

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل
École 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 DE
MASTER EN SCIENCES DE LA MER**

Spécialité : AMÉNAGEMENT DU LITTORAL

Thème :

**Impact des Infrastructures littorales sur l'évolution du trait de
côte dans une zone soumise à un fort transit sédimentaire
– Cas de Sidi Fredj -**

Présenté par:

M^{lle} BELKACEMI Somia.

Soutenu le 01/07/2015 devant le jury suivant :

**M^r GUERFI M.
M^r MEZOUAR K.
M^r HEMDANE Y.
M^{me} MEHDID S.**

Maître de Conférences A (ENSSMAL)
Maître de Conférences B (ENSSMAL)
Maître de Conférences A (ENSSMAL)
Maîtresse Assistante A (ENSSMAL)

**Président
Promoteur
Examineur
Examinatrice**

Promotion : 2014/2015

*« La théorie, c'est quand on sait tout et que rien ne fonctionne.
La pratique, c'est quand tout fonctionne
et que personne ne sait pourquoi ».*

Albert Einstein



REMERCIEMENTS

Remerciements

Ce travail de mémoire, je ne l'ai pas fait seul ;

Je tiens en premier lieu à remercier le BON DIEU le Tout Puissant de m'avoir procuré : santé, patience et la force dans les moments difficiles d'éditer ce mémoire ainsi aux membres de ma famille qui m'ont soutenu durant ce petit séjour pour réaliser ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à tous les membres de mon jury, premiers lecteurs attentifs de ce manuscrit.

Je remercie **M^r MEZOUAR Khoudir** d'avoir accepté de diriger et de suivre constamment la progression de ce travail par ses suggestions, sa disponibilité et son aide.

Je tiens à remercier **M^r GUERFI M.**, d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.

Je tiens à remercier **M^{me} MEHDID S.**, et **M^r HEMDANE Y.**, d'avoir pris le temps d'examiner ce travail.

C'est un plaisir autant qu'un devoir d'exprimer ma gratitude et ma reconnaissance à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin, pour la réalisation de ce modeste travail.

Je suis reconnaissant à tous nos enseignants qui ont contribué à ma formation et à toute personne qui m'a appris une lettre ou une phrase, qu'ils trouvent ici mes reconnaissances et un petit fruit de leurs sueurs.

Finalement, merci à vous, lecteurs, pour l'intérêt que vous portez à ce manuscrit.

Je ne sais si vous serez nombreux, mais je vous souhaite une bonne lecture.

Merci à tous et à toutes





DEDICACES

Dédicaces

Mes chaleureuses dédicaces vont à mes parents, à ma mère A., qui a été toujours là pour moi, mon père H., qui a toujours eu confiance en moi. Je ne les remercierai jamais assez pour leur présence à mes côtés durant tous les moments de ma vie.

Je dédie ce travail aussi à Mes frères : Hamid, Abdelkarim, AbdALLAH & sa femme Safia.

Mes adorables sœurs : Lalia & Aya.

Mes grandes mères K. & L.

Tous mes Oncles et mes Tantes.

Sans oublier tous mes amis surtout la promotion Aménagement (2015): Sabrine(43), Fatima(48), Nadia(29), Rym(18) (Responsable commerciale), Anissa(26), Abir(16), Yousra(16), Zinou(14) (chargé des missions), Mouhamed(14) (Directeur Général), Walid 3ab9our(16), Ahmed(42), Djemoui (07), Nazim (16), Sofiane elwali(21), Walid(24), Wahid(24), Brahim(29), Zaki(05), Kamal (15), Nassim (15), Nacer (15), Farid (18), Khalid (18), Med Amine (18), Naim (42), Med (42).

Et ceux qui ont participé avec moi à Formation Ingénieur Entrepreneur surtout mon groupe « Algerian Laboratory Maritime Engineering and Modeling » ainsi que Eco-Reefs, ArtA cyste & ALGold. Sans oublié Nezli (05) & ma copine Chahra (41).

Je n'oublierai pas mes copines de la chambre A59 : Imène (31), Souâd (10), Katia (15) & Asmâa(02).

& à la fin : À vous cher lecteur d'avoir consacré votre temps à lire ce travail.

Somia BELKACEMI



TABLE DES MATIERES

Table des matières	i
Liste des acronymes	ii
Liste des figures	iii
Liste des tableaux	iiii
Introduction générale	16
Chapitre I : PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE	
Introduction.....	18
1. La situation géographique de la zone d'étude.....	18
2. Aspects morphologiques du littoral de la Baie d'El Djamila.....	19
2.1. Les dunes.....	19
2.2. Les plages.....	19
2.3. Les platiers rocheux.....	20
2.4. Les barres et les fosses de lévigation.....	20
3. Cadre géologique.....	20
3.1. Le massif d'Alger.....	20
3.2. Le Sahel.....	20
4. Le réseau hydrographique et apports fluviaux.....	21
4.1. Oued Béni Messous.....	21
4.2. Oued Mazafran.....	21
5. Contexte bathymétrique.....	21
5.1. La carte bathymétrique.....	21
5.2. Réalisation des profils bathymétriques.....	23
6. Etude de l'érosion/dépôt dans la zone d'étude	25
Chapitre II : ÉTUDE GRANULO-SÉDIMENTAIRE	
Introduction.....	27
1. Prélèvement des sédiments.....	27
2. Méthode d'analyse au laboratoire.....	28
2.1. Au niveau de la plage Est de Sidi Fredj.....	28
2.1.1. Paramètres et indices granulométriques.....	28
a. Les paramètres de position.....	28
b. Indices granulométriques.....	29
3. Résultat et discussion.....	31
3.1. Analyse de la fraction fine.....	31
3.2. Analyse de la fraction grossière.....	32
3.2.1. Les courbes granulométriques.....	32
3.2.2. Les quantiles.....	34
3.3.1. Indice de classement.....	36
3.3.2. Le coefficient d'asymétrie.....	37
3.4. Analyse modale.....	37
4. Analyse de la dynamique sédimentaire de la plage de Sidi Fredj Est avec le modèle Mc Laren / Gao et Collins.....	38
4.1. Principe du modèle.....	38
4.2. Procédure analytique.....	39
4.3. Les résultats de la modélisation du transport sédimentaire.....	40
Conclusion.....	40

Chapitre III : ÉVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE DE LA PLAGE DE SIDI FREDJ EST

Introduction.....	42
1. Evolution du trait de côte de la plage de Sidi Fredj Est.....	42
1.1. Récolte des données.....	42
1.2. Moyens et procédures.....	43
1.3. Evolution du trait de côte de la plage Est de Sidi Fredj 1921 – 2015.....	43
a. Période de 1921 à 1956.....	43
b. Période de 1972 à 1980.....	44
c. Période de 1980 à 1993.....	44
d. Période de 1993 à 2002.....	45
e. Période de 2002 à 2015.....	45
Conclusion.....	48

Chapitre IV : SIMULATION DE LA RÉFRACTION DE LA HOULE SUR LA CÔTE

Introduction.....	50
1. Le contexte hydrodynamique.....	50
1.1. Les vents au large.....	50
1.2. Les houles.....	51
2. Application du modèle SWAN.....	52
2.1. Description du modèle SWAN.....	52
2.2. Les étapes à suivre.....	53
2.3. Compilation des GRID et cartographie.....	54
2.3.1. Aperçu du logiciel Surfer 11.....	54
2.3.2. Action de la houle de direction (N 360°).....	55
2.3.3. Action de la houle de direction (N 45°).....	56
2.3.4. Action de la houle de direction (N 315°).....	57
Conclusion.....	58

Chapitre V : IMPACTS DES INFRASTRUCTURES LITTORALES SUR L'ÉVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE

Introduction.....	60
1. Impact de la construction des équipements côtiers de sidi Fredj et facteurs d'évolution.....	60
1.1. Le port de Sidi Fredj.....	60
1.1.1. Aménagement portuaire.....	61
1.1.1.1. Aperçu sommaire des travaux antérieurs.....	61
1.1.1.2. Conséquences sur le milieu marin et terrestre	61
1.2. La partie Est de la presqu'île de Sidi Fredj.....	62
1.2.1. Etat du site.....	62
1.2.2. Solutions préconisées par le L.E.M (1985).....	64
Conclusion.....	66
Conclusion générale.....	68
Annexes.....	70
Références bibliographiques.....	86



LISTE DES ACRONYMES

ASR:	Artificial Surf Reef
CETMEF:	Centre d'Études Techniques Maritimes Et Fluviales
CTH :	organisme national de Contrôle Technique de la construction Hydraulique
D_{cr} :	Distance critique
Dir :	Direction
GSTA:	Grain Size Trend Analysis
Hs:	Hauteur significative
Kr:	Coefficient de réfraction
LCHF :	Laboratoire Central de l'Hydraulique de France
LEM :	Laboratoire des Études Maritimes
m:	Mètre
ONM :	Office National de Météorologie
PAC :	Programme d'Aménagement Côtier
SIG :	Système d'Information Géographique
SHOM :	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine
SSMO :	Summary of Synoptic Meteorological Observation
SWAN :	Simulating WAVes Nearshore
UTM :	Universal Time Mercator
WGS :	World Geoid System



LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Liste des figures :

Figure n°I.01	Localisation de la zone d'étude	18
Figure n°I.02	Carte géologique de la région de Club des Pins	21
Figure n°I.03	Levé bathymétrique de Sidi Fredj Est en 2009	22
Figure n°I.04	Carte bathymétrique de la Baie d'El Djamila (positionnement des profils bathymétrique).	23
Figure n°I.05	Profils bathymétriques de la Baie d'El Djamila	24
Figure n°I.06	Carte topo-bathymétrique de la plage de Sidi Fredj Est en 3 Dimension	25
Figure n°I.07	Zone d'érosion et de dépôt (1977 – 1984 – 2009)	25
Figure n°II.01	Benne de type « Van Veen »	27
Figure n°II.02	Prélèvement d'un échantillon	27
Figure n°II.03	Localisation des stations de prélèvement des échantillons de la partie sous marine	28
Figure n°II.04	Carte de la répartition des pérites	31
Figure n°II.05	Histogramme unimodal	32
Figure n°II.06	Courbe unimodale	32
Figure n°II.07	Histogramme bimodal	33
Figure n°II.08	Courbe bimodale	33
Figure n°II.09	Histogramme plurimodal	33
Figure n°II.10	Courbe plurimodale	33
Figure n°II.11	Carte de la répartition du décile inférieur (D10)	34
Figure n°II.12	Carte de la répartition du quartile inférieur (Q25)	34
Figure n°II.13	Carte de la répartition de la médiane (D50)	35
Figure n°II.14	Carte de la répartition du quartile supérieur (Q75)	35
Figure n°II.15	Carte de la répartition du décile supérieur (D90)	36
Figure n°II.16	Relation entre l'indice de classement S_0 et la médiane	36
Figure n°II.17	Relation entre l'indice de classement S_k et la médiane	37
Figure n°II.18	Fréquences d'apparition des modes	37
Figure n°II.19	La grille d'entrée dans le modèle GSTA	39
Figure n°II.20	Modélisation du transport sédimentaire dans la zone de Sidi Fredj Est	40
Figure n°III.01	Evolution du trait de côte entre 1921-1984	44
Figure n°III.02	Evolution du trait de côte entre 1984-1995	45
Figure n°III.03	Diagramme de l'évolution annuelle de la ligne de côte de Sidi Fredj Est	46
Figure n°III.04	Carte de l'évolution historique du trait de côte de Sidi Fredj Est plages entre 2002 et 2015	47
Figure n°III.05	Diagramme des Distances de recul par rapport à chaque Transect	48
Figure n°IV.01	Roses récapitulatives saisonnières et annuelles des fréquences d'apparition du vent au large.	50
Figure n°IV.02	Rose des vagues au large de la côte Algérienne – Hiver-.	51
Figure n°IV.03	Rose des vagues au large de la côte Algérienne-été.	51
Figure n°IV.04	Insertion du fichier « <i>Input</i> »	53
Figure n°IV.05	Itération et conception du fichier « <i>Output</i> »	54
Figure n°IV.06	Propagation des houles du Nord (360°) vers la côte.	55
Figure n°IV.07	Estimation des houles significatives du Nord (360°) vers la côte.	55
Figure n°IV.08	Propagation des houles du Nord (45°) vers la côte.	56
Figure n°IV.09	Estimation des houles significatives du Nord (45°) vers la côte.	56
Figure n°IV.10	Propagation des houles du Nord (315°) vers la côte.	57
Figure n°IV.11	Estimation des houles significatives du Nord (315°) vers la côte.	58
Figure n°V.01	Dimensionnement du port de Sidi Fredj « plan de masse »	60
Figure n°V.02	Carte de Sidi Fredj Est avant construction des épis par secteur	62
Figure n°V.03	Dimensionnement des ouvrages de protection (1985) du littoral Est de Sidi Fredj	64
Figure n°V.04	Disposition des ouvrages de protection (1987) du littoral est de Sidi Fredj	65
Figure n°V.05	Stockage du sable après dragage au niveau de la plage Est de Sidi Fredj	65

Figure n°V.06	Chenal d'accès (cavalier) pour le dragage de la passe d'entrée du port de Sidi Fredj	65
----------------------	--	----

Liste des tableaux :

Tableau n°II.01	Les valeurs adoptées pour M_Z pour l'Indice central	29
Tableau n°II.02	Les valeurs adoptées pour S_0 pour le tri	29
Tableau n°II.03	Les valeurs adoptées pour SK_i pour l'Asymétrie	30
Tableau n°II.04	Les valeurs adoptées pour KG pour l'Indice d'Angulosité	30
Tableau n°II.05	Les valeurs adoptées pour FH pour l'Indice Hydrodynamique	30
Tableau n°III.01	Taux et vitesse de variation du trait de côte du littoral Sidi Fredj entre 1972 et 2008	43
Tableau n°III.02	Bilan des taux de surface d'érosion et d'accumulation du trait de côte de Sidi Fredj plages entre 2002 et 2015	46
Tableau n°III.03	Distances de recul du trait de côte en fonction des Transects	47
Tableau n°IV.01	Fréquences d'apparition des vents dominants au large selon les périodes	50
Tableau n°IV.02	Amplitudes des vagues en fonction des directions et leurs périodes de retour (SSMO, 1963-1970)	52
Tableau n°IV.03	Résultats du calcul des houles de récurrence annuelle	52
Tableau n°V.01	Evolution du trait de côte à l'abri de la jetée II Sud du port	62



INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale :

Le littoral est un lieu de convergence et de compétition entre des nombreuses activités humaines, quelquefois concurrentes (industrie, agriculture, transport, tourisme), constitue aussi un patrimoine biologique et paysager de première importance où les équilibres écologiques sont sans cesse fragilisés par les aléas naturels mais également par l'Homme (**MEZOUAR, 2009**).

« S'appuyant sur les travaux de la Commission sur l'Environnement Côtier de l'Union Géographique Internationale, **BIRD(1985)** avait estimé que le processus de recul du trait de côte avait affecté à l'époque plus de **70 %** des plages de la planète. Plus récemment, **BEER(1997)** a souligné aussi que l'évolution des littoraux sableux est dominée généralement par une tendance régressive » (**FAYE, 2010**). Les études menées ces dernières années dans les différentes régions du monde montrent que la régression des côtes sableuses est un phénomène planétaire (**AOUDJ, 2014**).

Avec l'élévation actuelle et future du niveau de la mer, ces problèmes d'érosion devraient s'aggraver surtout sur les côtes sableuses déjà en recul (**IBE et AWOSIKA, 1991 ; NIANG-DIOP, 1993 ; DENNIS et al., 1995 in FAYE, 2010**).

En Algérie par exemple 80% des plages reculent, à différentes vitesses. Depuis quelques années la situation devient inquiétante sur les plages sableuses, comme le cas de ce travail, la zone de Sidi Fredj Est.

Le littoral de la presqu'île de Sidi-Fredj, localisé à l'Ouest d'Alger, est un exemple de cette évolution. Il a connu une construction portuaire en 1969-1971 et l'implantation de plusieurs infrastructures balnéaires directement érigées sur le cordon dunaire. Ces infrastructures ont contribué à la modification des équilibres naturels, ce qui se traduit par une augmentation du recul du rivage dans ce secteur.

L'objectif de notre étude, intitulée « Impact des infrastructures littorales sur l'évolution du trait de côte dans une zone soumise à un fort transit sédimentaire -cas de Sidi Fredj-», tout en se basant sur l'évolution historique du trait de côte de Sidi Fredj à partir de l'imagerie satellitaire et par le biais des SIG qui consiste la mise en évidence de l'impact de l'infrastructure portuaire et les ouvrages balnéaires, déjà installés.

De manière à traiter ces questions, ce mémoire de Master s'organise en cinq parties :

- La première partie, consacrée à la présentation générale de notre zone d'étude.
- La deuxième partie, consacrée à l'étude granulo-sédimentaire
- La troisième partie traite de la dynamique, c'est-à-dire l'étude de variation de la ligne de côte entre 1921 et 2015.
- La quatrième partie est réservée à l'application du modèle « SWAN » afin de réaliser une simulation de propagation des vagues sur les côtes de notre site.
- Enfin la cinquième partie, porte sur l'étude d'impact des infrastructures littorales sur l'évolution du trait de côte.



Chapitre I :
PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Introduction :

Ce chapitre porte sur le contexte général de notre zone d'étude, la frange côtière de Sidi Fredj Est. En premier lieu, nous abordons la situation géographique, ensuite nous passons aux différents contextes : géomorphologique, géologique, hydrographique et bathymétrique. En concluant par l'étude de l'érosion.

1. La situation Géographique de la zone d'étude :

La presqu'île de Sidi-Fredj (anciennement Sidi-Ferruch), se situant à environ **25 km** à l'Ouest d'Alger. Du point de vue administratif, elle appartient à la commune de Staouéli, Daïra de Zéralda et Wilaya d'Alger (**Figure n° I.01**).

La plage Est de Sidi-Fredj qui fait l'objet de ce travail se localise dans la partie orientale de la presqu'île de Sidi Fredj. Ce périmètre s'étend du port de plaisance de Sidi Fredj jusqu'à la plage de Moretti sur une distance de 3 Km environs et vers le large jusqu'à une profondeur de 20 à 30 m ayant pour Coordonnées Géographiques : Latitude **486200 m** à **487800 m** Nord et Longitude **4068200 m** à **4069600 m** Est. Se délimitant comme suit :

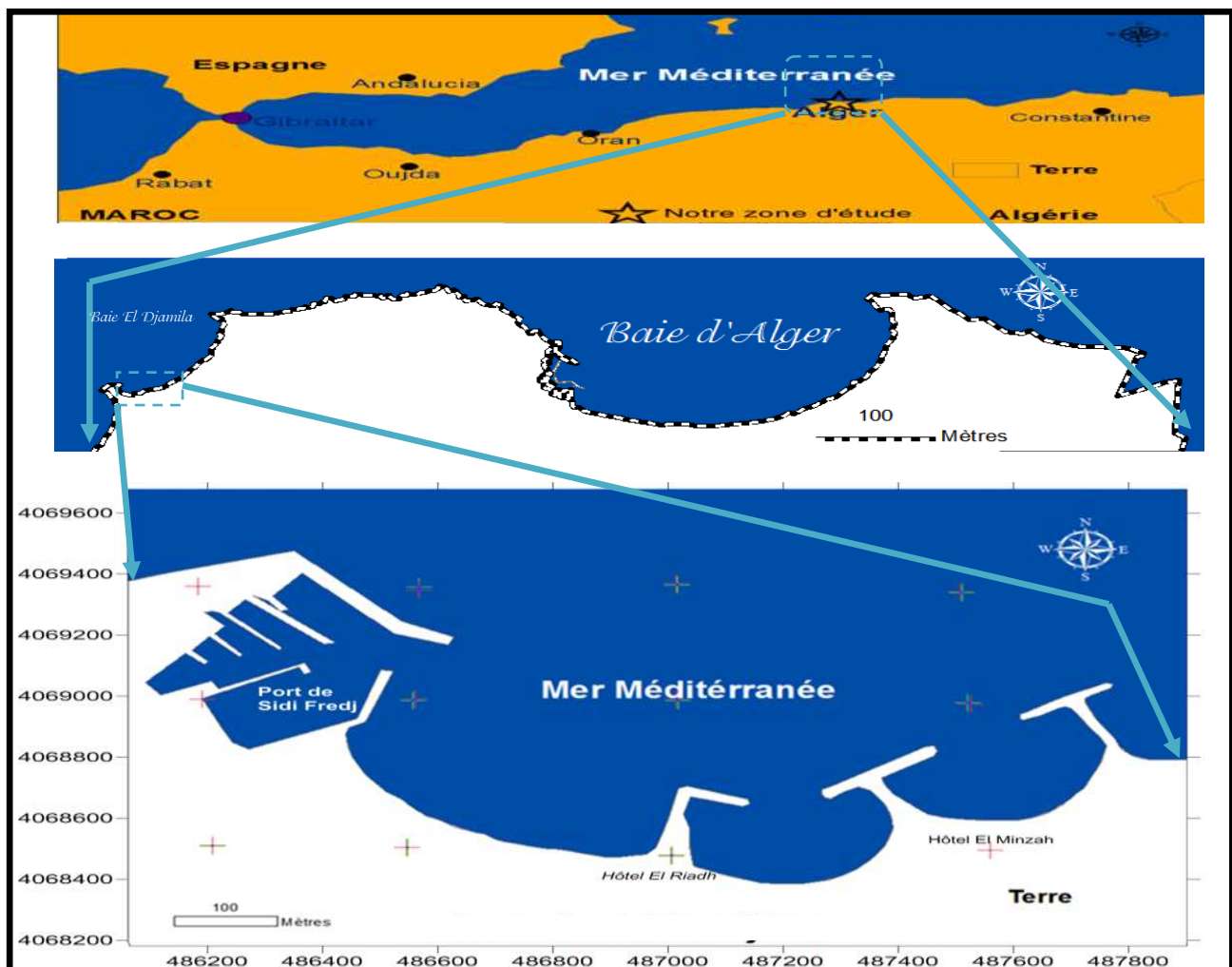


Figure n° I.01. Localisation de la zone d'étude

- Au Nord par la mer Méditerranée;
- À l'Ouest par massif du Chenoua (limite communale) ;
- À l'Est par le massif d'Alger (limite communale) ;
- Au Sud par le Sahel et la plaine de la Mitidja.

2. Aspects morphologiques du littoral de la Baie d'EL Djamila :

Le littoral compris entre Sidi Fredj et Ras Acrata se caractérise par une importante accumulation actuelle et subactuelle.

La côte Ouest de la Baie comprise entre l'embouchure de l'Oued Béni Messous et la pointe de Sidi Fredj est bordée par un cordon de sable dunaire limité par des plages plus ou moins importantes (Staouéli et Club des Pins).

Le seul oued se déversant dans la baie est situé à environ 5 km à l'Est de Sidi Fredj, c'est l'oued de Béni Messous ; il prend source dans le grand Chéraga, traverse les communes de Bouzaréah, Dèly Brahim et Ain Benian et débouche au niveau de la plage « les DUNES » à environ 2 km à l'Ouest du port d'El Djamila. Du côté Est de cette embouchure, le littoral est taillé en falaise qui dominant la mer par endroit.

2.1. Les dunes :

Les dunes littorales sont des accumulations des sables d'origine marine. Les dunes littorales de la Baie d'El Djamila constituent le prolongement oriental d'un cordon dunaire prenant naissance à l'embouchure de l'Oued Mazafran et se continuent jusqu'à l'Est de l'Oued Béni Messous. Le cordon atteint une largeur de 650 m sur les plages de Staouéli et Club des pins. C'est à cet endroit que les sommets atteignent leurs maximum d'altitude (34 m au niveau de Staouéli – plage) (AINI, 2012).

Ces dunes ont une extension et une morphologie très variable en fonction de la direction des vents dominants.

En effet, il existe deux bandes littorales parallèles à la côte. L'une borde la haute plage, c'est la zone des dunes mobiles, l'autre se situe vers l'intérieure des terres, et est caractérisée par une couverture végétale dense ; c'est la zone des dunes fixes (CTH, 2011).

2.2. Les plages :

A la suite du cordon dunaire, et vers la mer, s'étale principalement une zone de plage sableuse. Cette plage, qui s'adosse contre la jetée Sud du port de Sidi Fredj, décrit un large arc de cercle dont la concavité s'atténue progressivement vers l'Est.

La plage présente un développement maximal du côté de Sidi Fredj (100 à 200 m de large), entre Club des Pins et Moretti, et se réduit considérablement jusqu'à disparaître complètement au droit du centre touristique de Moretti.

Les sédiments de plages sont surtout des sables fins à moyens, contenant parfois des débris de coquilles. La taille des particules diminue en allant d'Est en Ouest.

Entre l'Hôtel El Riadh et la jetée Sud du port de Sidi Fredj, la plage est formée des sédiments très fins contenant de nombreux minéraux lourds, (LECLAIRE, 1972).

Entre le chicot rocheux de Club des Pins et Moretti, les plages sont tapissées d'un sable moyen, qui par endroit s'associe à des débris de coquilles marines surtout aux alentours des affleurements rocheux de Club des Pins et Moretti.

(De GIOVANNI, 1972) avait noté la présence de deux formes mineures de plages : les sinuosités de plage et les croissants de plages. Ces formes mineures se rencontrent surtout sur la plage de club des Pins et les plages Est de Moretti, zones fortement battues par les houles.

2.3. Les platiers rocheux :

Au Club des Pins et sur la plage de Moretti, de nombreux bancs rocheux, affleurent et se poursuivent sous l'eau jusqu'à des profondeurs de 4 à 5m. A 500m à l'Est del'embouchure de l'oued Béni Messous(BERTOUNI, 1983)in (AINI, 2012), relève la coupe stratigraphique, où nous notons la succession suivante de bas en haut :

- Grès coquilliers marins,
- Grès dunaire inférieurs,
- Limons rouges supérieurs,
- Grès dunaires supérieurs (ou carapace gréseuse),
- Dunes actuelles et subactuelles.

Actuellement, certains affleurements sont recouverts par l'ensablement de la zone adjacente à la jetée Sud du port (CTH, 2011).

2.4. Les barres et les fosses de lévigation :

Les barres et les fosses de lévigation sont le résultat des mouvements sédimentaires à proximité du fond. Dans la zone de déferlement de la houle, des barres naissent et se déplacent en fonction de la force et la direction des houles.

Dans la Baie d'El Djamila, ces barres parallèles au trait de côte, se rencontrent devant la plage de Staouéli et de Club des Pins à une distance de 150 m à 200 m à partir de ligne du niveau moyen des mers.

La morphologie de ces formes est très variable. Le sommet des barres peut atteindre des côtes de 2 et 3 m de profondeur alors que les fonds de fosses de lévigation sont de 4 et 5 m de profondeur.

3. Cadre géologique

Les massifs littoraux d'Alger et du Chenoua sont deux fragments du domaine Kabyle interne. Ils constituent respectivement les limites géologiques Est et Ouest du littoral de Sidi Fredj, entre lesquels se situent le Sahel au Nord et la plaine de Mitidja au Sud.

3.1. Le massif d'Alger

C'est un élément du socle. Il est constitué par un complexe cristallophyllien de Gneiss, Schistes et micaschistes qui réapparaissent à Sidi Fredj comme témoin de la nature du substratum marin dans la zone côtière.

Cet édifice constitue un pli de fond allongé Est-Ouest avec une structure écaillée, conséquence d'un charriage vers le Nord, supposé d'âge Alpin (SAADALLAH, 1981).

3.2. Le Sahel

C'est un bourrelet à structure anticlinal orienté Est-Ouest séparant, parallèlement à la côte, la plaine de la Mitidja de la mer. Il constitue une limite continue depuis l'Oued Nador à l'Ouest jusqu'à l'Est d'Alger. La cluse du Mazafran interrompt sa continuité.

Le Sahel est formé par des terrains d'âge Mio-Plio-Quaternaire, de marnes bleues recouvertes, localement par des couches gréseuses ou sableuses.

Cet anticlinal est dissymétrique, avec un flanc sud raide et mieux conservé et un flanc Nord complétement rongé par les érosions successives, liées en grande partie aux manifestations eustatiques pendant le pléistocène.

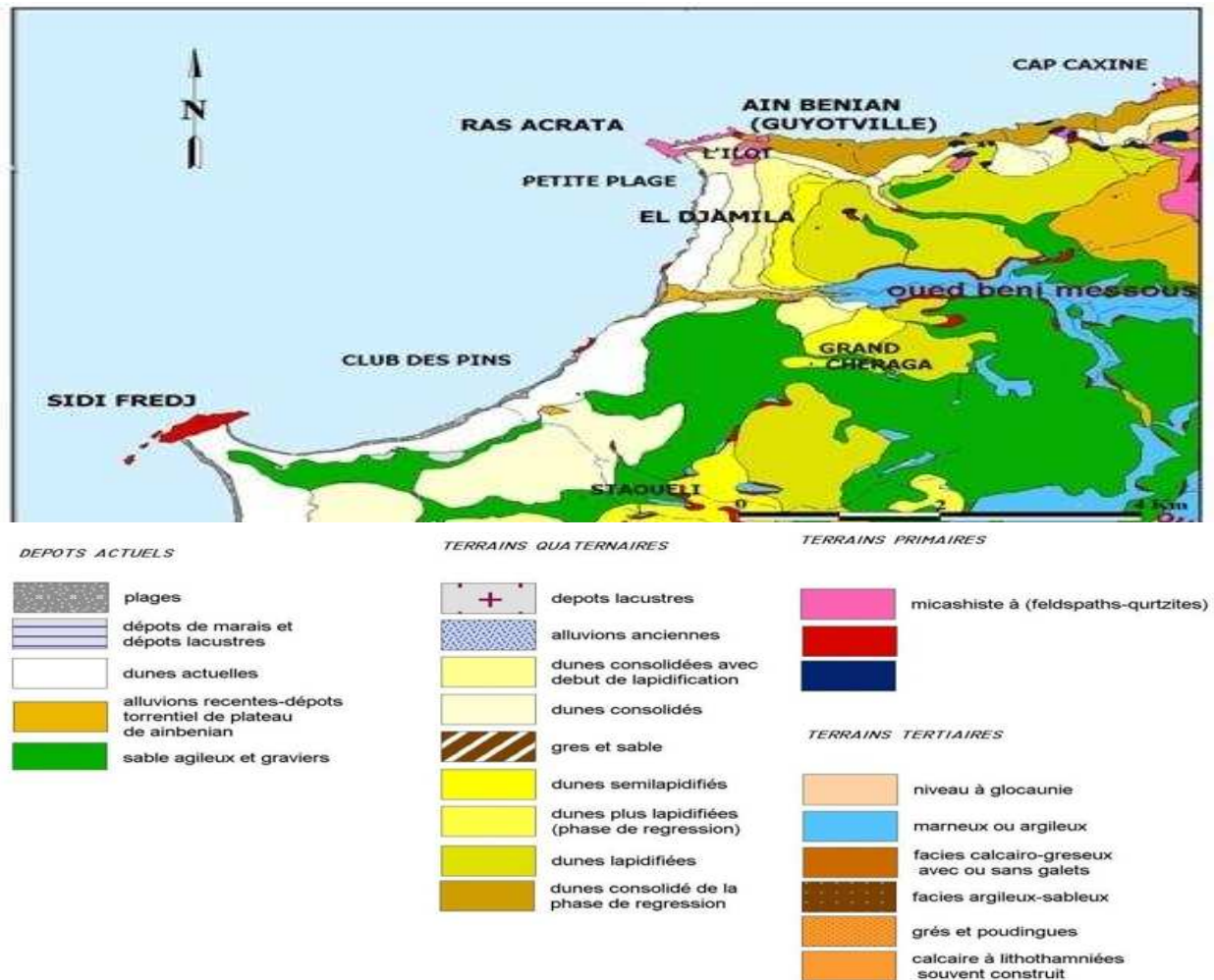


Figure n°I.02: Carte géologique de la région de Club des Pins ; tirée de la carte géologique Alger-Chéraga, 1/50000^e.

