

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

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



MEMOIR DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

OPTION: AMENAGEMENT DU LITTORAL

Thème:

Étude des forçages des courants côtiers et des transports sédimentaires pour la compréhension du phénomène de l'ensablement portuaire. Cas du Port de Sidi-Fredj

Presenter par:

➤ **RECHAM Sofia**

➤ **MAZARI Djahid**

Soutenu le 09/07 /2012 devant le jury suivant :

M^{me} Bachari-Houma. F	Maître de conférences (ENSSMAL)	Présidente
M^r Hemdane. Y	Maître de conférences (ENSSMAL)	Promoteur
M^r Hellel.M	Maître de conférences (ENSSMAL)	Examineur
M^r Guerfi.M	Maître de conférences (ENSSMAL)	Examineur

Promotion : (2012)

Remerciements

Au terme de ce travail, nous remercions Dieu le tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.

Nos plus vifs remerciements à :

Madame HOUMA-BACHARI.F, maître de conférences (ENSSMAL), qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

Nous remercions Monsieur HEMDANE Y, maître de conférences pour avoir accepté d'encadrer ce travail, pour sa confiance, sa disponibilité, ses encouragements et ses précieux conseils au cours de la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à monsieur GUERFI.M Maître de conférences (ENSSMAL), *et* monsieur, HELLEL, M Maître assistante (ENSSMAL), pour leurs aides et leurs soutiens et pour avoir accepté d'examiner ce manuscrit et de participer à ce jury.

Nos profondes reconnaissances au personnel de la bibliothèque de l'ENSSMAL, ainsi qu'à toutes les personnes qui nous ont aidés du près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

Nous somme reconnaissant à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation et à toute personne qui nous a appris une lettre ou une phrase, qu'ils trouvent ici notre reconnaissance et un petit fruit de leurs sueurs.

Sommaire

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Introduction générale

I. Présentation du port de Sidi Fredj.....	4
I.1. Situation géographique.....	4
I.2. Le cadre géologique et géomorphologique.....	4
I.2.1. Géologie régionale.....	5
II. Cadre climatologique et hydrologique.....	8
III. Facteur hydrodynamique.....	8
III.1 Régime des vents.....	8
A : Au large.....	8
B : Données locales.....	9
III.2. Régimes des houles.....	10
➤ La houle	14
II.3. Les courants.....	15

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

II.1. Travaux en mer.....	19
II.2. Mesure des courants.....	20
II.2.1. Les composants du courantomètre 108MKIII.....	21
II.2.1.1 Description de l'instrument.....	21
II.2.1.2. Déploiement de l'instrument.....	21
II.3. Distribution et localisation des stations de mesure.....	23
II.4. Bathymétrie.....	23
II.5. Modélisation des mouvements sédimentaires.....	25
II.5.1. L'équation du transport sédimentaire total d'ENGELUND-HANSEN.....	27
II.5.2. Limite du modèle Sedtrans 96	27

CHAPITRE III : DISCUSSION ET DECOMMENDATION

III.1.	Introduction.....	29
III.2.	Les vitesses du courant mesurées.....	29
III.3.	Les différentes vagues dans différentes périodes de retour	30
A.	Période de retour biennale.....	30
B.	Période de retour décennale.....	32
C.	Période de retour vingtennale.....	33
D.	Période de retour centennale.....	35
III .4.	Mouvement sédimentaire.....	36
A.	Vague de retour biennale.....	37
B.	Vague de retour décennale.....	38
C.	Vague de retour vingtennale.....	39
D.	Vague de retour centennale.....	40
III.5.	Conclusion.....	41
	Conclusion générale.....	43
	Bibliographie.....	45.46.47

Annexes

Index

La liste des figures

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

- Figure I.1.** Cadre géologique et géomorphologique locale (LEM, 1998).....6
- Figure I.2 :** Carte géologique de la région de Club des Pins; tirée de la carte géologique Alger-Chéraga, 1/50000°7
- Figure I.3 :** Rose annuelles des vents au large des côtes algériennes (données ancienne) (SSMO, 1974).....9
- Figure I.4:** Répartition annuelle des vents en % (ONM, Dar El-Beida, 1995-2005).....10
- Figure I.5 :** Roses récapitulatives de direction des houles au large du secteur (275°- 55°) (source: K.N.M.I in Zemenzer 2004.....12
- Figure I.6:** Répartition des énergies des houles en fonction de la direction et des périodes les plus courantes. (Source : K.N.M.I in Zemenzer 2004.....13
- Figure 1.7:** Bilan des courants de dérive et dynamique sédimentaire dans la baie d'Alger. (LEM, 1998).....16
- Figure 1.8 :** La circulation de l'eau dans le bassin algérien (Millot, 1989)
(a): Circulation de l'Eau Atlantique Modifier (MAW), (b): Circulation de l'Eau Levantine Intermédiaire (LIW), (c): Circulation de l'Eau Profonde (DW).....17

CHPITRE II: MATERIELS ET METHODES

Figure II.1 :	Le bateau « Baba Aroudj ».....	19
Figure II.2 :	Photo d'un échosondeur et GPS.....	20
Figure II-3 :	Les composants d'un courantomètre 108 MKIII.....	20
Figure II.4:	Les constituants du courantomètre.....	21
Figure II.5:	Le 8008 CDU « moniteur ».....	22
Figure II.6:	Carte bathymétrique de plage Est de Sidi Fredj (Halaili, Y. Boukherma, D, 2010).....	24

La liste des images

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Image I.1 : Situation géographique du littoral de Sidi Fredj (**Google earth, 2009**)...4

CHPITRE II: MATERIELS ET METHODES

Image II.1: Les 19 stations de prélèvement du courant dans le port de Sidi-Fredj (**Google earth 2009**).....23

CHAPITRE III: DISCUSSION ET RECOMMANDATION

Image III.1: Les courants mesurés dans la zone de Sidi Fredj le 04/04/2012.....29

Image III.2 Vitesses orbitales maximales près du fond pour des vagues de Hs: 4,93m
NOR- EST 90° et de période de 7s.....31

Image III.3: Vitesses orbitales maximales près du fond pour des vagues de Hs: 4,12m
EST 90° et de période de 6s.....31

Image III.4 Vitesses orbitales maximales près du fond pour des vagues de Hs: 6,23m
NORD- EST 45° et de période de 7s.....32

Image III.5 Vitesses orbitales maximales près du fond pour des vagues de Hs: 5,14m
EST 90° et de période de 6s.....33

Image III.6: Vitesses orbitales maximales près du fond pour des vagues de Hs:
6,79m, NORD-EST 45° et de période de 7s.....34

Image III.7: Vitesses orbitales maximales près du fond pour des vagues de Hs:
5,59m, NORD EST 45° et de période de 6s.....34

Image III.8: Vitesses orbitales maximales près du fond pour des vagues de Hs: 8,08
NORD-EST 45° et de période de 7s.....35

Image III.9: Vitesses orbitales maximales près du fond pour des vagues de Hs:
6,62m, NORD EST 90° et de période de 7s.....36

Image III.10 Transport sédimentaire avec vague de retour biennale (amplitude 4.93
NORD-EST 45° période 7s.....37

Image III.11 Transport sédimentaire avec vague de retour biennale (amplitude 4,12, EST 90°, période 6s).....	37
Image III.12. Transport sédimentaire avec vague de retour décennale: (amplitude 6,23m NORD-EST 45°, période 7s).....	38
Image III.13 Transport sédimentaire avec vague de retour décennale (amplitude 5,14m EST 90° période 6s).....	38
Image III.14: Transport sédiments avec vague de retour vingtennale (amplitude 6,79m, NORD-EST 45°, période 7s).....	39
Image III.15: Transport sédimentaires avec vague de retour vingtennale (amplitude 5,59m EST 90° période 6s).....	39
Image III.16: Transport sédimentaire avec vague de retour centennale (amplitude 8,08m NORD-EST 45° période 7s).....	40
Image III.17: Transport sédimentaire avec vague de retour centennale (amplitude 6,62m EST 90° période 6s).....	40

La liste des abréviations

E : Est

G.P.S : Global positioning system

Hs : Hauteur significative (m)

H: Hauteur des vagues

T: période des vagues

L₀: longueur d'onde des vagues

Hz : heurtez

K : constante de Karman

K_b : hauteur de la rugosité initiale (m)

Km : kilomètre

K.N.M.I : institut météorologique royal néerlandais

L .E.M : laboratoire d'étude maritime

N : Nord

NE : Nord-Est

NW : Nord-Ouest

W : Ouest

S : Sud

SE : Sud-Est

O.N.M : Office National de Météorologie

S.H.O.M : Service hydrographique et océanographique de la marine

S.S.M.O : Summary of Synoptic Meteorological Observation

S.W :Sud-Ouest

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

U_b : vitesse orbital maximal

k_b : hauteur de la rugosité

δ_{cw} : épaisseur de la couche limite mixte

z : hauteur au-dessus du fond (m)

f_{cw} : facteur de frottement vague- courant

u_* : la vitesse de cisaillement totale

α_b angle entre la direction des vagues et du courant moyen au niveau de la couche limite du fond

D : diamètre moyen des grains

$\Delta \rho$: différence de densité entre le sédiment et le fluide

g : accélération de la pesanteur

u_{*c} : vitesse de cisaillement

Liste des tableaux

Tableau I.1 ; Répartition annuelle des vents sur huit direction (ONM, 1995-2005)

Tableau I.2 : Fréquences mensuelles des houles au large par direction (données relatives) (USSMO, 1963-1970)

Tableau II.3: Amplitudes des houles en fonction des directions et leurs périodes de retour (SSMO, 1963-1970)

Tableau II.4 : Répartition des états de mer par période (SSMO, 1963-1970)

Introduction

Introduction générale

La compréhension de la dynamique côtière et sous-marines et notamment de l'hydrodynamique côtière passe inévitablement par la connaissance des différentes contraintes hydrodynamiques (vagues, houles, courants, niveau de la mer, etc...), qui sont en perpétuelles interactions, surtout dans les profondeurs où l'effet du *Shaoling* (frottement avec le fond) est plus important. Ces contraintes sont également incontournables dans la compréhension des transports sédimentaires responsables de l'érosion (recul du trait de côte) ou de l'accrétion marines (ensablement).

