Figure n °24: Les pentes des profils bathymétriques de la zone.

2. Analyse granulométrique:

A partir du tableau (6) des paramètres granulométriques on voit clairement que :

- « La taille moyenne des échantillons varie entre **2.17 phi** à **2.93 phi** (**0.22** à **0.13 mm**), cet intervalle est compris dans le domaine des **sables fin**.
- « La majorité des échantillons est constituée de grains dont le diamètre est compris entre 0.71 phi et 1 phi (0,61 à 0,5 mm) et ayant un **mauvais tri**.

Tableau n° 6 : Les paramètres granulométriques et leurs classification

Ech	Mz =	classification	Si =	classification	Sk =	classification
D5	2.75	sable fin	1.01	mauvais tri	0.30	asymétrie vers les particules fines
E2	2.17	sable fin	0.81	tri modéré	-0.65	très forte asymétrie vers les grosses particules
E3	2.73	sable fin	1.00	mauvais tri	-0.21	asymétrie vers les grosses particules
E4	2.93	sable fin	1.09	mauvais tri	0.26	asymétrie vers les particules fines
B1	2.59	sable fin	0.93	tri modéré	0.13	asymétrie vers les particules fines
B2	2.78	sable fin	1.01	mauvais tri	0.26	asymétrie vers les particules fines
B3	2.90	sable fin	1.08	mauvais tri	0.27	asymétrie vers les particules fines
B4	2.81	sable fin	1.05	mauvais tri	0.28	asymétrie vers les particules fines
B5	2.30	sable fin	1.04	mauvais tri	-0.51	très forte asymétrie vers les grosses particules
A1	2.56	sable fin	0.93	tri modéré	0.20	asymétrie vers les particules fines
A2	2.77	sable fin	1.02	mauvais tri	0.36	très forte asymétrie vers les particules fines
A3	2.84	sable fin	1.04	mauvais tri	0.35	très forte asymétrie vers les particules fines
A4	2.92	sable fin	1.10	mauvais tri	0.30	asymétrie vers les particules fines
A5	2.32	sable fin	0.83	tri modéré	-0.22	asymétrie vers les grosses particules

A partir des coordonnées géographiques converties en mètre (Annexe 2) et les valeurs des paramètres granulométriques on a réalisé les cartes suivantes :

2.1. Le diamètre moyen M_z (fig.25):

La répartition spatiale du diamètre moyen (M_z) montre que dans la zone d'exploitation, tous les échantillons prélevés, sont constitués de grains dont le diamètre est compris entre **2.17 phi** et **2.93 phi (0.22 à 0.13 mm)**, et cela montre qu'on est dans le domaine de sable fin.