4. Le réseau hydrographique et apports fluviaux

Les principaux oueds qui alimentent la zone de Sidi Fredj se déversent dans la baie de Bou – Ismail sont au nombre de deux, et sont obliques à la côte. (Figure n° I.03)

4.1. Oued Beni Messous

Se situe à 18 km à l'Ouest d'Alger entre El Djamila et Club des Pins, alimente la Baie d'El Djamila, son débit est faible par rapport au débit des autres oueds (Oued Nador et Oued Mazafran)(BENZOHRA, 1993).

4.2. Oued Mazafran

Situé à l'Ouest de Sidi Fredj, Oued Mazafran est formé par la ramification des Oueds Djer, Chaffa et Bou-Roumi, possédant un bassin versant de 1850 km².

5. Contexte bathymétrique:

5.1. La carte bathymétrique :

La carte bathymétrique constitue un document de base nécessaire pour la reconnaissance de la morphologie sous-marine (AOUDJ, 2014).

Les données bathymétriques issues du levé réalisé en Août 2009 par le CTH ont permis l'établissement de la carte bathymétrique de la zone d'étude (Figures n°I.03).

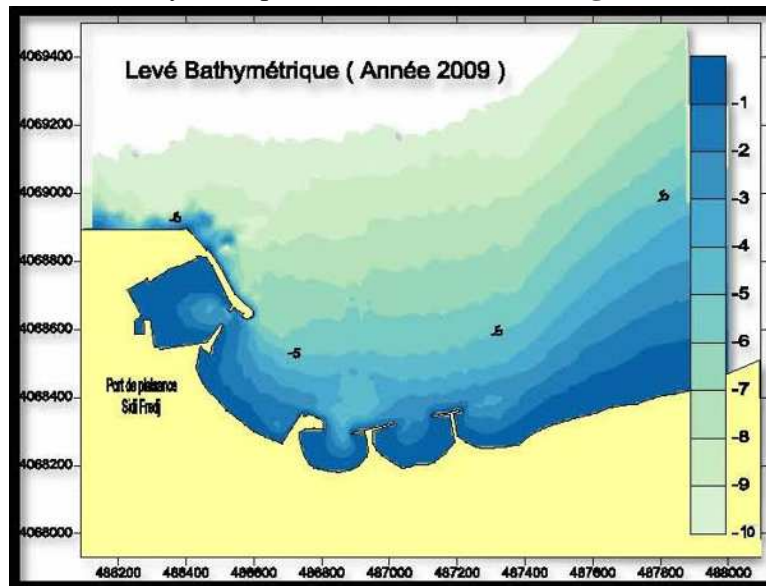


Figure n°I.03. Levé bathymétrique de Sidi Fredj Est en 2009 (CTH, 2009)

L'analyse de cette carte bathymétrique fait ressortir, partout, dans toute la zone, les fonds sont réguliers avec des pentes douces inférieures à 2%. La présence de ces faibles pentes entre 0 et 5 m de profondeur est due surtout à l'affleurement d'un platier rocheux faiblement incliné vers le large (BOUTIBA, 1996).

Les isobathes du centre de la Baie sont pratiquement parallèles à la côte, franchissant une faible pente. Au niveau de Ras Acrata (à l'Est) et Sidi Fredj (à l'Ouest), nous notons un resserrement des isobathes qui se traduit par des pentes moins douces qu'au centre de la baie, ceci étant normal vu que les deux zones sont rocheuses et accidentées. Dans la zone de Moretti, les fonds sont réguliers présentant des pentes douces inférieures à 2%.

L'analyse nous a permis d'identifier l'évolution des fonds au niveau du site d'étude et de faire ressortir après traitement des diverses données (Figure n° I.04) :

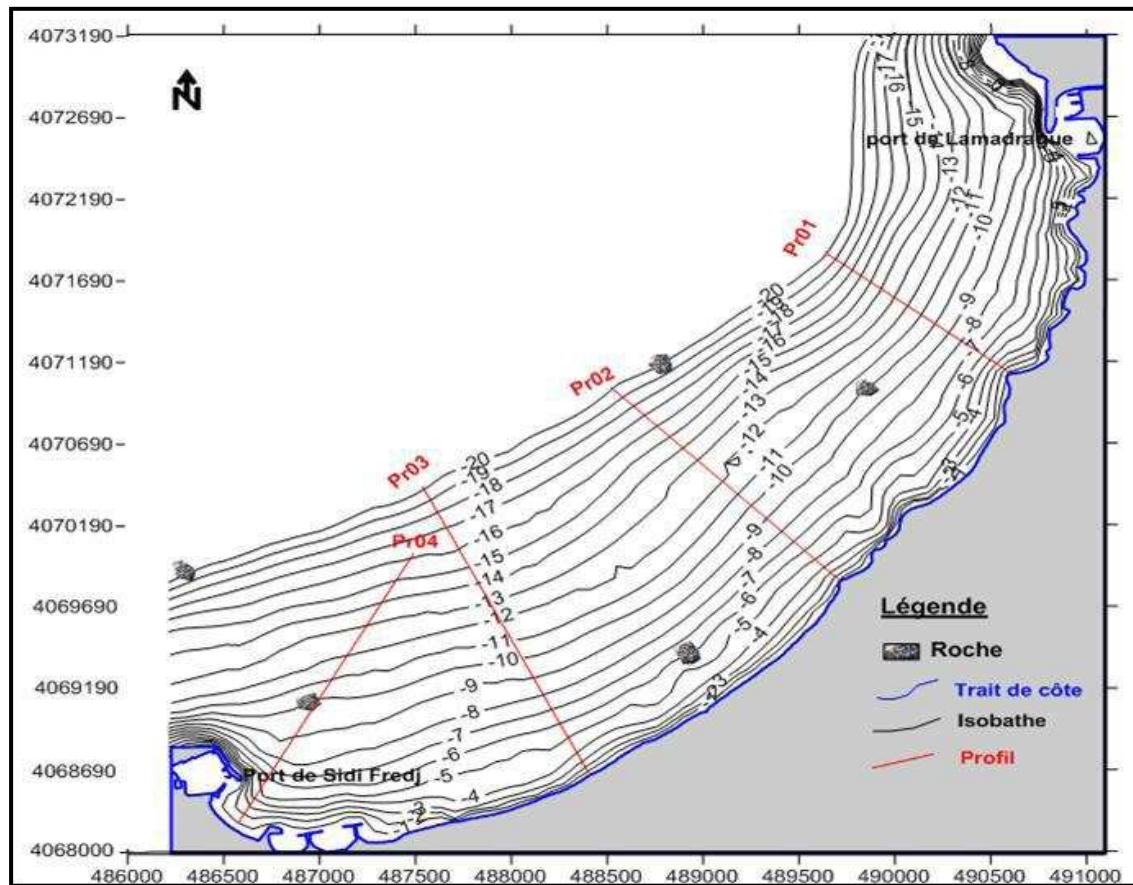


Figure n° I.04. Carte bathymétrique de la Baie d'El Djamilia (positionnement des profils bathymétrique). (CTH, 2009)

L'analyse de cette carte bathymétrique révèle un fond marin assez régulier qui se traduit par des isobathes parallèles à la côte. Ces isobathes se serrent au fur et à mesure que l'on avance vers l'Est des épis réalisés au niveau de la plage de Moretti, entre 0 et -4m. Au de là des -4 m de profondeur, ces isobathes s'élargissent au fur et à mesure que l'on avance vers le large.

Quatre (04) profils bathymétriques positionnés sur la figure ci-dessus ont été établis et analysés (**Figure n° I.05**).

5.2. Réalisation des profils topographiques :

L'analyse des profils bathymétriques (**Figure n° I.05**) confirme la morphologie régulière des fonds marins de la zone d'étude. Ils rendent compte d'une pente moyenne générale de l'ordre de 2%.

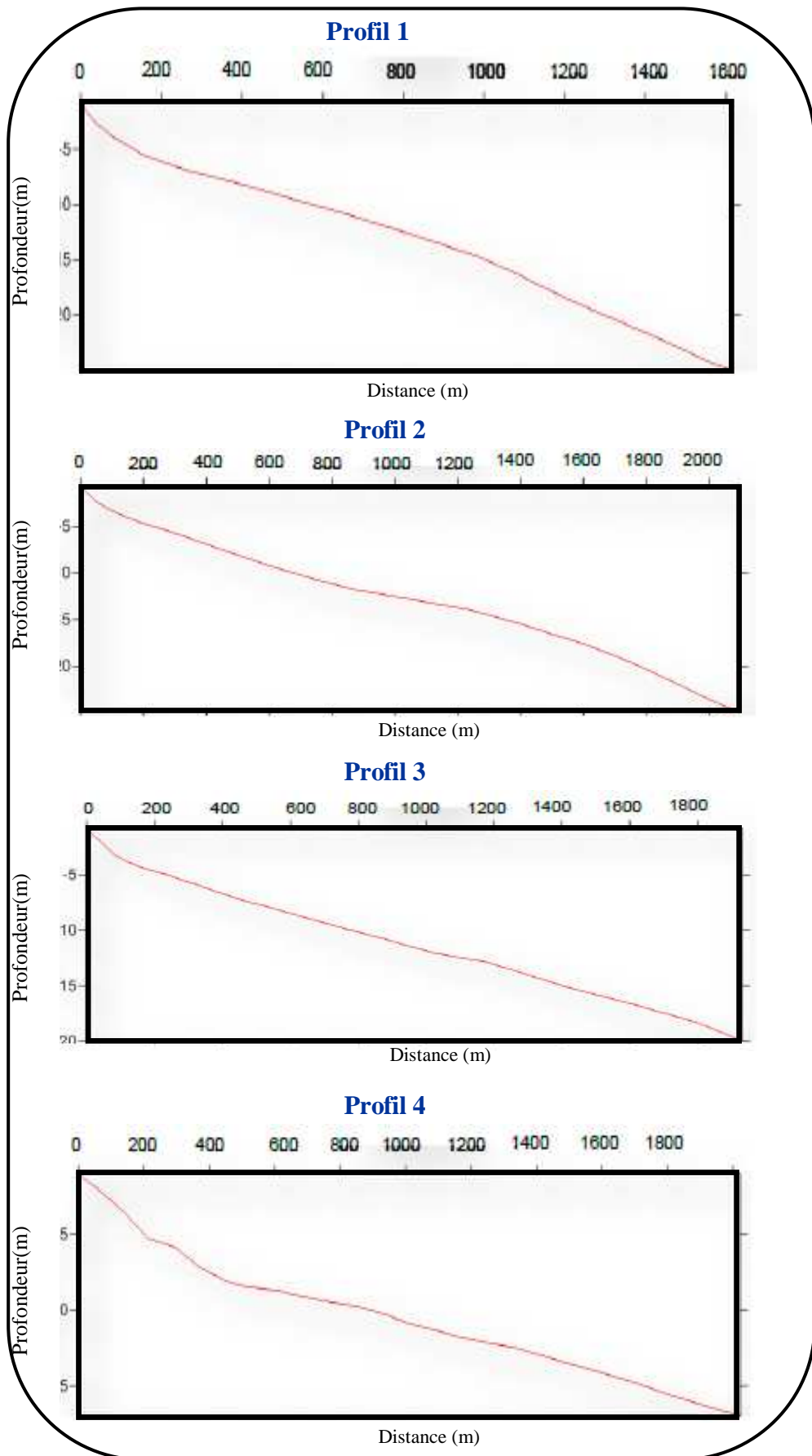


Figure n° I.05. Profils bathymétriques de la Baie d'El Djamila (CTH, 2009)

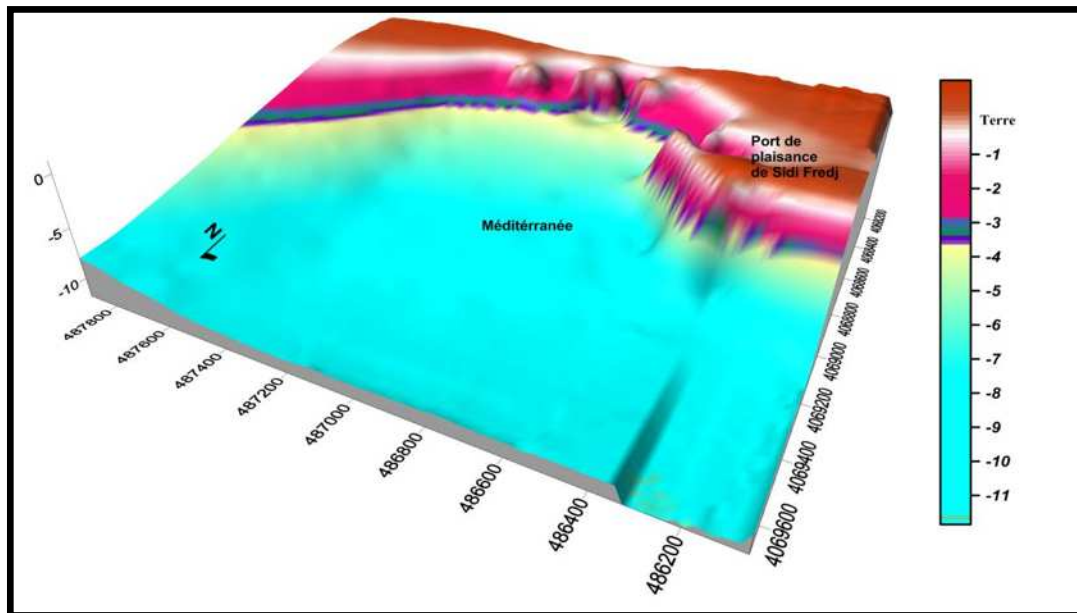


Figure n°I.06. Carte topo-bathymétrique de la plage de Sidi Fredj Est en 3 Dimensions.

6. Etude de l'érosion/dépôt dans la zone d'étude

La figure n°I.07, a été réalisée à l'aide du logiciel Surfer, qui nous a permis de superposer trois levés bathymétriques entre 1977, 1984, 2009 et de voir la tendance qui règne entre 1977 et 2009. Nous remarquons qu'au niveau du port et de ses alentours jusqu'à des profondeurs de -5 m, que la tendance vire plutôt à une érosion qu'à une sédimentation (couleur marron), à l'exception d'un léger dépôt au niveau de la passe d'entrée, représenté par une couleur bleue, estimé à 0.5 m d'épaisseur.

Les résultats de la simulation numérique de l'état actuel, montrent clairement que le processus d'ensablement de la passe d'entrée du port de Sidi Fredj reste un phénomène assez négligeable. Ceci est en accord avec les constatations faites in-situ, puisque toutes les évolutions de la bathymétrie depuis 1977 montrent un ensablement modéré de la passe d'entrée.

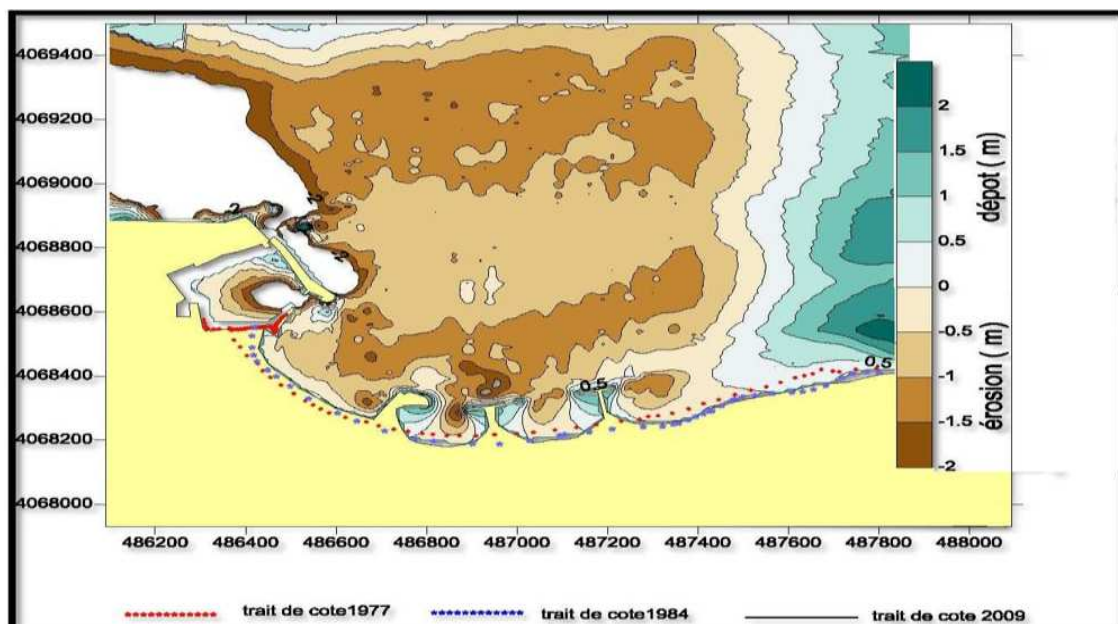


Figure n° I.07: Zone d'érosion et de dépôt (1977-1984-2009), (CTH, 2011).



Chapitre II :
ÉTUDE GRANULO-SÉDIMENTAIRE

Introduction

L'environnement côtier est gouverné par des facteurs hydrodynamiques; une étude de la répartition spatiale des dépôts sédimentaires, pélites et grains moyens sont exposés dans ce chapitre. Enfin, nous concluons par l'analyse de la dynamique sédimentaire.

La connaissance de la nature des sédiments superficiels est un élément indispensable à une bonne gestion du domaine côtier, elle aide à prédire l'évolution future de la côte proche (**HEQUETTE et al, 2008 in LAYOUNE et al, 2011**) car les sédiments de la plate forme participent au budget général du domaine marin incluant le trait de côte. La taille des particules est la propriété la plus fondamentale des sédiments qui les soumettent aux phénomènes d'érosion, de transport et de dépôt (**CORDIER, 2007**) et reflète globalement l'énergie du milieu dans lequel il se trouve (**TRENTESAUX, 2005**).

1. Prélèvement des sédiments :

L'objectif de cette étude est la recherche de la répartition des sédiments en mer et par conséquent leur modalité de mise en place ainsi que les mesures in situ des mouvements sédimentaires longitudinaux liés à la dérive littorale.

Pour réaliser l'étude sédimentologique, 35 échantillons de sédiments ont été prélevé au niveau de la zone d'étude le 04 Mars 2015 à l'aide d'une Benne preneuse de type « Van Veen » (**Figure n°II.01**) au niveau de la partie sous marine et 10 autres échantillons ont été prélevé le 05 Mars 2015 à l'aide des pièges à sédiment de type KRAUSS (1987) (**Figure n°II.03**), pour la mesure des flux sédimentaires qui permettent de mesurer le transport sédimentaire en suspension à plusieurs niveaux dans la colonne d'eau et dans la couche de fond grâce à cinq filets positionnés en 02 profils différents (Voir Annexe). L'ensemble des échantillons prélevés mis dans des sacs en plastique et étiquetés. Ces échantillons ont été analysés au laboratoire et les résultats obtenus (Voir Annexe) ont permis d'établir la cartographie de la répartition spatiale des sédiments.



Figure n°II.01. Benne de type « Van Veen »



Figure n°II.02. Prélèvement d'un échantillon

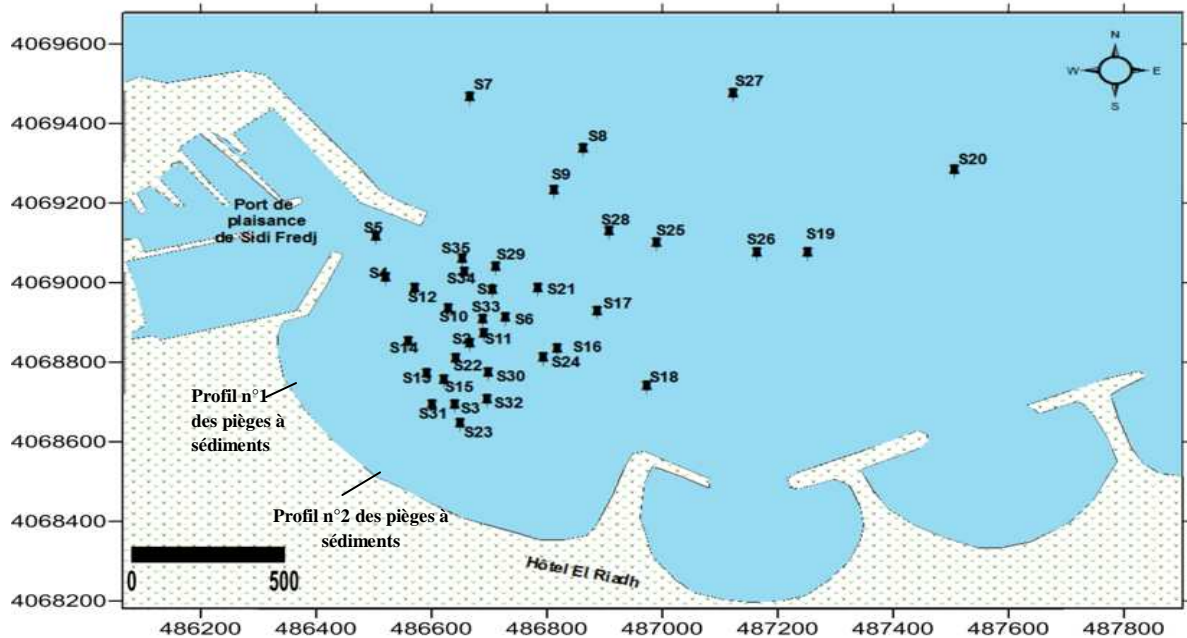


Figure n° II.03. Localisation des stations de prélèvement des échantillons de la partie sous marine.

2. Méthode d'Analyse au laboratoire :

L'analyse granulométrique nous permet de connaître la constitution fréquentielle des différentes fractions qui composent le stock sédimentaire d'une part et de définir d'autre part les paramètres de la dynamique (mouvement) des sédiments.

L'abondante bibliographie de ces dernières décennies fait ressortir l'existence d'une corrélation entre la taille des particules et les facteurs hydrodynamiques contemporains INMAN(1949), PETITJOHN (1949), FOLK(1953), HARRIS (1956-1959) et VISHER (1969) ont montré les relations qui relient la dynamique de sédimentation et sa structure.

Les résultats de l'analyse granulométrique ont été présentés sous forme de courbes cumulatives réalisées sur papier semi logarithmique à l'aide de l'Excel.

2.1. Au niveau de la plage Est de Sidi-Fredj :

2.1.1. Paramètres et indices granulométriques :

a. les paramètres de position :

Les paramètres de position sont déduits à partir de la courbe cumulative en faisant une projection sur l'axe des pourcentages et déterminer le diamètre de tamis qui lui correspond. Ces paramètres vont servir à calculer les différents indices granulométriques.

a.1. Les quantiles :

- Q₂₅ : diamètre du grain à l'ordonnée 25%, c'est le premier quartile.
- Q₅₀ (D₅₀) : diamètre du grain à l'ordonnée 50%, c'est la médiane.
- Q₇₅ : diamètre du grain à l'ordonnée 75%, c'est le second quartile.
- D₁₀ : diamètre du grain à l'ordonnée 10%, premier décile.
- D₉₀ : diamètre du grain à l'ordonnée 90%, second décile.

a.2. Le mode granulométrique :

Le mode granulométrique (M_0) correspond à la dimension la plus significative de la distribution granulométrique, c'est-à-dire la dimension la plus représentative des grains d'un sédiment.

b. Indices granulométriques :

Les indices granulométriques sont calculés à partir des paramètres granulométriques tirés de la représentation graphique. Ces paramètres granulométriques sont lus directement sur les courbes cumulatives. Ce sont les valeurs de la taille qui correspondent à chaque pourcentage. Ces paramètres, donnés en millimètres ou en micromètres sont ensuite transformés en unité de phi (Φ). Avec : $\Phi(x) = -\log_2 D$.

b.1. Indice central (TRASK & WARD, 1954) :

C'est de positionner globalement l'échantillon sur l'échelle des dimensions des sédiments. Il traduit la puissance moyenne des paléoécoulements (LOSSON et CORBONNOIS, 2006).

$$M_z = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}}{3} \dots\dots\dots(\text{II.1})$$

Tableau n°II.01. Les valeurs adoptées pour M_z pour l'Indice central

Valeur de M_z	Taille moyenne
$M_z < -6$	Galet
$-6 < M_z < -2$	Granule
$-2 < M_z < -1$	Sable très grossier
$-1 < M_z < 0$	Sable grossier
$0 < M_z < 1$	Sable moyen
$1 < M_z < 2$	Sable fin
$2 < M_z < 3$	Sable très fin
$3 < M_z < 3.98$	Vase

b.2. Indice de Dispersion et de Classement (S_0 ; Sorting de trask) :

Il donne une idée sur l'étalement de la courbe au tour de son grain moyen et il nous renseigne sur la croissance du tri lors du transport et de la sédimentation (CHAMLEY, 1987).

$$S_0 = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6,6} \dots\dots\dots(\text{II.2})$$

Tableau n°II.02. Les valeurs adoptées pour S_0 pour le tri

Valeur de S_0	Le Tri
$TRI < 0.35$	Très bien trié
$0.4 < TRI < 0.5$	Bien trié
$0.5 < TRI < 0.7$	Modérément bien trié
$0.7 < TRI < 1$	Modérément trié
$1 < TRI < 2$	Mal trié
$2 < TRI < 4$	Très mal trié
$4 < TRI$	Extrêmement mal trié

b.3. Indice d'Asymétrie (SKi ; Skewness de Trask) :

Il indique un étalement de la courbe granulométrique plus ou moins important vers les sédiments fins ou les sédiments grossiers.

$$SKi = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)} \dots\dots\dots(\text{II.3})$$

Tableau n°II.03. Les valeurs adoptées pour SKi pour l'Asymétrie

Valeur de SKi	L'asymétrie
-1 < SKi < -0.3	Asymétrie très négative
-0.3 < SKi < -0.1	Asymétrie négative
-0.1 < SKi < 0.1	Asymétrie
0.1 < SKi < 0.3	Asymétrie positive
0.3 < SKi < 1	Asymétrie très positive

b.4. Indices d'angulosité :

Ce sont des rapports de dispersion de la partie centrale de la courbe granulométrique sur celles des parties externes ou l'inverse.

$$K = \frac{(\Phi_{95} - \Phi_5)}{2.44(\Phi_{75} - \Phi_{25})} \dots\dots\dots(\text{II.4})$$

Tableau n°II.04. Les valeurs adoptées pour KG pour l'Indice d'Angulosité

Valeur de KG	L'angulosité
3 < KG	Extrêmement accusée
1.5 < KG < 3	Très accusée
1.1 < KG < 1.5	Accusée
0.9 < KG < 1.11	Moyennement accusée
0.67 < KG < 0.9	Peu accusée
KG < 0.67	Très peu accusée

b.5. Indice Hydrodynamique (FH) :

Cet indice permet d'appréhender les conditions hydrodynamiques régnant dans le milieu.

$$FH = KG - \left(\frac{\Phi_{75} - \Phi_{25}}{2}\right) \dots\dots\dots(\text{II.5})$$

Les valeurs positives correspondent à un sédiment en cours de transport par les masses d'eau et les valeurs négatives à des sédiments en place ou qui seront difficilement remis en mouvement.

Tableau n°II.05. Les valeurs adoptées pour FH pour l'Indice Hydrodynamique

Valeur de FH	L'Hydrodynamique
2 < FH	Très fort
1 < FH < 2	Fort
0.5 < FH < 1	Moyen
FH ≈ 0	Faible
FH ≈ -1	Très faible

b.6. Coefficient d'Uniformité (Cu) :

Le coefficient d'uniformité caractérise la répartition en taille des éléments qui composent un matériau de type sol. Il se calcule de la façon suivant :

$$C_u = d_{60}/d_{10} \dots \dots \dots (II.6)$$

avec :

Cu : le coefficient d'uniformité

d₆₀ : le tamis correspondant à 60% du passant cumulé sur la courbe granulométrique

d₁₀ : le tamis correspondant à 10% du passant cumulé sur la courbe granulométrique

- La granulométrie est dite **étalée** si $C_u \geq 6$;
- La granulométrie est dite **uniforme** si $C_u < 6$.

b.7. Coefficient de Courbure (Cc) :

Il est défini par :

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}} \dots \dots \dots (II.7)$$

$1 < C_c < 3$ donne une granulométrie bien étalée

3. Résultat et discussion :

La cartographie de la distribution spatiale des paramètres granulométriques peut fournir des informations sur la provenance des sédiments et les conditions de dépôt (**FRIEDMAN, 1979 ; BUI et al, 1990 in CORDIER, 2007**).

Les prélèvements superficiels réalisés dans la région de Sidi Fredj Est en Mars 2015, ont permis de connaître la couverture sédimentaire des fonds marins.

3.1. Analyse de la fraction fine :

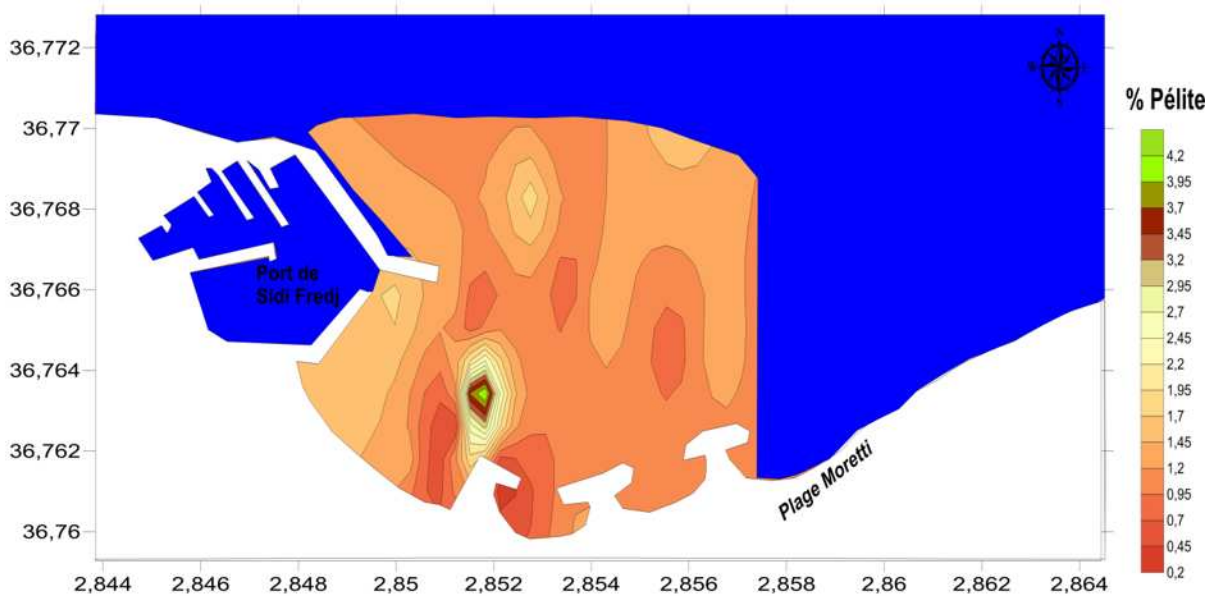


Figure n°II.04. Carte de la répartition des pélite

La carte d'isopélites, d'une partie sous marine du littoral Est de Sidi Fredj, montre une répartition spatiale des pélites qui augmente dans la partie occidentale de l'épi en L et au delà de cette zone, elle diminue jusqu'à atteindre 0,2%.