Depuis l'an **2009**, quelques études visant la connaissance de la dynamique côtière et sous-marines ont été entreprises à partir des mesures in situ ont été effectuées sur le littoral de Sidi Fredj (**Kherfella, 2009; Amara et Ouchelli, 2009; Belabdi et Ounas, 2011**).

Bien que ponctuelles, ces études ont permis d'avoir un aperçu sur la dynamique des courants en périodes de faible et de forte agitation. Toutefois, en raison des difficultés rencontrées lors du prélèvement des courants côtiers, ces études ont pas permis d'avoir une allure quasi-ponctuelle des courants côtiers, qui a permis de tirer des conclusions très importantes pour la compréhension de leur dynamique en .vue de mieux protéger le littoral de la région de Sidi-Fredj.

L'objectif de ce travail est de comprendre spatialement la dynamique des courants côtiers et leurs effets sur les transports sédimentaires au niveau du littoral de Sidi-Fredj. Cette étude spatiale, en relation avec un vent du NE, pourra nous permettre de connaître relativement la circulation des courants côtiers, notamment au voisinage des infrastructures maritimes (ports, épis, brise-lames) et d'avoir une idée sur les facteurs qui laissent cette région portuaire soumise à une forte et inquiétante circulation hydro-sédimentaire à l'intérieur du port de Sidi-Fredj (ensablement).

Dans notre travail, nous privilégions deux approches méthodologiques complémentaires :

- La première approche méthodologique est fondé sur l'observation et l'expérimentation (en mer) et en laboratoire ;
- La deuxième approche méthodologique est basée sur le traitement des données ainsi que leur visualisation et leur cartographie à l'aide des outils informatiques.

Notre travail regroupe trois parties :

- Partie 1 : Elle est consacrée a la reconnaissance du site d'étude d'une manière générale ;
- Partie 2 : Elle comprend les différentes méthodes utilisées dans ce travail
- Partie 3 : Elle comprend les résultats et leurs interprétations

Enfin, nous concluons notre travail par des propositions et des solutions qui pourraient conduire à une meilleure prise en charge de l'ensablement du port de Sidi-Fredj.

Présentation
De la
Zone d'études

I. Présentation du port de Sidi Fredj :

I. 1. Situation géographique :

Notre zone d'étude concerne la partie orientale du littoral de Sidi Fredj qui se situe sur la partie SW de la baie d'El Djamilia. Cette dernière dispose d'un linéaire côtier d'environ 6 km est délimitée par deux promontoires rocheux (**Image I.1**) :

- La presqu'île de Sidi Fredj à l'Ouest
- Ras Acrata au NE

Les coordonnées géographiques de la région de Sidi Fredj sont :

- Longitude EST $2^{\circ} 50'$ et $2^{\circ} 52'$
- Latitude NORD $36^{\circ} 45'$ et $36^{\circ} 47'$



Image I.1 : Situation géographique du littoral de Sidi Fredj (Google earth, 2009)

I.2. Le cadre géologique et géomorphologique

La connaissance de la géologie et la géomorphologie locale d'un site permet de définir sa sensibilité face aux agressions marines. En effet, l'aspect géologique et géomorphologique apporte un complément indispensable dans le diagnostic de la zone d'étude, ce dernier réalisé en vue d'apporter des éléments de réponse sur les différents phénomènes d'érosion susceptibles d'être observé sur la zone.

I.2.1. Géologie régionale

La région d'Alger est constituée d'un socle métamorphique primaire, le massif d'Alger, bordé de dépôts sédimentaires du Sahel et de la Mitidja (**figure I.1**).

➤ **Le Primaire**

Les terrasses primaires forment les massifs d'Ain Benian, de Bouzareah (massif d'Alger) et ces prolongements vers Sidi Fredj à l'ouest et Bordj El Bahri à l'est. Ces massifs sont constitués de roches cristallophylliennes de nature pelitique et carbonatées (gneiss, schiste, calcaire) recoupées par des épisodes éruptifs d'âge tertiaire (**Glangeaud L. 1932**).

➤ **Le Secondaire**

Il n'affleure pas dans la région d'Alger mais il est connu dans l'atlas Blidéen.

➤ **Le Tertiaire**

Marqué par le Miocène et le Pliocène qui recouvrent en discordance les faciès métamorphiques par des grès grossiers sableux et des marnes à lentilles de calcaires (**Benallal & Ourabia. 1989**).

➤ **Le Quaternaire**

Il comporte plusieurs faciès lithologiques d'origine marine et continentale (**Glangeaud et al, 1952**).

- Formation d'El Harrach (Villafranchien) représentée par des argiles marneuses jaunâtres et quelques lentilles de graviers.
- Formation de la Mitidja (Tensiftien-Soltanien) représentée par des alluvions grossières provenant de l'érosion de l'atlas blidéen.
- Formation de Mazafran et Halloula (Flandrien-rharbien) représentée par des limons, argiles limoneuses et des galets provenant de l'atlas blidéen.
- Les dépôts récents (Rharbien-Actuel) englobent les dépôts marins (lumachelles à pétoncles et des grès coquilliers) et les dépôts dunaires occupant la majeure partie du littoral algérois sous forme de dunes friables à consolidées.

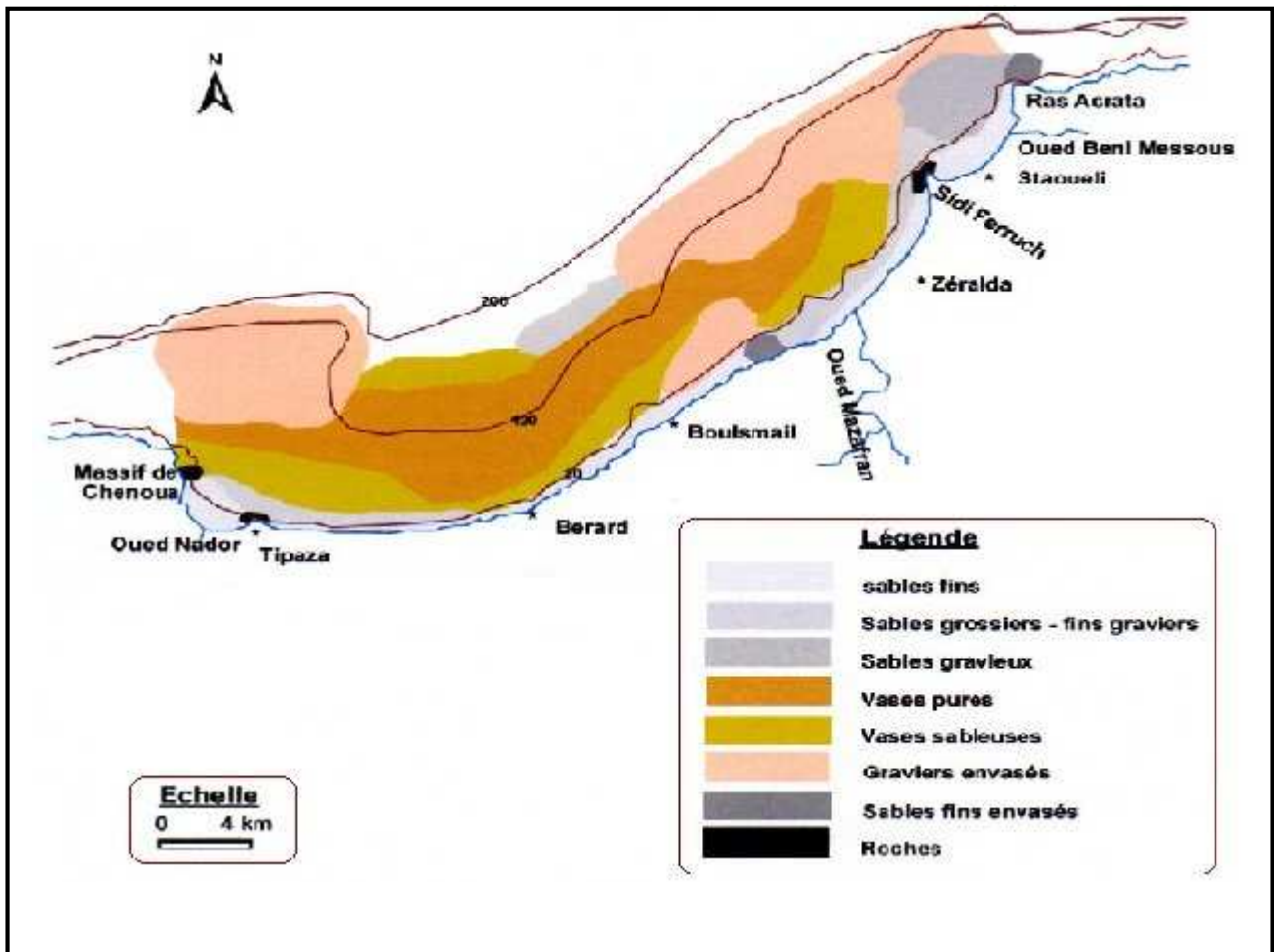


Figure I.1. Cadre géologique et géomorphologique locale (LEM, 1998)

Le littoral de la baie d'El Djamilia est caractérisé par une importante accumulation sableuse. Un cordon dunaire de l'ordre de 650 m de largeur maximale est constitué par les dunes littorales de la baie d'El Djamilia, de nombreux bands rocheux affleurent au niveau de l'estran et se poursuivent sous l'eau.

Au niveau de la plage El Djamilia, un platier rocheux parallèle au trait de cote se rencontre à une distance de 150 à 200 m de la ligne du niveau moyen des mers (Boutiba, 1996).

La portion littorale étudiée est formée par des faciès du Quaternaire marin, elle est formée de dunes consolidées en alternance avec des dépôts lacustres, lumachelliques, poudingues et grés. Son littoral est caractérisé par une importante accumulation de dunes actuelles, des alluvions récentes sous forme de sables argileux et graviers. En bordure de la mer, sur la plage des "Dunes" de très faible altitude, on constate la présence d'une formation de sable fin meuble à stratification oblique. A partir de la carte géologique de la région d'Alger-Chéraga, à l'échelle 1/50000, on a reporté les formations locales rencontrées au niveau du site d'étude et ses alentours (Figure I.2).