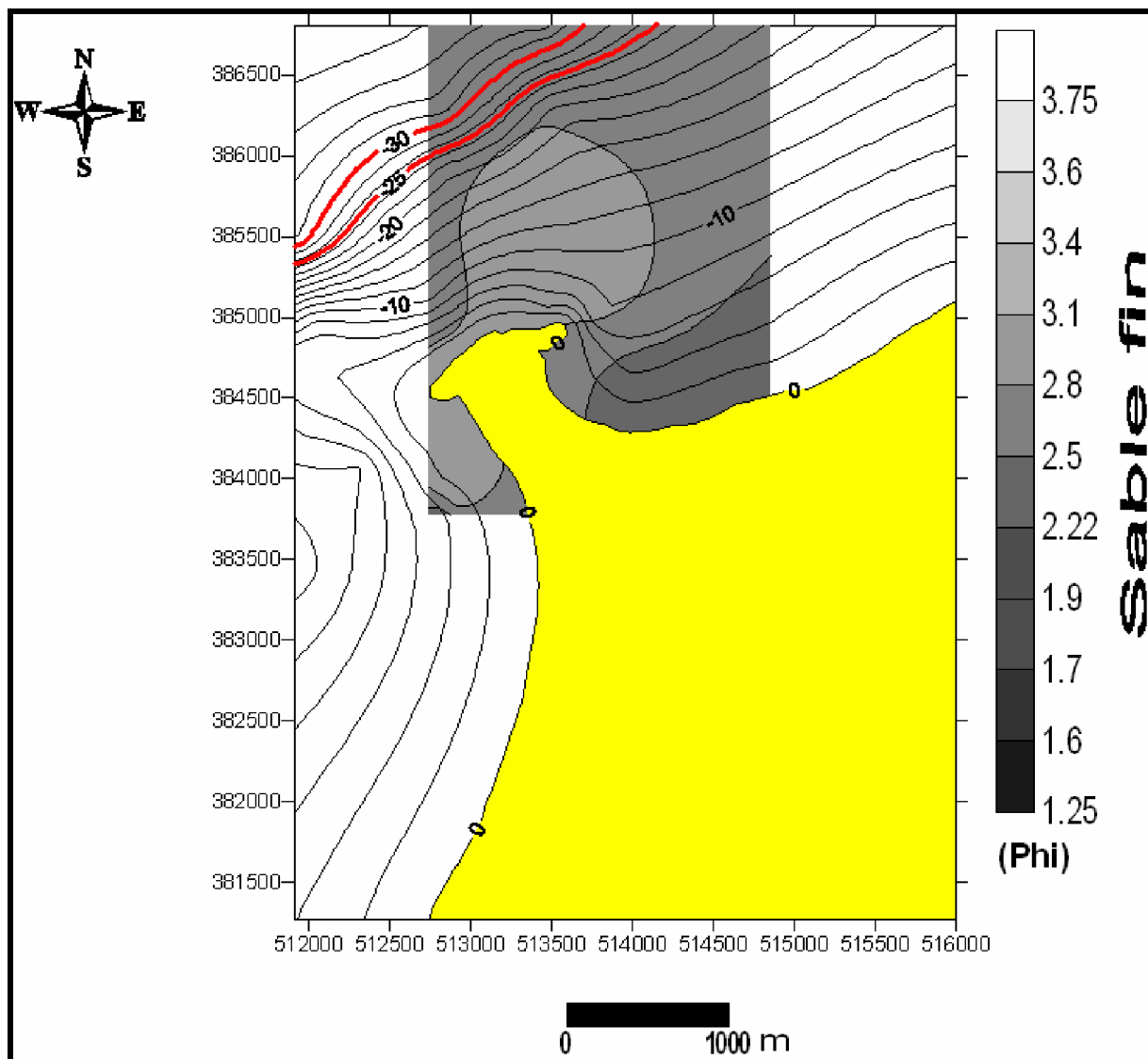


Figure n °25:La distribution spatiale du diamètre moyen M_z .

2.2. L'indice de tri Si (fig.26) :

La répartition spatiale de l'indice de tri (Si) montre que dans la zone d'exploitation, tous les échantillons prélevés sont constitués de grains ayant un mauvais tri. Cependant, on note une légère amélioration du tri au niveau des plages situées à l'est de la zone d'étude. Ceci est nettement régulé par le forçage hydrodynamique qui est, a titre de rappel, plus conséquent au niveau des caps.