Les teneurs en pélites sont faibles, et dépassent à peine le 4%.

3.2. Analyse de la fraction grossière

3.2.1. Les courbes granulométriques

- **Aspect général des courbes cumulatives**

Dans l'ensemble, les courbes cumulatives semi-logarithmiques des sédiments de la plage sous-marine, ont en général, la forme d'un S à forte pente (serrée), bien redressée indiquant l'homogénéité des stocks sableux et les conditions d'énergie adaptées à la charge transportée.

- Courbes unimodales :

Indiquent la présence d'un seul stock sédimentaire, représenté par un seul mode granulométrique.

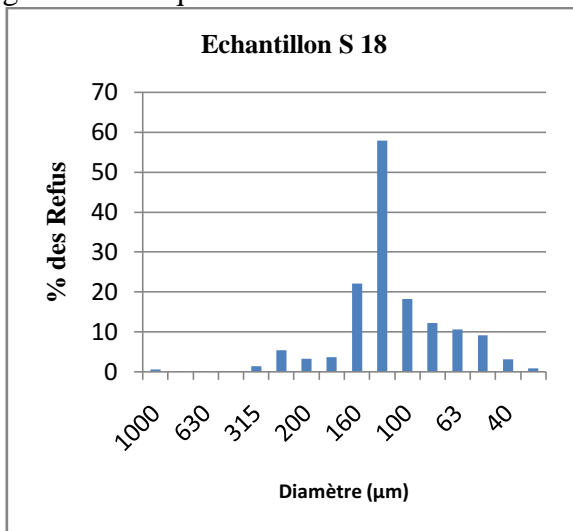


Figure n° II.05. Histogramme unimodal

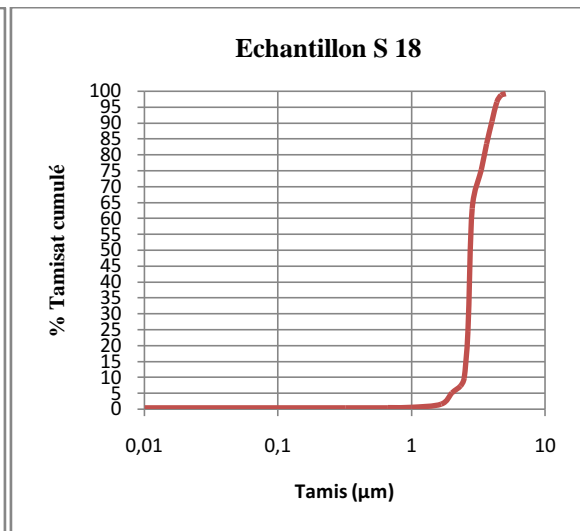


Figure n° II.06. Courbe unimodale

- Courbes bimodales:

Indique la présence de deux stocks sédimentaires au sein d'une même population dynamique, deux mes représentatifs caractérisent ce type de sédiment.

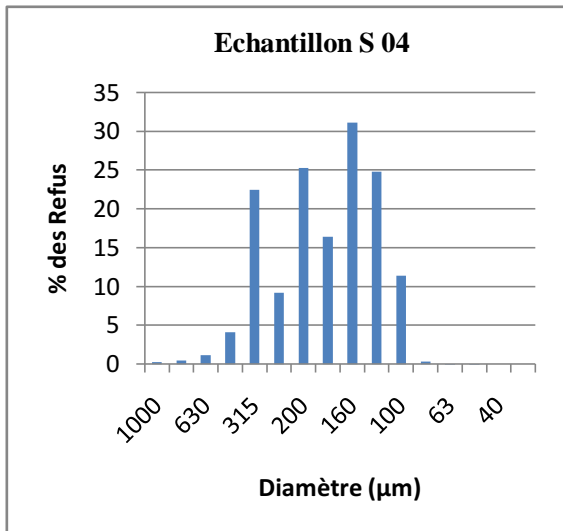


Figure n° II.07. Histogramme bimodal

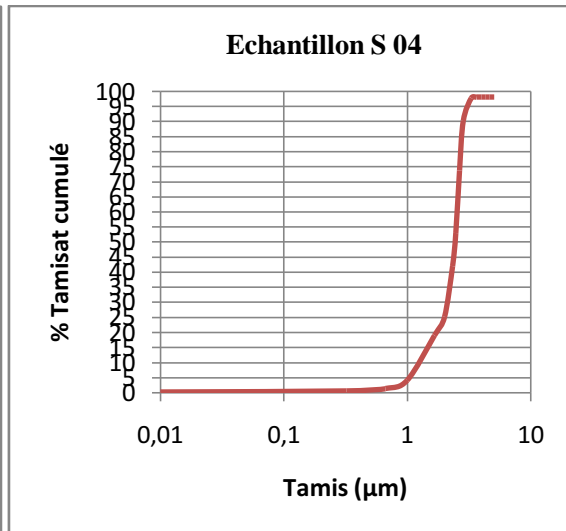


Figure n° II.08. Courbe bimodale

- Courbes plurimodales :

Elles rendent compte de la présence de plusieurs stocks sédimentaires au sein d'une même population dynamique. Elles sont surtout représentatives du sédiment grossier. Ces courbes sont marquées par la présence de plusieurs modes granulométriques.

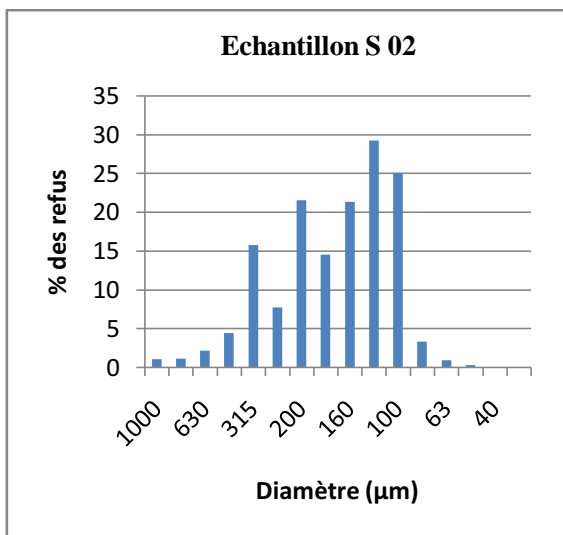


Figure n° II.09. Histogramme plurimodal

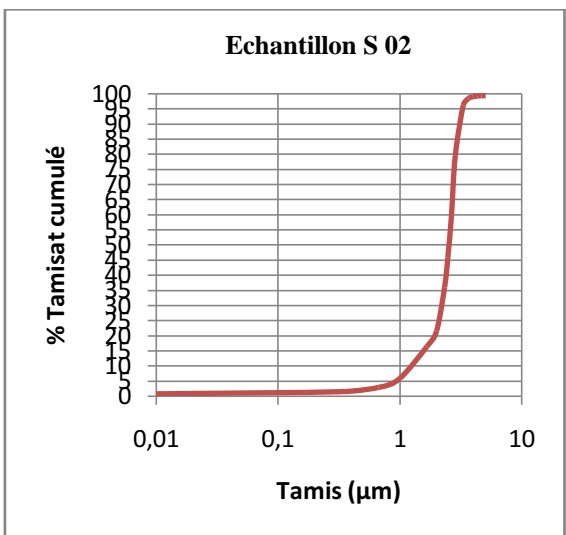


Figure n° II.10. Courbe plurimodale

3.2.2. Les quantiles :

a. Le décile inférieur (D10) :

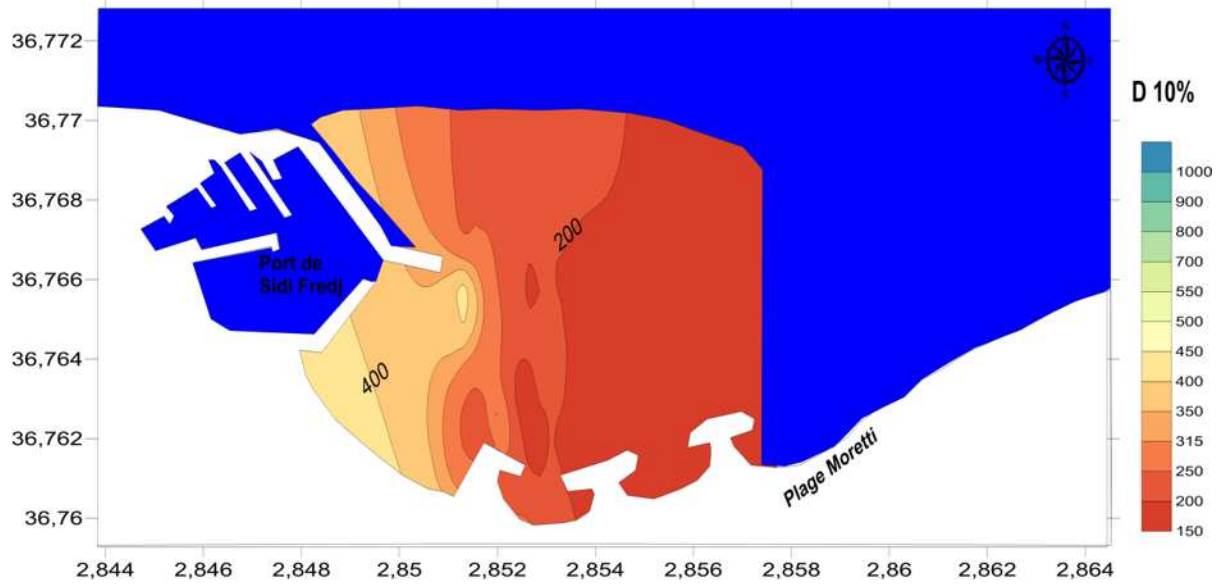


Figure n°II.11. Carte de la répartition du décile inférieur (D10).

La répartition du décile inférieur dégage trois faciès différents. Le premier faciès apparaît entre le port et l'épi en L, avec une forte dominance des diamètres inférieurs à 450 μ m. Entre l'épi en L et l'épi en T, les diamètres des sédiments varient entre 200 et 250 μ m. De même entre l'épi en T n°1 et l'épi en T n°2, avec une forte proportion pour le diamètre de 150 μ m.

b. Le quartile inférieur (Q25) :

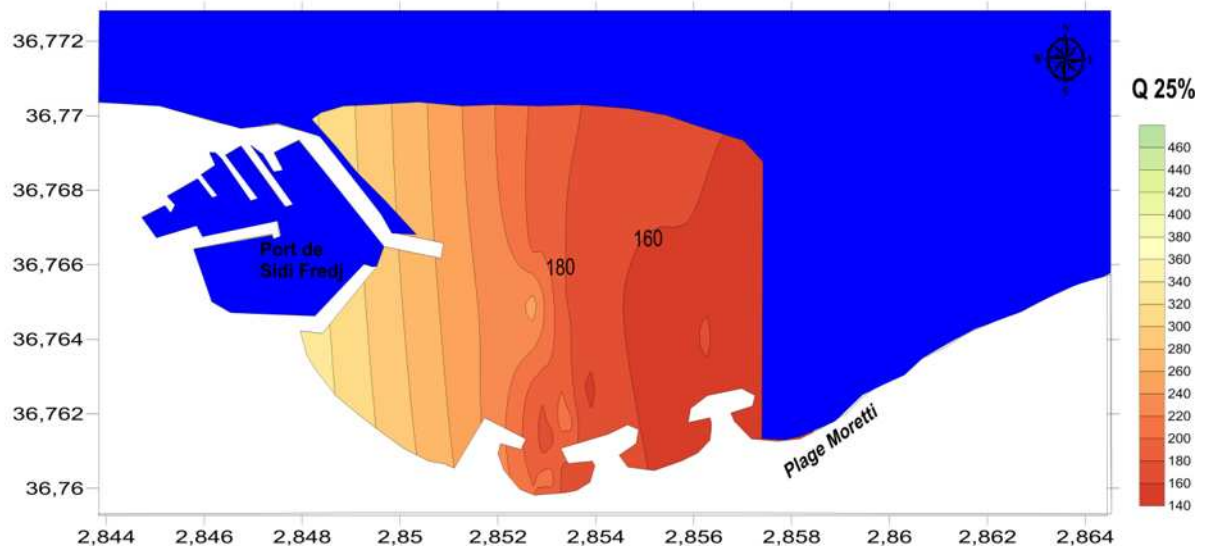


Figure n°II.12. Carte de la répartition du quartile inférieur (Q25).

La distribution du quartile inférieur (Q25) est semblable à celle du décile inférieur (D10). Dans la partie entre le port et l'épi en L, les diamètres varient entre 240 et 340 μ m. Entre l'épi en L et l'épi en T n°01, les diamètres varient de 180 à 220 μ m. Idem pour la partie entre les deux épi en T avec la dominance de diamètre 160 μ m.

c. La médiane (Q50) :

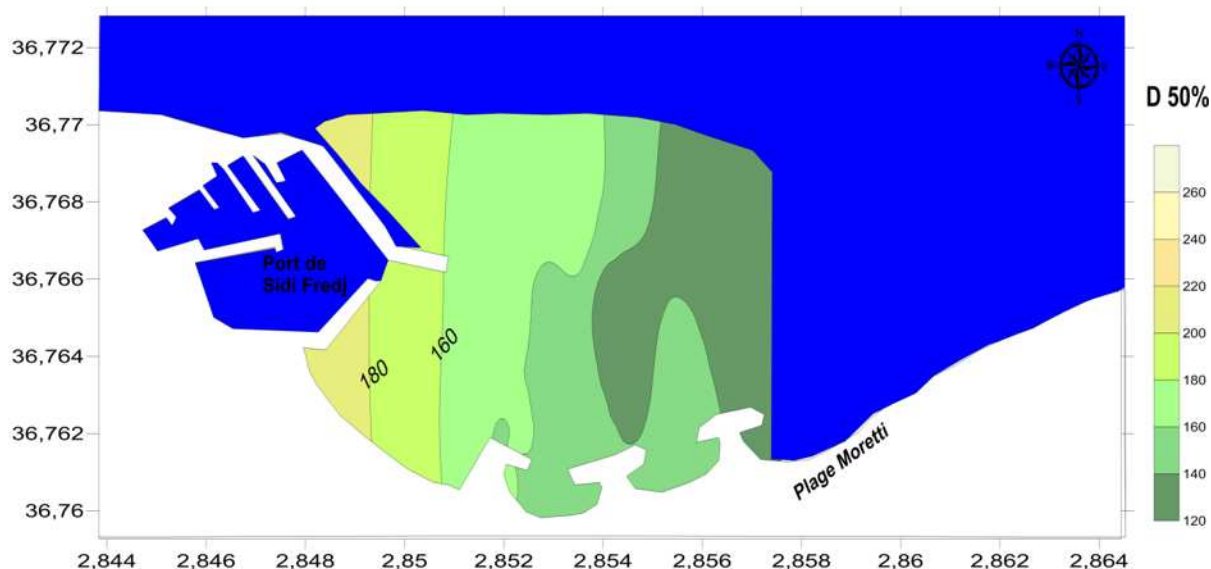


Figure n°II.13. Carte de la répartition de la médiane (D50).

Les résultats obtenus montrent que le sable en général est de taille moyenne, le diamètre médian étant compris entre 140 et 200 μm dans la partie située entre le port et l'épi en L. Cette couverture de sables moyens est entrecoupée par endroit par de petites accumulations de sable fin entre l'épi en L et l'épi en T jusqu'à atteindre un diamètre de 120 μm dans la partie qui s'étale des deux épis en T. La répartition des sédiments obéit de façon générale au schéma classique de la répartition des sédiments en mer à savoir une décroissance graduelle de taille des particules de la côte vers le large.

d. Le quartile supérieur (Q75) :

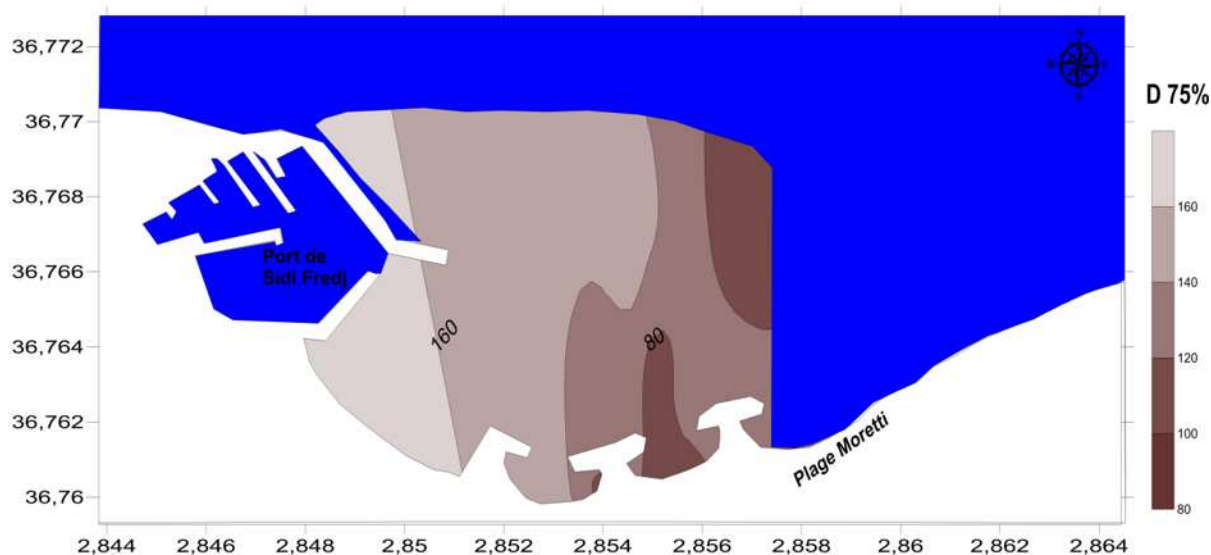


Figure n°II.14. Carte de la répartition du quartile supérieur (Q75).

La distribution des diamètres dégage trois faciès distingués : un premier entre 80 et 120 μm , qui se distribue tout au long des deux épis en T, le second faciès entre 140 et 160 μm entre l'épi en T et l'épi en L jusque dernier faciès 160 μm , qui se localise sur la à proximité du port.

e. Le décile supérieur (D90) :

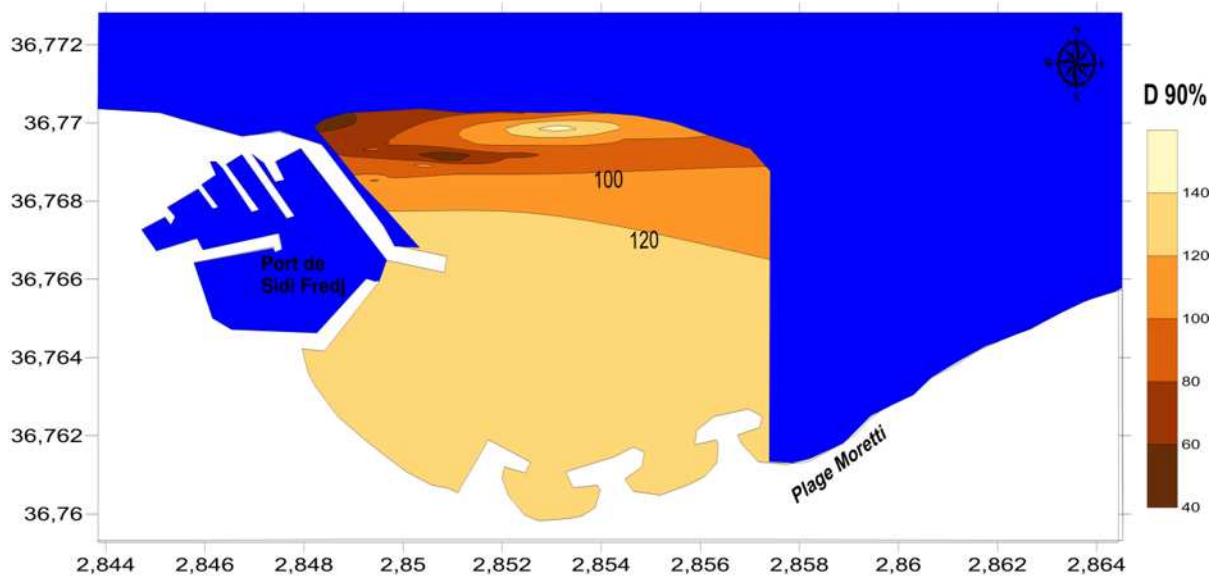


Figure n°II.15. Carte de la répartition du décile supérieur (D90).

La distribution du décile supérieur Montre qu'il y a la dominance de des diamètres entre 120 μm et 140 μm qui couvre la totalité de notre zone d'étude de la côte vers le large jusqu'à la jetée principale du port. Cela montre la décroissance graduelle de la taille des sédiments.

3.3.1. Indice de classement :

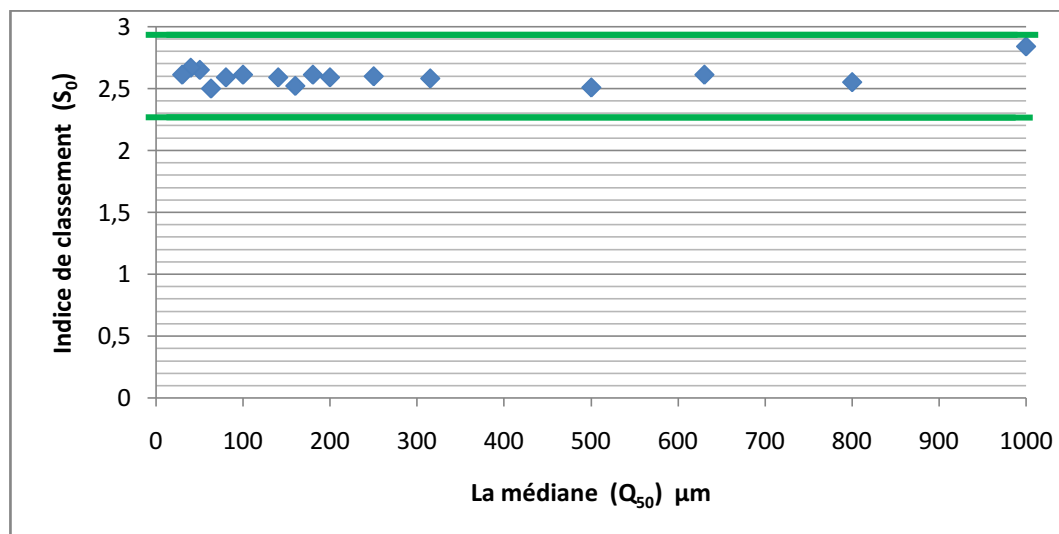


Figure n° II.16: Relation entre l'indice de classement S_0 et la médiane

Les valeurs de S_0 obtenus dans la partie Est de Sidi Fredj varient entre 2,4 et 2,9. Donc les sédiments de la région sont *très mal triés*.

3.3.2. Le coefficient d'asymétrie :

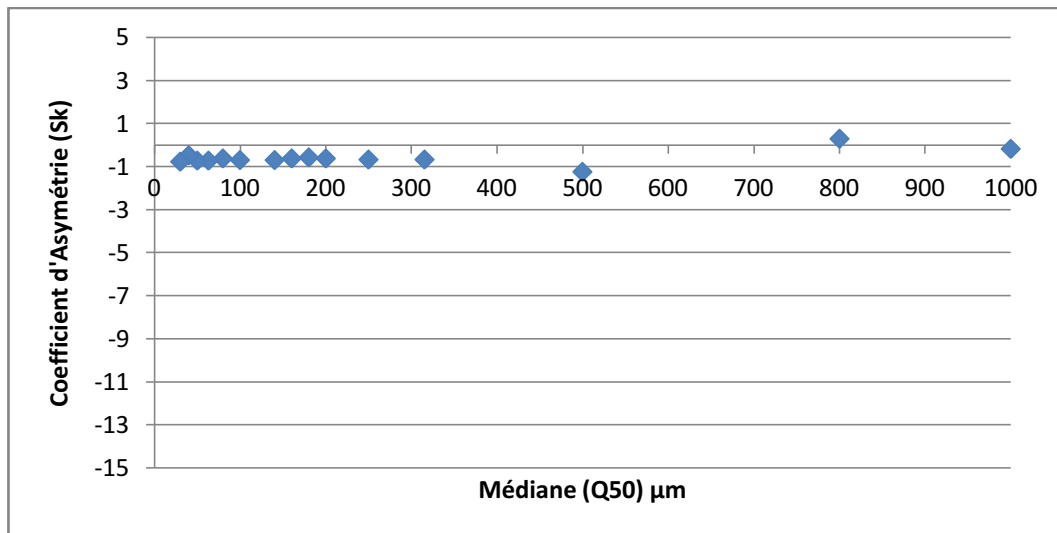


Figure n° II.17: Relation entre l'indice de classement S_k et la médiane

Les valeurs de l'indice d'asymétrie des échantillons prélevés varient autour de -1. Donc cela traduit *un tri maximum vers les fines* dans notre zone d'étude.

3.4. Analyse modale

3.4.1. Le mode granulométrique :

Le mode granulométrique (M_0) correspond à la dimension la plus significative de la distribution granulométrique, c'est-à-dire la dimension la plus représentative des grains d'un sédiment.

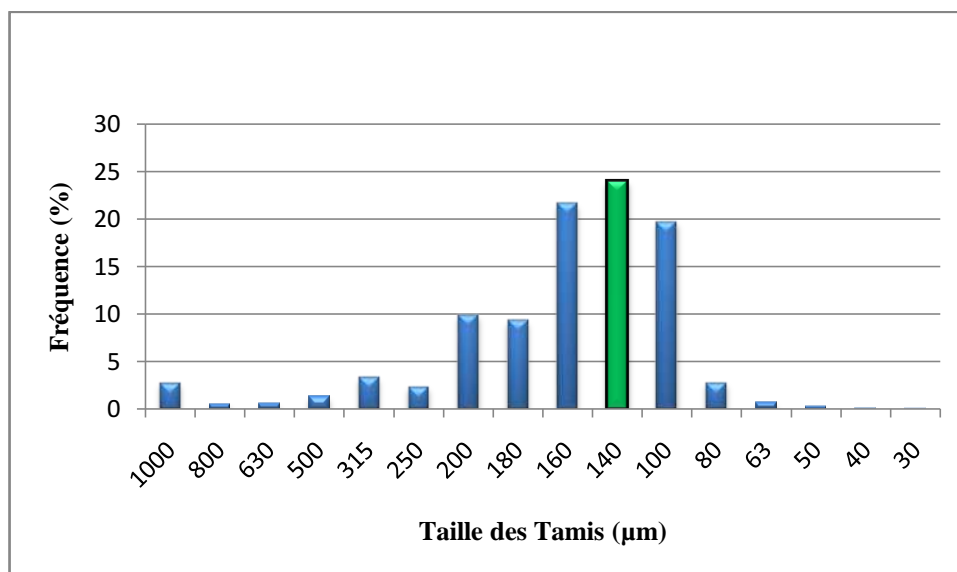


Figure n° II.18: Fréquences d'apparition des modes

Le mode 140 μm est le plus largement représenté dans la zone d'étude avec plus de 22%.

4. Analyse de la dynamique sédimentaire de la plage de Sidi Fredj Est avec le modèle Mc Laren / Gao et Collins :

La zone de l'estran joue un rôle très important sur la stabilité et sur l'évolution de la zone côtière. Les processus hydro-sédimentaires dans ce milieu littoral sont assez complexes et difficiles à traiter. Les houles, la marée, les courants et le transport sédimentaires sont mutuellement dépendants et interagissent pour façonner la plage à des échelles de temps et d'espace variées. Sous l'action des vagues et des courants, le sable est arraché du fond, transporté par l'écoulement puis déposé en permanence. Soumis à cette forte activité hydrodynamique, la plage change régulièrement de texture et de morphologie (AOUDJ et BOUAZIZ, 2014).

Notre analyse de la dynamique sédimentaire ne couvre pas toute notre zone d'étude, faute de données, mais juste une petite portion.

4.1. Principe du modèle :

Le modèle développé par McLaren (1981, 1985) est basé sur le principe suivant : les variations dans la répartition granulométrique d'un sédiment depuis sa source jusqu'au moment du dépôt dépendant de la dynamique hydrosédimentaire. Cette dynamique (érosion, transport, tri et dépôt sélectif) peut traduire les directions du transport résiduel. Ce modèle repose sur la comparaison entre les échantillons des trois paramètres sédimentologiques, le grain moyen (Mz), l'indice de classement (S_i) et l'indice d'asymétrie (Sk) entre deux prélèvements.

Par comparaison de (n) paramètres, 2_n cas possibles peuvent apparaître entre deux échantillons. Théoriquement, les cas possible sont au nombre de huit (McLAREN et BOWLES, 1985) :

Cas :	Définition des cas en unité phi		
1	$\mu_1 \geq \mu_2$	$S_{i1} \geq S_{i2}$	$Sk_1 \geq Sk_2$
2	$\mu_1 \leq \mu_2$	$S_{i1} \geq S_{i2}$	$Sk_1 \geq Sk_2$
3	$\mu_1 \geq \mu_2$	$S_{i1} \geq S_{i2}$	$Sk_1 < Sk_2$
4	$\mu_1 \leq \mu_2$	$S_{i1} \geq S_{i2}$	$Sk_1 < Sk_2$
5	$\mu_1 \geq \mu_2$	$S_{i1} < S_{i2}$	$Sk_1 \geq Sk_2$
6	$\mu_1 \leq \mu_2$	$S_{i1} < S_{i2}$	$Sk_1 \geq Sk_2$
7	$\mu_1 \geq \mu_2$	$S_{i1} < S_{i2}$	$Sk_1 < Sk_2$
8	$\mu_1 \leq \mu_2$	$S_{i1} < S_{i2}$	$Sk_1 < Sk_2$

Procéder à la comparaison des paramètres texturaux pour déterminer dans quel cas nous nous trouvons :

Type1 : $Mz_2 > Mz_1, S_{i2} < S_{i1}, Sk_2 < Sk_1$
 Type2 : $Mz_2 < Mz_1, S_{i2} < S_{i1}, Sk_2 > Sk_1$

Il y a mouvement potentiel du sédiment entre les deux stations



Dans les deux cas le tri s'améliore dans la direction du transport.