Les dépôts actuels (récents) sont représentés par les alluvions récentes de dépôts torrentiels et lacustres observables surtout à l'embouchure et dans le lit de l'oued Beni Messous. Cette formation alluviale est constituée de sable fin à grossier graveleux à galets, argileux limoneux vaseux et du tout venant, en plus des dépôts éoliens dunaires actuels constitués de sables fins meubles.



Figure I.2 : Carte géologique de la région de Club des Pins; tirée de la carte géologique Alger-Chéraga, 1/50000e.

La géologie et la géomorphologie de la zone étudiée classe le site comme très vulnérable, sans aucune protection et face aux violentes tempêtes ; la plage de Club des Pins pourrait subir des érosions et des submersions très importantes du à son exposition à l'action frontale des vagues, causant des pertes dans le profil et menaçant ainsi les agglomérations et l'hôtel de Sheraton.

II. Cadre climatologique et hydrologique ;

La détermination du caractère de climat est très importante pour mieux apprécier les régimes hydrodynamiques se déployant dans notre zone d'étude et qui sont responsables de toute transformation morpho sédimentaire.

Les données de climat local sont fournies par O.N.M : Observations allant de **1995** jusqu'à **2005** (annexe n°1).

Station : Alger - Dar El-Beida

- Altitude : 25 m
- Latitude : 36°41 N
- Longitude : 03°13 E

Pour les données au large, elles sont fournies par U.S Naval Weather Command pour la période de **1963** à **1970**.

La baie d'El Djamilia comme l'ensemble de la côte algérienne est caractérisée par un climat méditerranéen tempéré ; relativement froid et humide en hiver, chaud en été.

III. Facteurs hydrodynamiques :

Le régime sédimentologiques qui concerne les mouvements des sédiments, est défini comme étant la résultante des actions des divers facteurs hydrodynamiques (vents, vagues, houles et courants) sur les matériaux (meubles ou consolidés) de la côte et des fonds.

III.1. Régime des vents :

A. Au large

C'est le générateur principal de vagues et de courants superficiels agissant sur les transferts sédimentaires de façon directe sur la partie aérienne et par différents agents hydrodynamiques sur la partie immergée (**Millot, 1989**).

Les résultats des observations des vents, effectuées au large des côtes algériennes par **SSMO (1974)**, sont représentés sous forme d'une rose de vent (**Figure I.3**).

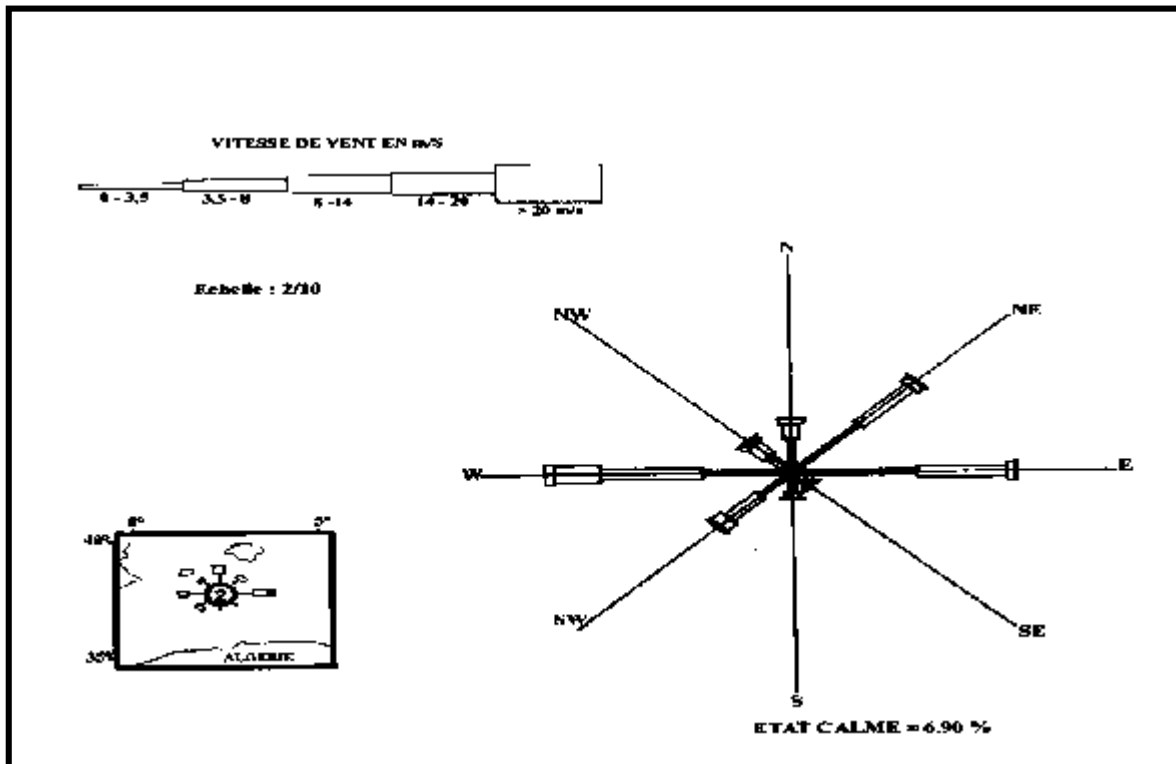


Figure I.3 : Rose annuelle des vents au large des côtes algériennes (données anciennes) (SSMO, 1974).

La rose annuelle fait apparaître trois directions essentielles des vents dominants, Ouest, Est et Nord-est avec des fréquences d'apparition respectives de 21.9% , 18.9%, 16.18%. Ils ont une intensité comprise entre 2,5 et 8 m/s. En revanche, lors des tempêtes, les vents d'Ouest peuvent atteindre une vitesse de 20 m/s.

B. Données locales

Les mesures anémométriques issues de la station de Dar El Beida indiquent que les vents soufflants environ 60% du temps dans la région. Cependant, les plus importants d'entre eux, de secteur Sud-Ouest, ne soufflant que pendant 14%.

Tableau I.1 : Répartition annuelle des vents sur huit direction (ONM, 1995-2005)

Secteur	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Calme
Pourcentage par direction	11,8	11,9	4	1,3	5,3	13,5	10,1	4,9	37,1

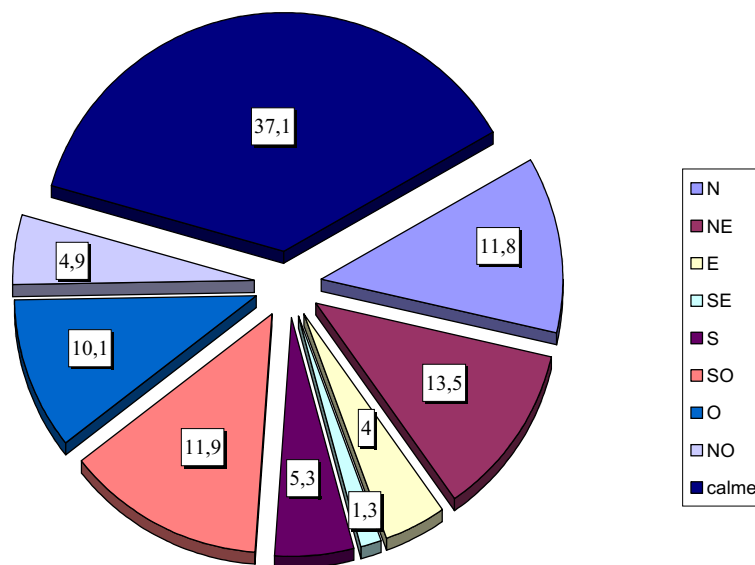


Figure I.4 : Répartition annuelle des vents en % (ONM, Dar El-Beida, 1995-2005)

III.2. Régime des houles

La houle est un agent fondamental des transports sédimentaires. D'une part, les houles peuvent provoquer une remise en suspension et un déplacement des matériaux déposés sur les fonds, et d'autre part, elles engendrent lorsqu'elles sont obliques au rivage, un courant de dérive qui transporte des matériaux.

L'analyse de la houle au large, des côtes algériennes située en longitude Est entre 2° et 5° et en latitude Nord entre 36° 50' et 38° est basée sur des observations (**tableau I.2**) (données anciennes) faites par le (USSMO), s'étalant sur une période de 8 ans de 1963 à 1970 regroupant 45000 observations (données anciennes).

Tableau I.2: Fréquences mensuelles des houles au large par direction (données anciennes) (USSMO, 1963-1970)

direction Mois	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
janvier	8,1	12,9	18,2	18,2	65	13,2	28,8	7,3
février	8,8	10,3	10,3	12,6	6,1	16,9	35,6	5,8
mars	11,3	12,6	12,6	15,8	4,5	12,3	30,5	9,2
avril	11,7	15,4	15,4	1,6	4,4	13,7	26,7	10,2
mai	8,2	26,3	26,3	31,9	3,3	7,2	13,9	5,2
juins	9,2	29,1	29,1	29,8	1,4	8,2	16,4	4,2
juillet	5,9	32,5	32,5	35,1	1	5,9	16,3	2
août	8,8	27,7	27,7	37,3	1,1	5	13,4	4,9
septembre	6,7	26,4	26,4	40,5	2,3	4,6	14,8	2,5
octobre	7,8	14,1	14,1	20,3	4,2	14,8	28,8	6,8
novembre	5,5	5,8	5,8	10	8	15,9	40,4	9,4
décembre	10,2	6,2	6,2	9,4	7,5	1,5	37,1	10
moyenne	8,52	18,28	18,72	23,08	4,19	11,06	25,23	6,46

A travers la lecture de ces données, nous notons que les houles les plus fréquentes sont de secteur Ouest, Est et Nord-est avec des fréquences d'apparitions respectives de 25,20% 23,08% et 18,51%. En période hivernale, les houles d'Ouest prédominent, par contre, en période estivale, ce sont les houles d'Est et Nord-est qui sont les plus dominantes.