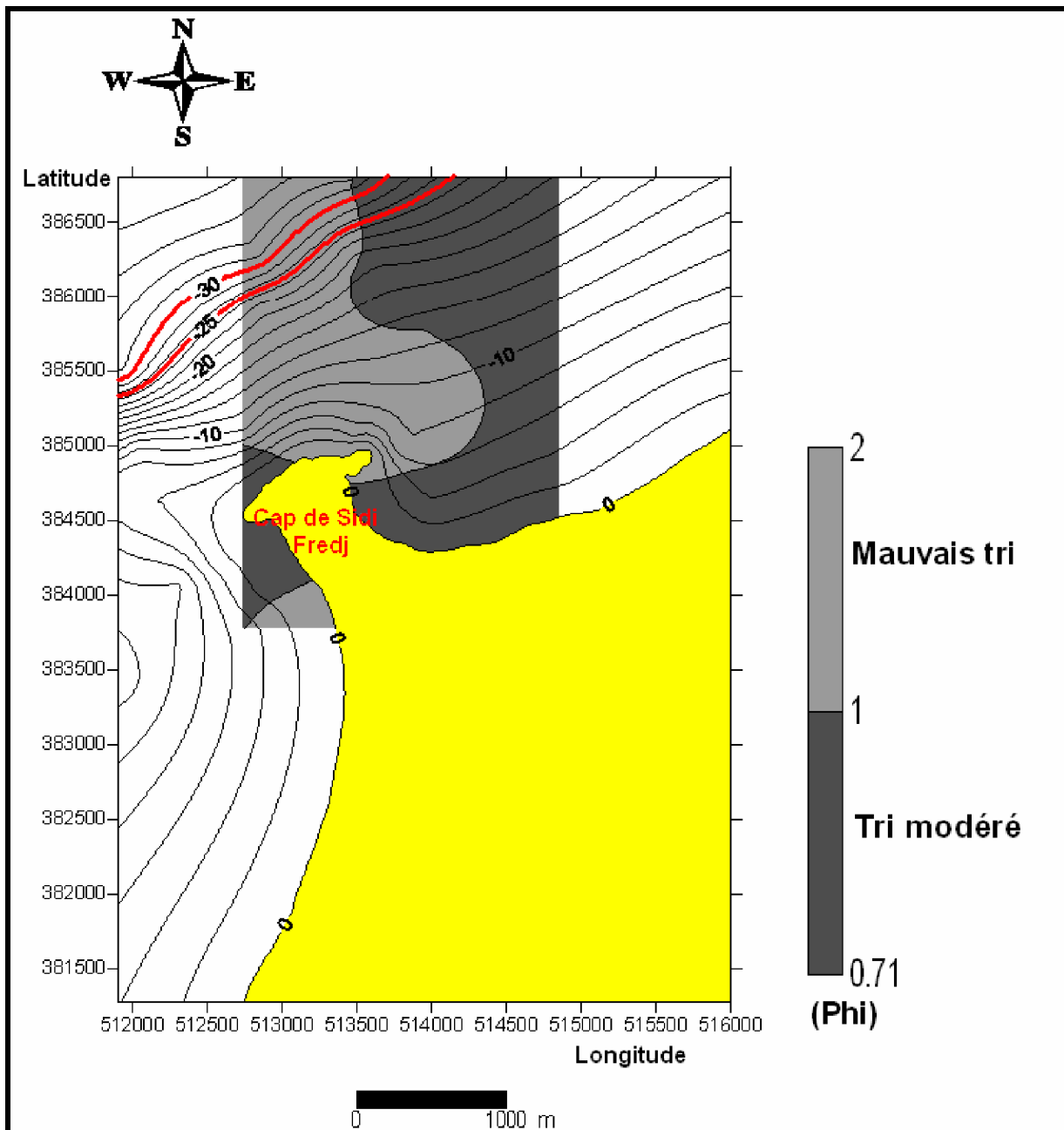


Figure n °26:La distribution spatiale de l'indice de tri Si.

2.3. L'indice d'asymétrie (Skewness) Sk (fig.27):

La répartition spatiale de l'indice d'asymétrie (Skewness) Sk montre que dans la zone d'exploitation, tous les échantillons prélevés sont constitués de sédiments ayant une asymétrie qui tend tantôt vers les particules fines (vers les zones sablonneuses), tantôt vers les particules grossières (au niveau du cap).

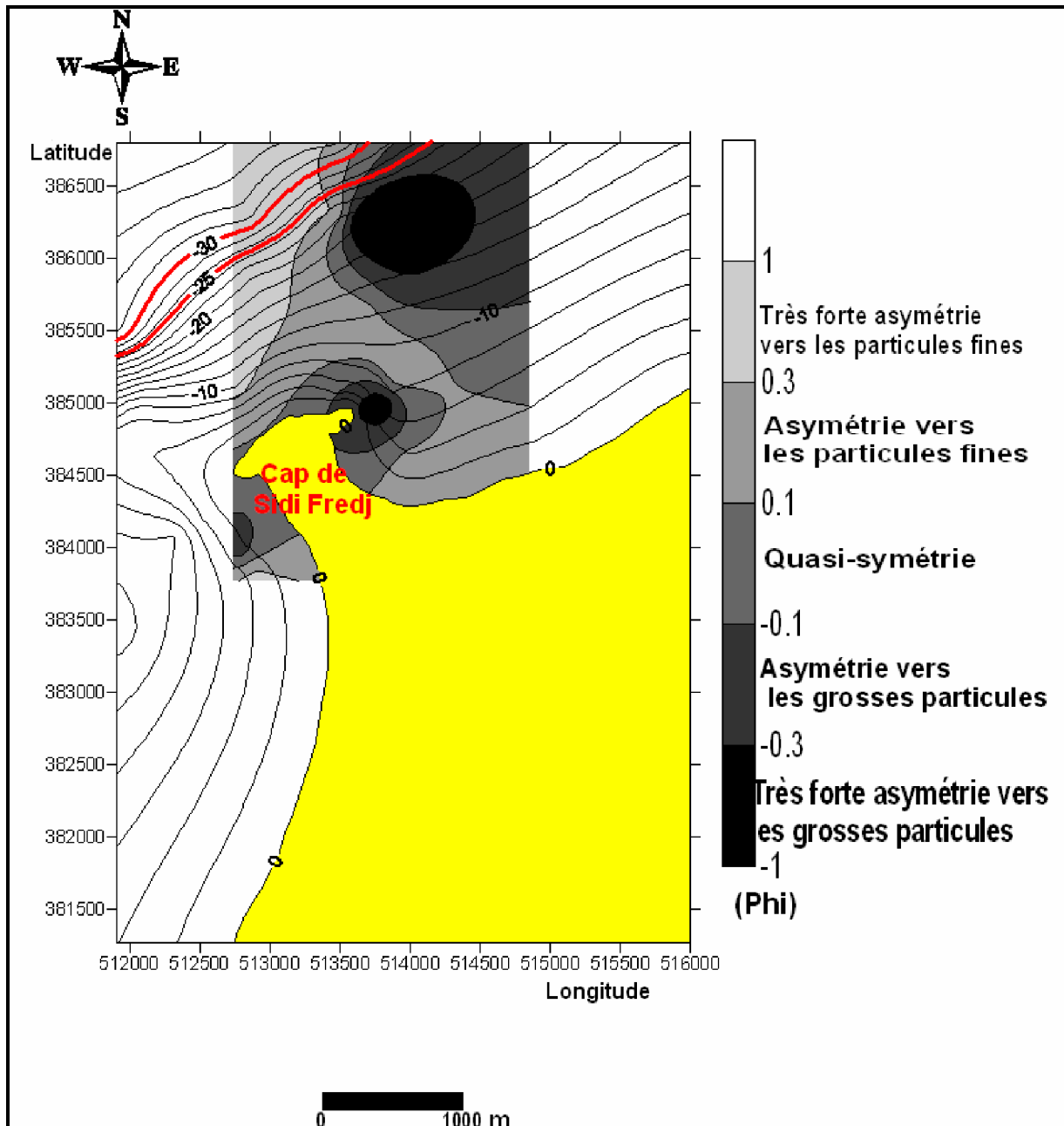


Figure n °27: La distribution spatiale de l'indice d'asymétrie (Skewness) Sk.