Quant aux autres types : 3, 4, 5, 6, 7 et 8 : le sédiment n'est pas en mouvement.

- Choisir la distance critique (Dcr) :

La distance critique notée Dcr est définie comme étant la distance séparant une station de sa voisine, ou bien c'est la distance en deçà de laquelle tout échantillon est compris dans ce périmètre. Le choix de la Dcr se base sur le principe que chaque échantillon doit avoir plusieurs voisins, et qu'il n'y ait pas d'échantillon se trouvant en dehors de ce périmètre.

Le sens du transport sédimentaire est déterminé par le tri, les sédiments se déplacent vers la station où le tri est meilleur, c'est-à-dire le tri le plus faible.

L'étape suivante consiste à tracer les vecteurs de transport et faire une somme vectorielle.

4.2. Procédure analytique :

L'application du GSTA (Grain Size Trend Analysis) passe par plusieurs étapes :

a. Préparation des données d'entrée :

La grille d'entrée est formée de 6 colonnes :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	35	1	250								
2	1	4090799,9	487339,49	2,87	0,41	0,17					
3	2	4089409,5	509867,91	2,43	0,68	-0,28					
4	3	4088422,7	509151,75	2,56	0,48	-0,23					
5	4	4090918,3	508827,61	2,28	0,61	-0,52					
6	5	4091688,5	508777,36	2,54	0,29	-0,18					
7	6	4089629,6	486892,58	2,61	0,24	0,01					
8	7	4094035,3	487344,32	2,62	0,29	0,13					
9	8	4092800,5	488924,67	2,61	0,24	0,03					
10	9	4092092,5	488379,82	2,59	0,28	0,31					
11	10	4090738,3	487265,21	2,6	0,4	0,03					
12	11	4089629,7	486843,12	2,55	0,36	-0,3					
13	12	4089039,4	509546,81	2,6	0,29	0,02					
14	13	4088607,7	509299,96	2,66	0,35	1,56					
15	14	4089655,1	509002,04	2,57	0,27	-0,37					
16	15	4089039,0	509151,09	2,66	0,23	0,04					
17	16	4088422,9	509300,16	2,59	0,42	-0,19					
18	17	4088426,3	487929,58	2,78	0,35	0,27					
19	18	4088239,7	489240,27	3,06	0,63	0,46					
20	19	4090393,5	492062,08	2,87	0,25	0,32					
21	20	4091562,5	494535,71	2,85	0,38	-0,11					

Figure n°II.19: La grille d'entrée dans le modèle GSTA.

- 1 : Nombre des stations de prélèvement
- 2 : Coefficient qui dépend du type des coordonnées choisies, dans le cas des coordonnées métriques en prend le numéro un (1)
- 3 : Distance critique (Dcr) ; est pris comme l'intervalle de l'échantillonnage spatial, maximal et spécifique. Les échantillons à comparer sont considérés comme étant des voisins, s'ils sont égaux ou inférieurs à cette distance.
- 4 : indices granulométriques (Mz, S₀ et Ski).
- 5 : les coordonnées en format métriques (X, Y)

b. Application du GSTA :

Le logiciel GSTA est un programme destiné à l'analyse du transport sédimentaire. Son application est facile, il suffit d'introduire un fichier input contenant le nombre de stations,

les coordonnées géographiques et les indices granulométriques. Ce fichier est sous format (*.dat), il est obtenu à l'aide du logiciel SURFER. Le fichier output qu'on obtient, contient les coordonnées des stations avec les directions de transport sédimentaire.

c. Exploitation des données de sortie :

Les résultats doivent être traités avec Excel, puis exploités avec le logiciel Surfer, à l'aide de la fonction Vecteur map, qui permet de dessiner une carte des vecteurs modélisant le transport sédimentaire.

4.3. Les résultats de la modélisation du transport sédimentaire:

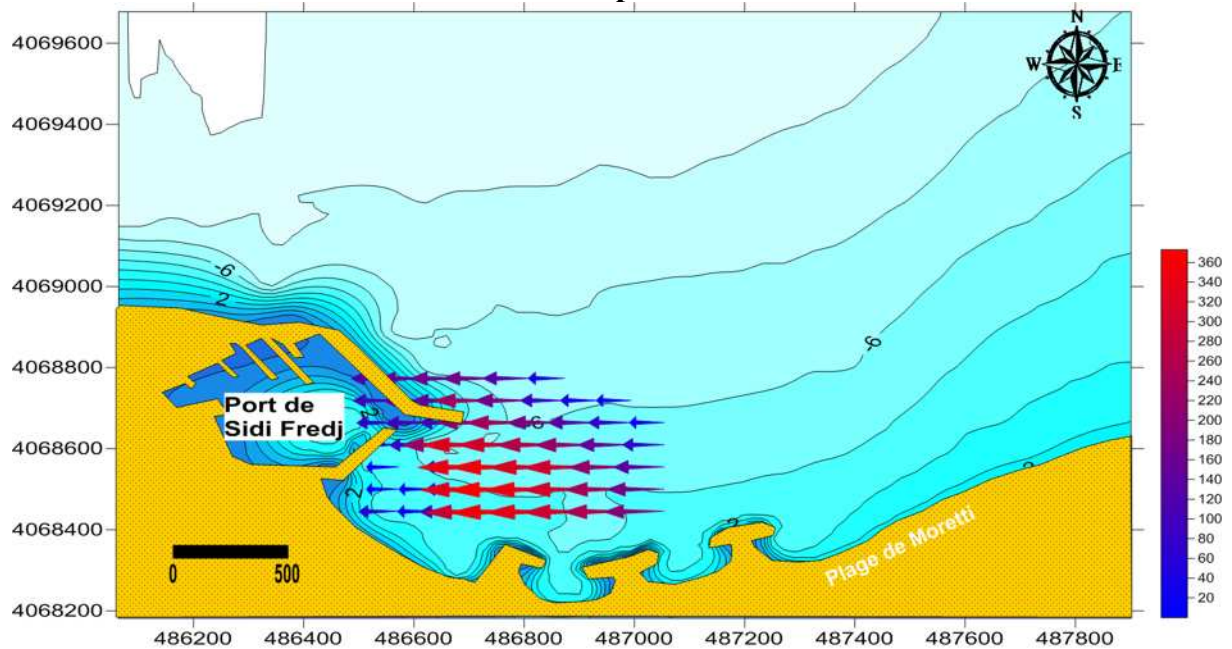


Figure n°II.20: Modélisation du transport sédimentaire dans la zone de Sidi Fredj Est.

Dans cette partie de l'étude, nous avons tenté de déterminer les trajectoires principales du transport sédimentaire par une approche basée sur la distribution spatiale et la comparaison des paramètres granulométriques usuels, la taille moyenne, le tri et l'asymétrie de la distribution sédimentaire. La fiabilité des résultats dépend de la taille des vecteurs, plus le module est grand plus le résultat est fiable.

A partir des résultats obtenus de la modélisation du transport sédimentaire avec le modèle de GSTA, nous déduisons qu'il y a une tendance du transport des sédiments du large au niveau de la plage Est de Sidi Fredj, ce qui traduit l'ensablement du port.

Conclusion :

La couverture sédimentaire de Sidi Fredj Est, est composée dans sa globalité par une majorité de sable fin qui représente 78%, 46% des échantillons prélevés. Les sables moyens constituent 15%, 46% de la totalité des échantillons. La fraction grossière est quasiment absente.

L'étude des autres paramètres (D_{10} , Q_{25} , Q_{50} , Q_{75} et D_{90}) fait apparaître un granuloclassement de la ligne de côte vers le large.

L'application du modèle de GSTA, nous a montré que le transport sédimentaire au cours de succession et de l'étalement des vagues sur la plage s'effectue essentiellement vers le large. Les sédiments sont d'abord mis en suspension par les houles au moment de leur déferlement et sont entraînés ensuite vers le large par les courants de retour.

Chapitre III :
ANALYSE DES VARIATIONS HISTORIQUES
DE LA LIGNE DE CÔTE DE LA PLAGE DE
SIDI FREDJ EST

Introduction

En Algérie, le phénomène du recul du rivage et notamment ceux des côtes sableuses sont de plus en plus ressentis sur une proportion importante du littoral Algérien (1644 km) qui est particulièrement dû à l'action de l'homme.

. Vers les années cinquante (1950), on peut noter une certaine stabilité des zones de plage, mais au courant des décennies qui suit, le recul des côtes sableuses est constaté, avec des degrés plus ou moins fort, quasiment pour l'ensemble des plages.

L'analyse de campagnes successives de photographies aériennes, permet une vision globale et rétrospective des phénomènes. La facilité de traitement et la fiabilité des résultats obtenus (CROWELL et al. 1991; DOLAN et al. 1991) ont donc amené un grand nombre de chercheurs à utiliser les clichés aériens, dont l'analyse diachronique met en évidence les transferts sédimentaires (GUILLEMOT & THOMAS, 1985 ; WANG & VERGER, 1985 ; BOUTIBA, 1996 ; SUANEZ, 1997 ; DURAND, 1999 ; COURTAUD, 2000 ; SABATTIER, 2001 ; BOUTIBA, 2006).

1. Evolution du trait de côte de la plage de Sidi Fredj Est:

L'évolution du trait de côte depuis 1921 a été retracée d'après les levées topographiques effectuées en 1921, 1956 et 1970 (L.C.H.F, 1970) et celles de 1993 et 1995 (BOUTIBA, 1996).

Le littoral sableux de Sidi Fredj, entre le port de plaisance à l'Ouest et la limite de Moretti à l'Est, présente une morphologie caractéristique de plage de Baie ouverte. Nous allons préciser ses dynamiques sédimentaires au moyen d'une analyse diachronique des variations de la position du rivage de 1921 jusqu'au 2015.

La digue portuaire, construite en 1969-1971 a joué un rôle majeur dans l'évolution du rivage entre 1972 et 1993, en modifiant la propagation de la houle (Diffraction), ce qui a induit un recul du rivage dans la partie centrale de la Baie. Nous concluons sur le rôle déstabilisateur des aménagements sur les dynamiques du littoral de Sidi-Fredj, qui cherche un nouvel équilibre en réadaptant la position de son rivage.

1.1. Récolte des données :

Dans le cas étudié, l'analyse diachronique de l'évolution du littoral a été abordée en comparant les fonds cartographiques disponibles à différentes échelles (Voir annexe) et les missions de photographies aériennes. Ces documents (missions aériennes et images satellitaires de Google Earth 2015) ont été sélectionnés d'une manière à couvrir l'ensemble du linéaire côtier. Les résultats les plus significatifs ont été obtenus en comparant des photos aériennes de 1972 et 2002, et les images satellitaires de Google Earth de 2002 à 2015 après traitement par le logiciel ENVI 4.8. Concernant le secteur de Sidi Fredj, campagnes donc séparées par un laps de temps de 43 ans. Ces données issues de clichés et des cartes correspondantes ont été complétées par des levés de terrain.

1.2. Moyens et procédure :

Pour étudier l'évolution du trait de côte du littoral Est de Sidi Fredj, nous avons utilisé le logiciel ArcGis 10.

1.3. Evolution du trait de côte de la plage Est de Sidi Fredj 1921 – 2015 :

a. Période de 1921 à 1956 :

Par rapport à la totalité du trait de côte examiné entre l'îlot de Sidi Fredj et la limite Est de Moretti, seul le trait de côte de la zone située entre la jetée secondaire du port et l'hôtel El Riadh n'a connu que très peu de changement. Le reste a connu un recul de l'ordre de 50 m, soit une érosion de l'ordre de 1,4 m par an.

Cette comparaison fait ressortir aussi l'impact des activités humaines sur le littoral. En effet, la construction du port de Sidi Fredj a induit des variations très importantes tout au long du littoral Est de Sidi Fredj.

Contrairement à la plage adossée à la jetée Sud du port de Sidi Fredj, le secteur situé entre l'hôtel El Riadh et l'hôtel El Minzah a connu deux phases bien distinctes :

- une période d'engrèvement de l'ordre de 40 m entre 1921 et 1956, suivie d'une période de recul de l'ordre de 40 m sur une période de 1968 à 1984, même chose pour la frange littorale de Moretti, qui a connu un recul de son trait de côte de 70 m pour la même période.

L'analyse des cartes de l'évolution du trait de côte, nous a permis d'aboutir aux constatations suivantes (MEZOUAR, 2009).

Tableau n° III.01. Taux et vitesse de variation du trait de côte du littoral Sidi Fredj entre 1972 et 2008 (MEZOUAR, 2009).

Profile	Taux de recul 1972-80 (m)	Vitesse de recul 1972-80 (m/an)	Taux de recul 1980-93 (m)	Vitesse de recul 1980-93 (m/an)	Taux de recul 1993-03 (m)	Vitesse de recul 1993-03 (m/an)	Taux de recul 2003-08 (m)	Vitesse de recul 2003-08 (m/an)	Taux de recul 1972-08 (m)	Vitesse de recul 1972-08 (m/an)
P1	-33,24	-4,15	-52,63	-4,04	-9,69	-0,96	-2,77	-0,55	-98,33	-2,73
P2	-36,01	-4,5	-54,01	-4,15	-10,24	-1,02	-3,04	-0,6	-103,3	-2,86
P3	-38,78	-4,84	-55,4	-4,26	-10,52	-1,05	-2,49	-0,49	-107,9	-2,97
P4	-40,44	-5,05	-60,94	-4,58	-11,08	-1,1	-2,21	-0,44	-114,6	-3,18
P5	-44,32	-5,54	-59,55	-4,68	3,04	0,3	-1,27	-0,25	-102,1	-2,83
P6	-43,21	-5,4	-63,7	-4,9	4,43	0,44	2,71	0,54	-99,77	-2,77
P7	-37,67	-4,7	-66,48	-5,11	5,81	0,58	3,87	0,77	-94,47	-2,62
P8	-30,47	-3,8	-54,48	-4,19	8,58	0,85	4,15	0,83	-72,22	-2
P9	-16,62	-2,07	-34,32	-2,64	7,47	0,74	7,75	1,55	-35,72	-0,99
P10	-24,93	-3,11	24,1	1,85	6,77	0,67	8,58	1,71	14,52	0,4
P11	-5,54	-0,69	33,24	2,55	4,15	0,41	2,77	0,55	34,62	0,96
P12	5,81	0,72	51,52	3,96	11,63	1,16	4,15	0,83	51,52	1,43
P13	28,25	3,53	72,02	5,54	22,16	2,4	8,3	1,66	130,73	3,63
P14	22,16	2,77	63,72	4,9	19,35	1,93	5,54	1,11	110,77	3,07
P15	28,25	3,53	72,02	5,54	22,16	2,4	8,3	1,66	130,73	3,63

NB : Les Valeurs négatives indiquent un recul du trait de côte et les valeurs positives une avancée.

b. Période de 1972 à 1980 :

Par rapport à la totalité du trait de côte examiné entre le port de plaisance de Sidi-Fredj et la limite Est de Moretti, seul celui situé entre la jetée secondaire du port et l'hôtel El Riadh n'a connu que très peu de changement. Le reste a connu un recul de l'ordre de -5.54 m (-0.69 m/an) au niveau du profil **p11** et de -44.30 m (-5.54 m/an) à **p5**. Cette comparaison fait ressortir aussi l'impact des activités humaines sur le littoral.

En effet, la construction du port de Sidi-Fredj (1969-1971) a induit des variations très importantes tout au long du littoral Est de Sidi-Fredj.

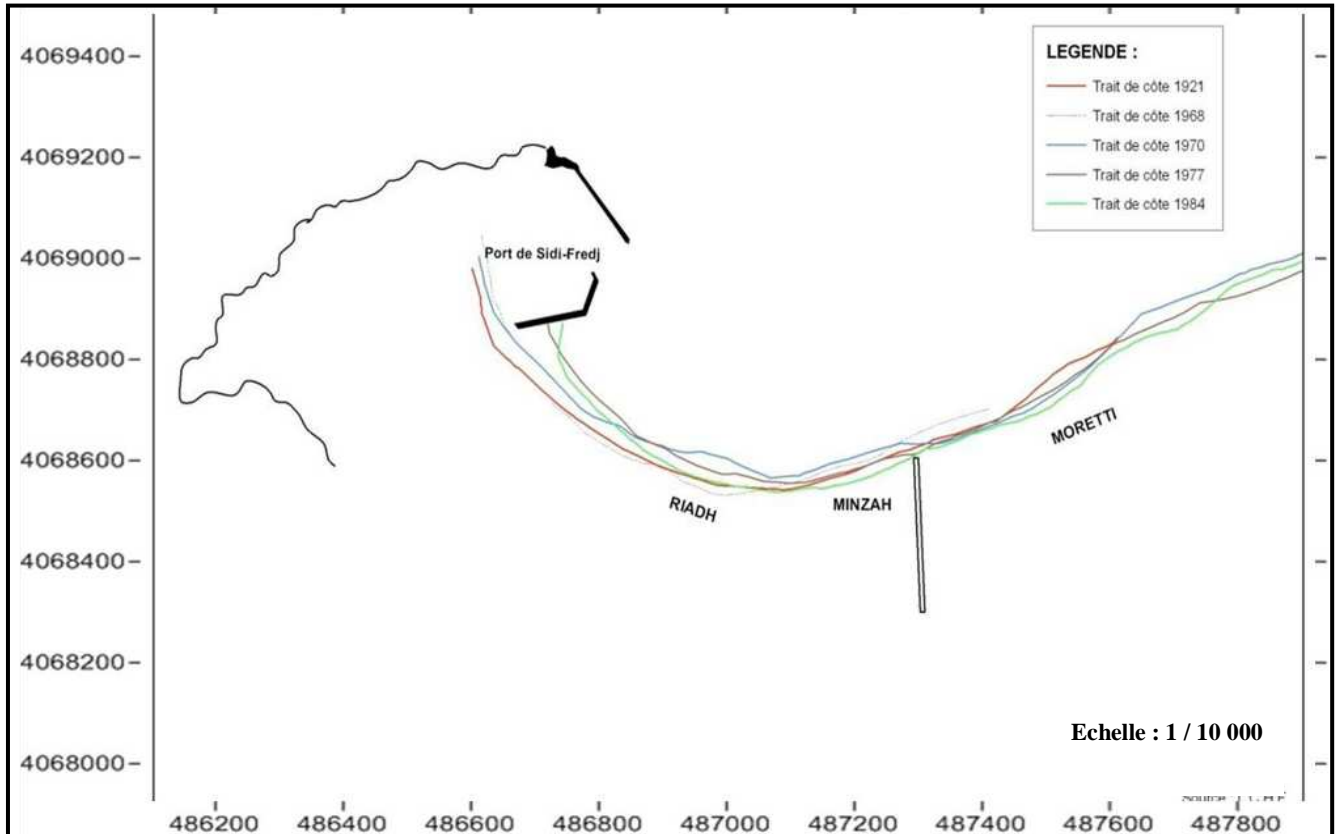


Figure n°III.01. Evolution du trait de côte entre 1921-1984 (L.C.H.F, 1970)

c. Période de 1980 à 1993 :

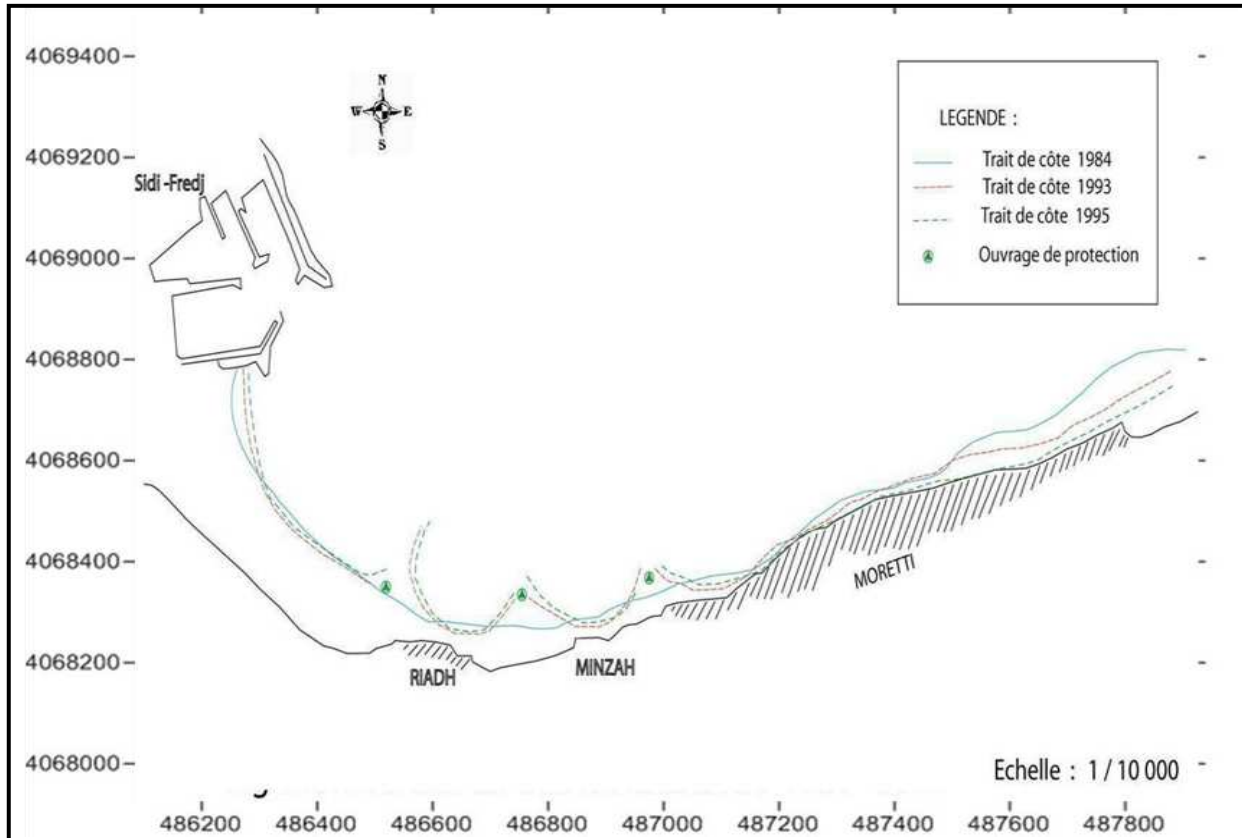
L'engrèvement de la plage adjacente du port à partir de 1980, est dû à la construction de ce port. En effet, l'implantation du port a engendré des modifications notables, car cet ouvrage a fait obstacle au transport longitudinal du sédiment et a modifié la direction des vagues de secteur Nord-Ouest par diffraction entraînant l'érosion de la plage allant vers Moretti.

L'engrèvement et la forme arquée de la plage proche du port sont dus à la rotation de la houle autour de l'extrémité de cette jetée principale, qui se traduit par la modification de sa direction et le transfert de son énergie vers la zone protégée. Ce phénomène de diffraction entraîne la création d'un courant, qui ramène les sables depuis la plage Est vers cette zone.

La réduction de la largeur des plages devenait inquiétante. Des études pour la protection de cette côte ont été effectuées. Des ouvrages de protection ont été implantés en 1985, ces

derniers ont certes stoppé l'érosion mais défiguré le paysage. Ainsi, les transits sédimentaires qui s'effectuaient le long du littoral ont été stoppés.

Les seuls mouvements sédimentaires sont observés aux alentours du port de Sidi-Fredj et la plage Est de Sidi-Fredj et ont contribué à l'ensablement du port.



d. Période de 1993 à 2002 :

Il fait ressortir que la tendance à la progradation s'est poursuivie au niveau de la plage adossée à la jetée Sud du port, une avancée de plus de 22 m ($+2.4 \text{ m.an}^{-1}$) a été constatée entre 1993-2002. Au contraire, le trait de côte devant Moretti a continué à reculer provoquant ainsi la disparition presque totale de la plage dans ce secteur en 1995 (plus spectaculairement le front de mer de Moretti a vu son trait de côte reculer de 9 à 11 m (-0.96 m/an et -1.10 m/an) durant la période de 1993 à 2002. A l'emplacement des ouvrages de protection, des plages alvéolaires se sont reconstituées au détriment du trait de côte situé dans l'axe de la passe qu'a connu une érosion de l'ordre 5 m localement.

e. Période de 2002 à 2015 :

A partir de 2002, le taux d'avancée de la ligne de rivage est de 8 m soit (1.66 m/an) au niveau de la partie gauche. La progression de la plage s'est poursuivie au cours de la période de 1972 à 2008 et le trait de côte a continué de progresser lui aussi vers la mer. Par contre la plage de Moretti est caractérisée par une érosion importante et continue depuis 1972. Cette érosion a entraîné un recul du trait de côte estimé à -3 m soit un taux de recul moyen de l'ordre de -0.6 m/an .

Tableau n°III.02: Bilan des taux de surface d'érosion et d'accumulation du trait de côte de Sidi Fredj plages entre 2002 et 2015

les périodes	Taux d'accrétion(m ²)	Taux d'érosion(m ²)	Moyenne (Accrétion-érosion)(m ²)	Taux moyen annuel(m ²)
2002-2005	12106,8122	556,808478	(+) 11550,0037	(+) 3850,00124
2005-2008	924,539923	15437,5749	(-) 14513,035	(-) 4837,67834
2008-2011	5964,43313	3065,04105	(+) 2899,39209	(+) 966,464028
2011-2014	23,900064	8694,91186	(-) 8671,01179	(-) 2890,33726
2014-2015	6,421869	6677,35762	(-) 6670,93575	(-) 6670,93575
2002-2015	19026,1072	34431,6939	(-) 15405,5867	(-) 1185,04513

D'après le tableau ci-dessus, le bilan général de l'état d'évolution des surfaces est estimé à une perte de **15405,5867 m²**, durant une période de 10 ans, soit **(-) 1185,04513m²/an**. L'analyse du tableau n°II.02 et de l'histogramme suivant montrent d'une façon synthétique, que dans notre zone d'étude l'érosion a pris l'avantage sur l'engraissement.

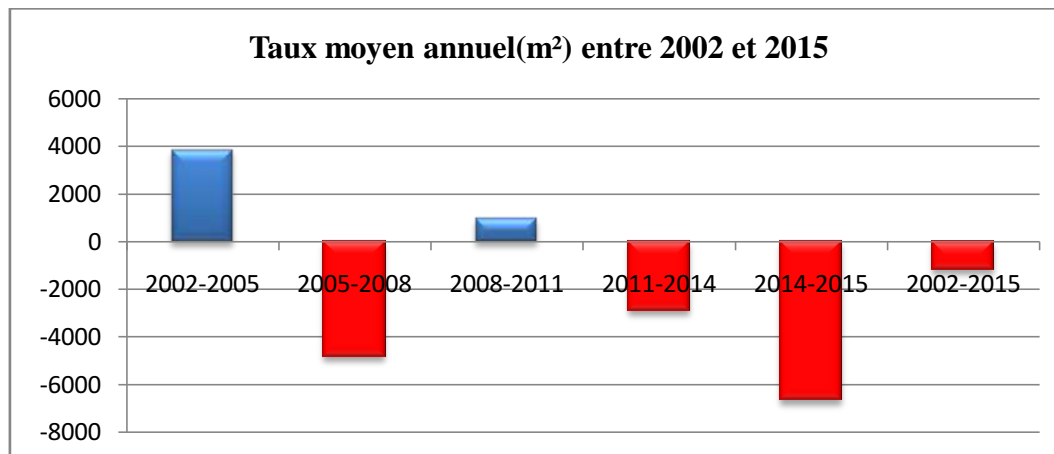


Figure. n° III.03: Diagramme de l'évolution annuelle de la ligne de côte de Sidi Fredj Est.

Le diagramme ci-dessus exprime les différents taux d'érosion interannuels estimés en moyenne, dont le taux minimum est de **(-2,89033726*10³m²/an)** durant une période de trois ans (2011-2014) d'une part. D'autre part le taux maximum **(-6670,93575m²/an)** s'étale sur une période de deux ans (2014-2015). À citer deux accumulations de **(3,85*10³m²/an)** ayant lieu durant la période (2002-2005) et l'autres de **(0,966*10³m²/an)** durant une période de trois ans (2008-2011).

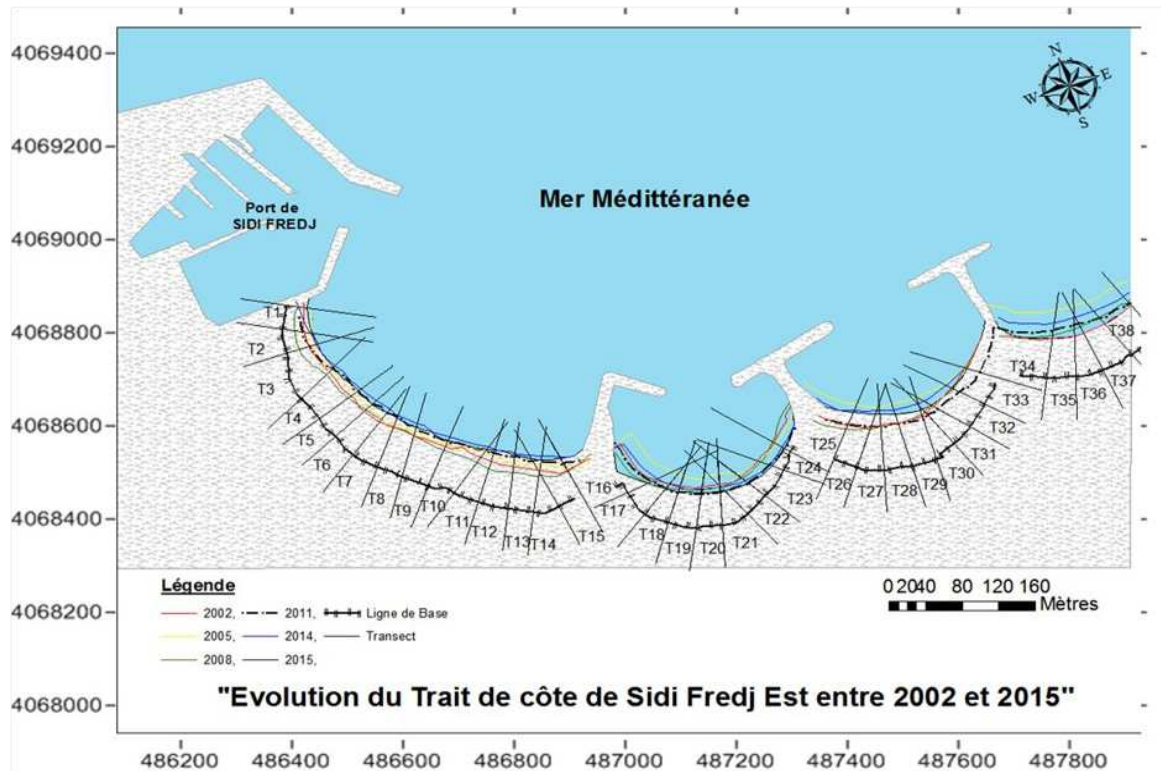


Figure. n°III.04: Carte de l'évolution du trait de côte de Sidi Fredj Est plages entre 2002 et 2015.