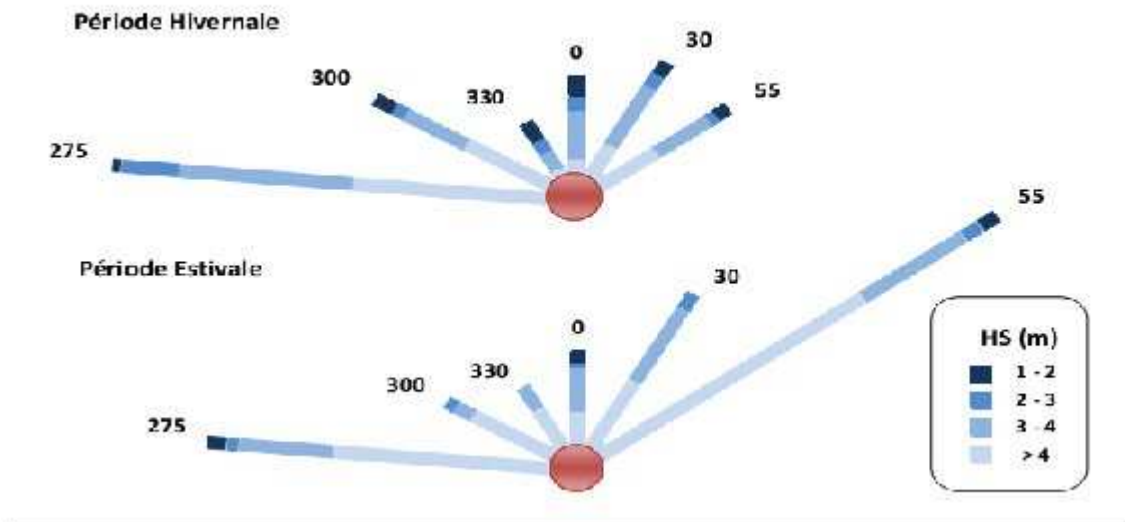


Figure I.5 : Roses récapitulatives de direction des houles au large du secteur (275°- 55°) (source: K.N.M.I in Zemenzer 2004).

On déduit que la répartition des houles est globalement concordante avec le régime des vents :

En hiver : Les houles d'Ouest dominant avec la majorité des amplitudes sont entre 1 et 3 m pouvant atteindre les 4m, elles engendrent des courants de retour qui entraînent les sédiments vers le large (**Boutiba, 1996**).

En été : Les houles les plus dominantes sont issues du secteur Nord-Est avec des amplitudes moins faibles, et on remarque aussi que les houles de secteur Ouest sont assez importantes, elles engendrent une dérive littorale de l'Est vers le Sud-Ouest.

L'analyse des données du S.S.M.O présentées sous forme de (**Tableau I.2**) et celles du K.N.M.I (Institut météorologique royal Néerlandais), (**Figure I.6**) confirment parfaitement cette répartition :

Tableau I.3: Amplitudes des houles en fonction des directions et leurs périodes de retour (SSMO, 1963-1970)

Direction \ Période de retour (m)	Nord	Nord-Est	Est	Ouest	Nord-Ouest
Biennale	4,9	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

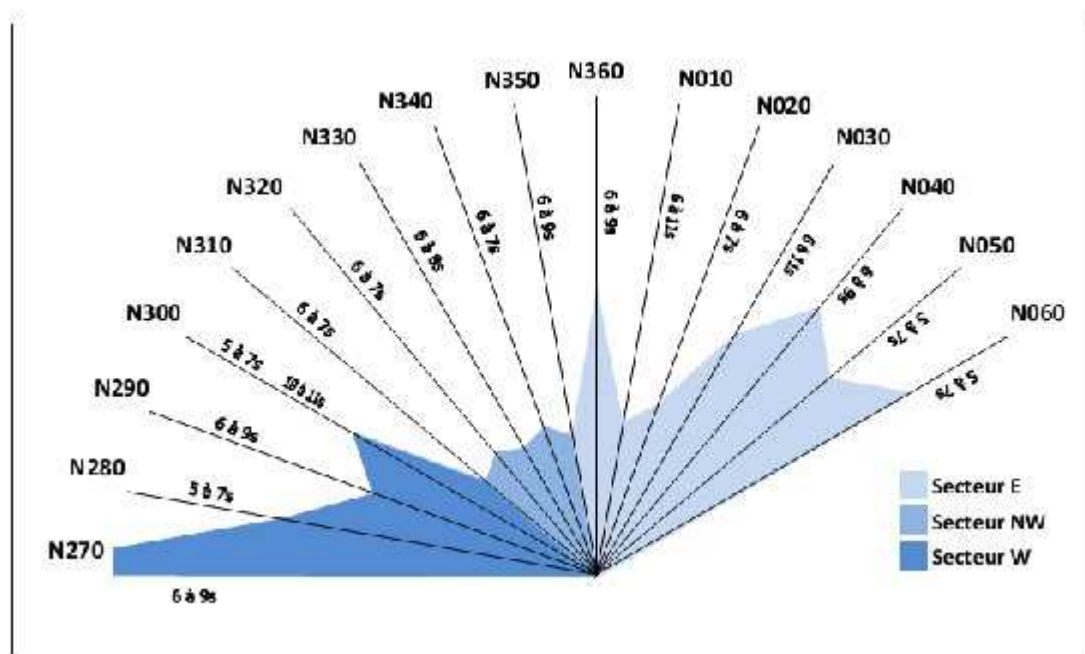


Figure I.6: Répartition des énergies des houles en fonction de la direction et des périodes les plus courantes. (Source : K.N.M.I in Zemenzer 2004).

Les données de (**Tableau I.3**) concordent avec celles observées auparavant (**Tableau I.2**), pour les périodes de retour biennales on observe que ce sont les houles essentiellement de direction Ouest qui sont les plus énergétiques avec une valeur de 7.36m. Par contre les houles de direction Est sont les plus faibles avec des valeurs même centennales ne dépassant pas 7m. Puisque la zone d'étude se trouve presque au centre de la baie d'El Djamila, elle est donc exposée aux houles de directions suivantes (Nord, Ouest, et Nord-Ouest). La répartition des périodes de la houle est donnée par état de la mer dans le tableau ci-dessous

Tableau I.4 : Répartition des états de mer par période (SSMO, 1963-1970)

Etat de la mer	Périodes des vagues					
	<à 6s	6s-7s	8s-9s	10s-11s	11s-12s	13s
calme	5,2	0,1	--	--	--	--
0	20,8	1,9	0,4	--	--	--
1	24,6	13,1	2,7	0,5	0,2	--
2	2,6	5,4	3,1	0,9	0,2	--
3	0,4	1,1	1,00	0,6	0,2	--
4	0,1	0,5	0,3	0,3	0,3	--
Totale (%)	53,7	22,1	7,5	2,3	0,9	--

Les vagues observées ont pour la majorité une période courte (pour 75% la période est \leq à 7s).

Quand au reste des oscillations qui ne dépassent pas 3%, elles pourraient concerner la houle, puisque celles-ci se caractérisent, entres, par l'importance de sa période comprise dans notre cas entre 10 et 13s.

➤ La Houle

Etant le facteur le plus important dans la dynamique sédimentaire des petits fonds, sa direction de propagation est liée à celle du vent et de la profondeur, tant que la profondeur est plus grande que la longueur d'onde de la houle. Ainsi la houle de la baie d'Alger suit le régime des vents, qui est un régime saisonnier comme pour le reste de la marge algérienne (**Leclaire, 1972**).

En hiver, les houles sont de direction W-NW (300°) et, en été, elles sont de direction N-NE (20°- 40) (**Benzohra, 1993; Belkessa et al., 2008; LEM, 1998**)

Au contact des irrégularités du fond, les houles donnent lieu à des rouleaux qui provoquent la mise en suspension des particules favorisent leur déplacement. Le sens et l'intensité de ce courant sont fonction de l'amplitude, de l'incidence de la houle par rapport à la côte, de la topographie de la plage sous-marine et de la granulométrie des sédiments (**Millot, 1989**).

Dans le cas général de houles de petites et moyennes amplitudes, les courants ne sont notables que dans les zones de déferlement et n'affectent donc que le triage des sables et des graviers de la frange littorale "fond -10 m". Ils assurent le transport latéral par dérive littorale et la dispersion. Par contre les houles de fortes amplitudes pourraient agir jusqu'à des fonds de "-40 m à -60 m"

II.3. Les courants

La mer Méditerranée est connue par son excès d'évaporation par rapport aux apports fluviaux et aux précipitations, ceci est responsable d'une baisse de niveau de la mer estimée à 1m/an, ce déficit est compensé par un flux entrant (de 31600 Km³/an) d'eau atlantique, par le détroit de Gibraltar. Ces eaux de salinité ($S < 36,5$ PSU), au fur et à mesure de leur progression vers l'est, elles se « méditerranise » le long des côtes algériennes, d'où l'appellation du courant algérien.

Les côtes algériennes sont plus ou moins influencées par ce courant, qui agit sur la distribution des facteurs physico-chimiques, nutritifs, biologiques voire sur la dispersion des polluants. La vitesse du courant général des eaux atlantiques de Gibraltar vers l'est reste généralement dans un ordre de grandeur de 0,5 à 1 m/s, au large des côtes algériennes. Ce courant général crée dans la plupart des baies un contre courant littoral vers l'ouest (**LEM, 1998; Benzohra, 1993**)

Le courant de retour : correspond à une zone de flot de retour à partir du courant existant au lieu de déferlement de la houle. Ces courants possèdent une vitesse qui dépend de l'énergie de la houle et de la pente de la plage. Ces courants sont responsables de la dispersion d'une partie des sédiments côtiers vers le large (**Figure1.7**).

Les courants de dérive littorale : Lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique celle-ci donne naissance à un courant de dérive littorale. La vitesse de ce courant est maximale pour un angle d'incidence de 45 % à 50%. La dérive littorale prend naissance au niveau de la zone de déferlement où l'énergie est maximale (**Millot, 1987**). Cette énergie permet la remise en suspension et le transit des particules sédimentaires le long de la côte.

La dérive générale dans la baie d'Alger engendrée par le courant atlantique (contre courant atlantique) tourne dans le sens des aiguilles d'une montre avec une vitesse moyenne en surface de l'ordre de 0,3 km/h. A proximité du fond la vitesse de ces courants diminue très rapidement et devient pratiquement négligeable (LEM, 1998).