3. Courantologie (fig.28):

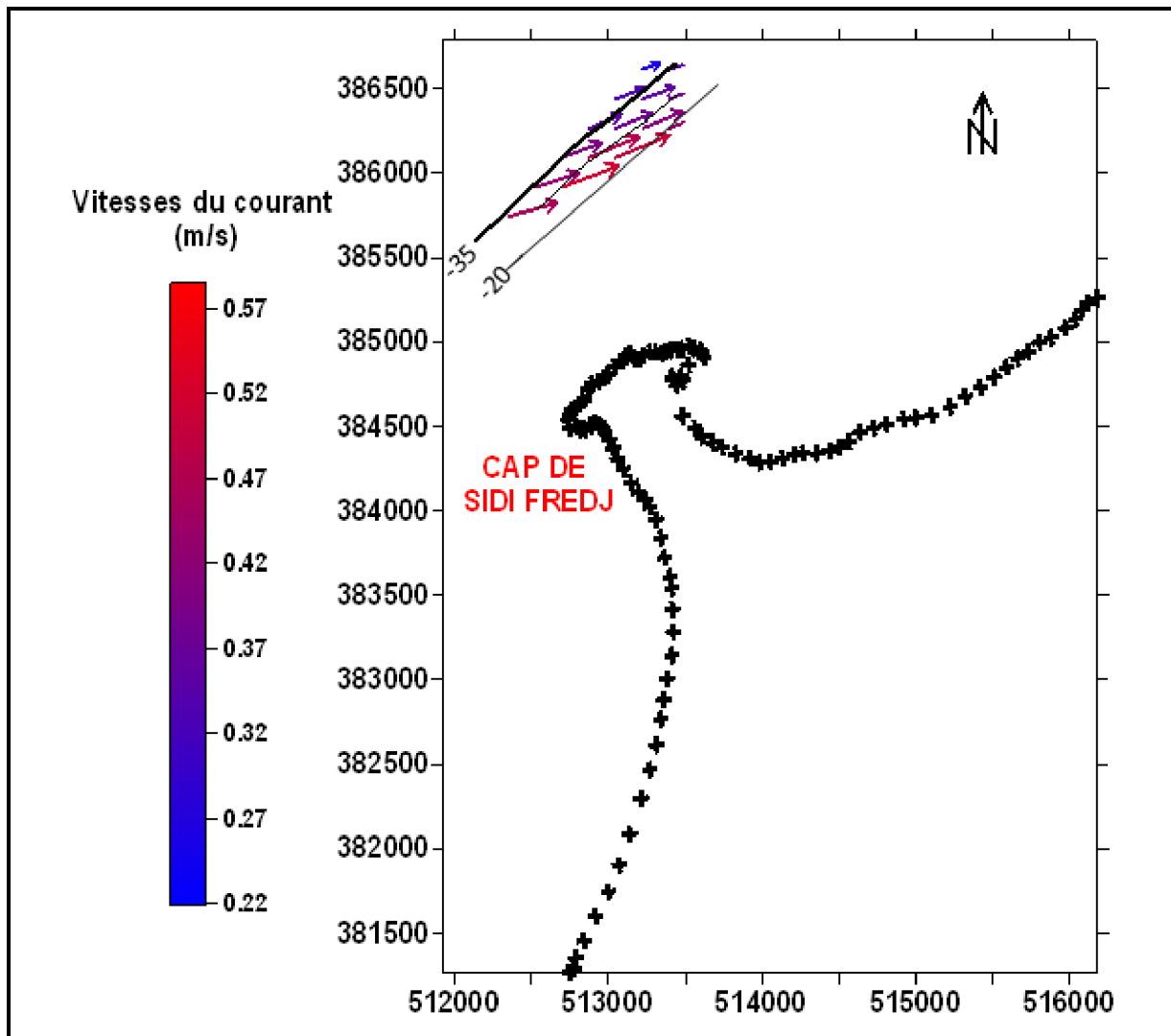


Figure n °28: Courants mesurés sur les profondeurs comprises entre -20 et -35 m : trait fin c'est l'isobathe -20m et le trait gras c'est l'isobathe -35 m.

L'observation des courants mesurés entre -20 et -35 m (fig. n°29) montre que bien que le vent soit très faible ($< 6.5 \text{ m.s}^{-1}$, source ONM 2009) lors de notre campagne de mesures, on remarque des courants atteignant ou presque des vitesses de 0.6 m.s^{-1} . Ces forts courants mesurés au niveau de notre zone d'étude et sur des profondeurs côtières seraient dus à un courant de densité provenant de l'atlantique et qui est ensuite plaqué contre la côte Algérienne. Ce courant a été mis en évidence par les travaux de **Millot (1999)** qui ont été effectués en méditerranée.