En effet, toute la plage de Sidi Fredj Est présente une récession nettement supérieure comparée à l'accrétion. Et pour bien montrer les différents points de calcul de ce recul, on a mesuré cette distance par rapport à chaque transect au nombre de 38 représentés dans le tableau (Voir Annexe).

Tableau n°III.03: Distances de recul du trait de côte entre 2002 et 2015 en fonction des Transects

N° TRANSECT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Distance (m)	2,17	3,66	6,45	6,01	7,33	5,17	3,48	5,24	6,04	5,12	4,26	5,07	4,53
N° TRANSECT	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
Distance (m)	4,47	5,67	6,06	5,38	5,45	7,39	4,93	4,43	4,81	5,86	5,95	6,42	6,13
N° TRANSECT	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	
Distance (m)	4,04	4,69	5,65	5,53	5,76	6,24	5,32	7,64	5,78	5,02	5,54	5,64	

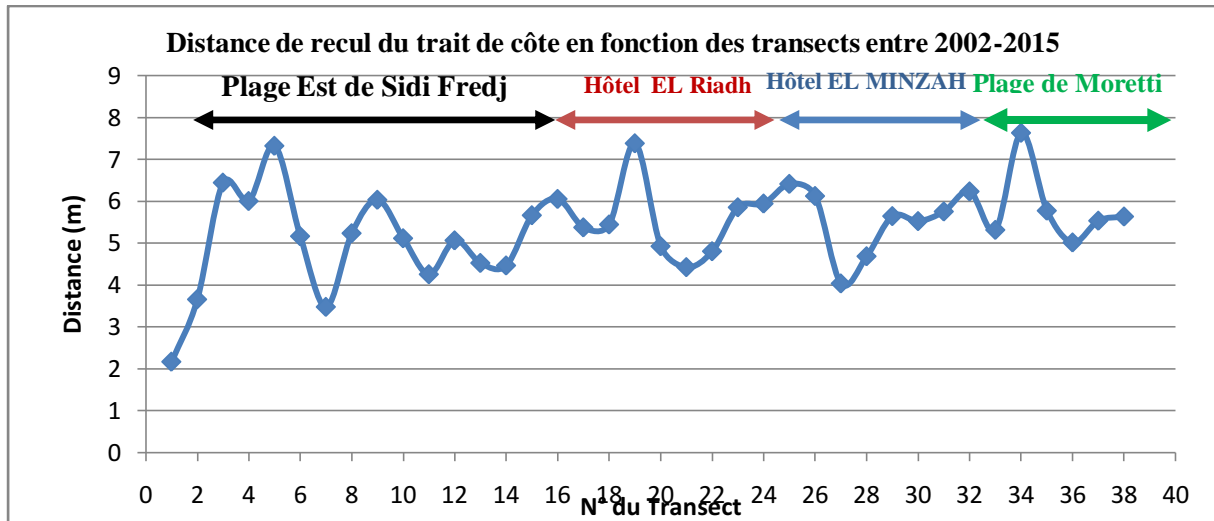


Figure n°III.05: Diagramme des Distances de recul par rapport à chaque Transect.

La figure précédente représente le diagramme des distances de recul par rapport à chaque transect. Le recul est élevé et atteint son maximum à la plage de Moretti (-7,64m) durant la dernière décennie et le minimum est marqué à (-2,17m) au niveau de la plage Est de Sidi Fredj.

Conclusion :

L'analyse des variations historiques de la ligne de rivage de Sidi-Fredj a permis de dresser un premier bilan sédimentaire de cette côte. Nous démontrons le rôle perturbateur de la digue portuaire sur les variations du rivage. Après une période de fortes variations du rivage, entre 1972 et 1993 durant laquelle le trait de côte se réadapte suite à la construction du port de Sidi-Fredj, la période 1993 n'est plus affectée par des modifications importantes du rivage de la partie centrale et occidentale, malgré la construction de trois épis sur la partie centrale de notre littoral. Par contre, la côte de Moretti continue à s'éroder avec le temps. Les aménageurs du littoral de Sidi-Fredj doivent donc rester vigilants quant aux problèmes d'érosion qui peuvent néanmoins persister, surtout suite à la mise en place des complexes touristiques sur les dunes bordières.

Chapitre IV :
SIMULATION DE LA RÉFRACTION DE LA
HOULE SUR LA CÔTE

Introduction :

La conception des cartes de propagation des houles exige une certaine base des données récentes et continue dans le temps. Comme nous n’en disposons pas, nous nous sommes contentés des données du Summury of Synoptic Meteorological Observations (SSMO), des données de l’Office National de Météorologie (ONM, 2005) et des données de centre de Control Technique des Constructions Hydrauliques (CTH, 2008).

Dans ce chapitre, nous allons exposer les facteurs hydrodynamiques qui agissent sur notre zone d’étude, à savoir : les vents et les houles d’une part, et de l’autre nous exploiterons ces derniers afin d’appliquer le modèle de vagues SWAN (SimulatingWavesNearshore), pour arriver enfin à la présentation des différentes cartes produites par le modèle portant sur l’agitation de la houle à la côte en fonction des houles dominantes.

1. Le contexte Hydrodynamique :

1.1. Les vents au large :

Les vents sont générateurs de vagues et de courants, leur impact augmente avec leur vitesse. Lorsque l’action des vents est continue, elle génère des vagues et une houle. Dans la baie d’El Djamilia, la répartition des vents est parfaitement liée au régime annuel des houles. Les données recueillies par le S.S.M.O (Summary of SynopticMétéorological Observations) au large d’Alger confirment l’existence de deux périodes distinctes (**Figure n°VI.01**) :

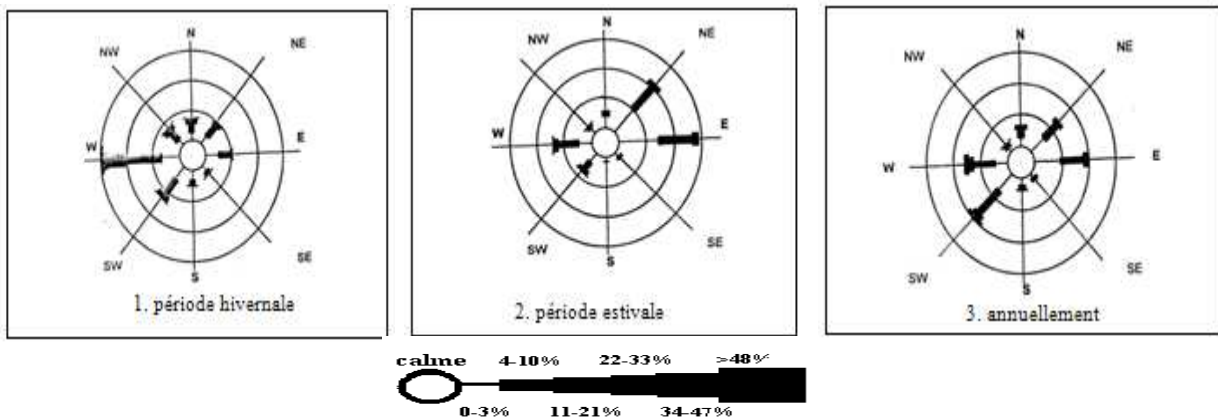


Figure n°IV.01: Roses récapitulatives saisonnières et annuelles des fréquences d’apparition du vent au large.(L’US Naval Weather service, de 1963 à 1970).

Tableau n°IV.01. Fréquences d’apparition des vents dominants au large selon les périodes.

Direction Période	Ouest	Sud – Ouest	Est	Nord – Est
Période hivernale	27,17	15,27	12,59	9,84
Période estivale	16,42	8,13	25,31	23,76
Annuelle	21,9	11,7	18,9	16,8

Source : SSMO (1963-1970)

- **En période hivernale** : les vents violents ont une vitesse, supérieure à 34 nœuds, sont très peu fréquents, 2,2%. Les vents dominants proviennent des secteurs Ouest à sud ouest avec une fréquence de 42,65 %.
- **En période estivale** : les vents forts (vitesse supérieure à 43 nœud) sont très peu fréquent, leur fréquence ne dépasse pas 0,54 %. Les vents qui ont des vitesses qui varient entre 4 et 10 nœuds sont plus fréquents avec une fréquence de 46,52%. Les vents dominants sont de secteur Est et Nord Est
- **La rose annuelle** : fait apparaître 3 directions essentielles des vents dominants, Est, Nord-Est et Ouest avec des fréquences d'apparition respectives de 18,9%, 16,8% et 21,9 %.

1.2. Les houles :

La houle est une oscillation périodique de la surface de la mer, elle se produit par l'action des vents et subit des modifications (réfraction, diffraction et réflexion ou déferlement) en se rapprochant vers la côte sous l'effet de la diminution de la profondeur.

La connaissance des caractéristiques de la houle au large : direction, amplitude, période, énergie... permettent de :

- Mieux analyser les constatations faites quand à l'évolution de littoral,
- Déterminer le dimensionnement des ouvrages de protection à réaliser,
- Mieux estimer le transit sédimentaire.

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

Les houles plus fortes sont hivernales, de direction Ouest dominante avec les plus grandes amplitudes (entre 1 et 3m) engendrant une dérive littorale de l'Est vers le Sud-Ouest (**Figure n° IV.02**).

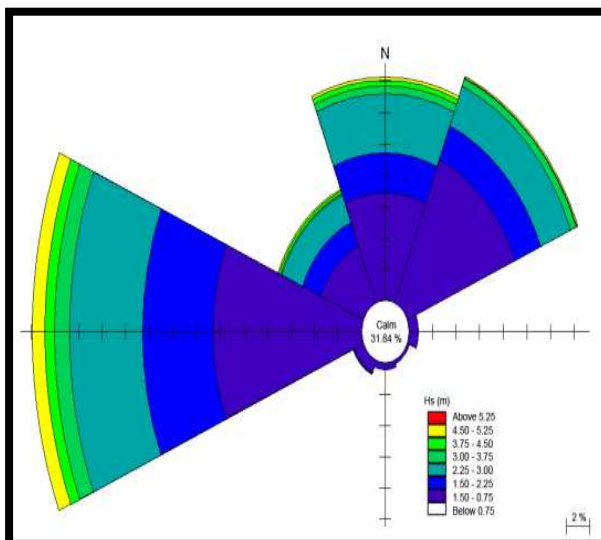


Figure n° IV.02: Rose des vagues au large de la côte Algérienne – Hiver- (CTH, 2008).

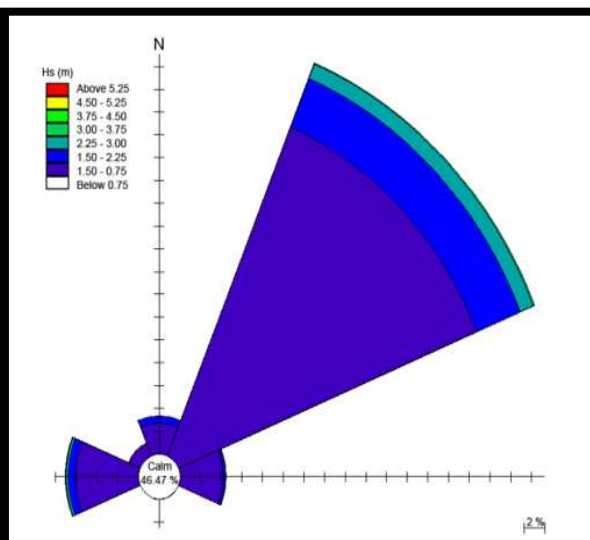


Figure n° IV.03: Rose des vagues au large de la côte Algérienne-été (CTH, 2008).

En été, les directions dominantes (**Figure n° IV.03**) sont issues du secteur Nord-Est avec des amplitudes plus faibles et leur propagation est pratiquement parallèle à la côte (**OUKAZI, 1993**).

Tableau n°IV.02: Amplitudes des vagues en fonction des directions et leurs périodes de retour (**SSMO, 1963-1970**).

Direction	Nord	Nord-Est	Est	Ouest	Nord- Ouest
Période de retour (s)					
Biennale	4.90	4.93	4.12	7.36	4.16
Quinquennale	5.75	5.67	4.70	8.43	4.87
Décennale	6.38	6.23	5.14	9.22	5.40
Vingtennale	7.02	6.79	5.59	10.02	5.94
Cinquantennale	7.87	7.53	6.17	11.08	6.65
Centennale	8.50	8.08	6.62	11.88	7.18

Tableau n° IV.03: Résultats du calcul des houles de récurrence annuelle.

Direction (°)	Période en (s)	Amplitude de la houle au large Hs (m)	Amplitude de la houle (m) à (-10 m)	Coefficient de réfraction Kr à -10 m	Angle d'Arrivée (°)
N 45°	6	1,09	0,55	0,51	21
	8	2,56	1,24	0,48	13
	10	5,05	2,49	0,49	04
N 360°	6	1,00	0,90	0,90	356
	8	2,67	2,33	0,87	352
	10	4,92	4,18	0,85	349
N 315°	6	1,10	1,02	0,93	318
	8	2,64	2,44	0,93	320
	10	4,53	4,24	0,92	321

2. Application du Modèle SWAN :

2.1. Description du modèle SWAN :

SWAN est un modèle numérique de troisième génération pour le calcul des vagues aléatoires et des crêtes courtes (Short-crested waves) dans la zone côtière et les courants ambiants (SimulatingWAVesNearshore (**SWAN**)) a été développé et validé. Ce modèle est basé sur une formulation eulérienne de l'équilibre de densité d'action spectrale pour une propagation réfractive sur une bathymétrie arbitraire et des champs de courants (**BOOIJ et al, 1999**).

Le modèle est basé sur une équation dite WABE : "l'équation de balance d'action des vagues", défini par (**STIVE et al, 2006**) comme suit ;

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma} \quad \text{.....IV.01}$$

Où:

N (σ, θ) = densité de l'action des vagues:

T = temps [s]

x = distance dans la direction x [m]

y = distance dans la direction y [m]

σ = fréquence relative [Hz] comme on l'observe dans un cadre de référence se déplaçant avec la vitesse du courant

θ = direction de la vague [degrés]


c_x, y, σ, θ = vitesses de propagations [m / s] pour respectivement x, y, σ et θ

S = source / puits terme en termes de densité d'énergie (Génération par le vent, dissipation et non-linéaire onde interactions)

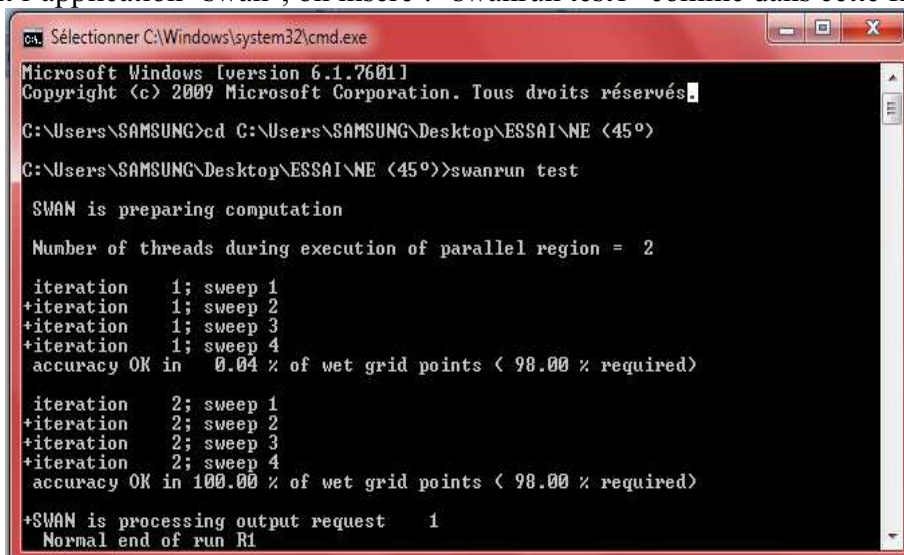
La densité de l'action N (σ, θ) est égale à la densité d'énergie divisée par la fréquence relative: N (σ, θ) = E (σ, θ) / σ.

Le premier terme de l'équation représente le taux de variation locale de la densité avec le temps, le deuxième et le troisième terme représentent la surfabilité d'un ASR dans les propagations des vagues irrégulières de la densité dans l'espace d'action. Le quatrième terme représente le décalage de la fréquence relative due aux variations de la profondeur et les courants. Le cinquième terme représente le courant induit par la profondeur ainsi que la réfraction. Les expressions c_x, y, σ, θ sont prises de la théorie de l'onde linéaire.

2.2. Les étapes à suivre :

Pour commencer, le modèle exige un fichier d'entrée SWAN  sous le nom de "test1" comprenant en plus de l'algorithme, les données de bases qui sont : la délimitation de la zone d'étude (coordonnées géographiques en UTM), la hauteur de la houle, l'angle du vent, la période (AOU DJ, 2014).

En ouvrant l'application "swan", on insère : "swanrun test1" comme dans cette figure ;



```

Microsoft Windows [version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

C:\Users\SAMSUNG>cd C:\Users\SAMSUNG\Desktop\ESSAI\NE <45°>
C:\Users\SAMSUNG\Desktop\ESSAI\NE <45°>>swanrun test

SWAN is preparing computation


Number of threads during execution of parallel region = 2

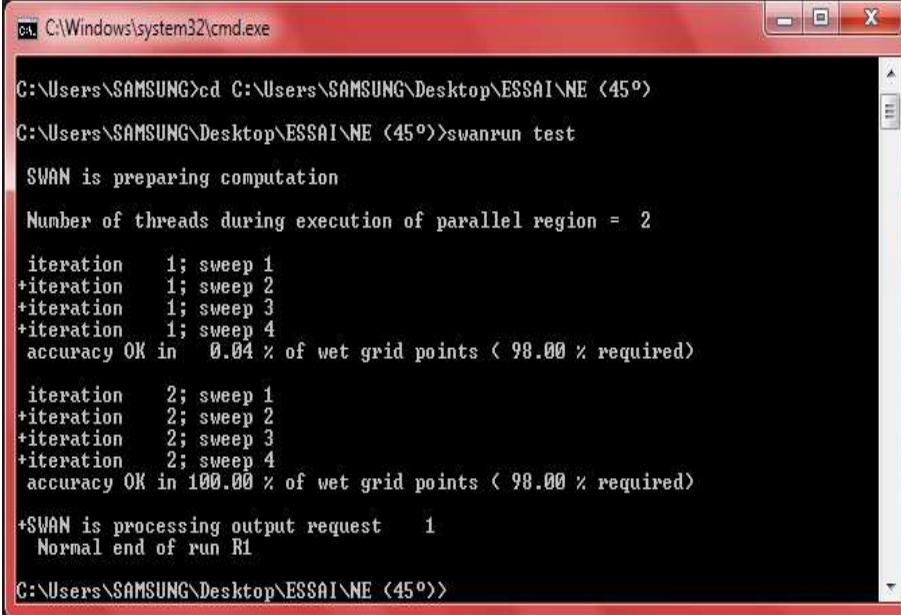
iteration 1; sweep 1
+iteration 1; sweep 2
+iteration 1; sweep 3
+iteration 1; sweep 4
accuracy OK in 0.04 % of wet grid points < 98.00 % required>

iteration 2; sweep 1
+iteration 2; sweep 2
+iteration 2; sweep 3
+iteration 2; sweep 4
accuracy OK in 100.00 % of wet grid points < 98.00 % required>

+SWAN is processing output request 1
Normal end of run R1
    
```

Figure n° IV.04. Insertion du fichier «Input »