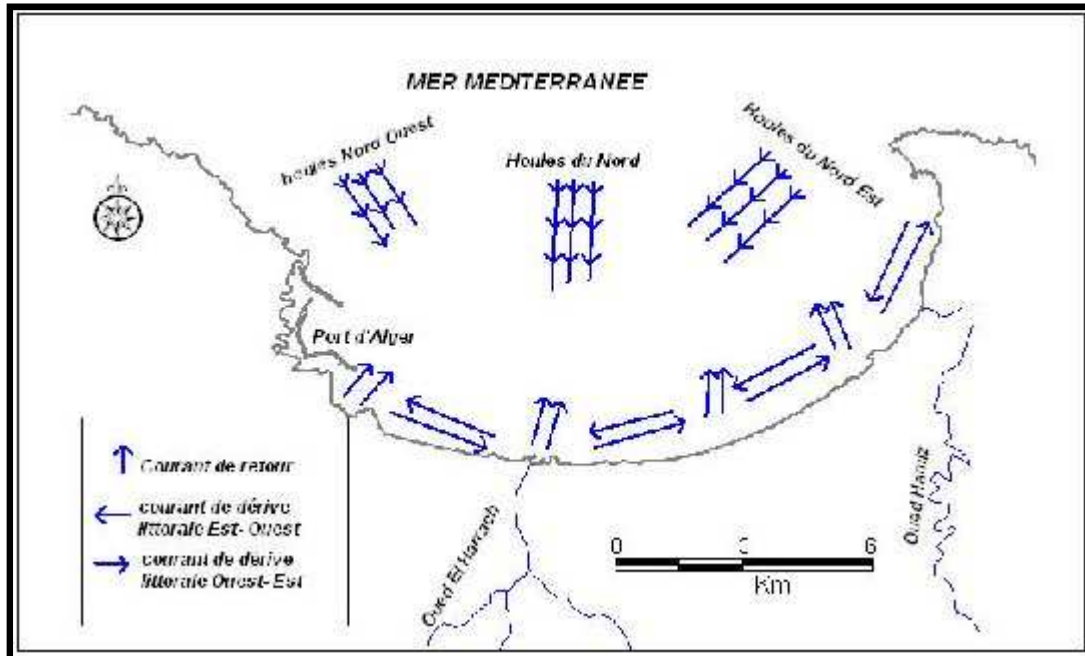


Figure 1.7: Bilan des courants de dérive et dynamique sédimentaire dans la baie d'Alger. (LEM,1998)

La baie d'Alger a la même circulation que le bassin algérien, ces masses d'eau sont décrites par Chouikhi et al., (1993), comme suit :

- MAW (*Modified Atlantic Water*), ou l'Eau Atlantique Modifiée : elle constitue l'essentiel du courant algérien, qui est défini comme une veine de 30 à 40Km de largeur et de 150 à 200m d'épaisseur, c'est de l'eau océanique qui est modifiée par interaction avec l'atmosphère et le mélange avec les eaux méditerranéennes. Elle est caractérisée par des températures variables en surface (15 à 23°C) **Figure I.8(a)**, et des salinités variant de 36,5 à 38 PSU. Ce courant circule d'ouest en est ayant des vitesses maximales de l'ordre 80-100 cm/s (Perkins et al., 1990; Millot & Taupier, 2005).

Ce courant génère des upwellings côtiers plus ou moins intenses près des côtes (Millot, 1989).

- WIW (*Winter Intermediate Water*), ou l'Eau Hivernale Intermédiaire, formée lors de convections hivernales dans le bassin nord occidental (mer catalane, golfe du Lion),

elle se situe entre 150 et 250 m, avec un minimum relatif de température (~ 12,65 à 13,20°C) et une salinité d'environ 38,3 PSU.

- LIW (*Levantine Intermediate Water*), ou l'eau Intermédiaire Levantine, formée en Méditerranée, elle se situe sous la WIW entre 250-300 m et 500-600 m est reconnaissable par des maxima relatifs de température potentielle (13,2 à 14° C). **Figure I.8(b)**
- DW (*Winter Mediterranean Deep Water*), ou l'Eau Méditerranéenne Profonde, située sous la LIW, elle est identifiable vers 600-700 m par de faible température variant de 12,75 à 12,90° C et une salinité entre 38,42 et 38,47PSU. Elle se forme au cours d'hivers rigoureux par le mélange de LIW et MAW. **Figure I.8(c)**
- BW (*Bottom Water*), ou Eau de Fond, ayant une épaisseur de quelques centaines de mètres. Episodiquement, elle se situe près du fond. Elle est relativement plus chaude et plus salée que l'eau profonde.

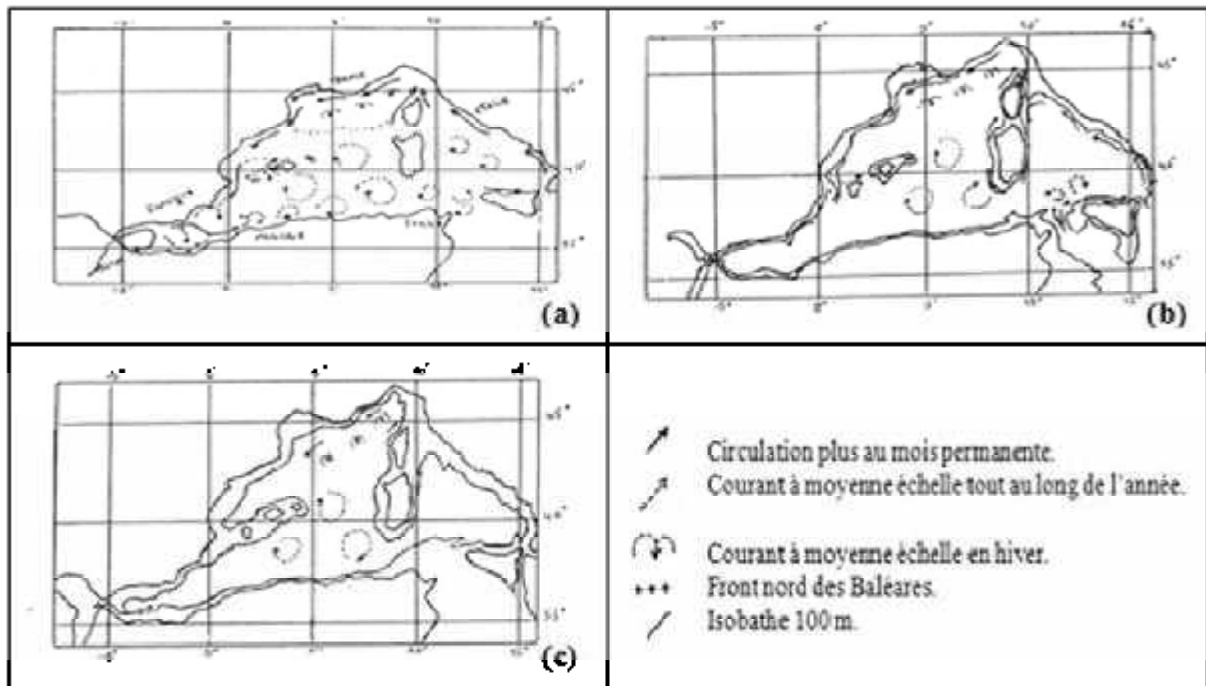


Figure 1.8 : La circulation de l'eau dans le bassin algérien (Millot, 1989)

(a): Circulation de l'Eau Atlantique Modifier (MAW), (b): Circulation de l'Eau Levantine Intermédiaire (LIW), (c): Circulation de l'Eau Profonde (DW).

D'une façon générale, l'hydrologie de la baie est caractéristique des eaux atlantiques dont la circulation varie en fonction du régime des vents. La baie largement ouverte à l'ouest reçoit les eaux océaniques qui s'écouleraient à vitesse moyenne de trois nœuds avec un maximum en décembre et un minimum en juillet-août où les vents d'Est sont dominants (Gaumer, 1981).

Matériels
&
Méthodes

CHAPITRE II: MATERIELS ET METHODES

II.1.Travaux en mer

La campagne a été effectuée le 04/04/2012 à bord de l'embarcation de "Baba Aroudj". Nous avons effectués les mesures des vitesses des courants sur le fond à environ 100 cm au-dessus du fond, et ce, en présence d'un vent du NE (**Figure.II.1**).



Figure II.1: Le bateau "Baba Aroudj"

La localisation géographique des points de mesures est faite à l'aide d'un GPS de type "FURUNO" et l'utilisation de l'échosondeur sert à connaître la profondeur de chaque station mais aussi sert pour éviter les problèmes de perte de l'instrument (**Figure II.2**)



Figure II 2: Photo d'un échosondeur et d'un GPS

II.2. Mesure des courants

Les courants sont mesurés sur place à l'aide d'un courantomètre "Model 108 MK III" (Figure II.3).



Figure II.3: Les composantes d'un courantomètre 108 MK III

II.2.1 Les composants du courantomètre 108 MKIII

II.2.1.1. Description de l'instrument

L'instrument contient des capteurs mécaniques et électroniques permettant de mesurer aussi bien le courant que la densité, la pression, la conductivité, la salinité et la vitesse du son dans le fluide.

II.2.1.2. Déploiement de l'instrument

Le courantomètre Valeport 108 MK III est mouillé à l'aide d'un câble électro-porteur qui sert aussi bien à suspendre l'instrument et son alimentation en énergie et ainsi qu'à la communication avec l'instrument immergée.

Nous observons dans la figure ci-après les différents éléments constituant le courantomètre en question. Une fois que la structure du courantomètre est préparée, celle-ci est attachée depuis le bateau à l'aide du câble électro-porteur pour établir une connexion électronique entre l'appareil et le Datalog que nous verrons ci-après.