Ce flux hydrodynamique est de direction Est, mais avec une légère obliquité en direction du littoral de Chéraga et de Ain Benian. Par conséquent, il existerait une « solidarité » en termes d'échanges sédimentaires (équilibre côtier) entre ces profondeurs et la côte qu'on essaye de corroborer dans l'application suivante.

Afin de vérifier si des sédiments sont mobilisés par le courant en présence sur les fonds de la zone d'étude, on a comparé les vitesses critiques de cisaillement, obtenues en analysant le sédiment, avec les vitesses de cisaillement du courant mesuré. Les résultats indiqués sur les tableaux montrent que pour les trois stations de mesures (A1, B1, B2, Fig.n°. 16), les sédiments sont mobilisés vers l'Est et quasi-obliquement vers le littoral de Chéraga et de Ain Benian. Plus précisément, en prenant en considération la couverture sédimentaire et la morphologie sous-marine, les courants mesurés sont capables de transporter les sédiments vers l'Est et vers les côtes voisines.

Tableau n° 7: Les coordonnées géographiques et les vitesses du courant avec leurs directions

x	y	d	Uc (vitesse du courant) (m/s)	dir (°)
513434.14	386787.69	-35	0.2	76
513489.33	386321.8	-20.5	0.41	69.9
513416.4	386732.17	-32.5	0.33	77.2

Tableau n° 8 : les vitesses de cisaillement liées au courant et les vitesses de cisaillement critique

Stations	Vitesse	
	u*cr(m.s-1)	u*c(m.s-1)
a1	0.012	0.009
b2	0.011	0.015
b1	0.012	0.012



CONCLUSION
GÉNÉRALE

Conclusion générale:

Dans le cadre de ce travail qui consistait à proposer une méthodologie pour l'étude de la dynamique hydrosédimentaire sur les profondeurs comprises entre -20 et -35 m pour l'exploitation des granulats marins, il a été jugé utile de coupler les données morphosédimentaires à celles de l'hydrodynamisme régulant la zone où les prélèvements sédimentaires.

D'après les observations de notre zone d'étude on a remarqué que l'occupation anarchique de la plage Ouest engendre un état d'érosion.

A partir de l'analyse granulométrique on a constaté que la plupart des échantillons ont des grains dont leur diamètre varié entre 0,61 à 0,5mm et ayant un mauvais tri.

Dans notre travaille on a trouvé que malgré la faible existence du vent ($<6,5 \text{ m.s}^{-1}$) il y a des forts courants dont leurs vitesse peut atteindre. Ces courants de direction Est qu'on a mesuré seraient dus selon millot (1999) au courant de densité prévenant de l'Atlantique vers les côtes Algériennes.

Les résultats obtenus de la comparaison des vitesses de cisaillement liées au courant et les vitesses de cisaillement critique montrent que dans les trois stations de mesure (A_1, B_1, B_2); les sédiments sont tous mobilisés vers l'Est (quasi-obliquement vers le littoral de Chéraga et Ain-benian).

Finalement on recommande de :

- Ø Fixer La profondeur selon la morphologie, les données hydrodynamiques et en tenant compte des incidences environnementales du site et cela aux moyens d'études scientifiques et as par le législateur.
- Ø Renforcer les études sur le terrain.
- Ø Renforcer le maillage.



BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques

- Alzieu, C., Bassoullet, Ph., et Guillaud, J.F., 1999.** Dragages et environnement marin. Ifremer, 223ps.
- Augris, A., et Cressard, A.P., 1984.** Les granulats marins. Centre National pour l'Exploitation des Océans(CNEXO). Rapports scientifiques et techniques, No 51, 89 ps.
- Bensaid, F., Bouanane, M., 2008.** Relation entre la morphologie du linéaire côtier et de la salubrité des plages de la baie de Bou-Ismaïl. Aménagement du littoral.
- Boutiba, M., 1996.** Etude en vraie grandeur du mode de fonctionnement des ouvrages de protection de la plage Est de sidi Fredj (Ouest d'Algérie) .thèse de magister, aménagement du littoral .*ISMAL : 123p.*
- Caulet, J., 1972.** Les sédiments organogènes du précontinent algérien. Mémoire Museum National Histoire Naturelle, Paris. Série C, 25, 289p.
- Camley, H., 1987.** Sédimentologie. *Edition Dunod .175p.*
- Camley, H., 1987-2000.** Bases de sédimentologie. 1^{er} et 2^{ème} cycle. 2^{ème} édition Dunod. 178p.
- Csanady, G.T. (1982).** Circulation in the Coastal Ocean. Reidel, Dordrecht, 279 pp.
- Folk, R.L. et Ward, W.C., 1957.** Brazos River bar, a study of the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, p. 3-27.
- Grimes, S., 2003.** Plan d'action national pour protection des sites sensibles naturels marins du secteur Cap Djinet au Mont Chenoua. *Contrat PNUE/PAM/CASP/MATE, Alger, 64 p.*
- Grimes, S., 2004.** Bilan et diagnostic .Protection des sites sensibles naturels marins du secteur Cap Djinet au Mont Chenoua. 61p.
- Haddouche, I., 2003.** Etude de l'état de pollution de la baie de Bou-Ismaïl par les sels nutritifs et les métaux lourds en Juillet 2002. Mémoire Ingénieur d'état en aménagement .I.S.M.A.L., 88p.
- Hemdane, 2006 .** Thèse de doctorat
- Leclaire, L., 1972.** La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro - Baléares (précontinent algérien). *Mémoire du Muséum National d'Histoire Naturelle. Nouvelle série C. Science de la Terre, 24, 391 p*
- Loi n°02-02 : du 22 Dhou El Kaada 1422 correspondant au 5 février 2002,** relative à la protection et à la valorisation du littoral.
- Millot, C., Taupier-Letage, I., et Benzohra, M., 1990:** The Algerian eddies. *Earth Scienc Reviews*, 27, 203 – 219.