Après itération y aura ce fichier comme résultante,  qu'on pourra ouvrir à l'aide d'Excel et choisir les deux paramètres qui nous intéressent à savoir : la Hauteur significative Hs de chaque point ainsi que la Direction de propagation des vagues.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\SAMSUNG>cd C:\Users\SAMSUNG\Desktop\ESSAI\NE (45°)
C:\Users\SAMSUNG\Desktop\ESSAI\NE (45°)>swanrun test
SWAN is preparing computation
Number of threads during execution of parallel region = 2
iteration 1; sweep 1
+iteration 1; sweep 2
+iteration 1; sweep 3
+iteration 1; sweep 4
accuracy OK in 0.04 % of wet grid points ( 98.00 % required)
iteration 2; sweep 1
+iteration 2; sweep 2
+iteration 2; sweep 3
+iteration 2; sweep 4
accuracy OK in 100.00 % of wet grid points ( 98.00 % required)
+SWAN is processing output request 1
Normal end of run R1
C:\Users\SAMSUNG\Desktop\ESSAI\NE (45°)>
```

Figure n° IV.05. Itération et conception du fichier «Output».

2.3. Compilation des GRID et compilation :

2.3.1. Aperçu du Logiciel Surfer 11 :

Le logiciel "Surfer 11", permet de créer des grilles qui vont interpoler les données irrégulières de nos points X,Y,Z, afin de les ordonner. C'est à partir de ces grilles que l'on pourra créer plusieurs types de cartes : base map, contour map, 3D surface, vector et bien d'autres...

À l'aide du logiciel "Surfer 11", on a créé les couches suivantes: la bathymétrie, la houle significative et la direction de propagation des vagues. Après la superposition de ces grilles, on passe au traitement à l'aide du logiciel ArcGis 10, pour arriver à cartographier six (06) cartes suivantes :

2.3.2. Action des houles de direction (N 360°) :

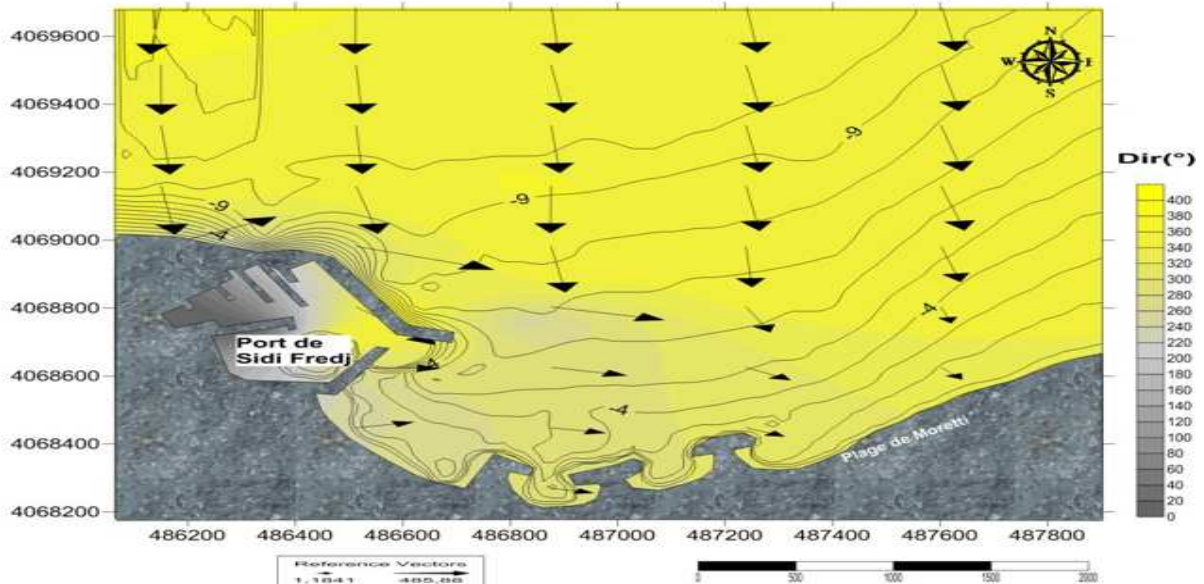


Figure n°IV.06: Propagation des houles du Nord (360°) vers la côte.

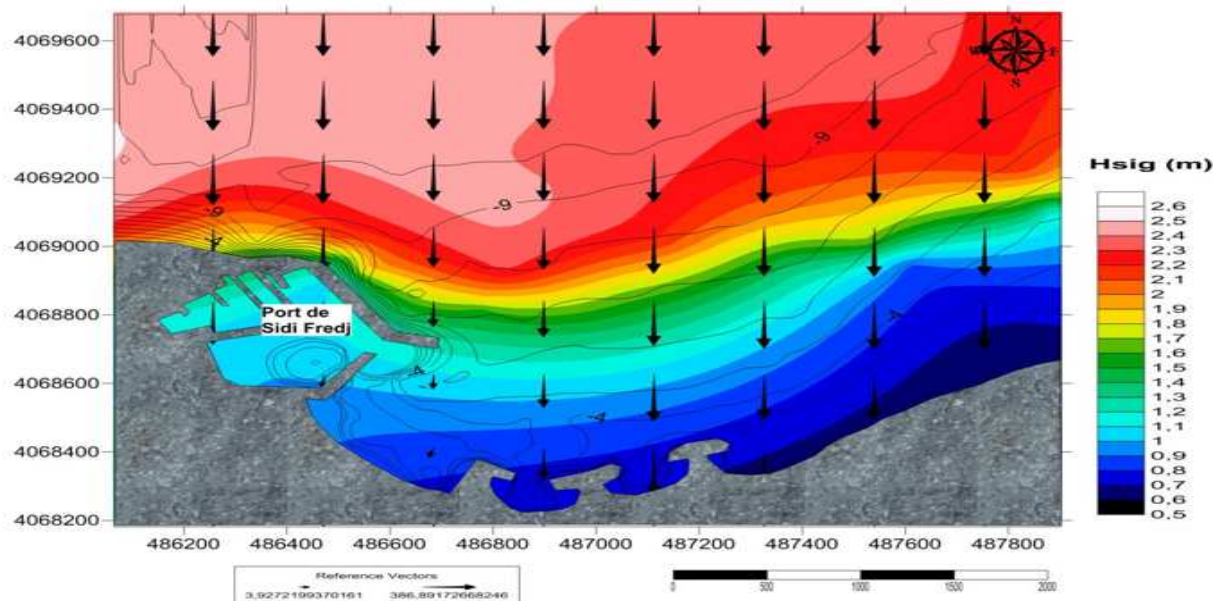


Figure n°IV.07: Estimation des houles significatives du Nord (360°) vers la côte.

Les figures n°IV.06 et n°IV.07 représentent les résultats issus de l'application de la réfraction pour une houle de (360°), avec une période de 8 secondes. La propagation se fait d'une façon frontale, le coefficient de réfraction (k_r) est égal à 0,87, de ce fait ces houles atteignent le trait de côte sans qu'elles changent de direction. Pour les houles significatives, elles varient entre 0,5 m et 2,5 m et se répartissent d'une croissante du large à la côte.

- A noter que le paramètre $H_s(m)$ représente la hauteur de la houle en (m), les vecteurs représentent de par leur sens la direction de propagation de la houle, leurs longueurs étant proportionnelles à la hauteur de la houle.
- Les champs de courant (**Figure n°IV.06**) montrent au voisinage du port un courant littoral induit par la houle de direction N 360° et qui remonte le long de la jetée secondaire. Ce courant peut transporter des quantités de sable de la plage vers le port.

Au niveau des ouvrages de protection se trouvant à l'Est du port, on note une circulation tourbillonnaire entre ces ouvrages, ce qui est en accord avec la réalité. Dans la représentation graphique des résultats des courants, les vecteurs représentent de par leur sens la direction du courant, leurs longueurs étant proportionnelles au gradient de vitesse.

- Le transit sédimentaire dans la zone d'étude reflète l'activité hydrodynamique observée dans les champs des courants. On relève des grandes perturbations juste après l'épi en L, alors que près de la passe d'entrée au port, les perturbations sont négligeables.

2.3.3. Action des houles de direction (N 45°) :

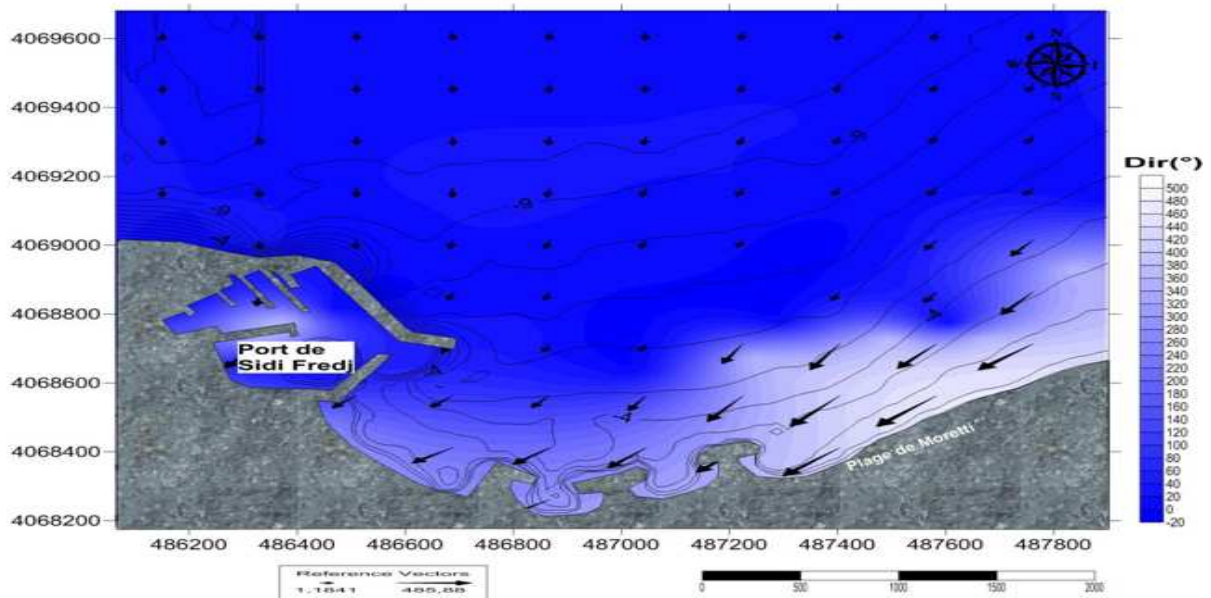


Figure n°IV.08 : Propagation des houles du Nord-Est (45°) vers la côte

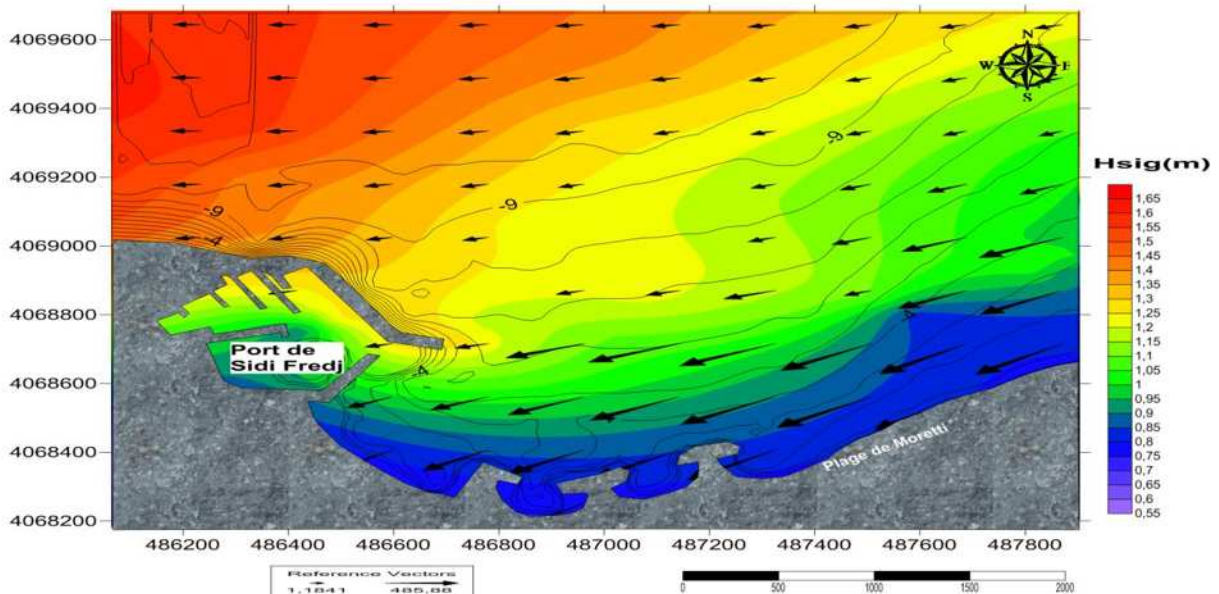


Figure n°IV.09: Estimation des houles significatives du Nord-Est (45°) vers la côte.

Les figures n°IV.08 et n°IV.09 représentent les résultats issus de l'application du programme SWAN pour une houle de (45°) avec une période de 8 secondes. La propagation se fait d'une façon presque perpendiculaire, le coefficient de réfraction (k_r) est égal à 0,48 d'où ces houles atteignent le trait de côte sans qu'elles changent la direction. Pour les houles significatives, elles varient entre 0,55 m et 1,65 m et se répartissent d'une façon asymétrique et croissante du large par rapport à la diagonale perpendiculaire au trait de côte.

- On ne constate aucune amplification importante à l'approche du rivage. Comme pour la direction N 360°, on remarque, que les houles sont bien réfractées à la proche de la côte (**Figure n°IV.08**).
- Comme constaté pour la direction N 360°, il existe au niveau de la plage de Sidi Fredj une grande circulation (tourbillon), avec un courant littoral remontant vers le port, mais qui reste moins importante que celle relative à la direction Nord 360°. Ces courants sont capables de transporter du sable de la plage vers le port. Au niveau des épis on relève, comme précédemment, la présence de deux tourbillons.

2.3.4. Action des houles de direction (N 315°) :

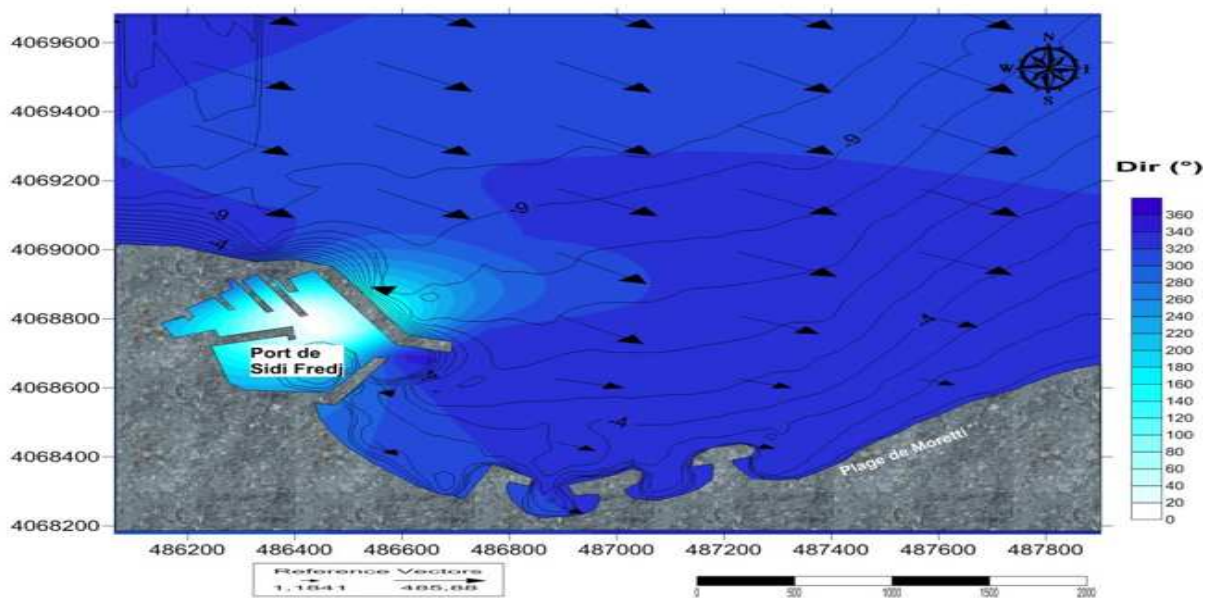


Figure n°IV.10: Propagation des houles du Nord Nord-Ouest (315°) vers la côte.

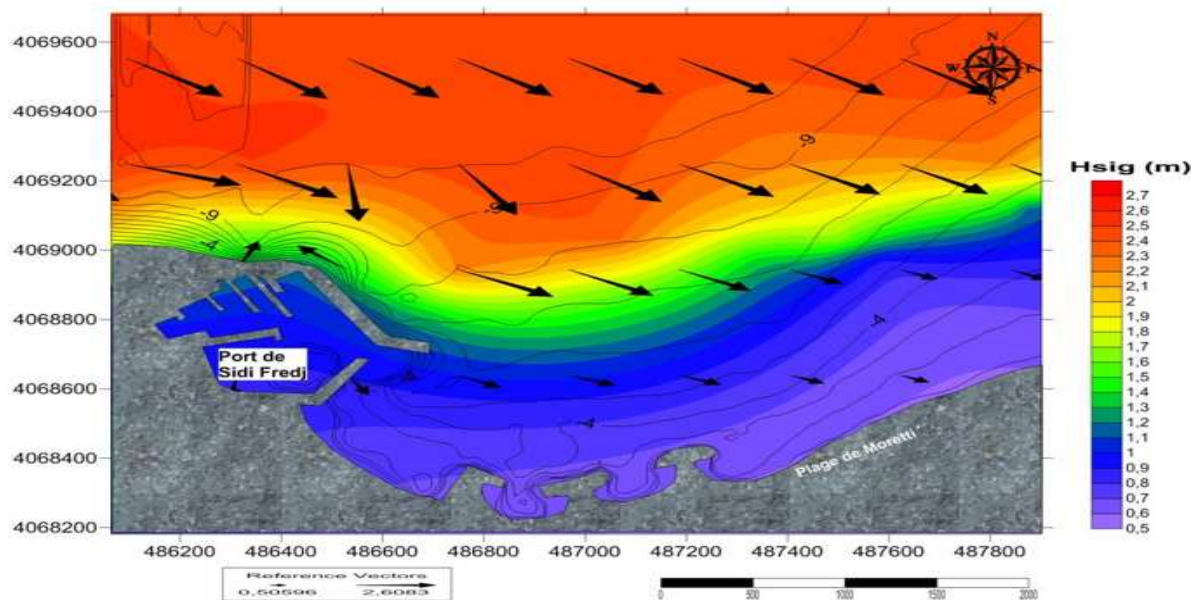


Figure n°IV.11. Estimation des houles significatives du Nord Nord-Ouest (315°) vers la côte.

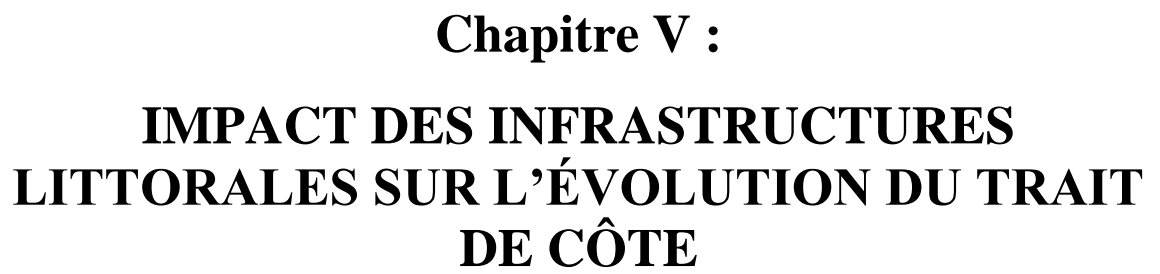
Les figures n°IV.10 et n°IV.11 représentent les résultats issus de l'application de la réfraction pour une houle de (315°) avec une période de 8 secondes. La propagation se fait d'une façon oblique, le coefficient de réfraction (k_r) est égal à 0,93, de ce fait ces houles atteignent le trait de côte sans qu'elles changent de direction.

- On remarque clairement que les houles de direction Nord-Ouest sont directement orientées à l'Est de la plage (**Figure n°IV.10**), faisant supporter aux ouvrages existants leur force d'énergie, évitant ainsi une partie de la plage adjacente au port et le port que se trouvent dans une zone abritée.
- Pour les champs des courants (**Figure n°IV.11**), on constate au niveau de la plage et du port une circulation identique à celle constaté précédemment, sauf que l'amplitude des courants est assez faible, ce qui nous amène à conclure que la capacité de transport est assez faible. Par contre au niveau des ouvrages de protection, on relève une circulation tourbillonnaire très intense.
- Sur le plan sédimentologique, on relève aucune capacité de transport au voisinage du port et de la plage mais on constate des grandes perturbations au niveau des ouvrages de protection existants.

Conclusion :

Le modèle de vague SWAN a été implanté sur notre zone d'étude de Sidi Fredj Est afin d'étudier et reproduire les variabilités spatio-temporelles des turbidités de cette zone.

A travers des résultats du calcul de la réfraction, aussi pour les houles annuelles que pour pluriannuelles, on constate que les houles des deux directions considérés (N 360° et N 315°) sont faiblement réfractées contrairement à celle du secteur Est (N 45°), qui perd la moitié de leurs énergies à (-10 m) puisque on note un coefficient de réfraction variant entre 0,48 et 0,51.



Chapitre V :
**IMPACT DES INFRASTRUCTURES
LITTORALES SUR L'ÉVOLUTION DU TRAIT
DE CÔTE**

C'est le port qui a le rôle majeur dans le cycle d'érosion dans la région de Sidi Fredj depuis la fin de sa construction. En effet, il a entraîné des modifications du régime des houles, des courants et des transits du sédiment, à proximité du site. Ceci c'est traduit par un déséquilibre dynamique de la côte et la modification du littoral meuble, en bloquant une partie du transit littoral des sédiments, entraînant une accumulation dans la zone au vent et une érosion dans la zone sous le vent (ANNANE *et al.*, 2007).

Les effets directs liés à la construction de ce port de plaisance, sont ceux créés par la modification des conditions sédimentologiques de la zone, à proximité du port, et de la qualité des eaux en dehors de l'enceinte du port proprement dite, par la diffusion des polluants et par la dégradation de certains biotopes par l'augmentation de la fréquentation humaine.

1.1.1. Aménagement portuaire :

1.1.1.1. Aperçu sommaire des travaux antérieurs :

Pour éviter l'ensablement du port et afin de stabiliser les apports de sédiments résultants de la dérive littorale, DEGIOVANI (1971) réalise un travail de la dynamique sédimentaire à la suite duquel il propose la construction d'un épi perpendiculaire au rivage, au point d'inflexion des zones d'érosion et d'ensablement. L'extrémité vers le large de cet épi sera légèrement concave vers l'Est.

Cet ouvrage permettra ainsi de modifier le profil de plage qui se traduira par l'engraissement et devrait diminuer l'érosion devant Moretti.

Par la suite BAKIR (1987) et ABROUS *et al.* (1996), propose des brise-lames avec plusieurs épis perpendiculaires tout le long de la côte jusqu'à Moretti.

Les travaux effectués vers la fin de la décennie 80 sur la plage Est de Sidi Fredj se résument dans la réalisation de trois épis perpendiculaire à la côte. Equidistants d'environ 150m.

1.1.1.2. Conséquences sur le milieu marin et terrestre :

Avant 1969, c'est-à-dire avant la construction du port, le littoral subissait l'influence d'un double transit littoral : [Ouest - Est] et [Est - Ouest]. Le transport Est - Ouest était le plus important et se produisait sous l'effet des vents de Nord - Est qui génèrent des courants dirigés vers le port. Le transport Ouest-Est sous l'influence des houles Nord - Ouest permettait de stabiliser la plage par un retour des sédiments sur la partie Est.

Après la construction de la première phase du port, le transit Ouest - Est est arrêtée par la structure portuaire, parallèlement une érosion de plage apparaît entre l'hôtel El Riad et le front de mer de Moretti, suivie d'un engraissement progressif de l'anse Est au détriment de la zone de Moretti, formant ainsi un banc de 600m environ sur 50 à 200m de largeur (L.C.H.F: 1973).

Comme conséquence, la présence du port a fondamentalement modifié les mouvements des matériaux véhiculés par le transit littoral, provoquant une avancée du trait de côte à l'abri de la jetée II Sud (Tableau n°), une érosion de la plage Est au droit de Moretti.

Tableau n°V.01. Evolution du trait de côte à l'abri de la jetée II Sud du port (BOUTIBA, 1996).

Année	1921-1970	1970-1984
Avancée (m)	80	30
Source	L.C.H.F	Photographies aériennes

1.2. La partie Est de la presqu'île de Sidi Fredj :

La partie Est de Sidi Fredj est exposée à l'érosion marine qui ravage les plages et provoque une perte dans le profil. Ce phénomène se manifeste surtout en hiver engendré par les houles Ouest et Nord-Ouest.

Pour cette partie, on peut aussi la subdiviser en trois secteurs (S1, S2, S3). Le premier secteur de la plage située à l'embouchure de la jetée Sud du port de Sidi Fredj, le deuxième secteur est limité entre l'hôtel El Riadh et l'hôtel El Minzah, et enfin le troisième secteur englobant la frange littorale de Moretti.

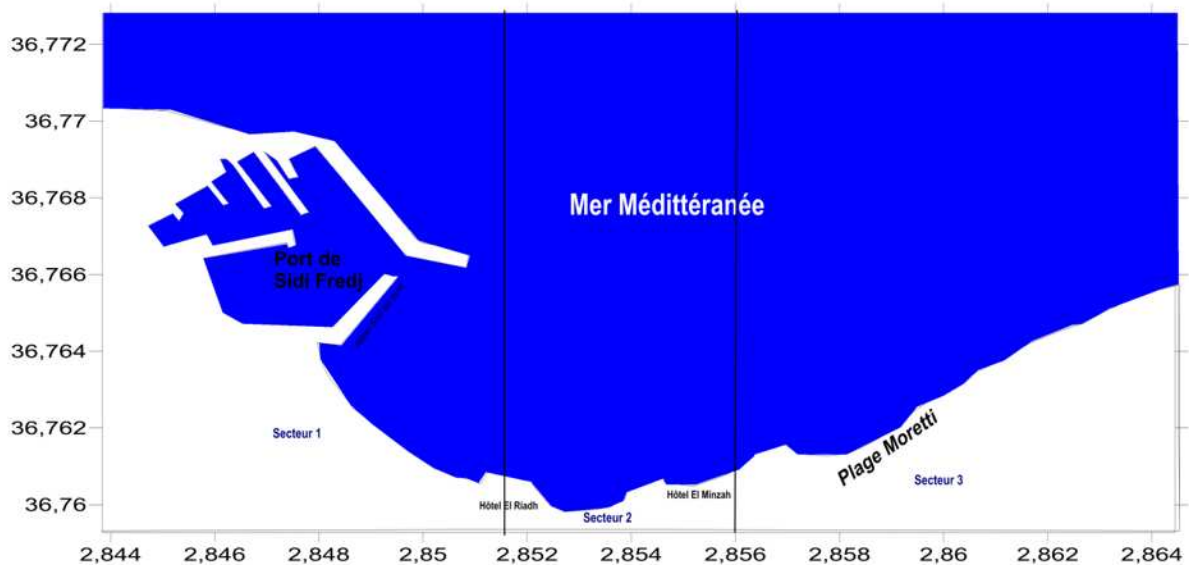


Figure n°V.02. Carte de Sidi Fredj Est avant construction des épis par secteur.

1.2.1. Etat du site :

a. Evolution de la plage :

- **Secteur 1 :** Depuis la construction de l'ouvrage portuaire en 1970, des modifications topographiques du littoral ont été observées. La plage située à l'abri de la jetée Sud a été soumise au cours des années à un régime d'engraissement progressif au détriment de la zone de Moretti qu'elle a connu une érosion qui s'accélérait (BOUTIBA, 1996).
- **Secteur 2 :** La plage déjà très réduite disparaît totalement devant El Minzah. Durant l'hiver 1981-1982, une tempête a provoqué la destruction d'une partie du front de l'hôtel El Minzah. La tempête du 1984 a accéléré le processus d'érosion et a causé plusieurs dégâts.

- **Secteur 3** : En 1966, avant même la construction de chemin de promenade, la plage était déjà très réduite. Au cours de l'hiver 1969, une succession de mauvais temps a provoqué une importante érosion, le chemin de promenade a été endommagé surtout à son extrémité Est. Des régimes de houles avec plusieurs tempêtes de directions Nord/Nord-Ouest à Nord enregistrées pendant l'hiver 1984 dont elles ont occasionné de très forts dégâts.

Quatre facteurs contribuent à l'érosion massive de la plage Est de Sidi-Fredj ont été mis en évidence (AINI, 2012). Certains de ces facteurs sont naturels, les autres, sont dus aux différentes activités humaines sur le littoral :

- 1) L'action des houles, non seulement provoque un mouvement dans le profil, mais aussi un transit littoral d'Est vers l'Ouest, créant ainsi une zone d'engraissement à l'abri de la jetée Est du port de Sidi-Fredj. En effet les houles d'été qui proviennent de Nord-Est engendrent un courant de dérive Est-Ouest c'est-à-dire vers le port provoquant ainsi l'engraissement de cette zone.

En saison hivernale, la prédominance des houles du secteur Nord-Ouest engendrent une dérive littorale Ouest-Est. Ce courant de dérive touche beaucoup plus la zone de Moretti que la zone située entre l'hôtel El Riad et la jetée Sud du port de Sidi Fredj.

- 2) La construction du port de Sidi-Fredj a entraîné un changement de l'angle d'approche de la houle dominante NW, ce qui a accéléré la dérive littorale devant El Minzah, El Riad et Moretti, provoquant ainsi une zone d'érosion irréversible. Le sable arraché est charrié vers l'Est avant qu'il ne soit sédimenté sur la plage sous marine.
- 3) L'édification du village de Moretti sur la haute plage, a entraîné la réduction de la plage, de plus la construction d'un chemin de promenade soutenu par un mur vertical a provoqué l'intensification de l'attaque de la houle.
- 4) Les extractions massives et importantes des sables à l'embouchure de l'Oued Béni Messous et au niveau de l'hôtel El Riad ont contribué au déficit sédimentaire du littoral.

Aussi, parmi les principaux facteurs anthropiques qui règnent sur le littoral de Sidi Fredj, on distingue :

- L'aménagement portuaire qui contribue à une perturbation de la sédimentation ainsi que la modification de l'évolution de la ligne de rivage.
- La pollution portuaire par l'intermédiaire des sédiments de dragage.

Le but du résumé des conséquences et des problèmes posés ultérieurement est de comprendre le rapport qui s'établit entre le port et le paysage (marin et terrestre) juste après sa construction et pendant son fonctionnement quand il s'agit d'un projet non préalablement visualisé de manière à pouvoir en apprécier les conséquences sur le paysage.

1.2.2. Solutions préconisées par le L.E.M (1985) :

Pour remédier à cette situation, il a été décidé de faire une solution qui consiste à deux plages alvéolaires fermées par un champ d'épis (**Figure n°V.01**), au nombre de trois types mixtes (longitudinal et transversal) afin d'assurer une défense contre une attaque marine à double action (freinage de la dérive et piégeage du transit).

- Deux épis en T : - Le premier de longueur de 290m
- Un deuxième d'une longueur de 280m
- Un épi en L d'une longueur de 200 m.

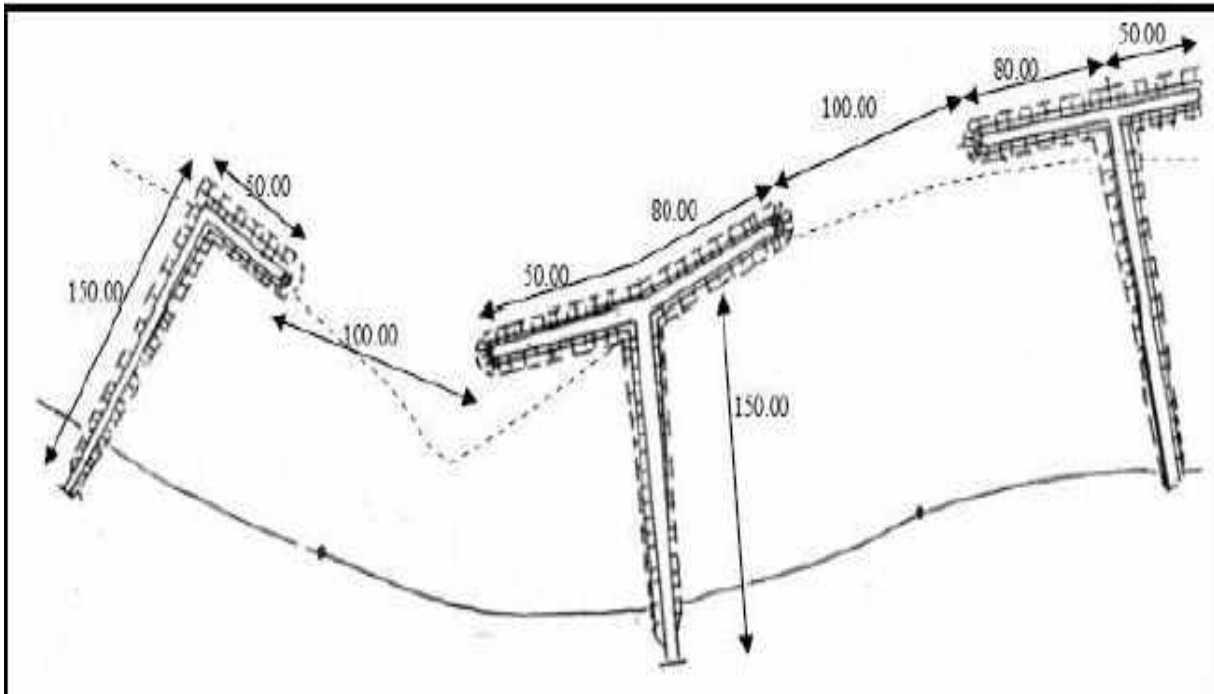


Figure n°V.03. Dimensionnement des ouvrages de protection (1985) du littoral Est de Sidi Fredj (**MEZOUAR, 2009**).

Ces ouvrages sont situés perpendiculairement au rivage et participent à la lutte contre l'érosion marine. Très souvent, ils prennent naissance sur l'estran du rivage. On avait constaté juste après l'accomplissement du projet (**Figure n°V.04**), que la Baie située entre l'hôtel El Riadh et le port est une zone calme où sont accumulés les sédiments qui ne sont plus repris.

A l'emplacement de ces ouvrages de protection, des plages alvéolaires de part et d'autre des épis, se sont reconstituées au détriment du trait de côte situé dans l'axe de la passe qui a connu une érosion de l'ordre de 0 à 5 m. la quantité des sédiments piégée après l'implantation de ces ouvrages est estimée de 3 000 m³ entre 1987 et 1995.

L'engraissement s'est développé en direction du port formant ainsi une dune hydraulique dont l'épaisseur moyenne sédimentaire atteint 2m, (**BOUTIBA, 1996**), avait enregistré une avancée de 25m entre 1984 et 1993. Mais ces ouvrages ont déclenché un recul importants sur la plage de Moretti ou on a constaté des pertes en surface et en volumes très

importantes provoquant l'ensablement du port, ce qui nécessite de le draguer (dernière opération de dragage du dragage a été faite en 2012).



Figure n°V.04. Disposition des ouvrages de protection (1987) du littoral est de Sidi Fredj

Ces ouvrages n'ont pas répondu aux résultats escomptés et l'érosion du trait de côte au milieu des alvéoles persiste toujours (**BOUTIBA, 1996**). L'épi crée une accumulation de sable du côté exposée au courant et une érosion du côté protégé. Lorsque l'accumulation devient trop importante, le sable peut cependant passer par-dessus l'épi, subir l'érosion, s'accumuler sur l'épi suivant, etc. Un champ d'épis ne va donc pas empêcher la plage de se déplacer mais va retarder fortement ce déplacement.



Figure n°V.05. Stockage du sable après dragage au niveau de la plage Est de Sidi Fredj



Figure n°V.06.Chenal d'accès (cavalier) pour le dragage de la passe d'entrée du port de Sidi Fredj.

Conclusion :

L'aménagement réalisé a permis de stabiliser et de développer une partie de la plage à l'Ouest du site étudié. L'orientation des épis ainsi que leur forme n'a pas permis de pallier au problème de l'érosion côtière. Au niveau de l'hôtel El Riadh, l'aménagement réalisé a au contraire de l'effet escompté, aggravé le phénomène de l'érosion marine.

Le piégeage des particules sédimentaires provenant de l'Oued Mazafran par les épis constitue un déficit certain en apports dans la zone la plus à l'Est. Devant Moretti, la destruction des dunes littorales qui constituaient un apport local pour le rechargement du sable de la plage d'une part, la disparition par l'exploitation effrénée de la dune de Zéralda à l'Ouest privant le site d'éventuels apports d'autre part, mettent ce site en péril.

Tout aménagement d'un site naturel doit tenir compte de la connaissance la plus large possible de ce milieu. Cet aménagement ne doit en aucun cas négliger le milieu dans son ensemble. Pour cela nous recommandons au terme de ce travail l'extension de la protection à toute la Baie d'El Djamila tel que proposées par les travaux de BAKIR, 1987.

Dans l'immédiat, il est impératif pour remédier à l'attaque érosive de l'hôtel Riadh de relier l'épis en L et l'épis en T par un brise lame (ABROUS et al., 1996). Ceci permettra à long terme le comblement de la plage qui mettra définitivement la construction littorale à l'abri de l'attaque marine.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Au terme de ce travail de Master qui nous a été confié, qui a pour objectif principal, l'impact des infrastructures littorales sur l'évolution du trait de côte dans une zone soumise à un fort transit littoral –cas de Sidi Fredj-, on a essayé de répondre à cette problématique et cela en la départageant en deux volets : la partie sous-marine et zone transitoire entre la partie sous marine et la partie aérienne qui est le trait de côte.