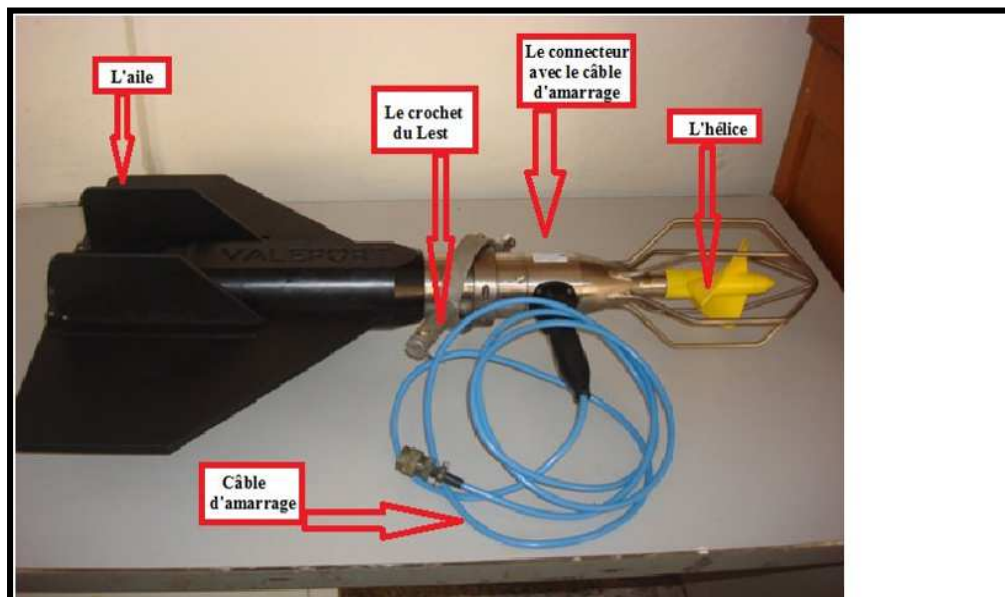


Figure II. 4: Les constituants du courantomètre

Le modèle 108 MK III est un instrument à lecture directe. Cet instrument peut être utilisé directement avec un PC ou avec le 8008 CDU "Control Display Unit", (unité de contrôle et d'affichage). **(Figure II.5)**

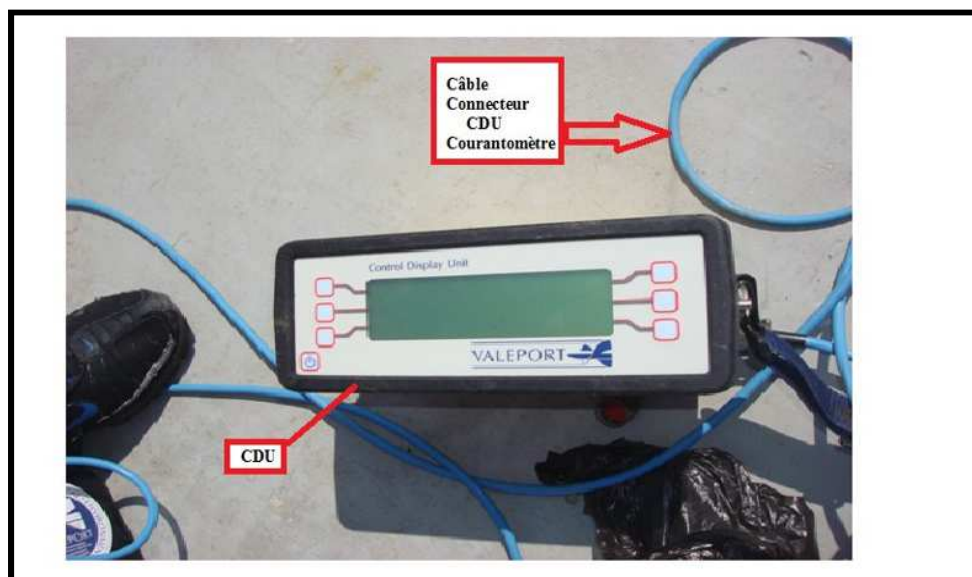


Figure II.5: Le 8008 CDU "moniteur"

En matière d'énergie, le courantomètre 108 MK III est alimenté à partir d'une batterie (piles) qui nous permet d'effectuer des mesures sur une période de temps considérable (environ 10 heures de mesures continue). Et en ce qui concerne la fréquence de mesures, celle-ci est modulable avec une fréquence maximale de 0,2 Hz.

Après son immersion en mer, le 108 MK III entament la mesure du courant (vitesse et direction) ainsi que d'autres paramètres physiques (température, pression, salinité...).

Le tableau représenté en annexe (n°2) indique les positions des points de mesure des courants (degrés convertis en mètres). Et les stations étudiées dans le présent travail sont représentées ci après dans la **(Figure II.6)**.

II.3. Distribution et localisation des stations de mesures

Durant notre sortie du 04/04/2012 nous avons effectué un prélèvement pour 19 stations au niveau du port de Sidi-Fredj ces points sont représentés dans la (imageII.1)

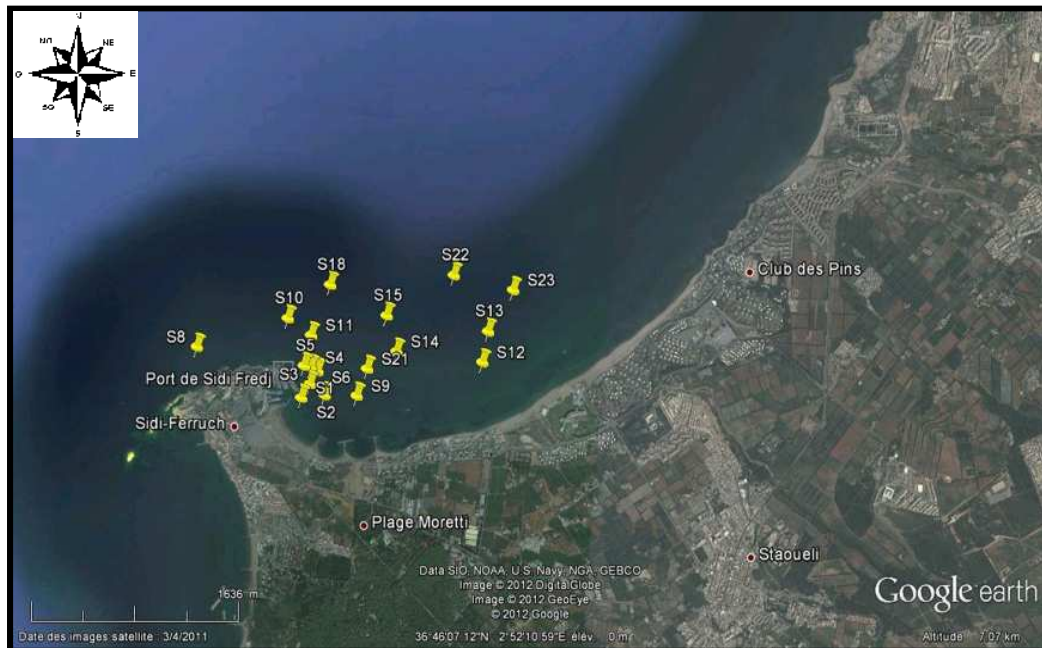


Image II.1: Les 19 stations de prélèvement du courant dans le port de Sidi-Fredj (Google earth 2009)

II. 4. La Bathymétrie

La profondeur des fonds marins est une donnée essentielle pour un grand nombre de domaines d'activité: scientifique, économique et politique. La bathymétrie – la science de la mesure des profondeurs de l'océan – a des applications aussi diverses que la gestion des ressources minérales et vivantes et l'aménagement des habitats sous-marins (Tassan & Sturm, 1986; David, 1988; Grid-Geneva, 2000).

Par ailleurs, l'établissement des relevés bathymétriques dans les zones côtières pose de nombreux problèmes matériels. Les méthodes traditionnelles utilisent des moyens

tels que les sondes multifaisceaux sur les navires, qui nécessitent de longues campagnes s'avérant onéreuses. Ces méthodes restent bien sûr irremplaçables pour ce qui concerne la bathymétrie des zones profondes et pour les relevés ponctuels, mais il n'est pas toujours possible d'utiliser ces moyens classiques de sondage, soit en raison des difficultés d'accès et de navigation, soit à cause des limites d'utilisation des échosondeurs (Minghelli -Roman *et al.*, 2007) (Figure II.7).

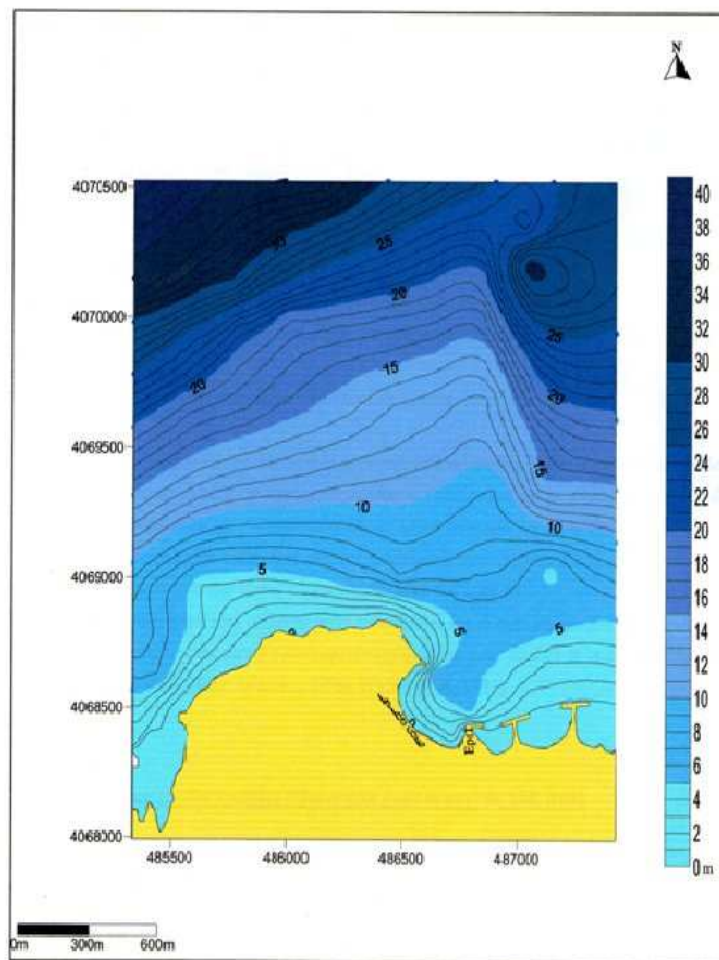


Figure II.6: Carte bathymétrique de la plage est de Sidi Fredj (Halaili, Y. Boukhenad., 2010)

II. 5. Modélisation des mouvements sédimentaires

Le modèle de Sedtrans96 est un simulateur unidimensionnel qui repose essentiellement sur le travail de **Grant et Madsen GM86 (1986)**. Le modèle numérique de Sedtrans96 est une amélioration du modèle Sedtrans92 (**Li et Amos, 1995**) qui, bien qu'ayant été calibré avec des données limitées, donne des résultats satisfaisants pour la simulation des transports sédimentaire dans l'avant-côte (**Li et al, 1997, Héquette et al 2001 ; Bastos al, 2004, Hemdane, 2006**).