Niedoroda, DA AW, Swift, DJP., et Hopkins, TS. (1985). The Shoreface. In: DAVIS JR, RA, (ed). Coastal Sedimentary Environments, Springer-Verlag, New York, p. 533-624.

(O.N.A.T) Office national d'aménagement du territoire. Porr de Sidi Fredj, Etude sédimentologique par Allen G.P.

ONM , 2004 ;2007 et 2009 . Relève météorologique

Ourabia, K et Benallal, K., 1989. Etude hydro géologique et géotechnique de la zone côtière de Staoueli-Sidi-Fredj (Ouest Algérois). *Diplôme d'ingénieur d'état en hydrogéologie (science de la terre) USTHB. 101 Ps.*

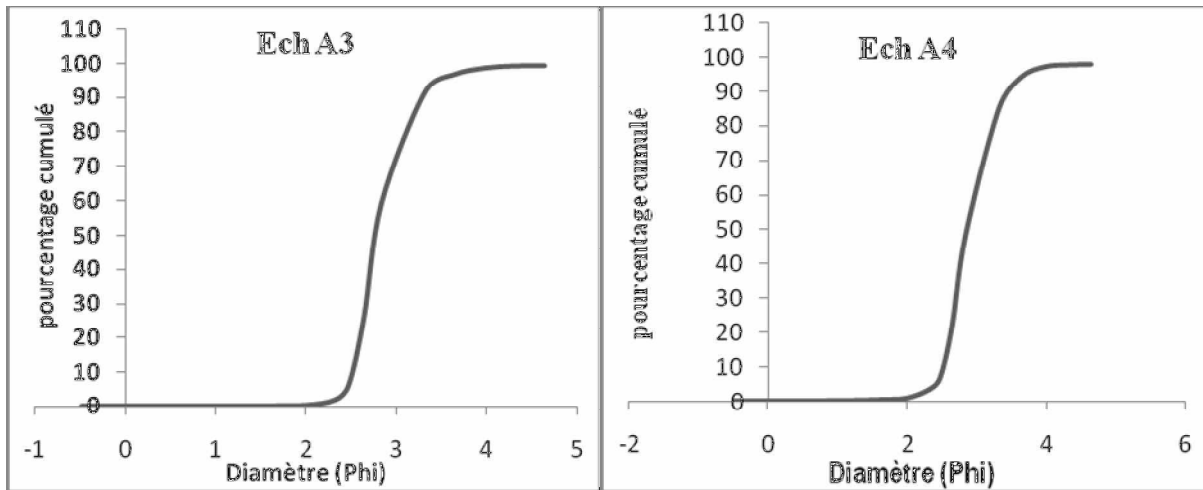
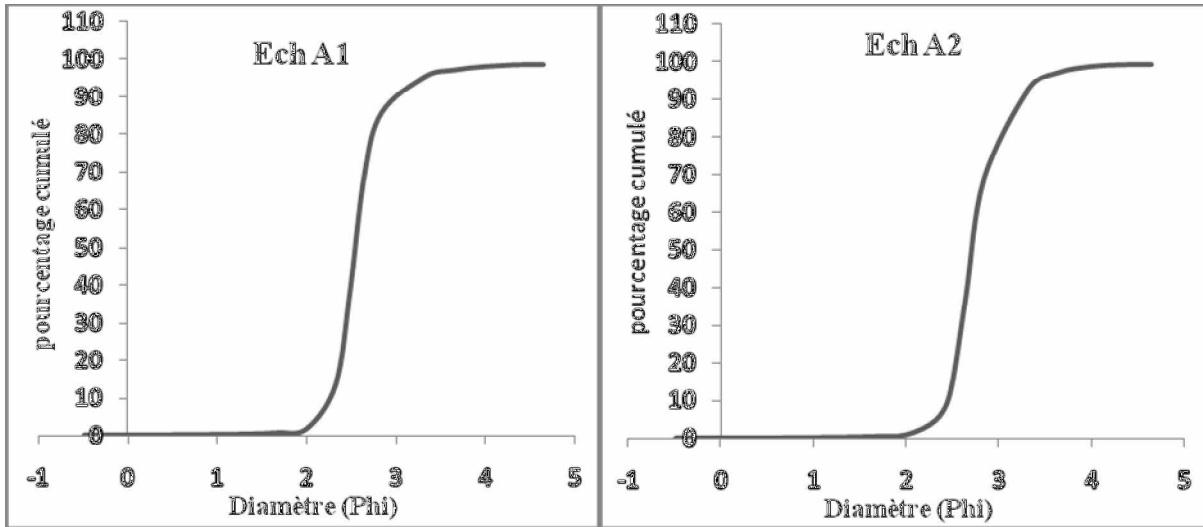
(S.D.A.T, 1986). Schéma directeur d'aménagement touristique des Willayas du Nord. Willaya de Tipaza/Phase I. 179ps.