La première partie consistait à l'étude granulo-sédimentaire du littoral Est de Sidi Fredj. La répartition spatiale des sédiments montre d'une part une décroissance du diamètre en allant de l'Est vers l'Ouest, liée probablement à une décroissance de la vitesse des courants de la dérive littorale s'effectuant d'Est en Ouest, et d'autre part une décroissance du diamètre des sédiments dans le profil (de la côte vers le large), lié aux courants de retour. La modélisation du transport sédimentaire par le model GSTA « Grain Size Trend Analysis » dans la zone a donné des résultats satisfaisants qu'on a pu récolter.

La deuxième partie consistait à la mise en place d'un SIG afin d'évaluer l'évolution historique de la ligne de côte entre la période 1921-2015. En effet, le suivi de l'évolution de cette portion du littoral algérien a fait ressortir que la récession des plages est un phénomène ancien, il met en évidence une action néfaste et successive de faits météorologiques, hydrodynamiques et humains. Cette érosion ne s'est pas atténuée au fil du temps, bien au contraire, elle a continué à sévir en fonçant encore plus notre littoral dans une déroute dramatiquement incontrôlable.

La troisième partie consistait à simuler la propagation des vagues venant de trois directions différents avec estimation de la hauteur de la houle significative à la côte et ce, à l'aide du logiciel SWAN. Les résultats obtenus montrent une concordance avec les résultats de l'analyse de la réfraction des houles. En effet, la côte est atteinte beaucoup plus par la houle du Nord (45°) ce qui confirme le coefficient de réfraction de 0.96.

Enfin, la dernière partie avait pour but d'exposer l'impact de l'implantation des équipements côtiers : le port (1970) et les épis (1984) sur l'évolution du trait de côte. Ces résultats préliminaires permettent de souligner les difficultés et la complexité de l'aménagement de ce type de plages.

Ce projet de MASTER a donné lieu à une plate-forme de base de données récente qui pourra être utile lors de la conception des ouvrages ou bien pour une étude future de la zone.

L'élaboration de ce travail nous a permis, d'une part, approfondir nos connaissances et le savoir-faire acquis durant les cinq ans années de notre formation à l'ENSSMAL, et d'autre part, de préparer notre intégration à la recherche scientifique dans le domaine de l'aménagement du littoral.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) **ABROUS, K. & KETFI, M. (1996).** *Evolution de la plage Est de Sidi Fredj : Impact des épis.* Mémoire d'Ingénieur en Géologie Marine. USTHB, pp.12-42.
- 2) **AINI, A. (2012).** *Morphodynamique de la zone côtière Est de la presqu'île de Sidi Fredj (Ouest d'Alger).* Mémoire de Magister en Géomorphologie. USTHB.
- 3) **AOUDJ, C. & BOUAZIZ, T., (2014).** *Fonctionnement et dynamique morphosédimentaire du littoral Est de Béjaïa.* Mémoire d'Ingénieur, ENSSMAL, Alger.
- 4) **AOUDJ, C. (2014).** *Evolution morpho dynamique du trait de côte du littoral Est de Béjaïa - Cas de Tichy -.* Mémoire Master II, ENSSMAL, Alger
- 5) **ANNANE, G. & KEMILA, A. & LADJIMI, F. (2007).** *Inventaire et impacts des ouvrages côtiers sur le milieu marin dans la baie de Bou Ismail.* Mémoire d'Ingénieur, ENSSMAL, Alger.
- 6) **BELABDI, K. & OUNNAS, A. (2011).** *Étude des courants côtiers observés sur les petits fonds de la plage de Sidi Fredj: application pour la protection d la plage de Sidi Fredj.* Mémoire d'Ingénieur, ENSSMAL.
- 7) **BENZOHERA, M. (1993).** *Les structures hydrodynamiques le long des côtes Algériennes.* Centre d'Océanologie de Marseille, 33p.
- 8) **BOUTIBA, M. (1996).** *Etude en vraie grandeur du mode de fonctionnement des ouvrages de protection de la plage Est de Sidi Fredj (Ouest d'Alger).* Thèse de Magister ISMAL, pp.122-123.
- 9) **BOUTIBA, M. (2006).** *Géomorphologie dynamique et mouvements des sédiments le long de la côte sableuse jijelienne (Est Algérie).* Thèse de Doctorat en Géomorphologie, USTHB.
- 10) **BRAIK, D. (1998).** *Etude de la dynamique sédimentaire devant Bou-Ismaïl : Morphologie, sédimentologie, Problème d'érosion du littoral : Aménagement.* Thèse de Magister, spécialité Géologie marine, USTHB.
- 11) **COURTAUD, J. (2000).** *Dynamiques géomorphologiques et risques littoraux. Cas du tombolo de Giens (Var, France méridionale).* Thèse, Université de Provence Aix-Marseille.
- 12) **CROWELL, M. & LEATHERMAN, S.P. & BUCKLEY, M.K. (1991).** *Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy.* Journal of Coastal Research, 7:3, pp.839-852.
- 13) **CTH., (2011).** *Contrôle Technique de la construction Hydraulique. Etude de désensablement du Port de plaisance de Sidi Fredj,* p (8, 27, 42, 52).
- 14) **CHAMLEY, H. (1987).** *Sédimentologie.* Paris : Dunod, 175p.
- 15) **CORDIER, E. (2007).** *Dynamique hydrosédimentaire du récif frangeant de l'Hermitage/La Saline (La Réunion) : Processus physiques et flux sédimentaires.* Thèse de Doctorat. Université De la Réunion, la Reunion, 193p.
- 16) **DE GIOVNNI, C. (1973).** *Etude de sédimentologie dynamique à la presqu'île de sidi freuch (Ouest d'Alger).* Thèse de doctorat, Géologie marine et sédimentologie, Univ d'Aix Marseille, 105p.
- 17) **DOLAN, R. & FENSTER, S.M. & HOLMES, S.J. (1991).** *Temporal analysis of shoreline recession and accretion.* Journal of Coastal Research, 7:3, pp723-743.
- 18) **DURAND, P. (1999).** *L'évolution des plages de l'ouest du Golfe du Lion au XXème siècle. Cinématique du trait de côte, dynamique sédimentaire, analyse prévisionnelle.* Université Lumière Lyon II, Lyon, 460p.
- 19) **FAYE, IBM. (2010).** *Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie à la Guinée Bissau (Afrique de l'Ouest) : Approches régionale et locale par pho-interprétation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes.* Volume 1. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne occidentale, France.

- 20) **GUILLEMOT, E. & THOMAS, Y.F. (1985).** *Evolution de la flèche sableuse de Los Torunos (Espagne)*. Photo Interprétation, Ed : Technip, 4:2, pp.11-16.
- 21) **HEQUETTE, A. & HEMDANE, Y. & ANTHONY, E.J. (2008).** *Determination of Sediment Transport Paths in Macrotidal Shoreface Environments: A Comparison of Grain-Size Trend Analysis with Near-Bed Current Measurements*. Journal of Coastal Research, 24 (3), pp.695–707.
- 22) **IDIR, N. & AINI, A. (2006).** *Impacts des équipements côtiers sur l'évolution du littoral de Sidi-Fredj (Évolution du trait de côte, bilan sédimentaire et fonctionnement en grandeur nature des ouvrages de protection)*. Mémoire d'ingénieur en Géographie et Aménagement du territoire (USTHB). 91p
- 23) **LAYOUNE, A. & TIGUERCHA, D. (2011).** *Application de la modélisation numérique pour l'étude de l'ensablement du port de cap Djinet*. Mémoire d'ingénieur, pp.6-11, 62 p.
- 24) **LECLAIRE, (1972).** *Sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (pré-continent Algérien)*. Muséum national d'histoire naturelle de Paris, France.
- 25) **LEM, (1998).** Laboratoire des Etudes Maritimes, Levé bathymétrique du Port de Sidi Fredj.
- 26) **LOSSON, B. & CORBONNOIS, J. (2006).** *Les modes de sédimentation détritique: nouvelle méthode de détermination appliquée à des remplissages endokarstiques*. Geologica Belgica, Belgique, 9p, pp.257-265.
- 27) **McLAREN, P. & BOWLES, D. (1985).** *The effect of sediment transport on grain-size distribution*. Journal of Sedimentary Petrology, pp.457-470.
- 28) **MEZOUAR, K. (2009).** *Etude comparative entre les méthodes de protection des deux littoraux Algérien et Roumain*. Thèse de Doctorat, Université Technique de construction de Bucarest, Roumanie.
- 29) **MORELLATO, D. (2008).** *Dynamique des plages sableuses soumises à l'action des vagues, de la marée et des rechargements artificiels*. Thèse de Doctorat, CETMEF.
- 30) **OTMANI, H. (2014).** *Impacts des infrastructures maritimes sur le littoral : cas de Cap Djinet*. Thèse de Magister, ENSSMAL, Alger.
- 31) **OUKAZI, H. (1993).** *Le port de plaisance de Sidi Fredj: approche critique à travers son fonctionnement et l'impact sur l'environnement immédiat*. Mémoire d'Ingénieur ENSSMAL.
- 32) **PAC, (2005).** Plan d'Aménagement côtier pour protection des sites sensibles naturels marins du secteur Cap Djinet au Mont Chenoua. Contrat PNUE/PAM/CASP/MATE.
- 33) **PASKOFF, P. (1993).** *Les littoraux Impact des aménagements sur leur évolution*. Paris : Masson.
- 34) **SAADALLAH, A. & MAHDJOUR, Y. & COLLOMB, P. (1981).** *Etude pétrographique structurale des gneiss de Sidi Fredj (Massif métamorphique d'Alger)*.
- 35) **SABATIER, F. (2001).** *Fonctionnement et dynamique morpho-sédimentaire du littoral du delta du Rhône*. Thèse de Doctorat. Université d'Aix-Marseille III, France.
- 36) **SUANEZ, S. (1997).** *Dynamiques sédimentaires actuelles et récentes de la frange littorale orientale du delta du Rhône*, Université de Provence, Aix-en-Provence, thèse 282 p.
- 37) **TRENTESAUX, A. (2005).** *Enregistrement de processus sédimentaires pléistocènes Exemples de plates-formes détritiques et de bassins profonds Mer du Nord et mers de Chine*. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches. Université des Sciences et Technologies de Lille. Lille. 82p.
- 38) **WANG, L. & VERGER, F. (1985).** *Classification des paysages et cinématique de la pointe d'Arçay par traitement automatique d'images aériennes et spatiales*. Photo Interprétation. Paris : Technip, 85:4, pp.1-9.



ANNEXES

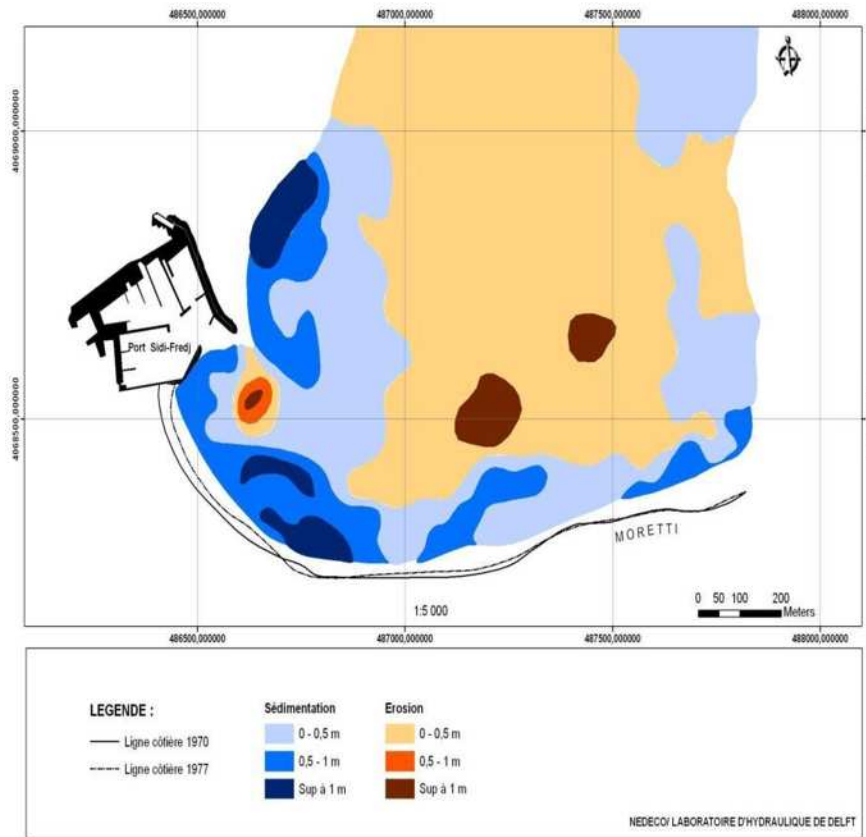


Figure. Évolution des fonds dans la Baie d'El Djamilia entre 1970 – 1977

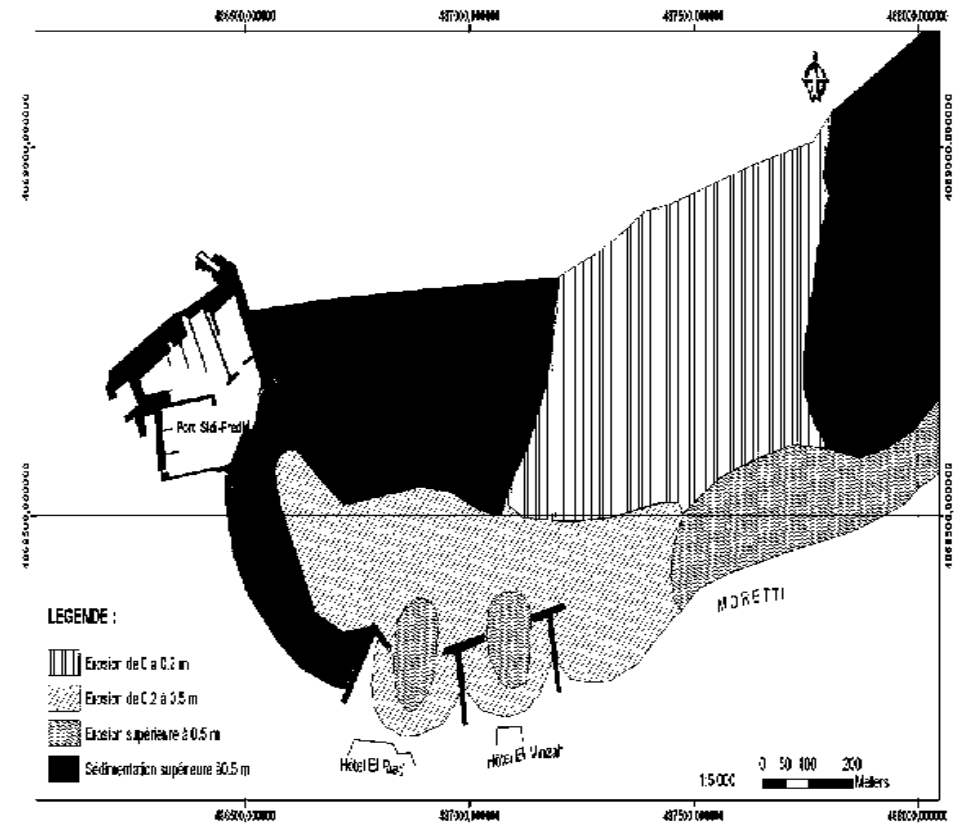


Figure. Evolution des fonds entre Moretti et Sidi-Fredj 1984 – 1994

Tableau . Les coordonnées géographiques et la profondeur en (m) pour chaque station de prélèvement.

N° Station	Longitude (m)	Latitude (m)	Profondeur (m)
1	486653.92	4068586.59	4,6
2	486610.65	4068503.46	2,8
3	486567.42	4068444.37	4,9
4	486548.32	4068594.15	1,2
5	486545.41	4068640.38	0,5
6	486627.03	4068516.38	5,5
7	486654.22	4068780.72	6,6
8	486749.31	4068706.62	6,2
9	486716.52	4068664.15	6
10	486649.45	4068582.9	5,1
11	486624.06	4068516.38	2,9
12	486591.28	4068481.31	1,8
13	486576.36	4068455.45	1,5
14	486558.61	4068518.34	1,7
15	486567.48	4068481.35	1,6
16	486576.34	4068444.36	1,5
17	486689.47	4068488.55	3,3
18	486768.22	4068432.96	5
19	486938	4068562.12	5,2
20	487086.86	4068632.15	5,6
21	486734.15	4068527.31	4,8
22	486616.51	4068442.44	2,1
23	486589.69	4068420.3	1,5
24	486677.56	4068481.17	2,9
25	486801.2	4068593.76	4,8
26	486890.41	4068567.74	5,2
27	486896.64	4068748.91	6
28	486759.57	4068612.31	5,6
29	486685.11	4068555.11	4,1
30	486597.25	4068492.39	2
31	486589.72	4068436.94	2
32	486632.93	4068481.24	2,5
33	486649.37	4068531.14	3,8
34	486641.98	4068562.58	4
35	486622.71	4068605.13	4,3

ANNEXES :

Tableau. Récapitulatif des paramètres et indices granulométriques de la partie sous marine de la plage Est de Sidi Fredj.

Echantillon	ϕ_5	ϕ_{16}	ϕ_{25}	ϕ_{50}	ϕ_{75}	ϕ_{84}	ϕ_{95}	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	M _Z	S ₀	Ski	KG	FH	Cu	Cc
1	2,32	2,47	2,64	2,84	3	3,32	3,64	0,188	0,165	0,145	2,87	0,41	0,17	1,50	1,32	0,77	0,99
2	0,98	1,75	2,1	2,55	2,8	2,99	3,43	0,395	0,215	0,19	2,43	0,68	-0,28	1,43	1,08	0,48	0,61
3	1,46	2,11	2,42	2,61	2,83	2,97	3,21	0,275	0,189	0,155	2,56	0,48	-0,23	1,74	1,54	0,56	0,83
4	1,01	1,53	2	2,51	2,75	2,8	3	0,45	0,235	0,172	2,28	0,61	-0,52	1,08	0,71	0,38	0,71
5	2	2,23	2,35	2,58	2,75	2,81	3	0,24	0,185	0,166	2,54	0,29	-0,18	1,02	0,82	0,69	0,85
6	2,1	2,41	2,49	2,6	2,79	2,82	3,05	0,215	0,181	0,162	2,61	0,24	0,01	1,29	1,14	0,75	0,94
7	2,1	2,37	2,48	2,59	2,82	2,9	3,2	0,215	0,181	0,156	2,62	0,29	0,13	1,32	1,15	0,73	0,98
8	2,18	2,4	2,49	2,61	2,79	2,82	3,1	0,235	0,182	0,162	2,61	0,24	0,03	1,25	1,10	0,69	0,87
9	2,1	2,37	2,48	2,52	2,78	2,88	3,17	0,215	0,184	0,162	2,59	0,28	0,31	1,46	1,31	0,75	0,97
10	1,86	2,25	2,45	2,59	2,81	2,96	3,35	0,242	0,178	0,149	2,6	0,40	0,03	1,69	1,51	0,62	0,88
11	1,7	2,2	2,42	2,61	2,83	2,85	3,05	0,21	0,189	0,162	2,55	0,36	-0,30	1,34	1,14	0,77	1,05
12	2,05	2,35	2,48	2,59	2,8	2,88	3,09	0,22	0,183	0,161	2,60	0,29	0,02	1,33	1,17	0,73	0,95
13	0,98	2,68	2,09	2,5	2,69	2,82	3,1	0,4	0,219	0,169	2,66	0,35	1,56	1,44	1,14	0,42	0,71
14	2	2,3	2,49	2,65	2,71	2,78	3	0,215	0,183	0,162	2,57	0,27	-0,37	1,82	1,75	0,75	0,96
15	2,26	2,47	2,5	2,67	2,79	2,86	3,18	0,209	0,175	0,145	2,66	0,23	0,04	1,30	1,15	0,69	1,01
16	1,49	2,25	2,48	2,61	2,82	2,91	3,21	0,24	0,181	0,158	2,59	0,42	-0,19	2,07	1,90	0,66	0,86
17	2,2	2,5	2,55	2,71	2,98	3,15	3,47	0,202	0,166	0,145	2,78	0,35	0,27	1,21	0,99	0,72	0,94
18	2	2,59	2,63	2,8	3,42	3,8	4,2	0,179	0,156	0,145	3,06	0,63	0,46	1,14	0,74	0,81	0,94
19	2,48	2,7	2,78	2,83	3,02	3,1	3,48	0,176	0,142	0,135	2,87	0,25	0,32	1,71	1,58	0,77	0,85
20	2,1	2,5	2,6	2,88	3,02	3,18	3,5	0,189	0,156	0,129	2,85	0,38	-0,11	1,37	1,15	0,68	0,99
21	0	0	0,82	1,47	2,48	2,63	2,88	0,75	0,585	0,3	1,36	1,09	-0,07	0,71	-0,12	0,4	1,52
22	2,02	2,51	2,58	2,74	2,97	3,08	3,48	0,215	0,169	0,143	2,77	0,36	0,10	1,53	1,34	0,67	0,93
23	0,8	1,25	1,85	2,47	2,5	2,58	2,77	0,59	0,265	0,189	2,1	0,63	-0,76	1,24	0,92	0,32	0,63
24	2,38	2,51	2,62	2,79	2,98	3,09	3,46	0,185	0,171	0,155	2,79	0,30	0,14	1,23	1,05	0,84	1,02
25	2,25	2,57	2,68	2,89	3,01	3,2	3,45	0,189	0,159	0,125	2,88	0,33	-0,04	1,49	1,33	0,66	1,07
26	2,42	2,58	2,63	2,8	3	3,19	3,46	0,181	0,158	0,139	2,85	0,31	0,27	1,15	0,97	0,77	0,99
27	2,31	2,58	2,63	2,89	3,2	3,45	3,57	0,181	0,158	0,118	2,97	0,40	0,18	0,90	0,62	0,65	1,17
28	2,5	2,65	2,78	2,98	3,2	3,45	2,57	0,169	0,152	0,119	3,02	0,21	-6,27	0,09	-0,14	0,70	1,15
29	2,09	2,49	2,54	2,64	2,87	2,98	3,2	0,235	0,164	0,147	2,70	0,29	0,19	1,38	1,21	0,63	0,78
30	1,51	2,42	2,5	2,7	2,95	3	3,4	0,215	0,165	0,149	2,70	0,43	-0,11	1,72	1,49	0,69	0,85
31	2	2,4	2,5	2,65	2,85	3	3,38	0,223	0,165	0,147	2,68	0,35	0,11	1,61	1,44	0,66	0,83
32	2	2,46	2,5	2,73	2,9	3	3,4	0,22	0,167	0,149	2,73	0,34	-0,02	1,43	1,23	0,68	0,85
33	2,45	2,59	2,7	2,79	3,18	3,32	4,72	0,178	0,145	0,125	2,9	0,53	0,57	1,93	1,69	0,70	0,94
34	2,08	2,47	2,58	2,75	3	3,15	3,64	0,21	0,165	0,141	2,79	0,41	0,15	1,52	1,31	0,67	0,91
35	2,3	2,5	2,55	2,64	2,9	2	3,32	0,22	0,167	0,152	2,38	0,03	0,94	1,19	1,02	0,69	0,83

ANNEXES :

Tableau . Récapitulatif des paramètres et des indices granulométriques des pièges à sédiment installés dans notre zone d'étude.

échantillon	Φ_5	Φ_{16}	Φ_{25}	Φ_{50}	Φ_{75}	Φ_{84}	Φ_{95}	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	% Pélite	Mz	S0	Sk	KG	FH	Cu	Cc
P1P1N1	0,75	0,485	1,94	2,32	2,64	2,84	2,98	0,58	0,241	0,185	0,607	1,88	0,93	-0,08	1,31	0,96	0,32	0,54
P1P1N2	0,9	0,49	0,89	2,32	2,84	2,89	2,92	0,465	0,235	0,189	1,007	1,9	0,91	-0,06	0,42	-0,55	0,41	0,63
P1P2N1	0,72	1,62	2	2,45	2,84	2,87	3	0,376	0,235	0,164	0,813	2,31	0,66	0,09	1,11	0,69	0,44	0,89
P1P2N2	0,86	1,47	1,89	2,32	2,64	2,84	2,95	0,455	0,275	0,198	0,767	2,21	0,66	0,08	1,14	0,77	0,44	0,84
P1P3N3	0,5	0,83	0,98	1,89	2,64	2,84	2,94	0,58	0,395	0,268	1,080	1,85	0,87	0,04	0,60	-0,23	0,46	1,00
P2P1N1	0	0	0	0,71	1,79	2,25	2,68	0	1,02	0,495	0,420	0,99	0,97	-0,05	0,61	-0,28	/	/
P2P1N3	1,19	1,84	2,06	2,47	2,64	2,75	2,98	0,32	0,219	0,189	0,993	2,35	0,49	0,02	1,26	0,97	0,59	0,79
P2P2N1	0	0,65	1,37	2,32	2,51	2,74	2,81	0,89	0,375	0,203	0,840	1,90	0,95	0,03	1,01	0,44	0,23	0,78
CR1	0	0,045	0,45	1,02	1,89	2,32	2,64	1,05	0,68	0,395	1,213	1,13	0,97	-0,04	0,75	0,03	0,38	1,11
CR2	0	0,92	0,61	1,31	1,89	2,19	2,47	0,95	0,58	0,36	0,54	1,47	0,69	0,22	0,79	0,15	0,38	0,98

P1P1N1 : Profil n°1, Piège à sédiment n°1, Nassete n°1

CR1 : Courant de retour pour le profil n°01

Tableau. Taux et Vitesse de variation du trait de côte du littoral de Sidi Fredj entre 2002-2015.

	Taux 2002- 2005 (m)	Vitesse 2002- 2005 (m/an)	Taux 2005- 2008 (m)	Vitesse 2005- 2008 (m/an)	Taux 2008- 2011 (m)	Vitesse 2008- 2011 (m/an)	Taux 2011- 2014 (m)	Vitesse 2011- 2014 (m/an)	Taux 2014- 2015 (m)	Vitesse 2014- 2015 (m/an)	Taux 2002- 2015 (m)	Vitesse 2002- 2015 (m/an)
T1	-0,97	-0,32	-0,51	-0,17	0	0	0	0	0	0	-0,69	-0,05
T2	-0,81	-0,27	-0,57	-0,19	0	0	-1,7	-0,57	0	0	-0,58	-0,04
T3	-0,76	-0,25	-0,64	-0,21	0	0	-2,38	-0,79	-1,95	-1,95	-0,72	-0,06
T4	-0,67	-0,22	-0,45	-0,15	-0,89	-0,30	-2,41	-0,80	-1,07	-1,07	-0,52	-0,04
T5	-0,5	-0,17	-0,35	-0,12	-0,58	-0,19	-2,45	-0,82	-2,51	-2,51	-0,94	-0,07
T6	-0,68	-0,23	-0,13	-0,04	-0,75	-0,25	-1,69	-0,56	-1,05	-1,05	-0,87	-0,07
T7	-0,51	-0,17	-0,42	-0,14	-0,55	-0,18	-1,02	-0,34	-1,43	-1,43	0,45	-0,03
T8	-0,66	-0,22	-0,99	-0,33	-0,42	-0,14	-1,38	-0,46	-1,26	-1,26	-0,53	-0,04
T9	-1,13	-0,38	-0,89	-0,30	-0,38	-0,13	-1,39	-0,46	-1,71	-1,71	-0,54	-0,04
T10	-0,43	-0,14	-0,48	-0,16	-1,02	-0,34	-1,96	-0,65	-1	-1	-0,23	-0,02
T11	-0,64	-0,21	-0,62	-0,21	-0,16	-0,05	-1,12	-0,37	-0,96	-0,96	-0,76	-0,06
T12	-0,52	-0,17	-0,99	-0,33	-0,27	-0,09	-2,1	-0,70	-0,62	-0,62	-0,57	-0,04
T13	-0,56	-0,15	-0,2	-0,07	-0,79	-0,26	-1,8	-0,60	-0,6	-0,6	-0,58	-0,04
T14	-0,46	-0,19	-0,59	-0,20	-0,54	-0,18	-1,61	-0,54	-0,67	-0,67	-0,6	-0,05
T15	-0,75	-0,25	-0,73	-0,24	-0,91	-0,30	-0,95	-0,32	-1,87	-1,87	-0,46	-0,04
T16	-0,54	-0,18	-1,01	-0,34	-1,8	-0,60	-3,25	-1,08	-1,27	-1,27	-1,19	-0,09
T17	-0,45	-0,15	-0,21	-0,07	-0,37	-0,12	-1,8	-0,60	-1,03	-1,03	-1,52	-0,12
T18	-0,52	-0,17	-0,36	-0,12	-1,98	-0,66	-1,36	-0,45	-0,71	-0,71	-0,52	-0,04
T19	-0,39	-0,13	-1,53	-0,51	-0,87	-0,29	-2,54	-0,85	-1,51	-1,51	-0,55	-0,04
T20	-0,63	-0,21	-0,31	-0,10	-0,39	-0,13	-1,74	-0,58	-1,46	-1,46	-0,4	-0,03
T21	-0,69	-0,23	-0,4	-0,13	-0,75	-0,25	-1,16	-0,39	-0,92	-0,92	-0,51	-0,04
T22	-0,64	-0,21	-0,73	-0,24	-0,34	-0,11	-1,79	-0,60	-0,92	-0,92	-0,39	-0,03
T23	-0,4	-0,13	-0,74	-0,25	-0,96	-0,32	-2,26	-0,75	-1	-1	-0,5	-0,04
T24	-0,54	-0,18	-0,97	-0,32	-0,73	-0,24	-2,42	-0,81	-0,73	-0,73	-0,56	-0,04
T25	-0,52	-0,17	-0,98	-0,33	-1,97	-0,66	-1,67	-0,56	-0,75	-0,75	-0,53	-0,04
T26	-0,56	-0,19	-1,39	-0,46	-0,9	-0,30	-2,06	-0,69	-0,62	-0,62	-0,6	-0,05
T27	-0,7	-0,23	-0,63	-0,21	-0,85	-0,28	-0,37	-0,12	-0,74	-0,74	-0,75	-0,06
T28	-0,48	-0,16	-0,45	-0,15	-0,93	-0,31	-1,5	-0,50	-0,67	-0,67	-0,66	-0,05
T29	-0,73	-0,24	-0,15	-0,05	-2,26	-0,75	-1,27	-0,42	-0,53	-0,53	-0,71	-0,05
T30	-0,56	-0,19	-0,68	-0,23	-1,52	-0,51	-1,87	-0,62	-0,36	-0,36	-0,54	-0,04
T31	-0,75	-0,25	-0,29	-0,10	-1,31	-0,44	-2,58	-0,86	-0,53	-0,53	-0,3	-0,02
T32	-0,62	-0,21	-0,58	-0,19	-1,76	-0,59	-1,77	-0,59	-0,5	-0,5	-1,01	-0,08
T33	-0,57	-0,19	-0,62	-0,21	-0,79	-0,26	-1,59	-0,53	-0,74	-0,74	-1,01	-0,08
T34	-0,66	-0,22	-0,54	-0,18	-1,69	-0,56	-2,67	-0,89	-0,99	-0,99	-1,09	-0,08
T35	-0,45	-0,15	-0,6	-0,20	-1,55	-0,52	-1,6	-0,53	-0,93	-0,93	-0,65	-0,05
T36	-0,34	-0,11	-0,51	-0,17	-2,07	-0,69	-0,91	-0,30	-0,78	-0,78	-0,41	-0,03
T37	-0,71	-0,24	-0,73	-0,24	-1,05	-0,35	-1,41	-0,47	-1	-1	-0,64	-0,05
T38	-0,2	-0,07	-0,69	-0,23	-1,6	-0,53	-1,5	-0,50	-0,99	-0,99	-0,66	-0,05

ANNEXES :

Tableau . Profil n°01 des pièges à sédiments

1 ^{er} profil (au milieu de la plage de Sidi Fredj Est)		
	Sans agitation	Avec agitation
1 ^{er} (côte)	3 m	5 m
2 ^{ème} (milieu)	5 m	8 m
3 ^{ème} (large)	10 m	15 m

Tableau. Profil n°02 des pièges à sédiments

2 ^{ème} profil (à droite de la plage de Sidi Fredj Est)		
	Sans Agitation	Avec agitation
1 ^{er} (côte)	2,5 m	5,5 m
2 ^{ème} (au milieu)	12 m	17 m

Tableau. Houles extrêmes.

Période de retour	Direction houle au large		
	N45°	N360°	N315°
Cinquantennale	Hs= 7,53m	Hs= 7,87m	Hs= 5,65m
	Tp=13,36s	Tp=13,59s	Tp=12,61s
Vingtennale	Hs= 6,79m	Hs= 7,02m	Hs= 5,97m
	Tp=12,81s	Tp=12,92s	Tp=11,96s
Décennale	Hs= 6,23m	Hs= 6,38m	Hs= 5,40m
	Tp=12,31s	Tp=12,38s	Tp=11,41s