Le modèle Sedtrans96 se base sur le modèle de GM86 dans le calcul des cisaillements sur le fond sédimentaire. D'après la synthèse de **Hemdane (2006)**, le modèle GM86 fonctionne en trois étapes :

1^{ère} étape : estimation initiale du facteur de frottement pour un courant combiné vague-courant (f_{cw}) :

Une valeur arbitraire est attribuée au rapport de puissance vague/courant (C_r) afin de déterminer par itération le facteur de frottement pour un courant combiné. Cette opération s'effectue selon l'équation suivante :

$$1/(4f_{cw}^{0.5}) + \log[1/(4f_{cw}^{0.5})] = \log(C_r u_b / \omega z_0) + 0.14(4f_{cw}^{0.5}) - 1.65,$$

Avec $z_0 = k_b/30$ étant la rugosité du fond, k_b , la hauteur de la rugosité et u_b , la vitesse orbitale maximale près du fond calculé par la théorie linéaire avec l'équation suivante :

$$u_b = \pi H / [T \sinh(kh)],$$

avec H, hauteur des vagues, T, période des vagues, sinh, sinus hyperbolique, h, profondeur et k étant le nombre de vague qui est égal à $2\pi/L$ où L est la longueur d'onde des vagues obtenue par itération avec l'équation suivante :

$$L = L_0 \tanh(kh),$$

L_o étant la longueur d'onde des vagues au large obtenue par la formule suivante :

$$L_o = gT^2 / 2\pi,$$

2^{ème} étape : Estimation des contraintes de cisaillement u^*_c , u^*_w et u^*_{cw} :

En utilisant le C_r et le f_{cw} calculés par itération (valeurs arbitraires) dans l'étape (1), cette étape produit la vitesse de cisaillement maximale liée aux vagues avec l'équation suivante (u^*_w):

$$u^*_w = (C_r f_{cw} u_b^2 / 2)^{0.5},$$

(u^*_w) va être utilisé dans l'équation suivante pour produire la vitesse de cisaillement liée au courant combiné et ce, grâce au rapport C_r :

$$u^*_{cw} = u^*_w C_r^{0.5},$$

(u^*_w), (u^*_{cw}) et la vitesse du courant moyen mesuré à hauteur z au-dessus du fond (u_z) vont être utilisées dans l'équation suivante pour estimer la vitesse de cisaillement liée au courant moyen :

$$u_z = (u^*_c / \kappa) [(u^*_c / u^*_{cw}) \ln(\delta_{cw} / z_0) + \ln(z / \delta_{cw})],$$

δ_{cw} étant l'épaisseur de la couche limite mixte (vague-courant) du fond calculée par l'équation suivante:

$$\delta_{cw} = 2\kappa u^*_{cw} / \nu,$$

3^{ème} étape : Itération et estimations finales :

Les résultats de l'étape (2) sont utilisés afin de reproduire une nouvelle valeur de C_r qui a été attribuée par itération grâce à l'équation suivante :

$$C_r = [1 + 2(u_{*c}/u_{*w})^2 \cos \Phi_b + (u_{*c}/u_{*w})^4]^{0.5},$$

Φ_b étant l'angle entre la direction des vagues et du courant moyen au niveau de la couche limite du fond.

Cette nouvelle valeur de C_r sera de nouveau utilisée pour refaire toute la procédure (les trois étapes) jusqu'à ce que l'itération produit une convergence de la valeur de C_r . Ainsi, les valeurs finales de f_{cw} , u_{*c} , u_{*w} et u_{*cw} sont définitivement déterminées.

II.5.1. L'équation du transport sédimentaire total de Engelund-Hansen :

Les caractéristiques physiques de notre site répondent aux conditions de l'utilisation de l'équation d Engelund-Hansen (1967) modifiée, proposée dans Sedtrans96 qui simule le transport sédimentaire total pour un courant combiné :

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

u_* étant la vitesse de cisaillement totale, u_{100} la vitesse du courant moyen à 1 mètre au-dessus du fond, D étant le diamètre moyen des grains, $\Delta \rho$ la différence de densité entre le sédiment et le fluide et g l'accélération de la pesanteur.

II.5.2. Limite du modèle Sedtrans96 :

Ce modèle se base sur la théorie linéaire des vagues. Par conséquent, à de faible profondeur, l'application de ce modèle devient problématique car les phénomènes non-linéaires, notamment ceux qui sont liés au *Shaoling*, sont plus importants dans les zones peu-profondes et des petits-fonds.

Discussion
&
Recommandations

III.1. : Introduction

Dans ce chapitre, nous discuterons les résultats des courants côtiers obtenus lors de la campagne de mesures des courants côtiers effectuée, le 04/04/12 sur les petits-fonds du littoral Est de Sidi-Fredj. Nous aborderons également les résultats des transports sédimentaires simulés à l'aide du modèle SEDTRANS96, parce que ce dernier requiert aussi bien les données de courants que celles des vagues. A cet effet, les données de vagues utilisées sont issues des données de l'USSMO (1963-1970) et ce, pour les vagues les périodes de retour biennale, décennale, vingtennale pour des vagues de secteur Est à Nord-Est pour des périodes de 6 et 7 secondes (les plus fréquentes). En vue de voir l'effet des vagues sur la mise en mouvement des sédiments sur le fond, nous avons également utilisé les vitesses orbitales maximales près du fond calculées par le modèle Sedtrans96.

III.2. : Les vitesses du courant mesurées

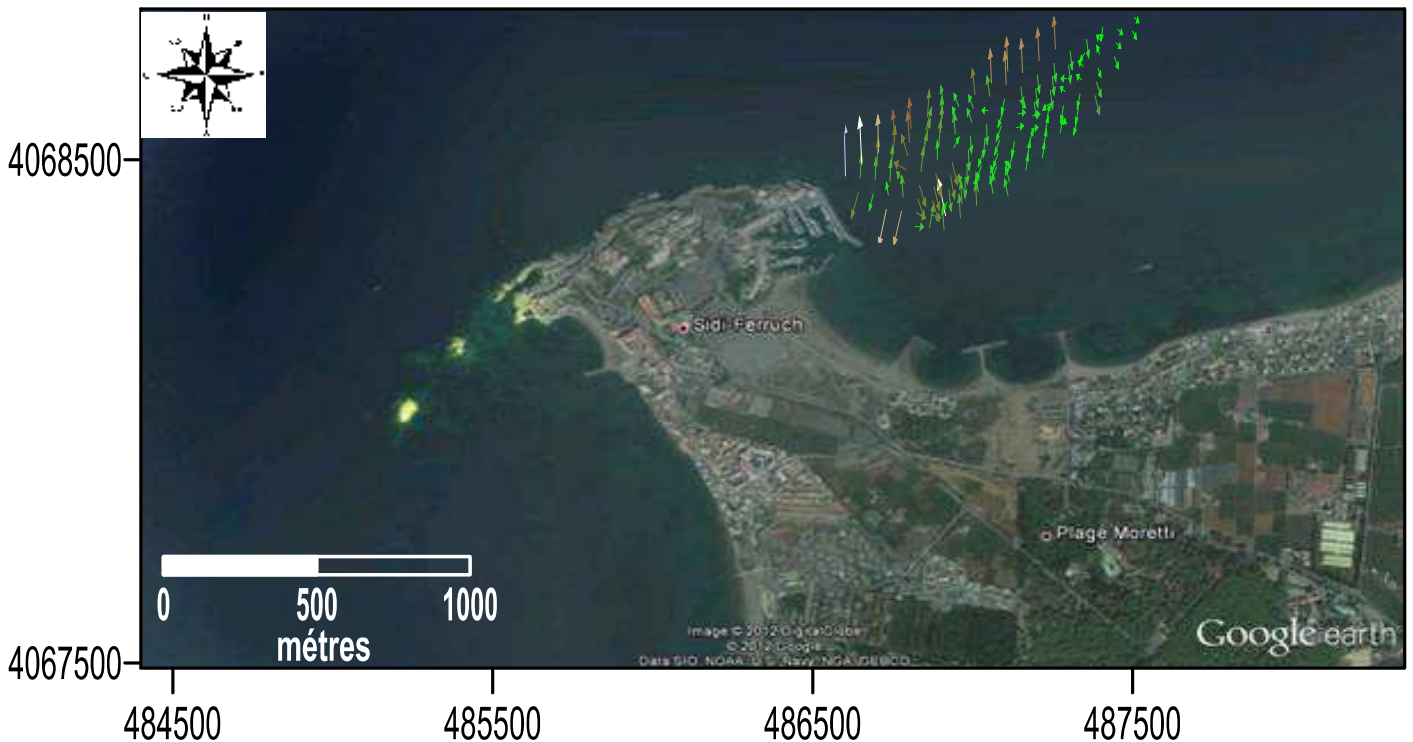


Image III.1: Les courants mesurés dans la zone de Sidi Fredj le 04/04/2012.

La carte des courants mesurés montre que pour l'événement en question (vent de NE), les courants ont des vitesses atteignant 0,4 m/s. La répartition des courants renseigne sur un flux hydrodynamique aussi bien long shore (longitudinal) que cross-shore (perpendiculaire). Les courants mesurés renseignent également sur un forçage plus important au voisinage de la passe d'entrée du port de Sidi-Fredj. Il est important de souligner aussi que certains courants progressant vers le port, lesquels peuvent être à l'origine de l'ensablement portuaire que connaît le port de Sidi-Fredj, depuis quelques années. Quant aux courants dirigés vers le large, celui-ci, par définition, peuvent transporter les sédiments vers le large et probablement loin de la zone du déferlement. Ces courants dirigés vers le large peuvent être à l'origine de l'érosion côtière observée au niveau de la plage Est de Sidi-Fredj. Ces sédiments arrachés à cet endroit pourraient être transportés vers la passe d'entrée du port de Sidi-Fredj.