Rivière, A.,1977 . Méthode granulométrique ,technique et interprétation .Techniques et méthodes de sédimentologie .Ed. Masson (Paris).170p.

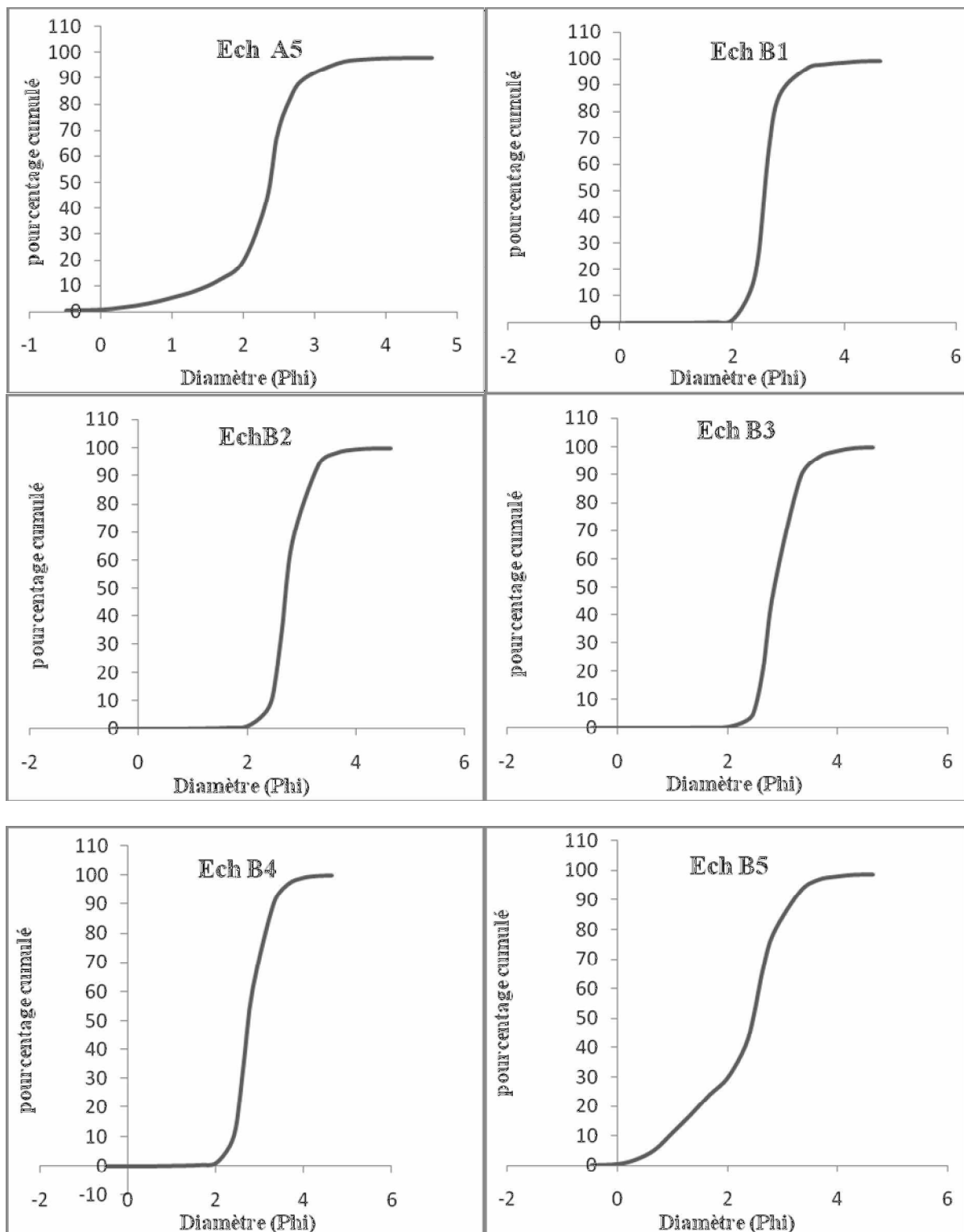
Swift, D. J. P., G. Han et C. E. Vincent. (1986). Fluid process and sea floor response on a Modern storm-dominated shelf: Middle Atlantic Shelf of North America. Part I. The Storm current regime. in: Knight, R. J. and J. R. McClean, Eds. Shelf Sands and Sandstone Reservoirs. Canadian Soc. Petroleum Geologists Mem. 1, p. 99-119.