Biennale	Hs= 4,93m	Hs= 4,90m	Hs= 4,16m
	Tp=11,01s	Tp=10,88s	Tp=10s

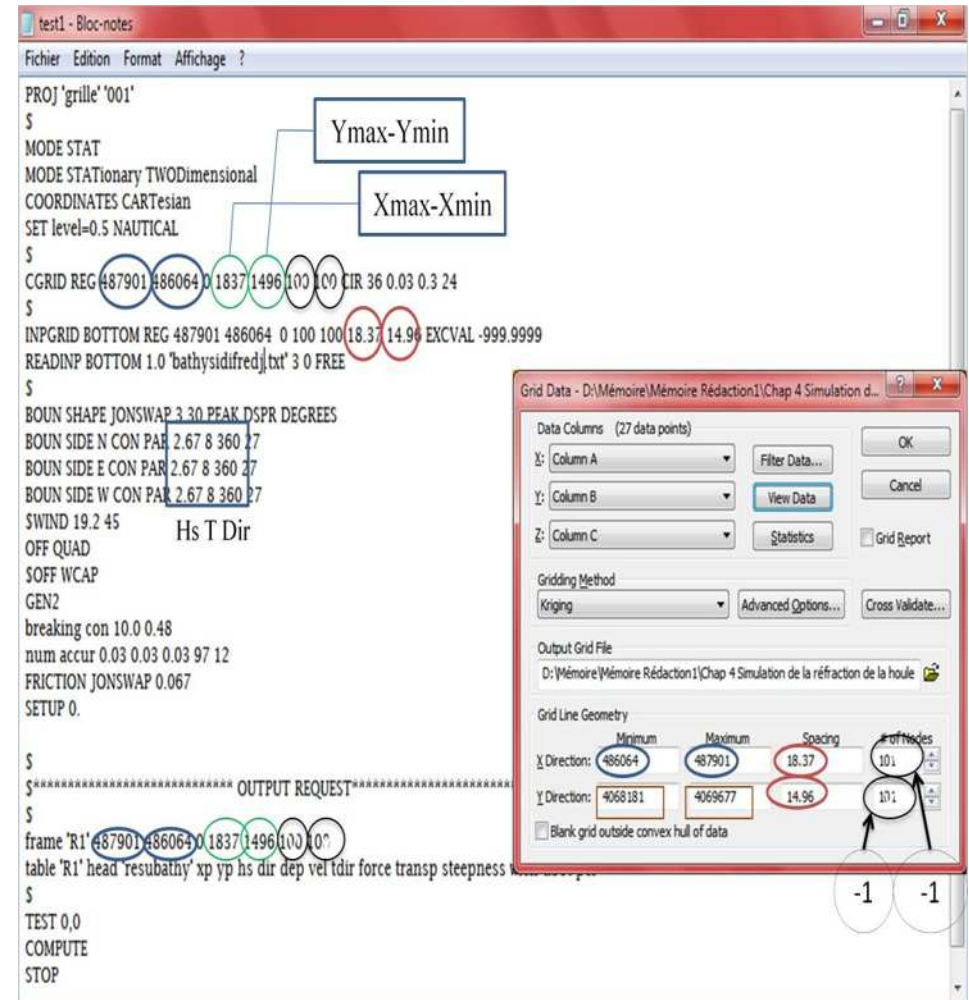


Figure. Préparation du fichier SWAN.

Caractéristiques de la houle au large Dir :N°45 Tp=6s Hs=1,09m							
N° point	X(utm)	Y(utm)	Hs(m)	Tp(s)	Kr	Angle d'arrivé (°)	Prof. (m)
1	486114	4067039	0,19	6,24	0,18	294	-1,0
2	485712	4067902	0,27	6,24	0,25	285	-1,1
3	485614	4068585	0,54	6,24	0,49	349	-1,1
4	486271	4068846	0,49	6,24	0,45	12	-1,0
5	486491	4068446	0,39	5,67	0,36	25	-0,5
6	486788	4068344	0,52	6,24	0,48	24	-1,5
7	487081	4068276	0,44	6,24	0,40	2	-1,0
8	487602	4068462	0,50	6,24	0,45	0	-1,0
9	488196	4068598	0,41	6,24	0,38	357	-1,0
10	488622	4068915	0,37	6,24	0,33	350	-1,2
11	488545	4068913	0,35	6,24	0,32	353	-2,2
12	487870	4068606	0,47	6,24	0,43	6	-2,0
13	486962	4068330	0,53	6,24	0,49	9	-2,2
14	486536	4068486	0,46	5,67	0,42	38	-1,9
15	486554	4068625	0,58	6,24	0,53	36	-2,5
16	485607	4068605	0,56	6,24	0,52	354	-2,0
17	486038	4067436	0,16	6,24	0,14	293	-2,0
18	485935	4067542	0,16	6,24	0,14	296	-3,0
19	485709	4068748	0,61	6,24	0,56	10	-3,2
20	486274	4068892	0,59	6,24	0,54	15	-3,2
21	486571	4068588	0,52	5,67	0,48	36	-3,2
22	486804	4068384	0,55	6,24	0,50	19	-2,9
23	486971	4068364	0,53	6,24	0,48	12	-3,0
24	487373	4068438	0,45	6,24	0,42	360	-3,1
25	488075	4068731	0,41	6,24	0,38	7	-3,0
26	488645	4068989	0,33	6,24	0,30	355	-2,9
27	488522	4069178	0,35	6,24	0,32	5	-5,0
28	487472	4068735	0,49	6,24	0,45	12	-5,0
29	487033	4068557	0,49	6,24	0,45	18	-5,1
30	486621	4068567	0,56	5,67	0,51	23	-5,0
31	486534	4068739	0,62	6,24	0,52	28	-4,8
32	485871	4068854	0,27	6,24	0,57	17	-5,1
33	485583	4067882	0,19	6,24	0,25	320	-5,1
34	485815	4067091	0,66	5,67	0,17	319	-5,0
35	485877	4068976	0,63	6,24	0,60	25	-9,9
36	486477	4069149	0,58	5,67	0,58	25	-10,0
37	487127	4069262	0,49	6,24	0,53	24	-10,1
38	487872	4069428	0,40	6,24	0,45	18	-10,1
39	488625	4069746	0,40	6,24	0,36	13	-10,0
40	488440	4070394	0,52	6,24	0,48	21	-15,0
41	487301	4069960	0,63	5,67	0,58	27	-15,0
42	486382	4069575	0,69	5,67	0,64	29	-15,0
43	485414	4068981	0,74	5,67	0,68	29	-15,1
44	485553	4069496	0,80	5,67	0,74	33	-20,3
45	486390	4069980	0,77	5,67	0,71	33	-20,0
46	487471	4070419	0,68	5,67	0,62	29	-20,1
47	488539	4071329	0,65	5,67	0,60	28	-20,1

ANNEXES :

Caractéristiques de la houle au large Dir :N°45 Tp=8s Hs=2,56m							
N° point	X(utm)	Y(utm)	Hs(m)	Tp(s)	Kr	Angle d'arrivé (°)	Prof. (m)
1	486114	4067039	0,65	7,74	0,25	292	-1,0
2	485712	4067902	0,75	7,74	0,29	286	-1,1
3	485614	4068585	1,08	7,74	0,42	343	-1,1
4	486271	4068846	0,95	7,74	0,37	7	-1,0
5	486491	4068446	0,70	7,74	0,28	38	-0,9
6	486788	4068344	1,05	7,74	0,41	16	-1,3
7	487081	4068276	0,85	7,74	0,33	359	-1,0
8	487602	4068462	0,88	7,74	0,34	357	-1,0
9	488196	4068598	0,83	7,74	0,32	356	-1,0
10	488622	4068915	0,91	7,74	0,36	347	-1,2
11	488545	4068913	1,01	7,74	0,39	348	-2,2
12	487870	4068606	1, 10	7,74	0,43	360	-2,0
13	486962	4068330	1,23	7,74	0,48	2	-2,2
14	486536	4068486	0,91	7,74	0,36	35	-1,9
15	486554	4068625	1,19	7,74	0,46	32	-2,5
16	485607	4068605	1,28	7,74	0,50	346	-2,0
17	486038	4067436	0,59	7,74	0,23	289	-2,0
18	485935	4067542	0,55	7,74	0,22	291	-3,0
19	485709	4068748	1,44	7,74	0,56	359	-3,2
20	486274	4068892	1,31	7,74	0,51	9	-3,2
21	486571	4068588	1, 13	7,74	0,44	33	-3,2
22	486804	4068384	1,29	7,74	0,50	13	-2,9
23	486971	4068364	1,27	7,74	0,50	4	-3,0
24	487373	4068438	1, 10	7,74	0,43	354	-3, 1
25	488075	4068731	1, 10	7,74	0,43	0	-3,0
26	488645	4068989	1,00	7,74	0,39	348	-2,9
27	488522	4069178	0,99	7,74	0,39	357	-5,0
28	487472	4068735	1,22	7,74	0,48	4	-5,0
29	487033	4068557	1,17	7,74	0,46	11	-5,1
30	486621	4068567	1,25	7,74	0,49	17	-5,0
31	486534	4068739	1,23	7,74	0,48	24	-4,8
32	485871	4068854	1,43	7,74	0,56	7	-5, 1
33	485583	4067882	0,85	7,74	0,33	310	-5, 1
34	485815	4067091	0,65	7,74	0,25	312	-5,0
35	485877	4068976	1,43	7,74	0,56	16	-9,9
36	486477	4069149	1,39	7,74	0,54	17	-10,0
37	487127	4069262	1,23	7,74	0,48	17	-10,1
38	487872	4069428	1,14	7,74	0,44	11	-10, 1
39	488625	4069746	1,01	7,74	0,40	6	-10,0
40	488440	4070394	1,18	7,74	0,46	15	-15,0
41	487301	4069960	1,29	7,74	0,50	20	-15,0
42	486382	4069575	1,43	7,74	0,56	22	-15,0
43	485414	4068981	1,52	7,74	0,59	19	-15, 1
44	485553	4069496	1,62	7,74	0,63	26	-20,3
45	486390	4069980	1,57	7,74	0,61	27	-20,0
46	487471	4070419	1,38	7,74	0,54	23	-20,1
47	488539	4071329	1,33	7,74	0,52	21	-20,1

Caractéristiques de la houle au large Dir :N°45 Tp=10s Hs=5,05m							
N° point	X(utm)	Y(utm)	Hs(m)	Tp(s)	Kr	Angle d'arrivé (°)	Prof. (m)
1	486114	4067039	0,99	10,37	0,20	293	-1,0
2	485712	4067902	1,23	10,37	0,24	287	-1, 1
3	485614	4068585	1,62	10,37	0,32	340	-1, 1
4	486271	4068846	1,59	10,37	0,32	4	-1,0
5	486491	4068446	0,90	10,37	0,18	31	-0,9
6	486788	4068344	1,53	10,37	0,30	11	-1,3
7	487081	4068276	1, 17	10,37	0,23	359	-1,0
8	487602	4068462	1, 11	10,37	0,22	358	-1,0
9	488196	4068598	1,07	10,37	0,21	356	-1,0
10	488622	4068915	1,35	10,37	0,27	347	-1,2
11	488545	4068913	1,71	10,37	0,34	347	-2,2
12	487870	4068606	1,63	10,37	0,32	358	-2,0
13	486962	4068330	1,86	10,37	0,37	358	-2,2
14	486536	4068486	1,28	10,37	0,25	29	-1,9
15	486554	4068625	1,86	10,37	0,37	26	-2,5
16	485607	4068605	2,05	10,37	0,41	344	-2,0
17	486038	4067436	1,31	10,37	0,26	288	-2,0
18	485935	4067542	1,38	10,37	0,27	288	-3,0
19	485709	4068748	2,58	10,37	0,51	352	-3,2
20	486274	4068892	2,33	10,37	0,46	5	-3,2
21	486571	4068588	1,83	10,37	0,36	28	-3,2
22	486804	4068384	2,05	10,37	0,41	8	-2,9
23	486971	4068364	2,07	10,37	0,41	359	-3,0
24	487373	4068438	1,91	10,37	0,38	352	-3,1
25	488075	4068731	1,94	10,37	0,38	357	-3,0
26	488645	4068989	1,82	10,37	0,36	346	-2,9
27	488522	4069178	2,21	10,37	0,44	352	-5,0
28	487472	4068735	2,41	10,37	0,48	358	-5,0
29	487033	4068557	2,39	10,37	0,47	4	-5,1
30	486621	4068567	2,40	10,37	0,47	12	-5,0
31	486534	4068739	2,39	10,37	0,47	20	-4,8
32	485871	4068854	2,79	10,37	0,55	360	-5,1
33	485583	4067882	2,01	10,37	0,40	304	-5, 1
34	485815	4067091	1,51	10,37	0,30	309	-5,0
35	485877	4068976	2,91	10,37	0,58	7	-9,9
36	486477	4069149	2,74	10,37	0,54	9	-10,0
37	487127	4069262	2,39	10,37	0,47	10	-10, 1
38	487872	4069428	2,29	10,37	0,45	4	-10, 1
39	488625	4069746	2,13	10,37	0,42	359	-10,0
40	488440	4070394	2,29	10,37	0,45	7	-15,0
41	487301	4069960	2,40	10,37	0,48	13	-15,0
42	486382	4069575	2,71	10,37	0,54	14	-15,0
43	485414	4068981	2,83	10,37	0,56	9	-15, 1
44	485553	4069496	3,00	10,37	0,59	17	~20,3
45	486390	4069980	2,92	10,37	0,58	20	-20,0
46	487471	4070419	2,50	10,37	0,49	15	-20,1
47	488539	4071329	2,44	10,37	0,48	13	-20,1

ANNEXES :

Caractéristiques de la houle au large Dir :N°360 Tp=6s Hs=1,00m							
N° point	X(utm)	Y(utm)	Hs(m)	Tp(s)	Kr	Angle d'arrivé (°)	Prof. (m)
1	486114	4067039	0,47	6,24	0,47	293	-1,0
2	485712	4067902	0,54	6,24	0,54	287	-1,1
3	485614	4068585	0,72	6,24	0,72	337	-1,1
4	486271	4068846	0,68	6,24	0,68	359	-1,0
5	486491	4068446	0,49	6,24	0,49	35	-0,5
6	486788	4068344	0,73	6,24	0,73	7	-1,5
7	487081	4068276	0,68	6,24	0,68	352	-1,0
8	487602	4068462	0,68	6,24	0,68	350	-1,0
9	488196	4068598	0,64	6,24	0,64	351	-1,0
10	488622	4068915	0,72	6,24	0,72	344	-1,2
11	488545	4068913	0,83	6,24	0,83	344	-2,2
12	487870	4068606	0,87	6,24	0,87	352	-2,0
13	486962	4068330	0,91	6,24	0,91	352	-2,2
14	486536	4068486	0,56	6,24	0,56	31	-1,9
15	486554	4068625	0,75	6,24	0,75	23	-2,5
16	485607	4068605	0,82	6,24	0,82	340	-2,0
17	486038	4067436	0,40	6,24	0,40	291	-2,0
18	485935	4067542	0,39	6,24	0,39	294	-3,0
19	485709	4068748	0,94	6,24	0,94	346	-3,2
20	486274	4068892	0,91	6,24	0,91	358	-3,2
21	486571	4068588	0,67	6,24	0,67	24	-3,2
22	486804	4068384	0,87	6,24	0,87	4	-2,9
23	486971	4068364	0,95	6,24	0,95	353	-3,0
24	487373	4068438	0,85	6,24	0,85	349	-3,1
25	488075	4068731	0,87	6,24	0,87	353	-3,0
26	488645	4068989	0,85	6,24	0,85	344	-2,9
27	488522	4069178	0,84	6,24	0,84	350	-5,0
28	487472	4068735	0,89	6,24	0,89	353	-5,0
29	487033	4068557	0,92	6,24	0,92	356	-5,1
30	486621	4068567	0,75	6,24	0,75	8	-5,0
31	486534	4068739	0,78	6,24	0,78	12	-4,8
32	485871	4068854	0,91	6,24	0,91	353	-5,1
33	485583	4067882	0,64	6,24	0,64	313	-5,1
34	485815	4067091	0,49	6,24	0,49	317	-5,0
35	485877	4068976	0,92	6,24	0,92	356	-9,9
36	486477	4069149	0,92	6,24	0,92	358	-10,0
37	487127	4069262	0,92	6,24	0,92	357	-10,1
38	487872	4069428	0,89	6,24	0,89	357	-10,1
39	488625	4069746	0,86	6,24	0,86	354	-10,0
40	488440	4070394	0,92	5,67	0,92	357	-15,0
41	487301	4069960	0,94	6,24	0,94	358	-15,0
42	486382	4069575	0,95	6,24	0,95	358	-15,0
43	485414	4068981	0,93	6,24	0,93	357	-15,1
44	485553	4069496	0,97	6,24	0,97	359	-20,3
45	486390	4069980	0,97	6,24	0,97	359	-20,0
46	487471	4070419	0,96	6,24	0,54	359	-20,1
47	488539	4071329	0,95	6,24	0,95	358	-20,1

Caractéristiques de la houle au large Dir :N°360 Tp=8s Hs=2,67m							
N° point	X(utm)	Y(utm)	Hs(m)	Tp(s)	Kr	Angle d'arrivé (°)	Prof. (m)
1	486114	4067039	0,85	7,74	0,32	294	-1,0
2	485712	4067902	1,05	7,74	0,39	289	-1,1
3	485614	4068585	1,28	7,74	0,48	335	-1,1
4	486271	4068846	1,35	7,74	0,51	356	-1,0
5	486491	4068446	0,76	7,74	0,29	31	-0,5
6	486788	4068344	1,26	7,74	0,47	4	-1,5
7	487081	4068276	0,98	7,74	0,37	356	-1,0
8	487602	4068462	0,94	7,74	0,35	354	-1,0
9	488196	4068598	0,90	7,74	0,34	353	-1,0
10	488622	4068915	1,14	7,74	0,43	344	-1,2
11	488545	4068913	1,47	7,74	0,55	344	-2,2
12	487870	4068606	1,40	7,74	0,52	352	-2,0
13	486962	4068330	1,61	7,74	0,60	352	-2,2
14	486536	4068486	1,06	7,74	0,40	29	-1,9
15	486554	4068625	1,56	7,74	0,58	22	-2,5
16	485607	4068605	1,65	7,74	0,62	337	-2,0
17	486038	4067436	1,16	7,74	0,44	288	-2,0
18	485935	4067542	1,27	7,74	0,48	289	-3,0
19	485709	4068748	2,16	7,74	0,81	343	-3,2
20	486274	4068892	2,06	7,74	0,77	355	-3,2
21	486571	4068588	1,51	7,74	0,57	25	-3,2
22	486804	4068384	1,74	7,74	0,65	1	-2,9
23	486971	4068364	1,82	7,74	0,68	352	-3,0
24	487373	4068438	1,72	7,74	0,65	347	-3,1
25	488075	4068731	1,69	7,74	0,63	352	-3,0
26	488645	4068989	1,58	7,74	0,59	342	-2,9
27	488522	4069178	2,17	7,74	0,81	346	-5,0
28	487472	4068735	2,19	7,74	0,82	348	-5,0
29	487033	4068557	2,31	7,74	0,87	352	-5,1
30	486621	4068567	1,89	7,74	0,71	8	-5,0
31	486534	4068739	2,08	7,74	0,78	13	-4,8
32	485871	4068854	2,33	7,74	0,87	349	-5,1
33	485583	4067882	1,87	7,74	0,70	303	-5,1
34	485815	4067091	1,43	7,74	0,54	309	-5,0
35	485877	4068976	2,44	7,74	0,92	351	-9,9
36	486477	4069149	2,38	7,74	0,89	354	-10,0
37	487127	4069262	2,38	7,74	0,89	354	-10,1
38	487872	4069428	2,26	7,74	0,85	354	-10,1
39	488625	4069746	2,21	7,74	0,83	349	-10,0
40	488440	4070394	2,29	7,74	0,86	353	-15,0
41	487301	4069960	2,38	7,74	0,89	355	-15,0
42	486382	4069575	2,41	7,74	0,90	355	-15,0
43	485414	4068981	2,34	7,74	0,88	351	-15,1
44	485553	4069496	2,43	7,74	0,91	355	-20,3
45	486390	4069980	2,47	7,74	0,93	357	-20,0
46	487471	4070419	2,40	7,74	0,90	355	-20,1
47	488539	4071329	2,37	7,74	0,89	355	-20,1

ANNEXES :

Caractéristiques de la houle au large Dir :N°360 Tp=10s Hs=4,92m							
N° point	X(utm)	Y(utm)	Hs(m)	Tp(s)	Kr	Angle d'arrivé (°)	Prof. (m)
1	486114	4067039	1,29	10,37	0,26	283	-1,1
2	485712	4067902	1,61	10,37	0,33	333	-1,1
3	485614	4068585	1,78	10,37	0,36	357	-1,0
4	486271	4068846	0,86	9,43	0,17	29	-0,5
5	486491	4068446	1,52	10,37	0,31	6	-1,5
6	486788	4068344	1, 16	10,37	0,24	358	-1,0
7	487081	4068276	1,07	10,37	0,22	356	-1,0
8	487602	4068462	1,03	10,37	0,21	355	-1,0
9	488196	4068598	1,30	10,37	0,26	343	-1,2
10	488622	4068915	1,70	10,37	0,35	344	-2,2
11	488545	4068913	1,62	10,37	0,33	354	-2,0
12	487870	4068606	1,90	10,37	0,39	355	-2,2
13	486962	4068330	1,25	10,37	0,25	25	-1,9
14	486536	4068486	1,89	10,37	38	20	-2,5
15	486554	4068625	2,14	10,37	0,43	335	-2,0
16	485607	4068605	1,41	10,37	0,29	287	-2,0
17	486038	4067436	1,66	10,37	0,34	287	-3,0
18	485935	4067542	2,96	10,37	0,60	340	-3,2
19	485709	4068748	2,94	10,37	0,60	354	-3,2
20	486274	4068892	1,86	10,37	0,38	22	-3,2
21	486571	4068588	2,10	10,37	0,43	3	-2,9
22	486804	4068384	2,14	10,37	0,43	355	-3,0
23	486971	4068364	2,00	10,37	0,41	347	-3,1
24	487373	4068438	1,99	10,37	0,40	353	-3,0
25	488075	4068731	1,81	10,37	0,37	342	-2,9
26	488645	4068989	2,86	10,37	0,58	345	-5,0
27	488522	4069178	2,87	10,37	0,58	348	-5,0
28	487472	4068735	2,91	10,37	0,59	354	-5,1
29	487033	4068557	2,63	10,37	53	7	-5,0
30	486621	4068567	2,79	10,37	0,57	12	-4,8
31	486534	4068739	3,67	10,37	0,75	346	-5,1
32	485871	4068854	2,67	10,37	0,54	296	-5,1
33	485583	4067882	2,44	10,37	0,50	303	-5,0
34	485815	4067091	4,42	10,37	0,90	347	-9,9
35	485877	4068976	4,24	10,37	0,86	350	-10,0
36	486477	4069149	4,25	10,37	0,86	350	-10,1
37	487127	4069262	4,02	10,37	0,82	351	-10,1
38	487872	4069428	4,00	10,37	0,81	346	-10,0
39	488625	4069746	4,11	10,37	0,83	349	-15,0
40	488440	4070394	4,33	10,37	0,88	352	-15,0
41	487301	4069960	4,41	10,37	0,90	352	-15,0
42	486382	4069575	4,24	10,37	0,86	345	-15,1
43	485414	4068981	4,32	10,37	0,88	351	-20,3
44	485553	4069496	4,46	10,37	0,91	354	-20,0
45	486390	4069980	4,25	10,37	0,86	352	-20,1
46	487471	4070419	4,20	10,37	0,85	351	-20,1
47	488539	4071329	4,20	10,37	0,85	351	-20,1

ANNEXES :

Caractéristiques de la houle au large Dir :N°315 Tp=6s Hs=1,10m							
N° point	X(utm)	Y(utm)	Hs(m)	Tp(s)	Kr	Angle d'arrivé (°)	Prof. (m)
1	486114	4067039	0,65	6,24	0,59	288	-1,0
2	485712	4067902	0,68	6,24	0,62	280	-1,1
3	485614	4068585	0,79	6,24	0,72	316	-1, 1
4	486271	4068846	0,70	6,24	0,63	339	-1,0
5	486491	4068446	0,47	6,24	0,43	26	-0,5
6	486788	4068344	0,45	6,24	0,41	350	-1,5
7	487081	4068276	0,66	6,24	0,60	337	-1,0
8	487602	4068462	0,68	6,24	0,62	326	-1,0
9	488196	4068598	0,67	6,24	0,61	330	-1,0
10	488622	4068915	0,79	6,24	0,71	323	-1,2
11	488545	4068913	0,95	6,24	0,86	322	-2,2
12	487870	4068606	0,93	6,24	0,85	328	-2,0
13	486962	4068330	0,66	6,24	0,60	333	-2,2
14	486536	4068486	0,48	6,24	0,44	21	-1,9
15	486554	4068625	0,58	6,24	0,53	10	-2,5
16	485607	4068605	0,91	6,24	0,82	316	-2,0
17	486038	4067436	0,78	6,24	0,71	284	-2,0
18	485935	4067542	0,77	6,24	0,70	285	-3,0
19	485709	4068748	1,04	6,24	0,94	316	-3,2
20	486274	4068892	0,95	6,24	0,87	334	-3,2
21	486571	4068588	0,50	6,24	0,45	11	-3,2
22	486804	4068384	0,48	6,24	0,44	346	-2,9
23	486971	4068364	0,70	6,24	0,64	333	-3,0
24	487373	4068438	0,93	6,24	0,85	326	-3,1
25	488075	4068731	1,05	6,24	0,96	326	-3,0
26	488645	4068989	1,00	6,24	0,90	320	-2,9
27	488522	4069178	0,99	6,24	0,90	320	-5,0
28	487472	4068735	1,01	6,24	0,92	320	-5,0
29	487033	4068557	0,91	6,24	0,83	327	-5,1
30	486621	4068567	0,47	6,24	0,42	359	-5,0
31	486534	4068739	0,67	6,24	0 61	358	-4,8
32	485871	4068854	1,03	6,24	0,94	321	-5,1
33	485583	4067882	0,90	6,24	0,81	295	-5,1
34	485815	4067091	0,90	6,24	0,82	300	-5,0
35	485877	4068976	1,04	6,24	0,94	316	-9,9
36	486477	4069149	1,02	6,24	0,93	318	-10,0
37	487127	4069262	1,03	6,24	0,93	317	-10,1
38	487872	4069428	1,00	6,24	0,91	319	-10, 1
39	488625	4069746	1,01	6,24	0,92	317	-10,0
40	488440	4070394	1,05	6,24	0,96	315	-15,0
41	487301	4069960	1,04	6,24	0,95	316	-15,0
42	486382	4069575	1,05	6,24	0,96	316	-15,0
43	485414	4068981	1,05	6,24	0,96	314	-15, 1
44	485553	4069496	1,07	6,24	0,98	315	-20,3
45	486390	4069980	1,07	6,24	0,97	315	-20,0
46	487471	4070419	1,07	6,24	0,97	315	-20, 1
47	488539	4071329	1,07	6,24	0,97	315	-20,1

Caractéristiques de la houle au large Dir :N°315 Tp=8s Hs=2,64m							
N° point	X(utm)	Y(utm)	Hs(m)	Tp(s)	Kr	Angle d'arrivé (°)	Prof. (m)
1	486114	4067039	0,87	7,74	0,33	287	-1,0
2	485712	4067902	1,08	7,74	0,41	279	-1,1
3	485614	4068585	1,28	7,74	0,48	316	-1,1
4	486271	4068846	1,26	7,74	0,48	339	-1,0
5	486491	4068446	0,70	7,74	0,26	30	-0,5
6	486788	4068344	0,97	7,74	0,37	351	-1,5
7	487081	4068276	0,93	7,74	0,35	337	-1,0
8	487602	4068462	0,88	7,74	0,33	327	-1,0
9	488196	4068598	0,87	7,74	0,33	331	-1,0
10	488622	4068915	1,13	7,74	0,43	325	-1,2
11	488545	4068913	1,47	7,74	0,56	324	-2,2
12	487870	4068606	1,34	7,74	0,51	329	-2,0
13	486962	4068330	1,41	7,74	0,53	334	-2,2
14	486536	4068486	1,10	7,74	0,41	28	-1,9
15	486554	4068625	1,36	7,74	0,52	17	-2,5
16	485607	4068605	1,64	7,74	0,62	316	-2,0
17	486038	4067436	1,24	7,74	0,47	283	-2,0
18	485935	4067542	1,50	7,74	0,57	282	-3,0
19	485709	4068748	2,13	7,74	0,81	316	-3,2
20	486274	4068892	1,95	7,74	0,74	334	-3,2
21	486571	4068588	1,23	7,74	0,46	21	-3,2
22	486804	4068384	1,26	7,74	0,48	348	-2,9
23	486971	4068364	1,60	7,74	0,61	334	-3,0
24	487373	4068438	1,72	7,74	0,65	328	-3,1
25	488075	4068731	1,68	7,74	0,64	329	-3,0
26	488645	4068989	1,59	7,74	0,60	322	-2,9
27	488522	4069178	2,24	7,74	0,85	323	-5,0
28	487472	4068735	2,33	7,74	0,88	322	-5,0
29	487033	4068557	2,22	7,74	0,84	329	-5,1
30	486621	4068567	1,19	7,74	0,45	4	-5,0
31	486534	4068739	2,49	7,74	0,94	320	-10,0
32	485871	4068854	2,46	7,74	0,93	320	-10,1
33	485583	4067882	2,32	7,74	0,88	323	-10,1
34	485815	4067091	2,41	7,74	0,91	319	-10,0
35	485877	4068976	2,48	7,74	0,94	316	-15,0
36	486477	4069149	2,40	7,74	0,91	319	-15,0
37	487127	4069262	2,48	7,74	0,94	317	-15,0
38	487872	4069428	2,46	7,74	0,93	313	-15,1
39	488625	4069746	2,41	7,74	0,91	319	-10,0
40	488440	4070394	2,48	7,74	0,94	316	-15,0
41	487301	4069960	2,40	7,74	0,91	319	-15,0
42	486382	4069575	2,48	7,74	0,94	317	-15,0
43	485414	4068981	2,46	7,74	0,93	313	-15,1
44	485553	4069496	2,49	7,74	0,94	315	-20,3
45	486390	4069980	2,46	7,74	0,93	316	-20,0
46	487471	4070419	2,45	7,74	0,93	316	-20,1
47	488539	4071329	2,46	7,74	0,93	316	-20,1

ANNEXES :

Caractéristiques de la houle au large Dir :N°315 Tp=10s Hs=4,53m							
N° point	X(utm)	Y(utm)	Hs(m)	Tp(s)	Kr	Angle d'arrivé (°)	Prof. (m)
1	486114	4067039	1,02	10,37	0,23	286	-1,0
2	485712	4067902	1,35	10,37	0,30	277	-1,1
3	485614	4068585	1,66	10,37	0,37	315	-1,1
4	486271	4068846	1,68	10,37	0,37	340	-1,0
5	486491	4068446	0,82	10,37	0,18	33	-0,5
6	486788	4068344	1,33	10,37	0,29	350	-1,5
7	487081	4068276	1,12	10,37	0,25	337	-1,0
8	487602	4068462	1,06	10,37	0,23	328	-1,0
9	488196	4068598	1,03	10,37	0,23	333	-1,0
10	488622	4068915	1,36	10,37	0,30	326	-1,2
11	488545	4068913	1,77	10,37	0,39	325	-2,2
12	487870	4068606	1,60	10,37	0,35	331	-2,0
13	486962	4068330	1,77	10,37	0,39	334	-2,2
14	486536	4068486	1,58	10,37	0,35	28	-1,9
15	486554	4068625	1,92	10,37	0,42	18	-2,5
16	485607	4068605	2,16	10,37	0,48	315	-2,0
17	486038	4067436	1,47	10,37	0,32	282	-2,0
18	485935	4067542	1,79	10,37	0,40	282	-3,0
19	485709	4068748	2,95	10,37	0,65	315	-3,2
20	486274	4068892	2,74	10,37	0,61	334	-3,2
21	486571	4068588	1,88	10,37	0,41	21	-3,2
22	486804	4068384	1,80	10,37	0,40	348	-2,9
23	486971	4068364	2,01	10,37	0,44	333	-3,0
24	487373	4068438	2,08	10,37	0,46	329	-3,1
25	488075	4068731	2,00	10,37	0,44	331	-3,0
26	488645	4068989	1,89	10,37	0,42	323	-2,9
27	488522	4069178	2,92	10,37	0,64	324	-5,0
28	487472	4068735	2,95	10,37	0,65	324	-5,0
29	487033	4068557	2,85	10,37	0,63	330	-5,1
30	486621	4068567	1,97	10,37	0,43	6	-5,0
31	486534	4068739	2,38	10,37	0,52	6	-4,8
32	485871	4068854	3,65	10,37	0,81	321	-5,1
33	485583	4067882	2,96	10,37	0,65	285	-5,1
34	485815	4067091	2,76	10,37	0,61	292	-5,0
35	485877	4068976	4,42	10,37	0,98	317	-9,9
36	486477	4069149	4,36	10,37	0,96	322	-10,0
37	487127	4069262	4,24	10,37	0,94	322	-10,1
38	487872	4069428	3,98	10,37	0,88	326	-10,1
39	488625	4069746	4,20	10,37	0,93	320	-10,0
40	488440	4070394	4,34	10,37	0,96	317	-15,0
41	487301	4069960	4,13	10,37	0,91	321	-15,0
42	486382	4069575	4,39	10,37	0,97	318	-15,0
43	485414	4068981	4,29	10,37	0,95	313	-15,1
44	485553	4069496	4,27	10,37	0,94	315	-20,3
45	486390	4069980	4,17	10,37	0,92	317	-20,0
46	487471	4070419	4,17	10,37	0,92	317	-20,1
47	488539	4071329	4,13	10,37	0,91	317	-20,1