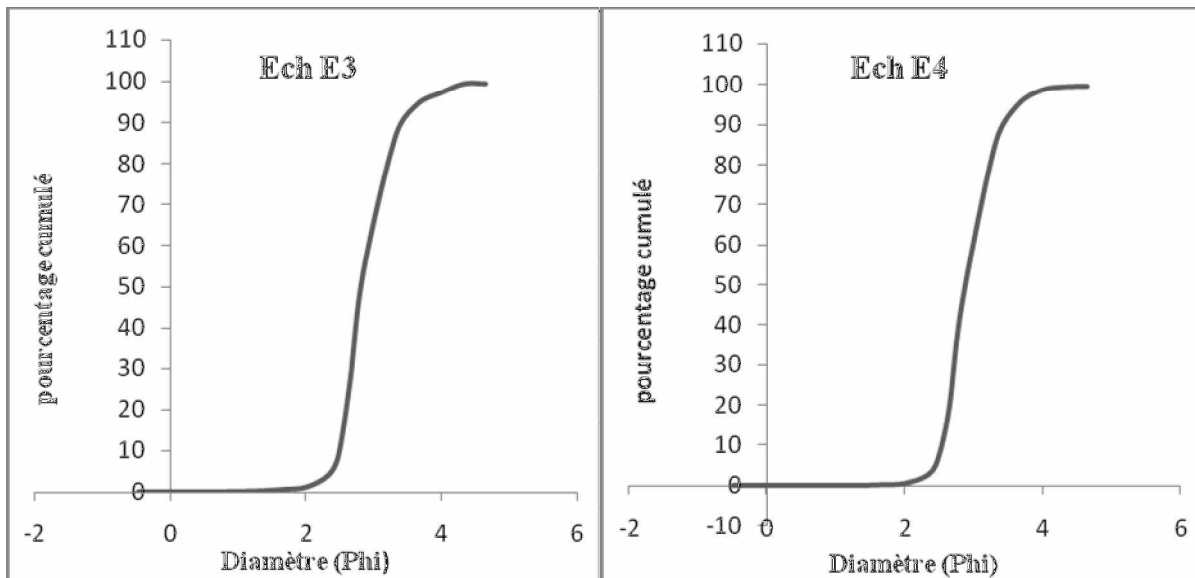
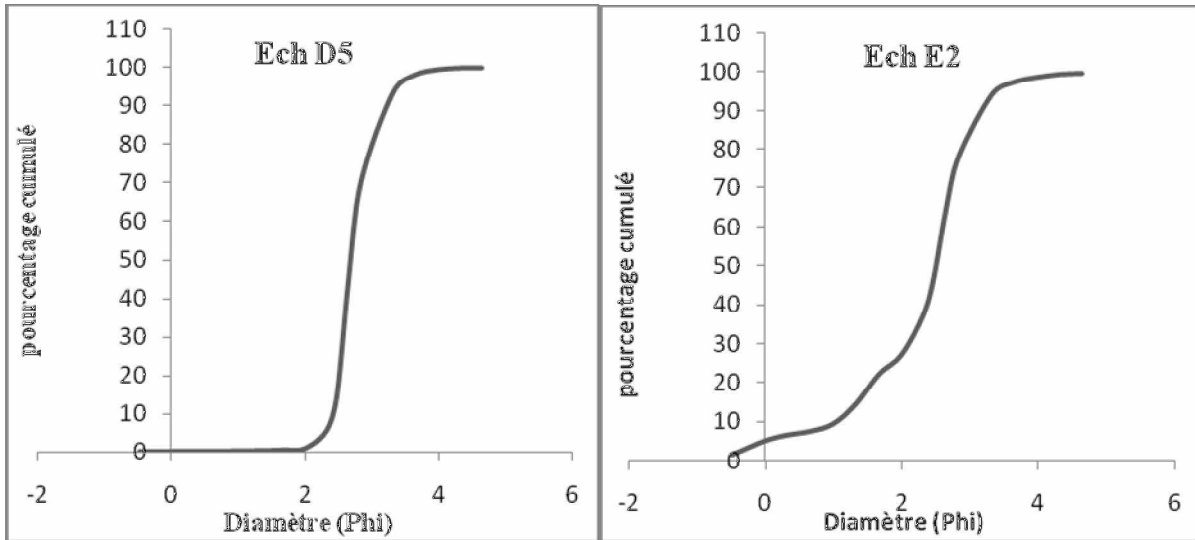
Annexe : 1



Annexe: 1 (suite)



Annexe: 1 (suite)



Annexe: 2

Tableau n° 1 : Les données converties de degrés en mètre

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

Annexe: 3

Loi n° 2002-02 du 22 Dhou El Kaada 1422 correspondant au 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral, p.18.

Art. 21. - L'extraction de matériaux sous marins en off-shore est interdite jusqu'à la limite de l'isobathe des vingt cinq (25)mètres.

En cas de nécessité liée à la nature des fonds concernés ou des particularités liées aux écosystèmes qu'ils abritent, les zones concernées peuvent être étendues par voie réglementaire.

Les activités industrielles en off-shore sont déterminées par voie réglementaire.