III.3. Les différentes vagues dans différentes périodes de retour

A. Période de retour biennale

L'observation des vitesses orbitales maximales agissant sur le fond calculées par Sedtrans96 pour des vagues biennales fait état de courants orbitaux dépassant 4 m/s. Etant donnée l'importance du courant induit directement par les vagues dans l'entraînement des sédiments, ces vitesses sont suffisantes pour déclencher le transport des sédiments aussi bien sur le fond qu'en suspension. **Image III.2**



Image III.2 Vitesses orbitales maximales près du fond pour des vagues de Hs: 4,93m
NOR- EST 90° et de période de 7s

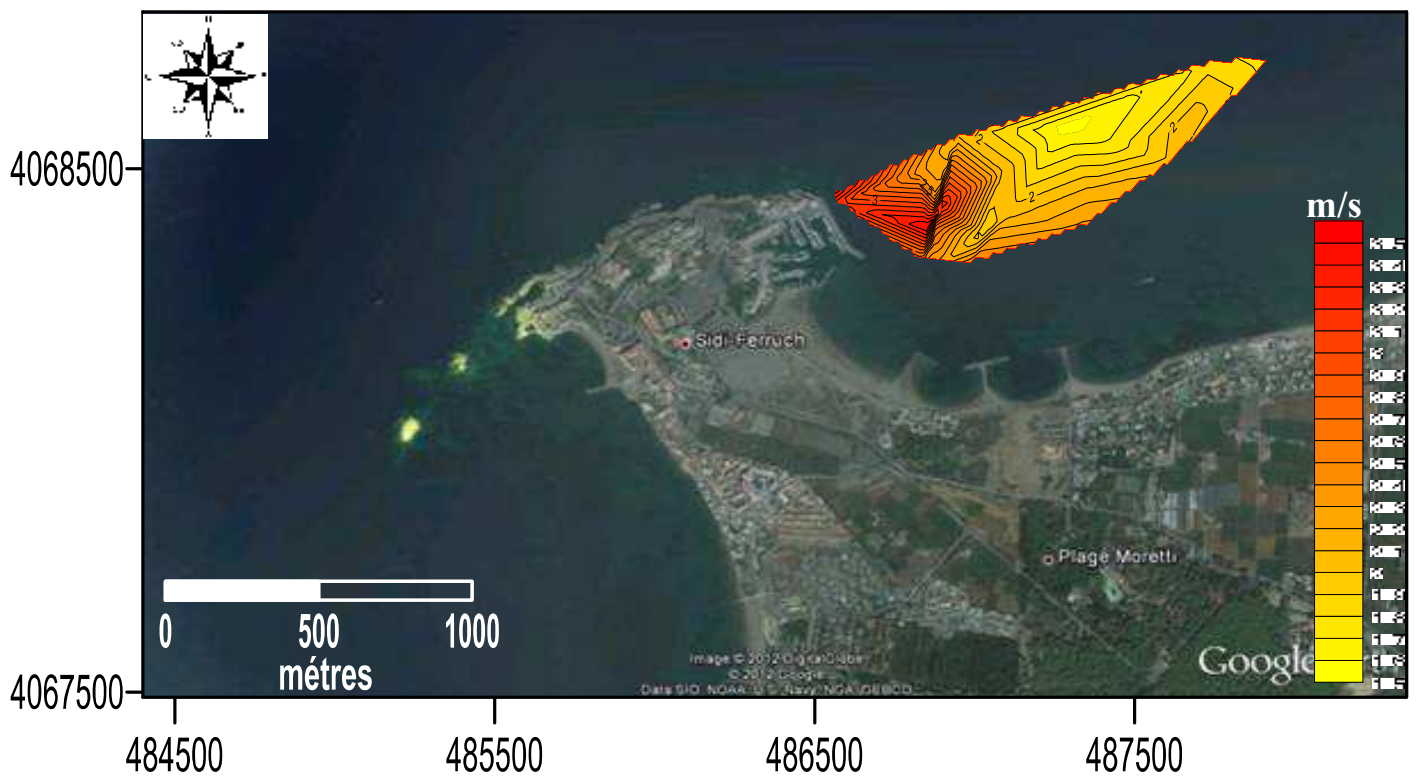


Image III.3: Vitesses orbitales maximales près du fond pour des vagues de Hs: 4,12m EST 90°
et de période de 6s

B. Période de retour décennale

L'observation des vitesses orbitales maximales près du fond estimées par Sedtrans96 pour des vagues ayant une période de retour de 10 ans montre que le courant oscillatoire atteint des valeurs proches de 5 m/s. Celles-ci, sont assez puissantes pour mettre en mouvement les sables sur les petit-fonds de la zone d'étude.



Image III.4 Vitesses orbitales maximales près du fond pour des vagues de H_s : 6,23m NORD-EST 45° et de période de 7s



Image III.5 Vitesses orbitales maximales près du fond pour des vagues de Hs: 5,14m EST 90° et de période de 6s

C. Période de retour vingtennale

L'observation des vitesses orbitales maximales près du fond estimées par Sedtrans96 pour des vagues ayant une période de retour de 20 ans montre que le courant oscillatoire atteint des valeurs proches de 5 m/s. Celles-ci, sont assez puissantes pour mettre en mouvement les sables sur les petit-fonds de la zone d'étude.

D. Période de retour centennale

L'observation des vitesses orbitales maximales près du fond estimées par Sedtrans96 pour des vagues ayant une période de retour de 100 ans montre que le courant oscillatoire atteint des valeurs proches de 6 m/s. Celles-ci, sont assez puissantes pour mettre en mouvement les sables sur les petit-fonds de la zone d'étude.



Image III.8: Vitesses orbitales maximales près du fond pour des vagues de Hs: 8,08 NORD-EST 45° et de période de 7s



Image III.9: Vitesses orbitales maximales près du fond pour des vagues de H_s : 6,62m, NORD EST 90° et de période de 7s

4.III .Mouvement sédimentaires

Les mouvements sédimentaires simulés par Sedtrans96 pour les courants mesurés et des vagues de périodes de retour allant de 2 ans à 100 ans montrent que quelle que soit la période de retour considérée, le port de Sidi-Fredj recevrait des quantités de sédiments qui pourraient atteindre pour les vagues biennales environ 2000 Kg sur un couloir d'un mètre linéaire, si l'événement hydrodynamique duraient 24 h. Ces quantités augmentent avec l'augmentation de la période de retour des vagues. La prise en considération des vagues biennales est très intéressante d'un point de vue fréquence car l'occurrence des vagues relative à cette période de retour est plus importante que d'autres périodes de retour (décennales, vingtennales, centennale).

A. Vague de retour biennale



Image III.10 Transport sédimentaire avec vague de retour biennale (amplitude 4.93 NORD-EST 45° période 7s)

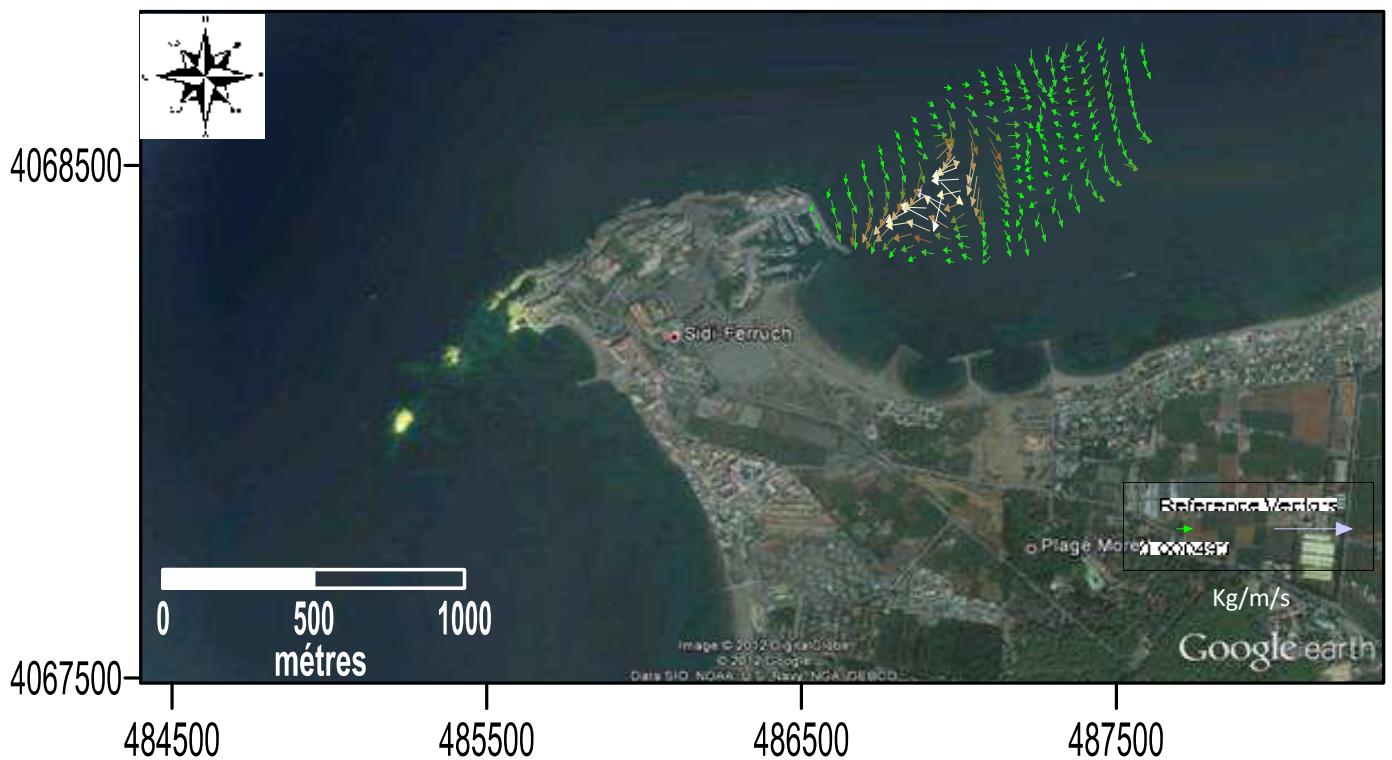


Image III.11 Transport sédimentaire avec vague de retour biennale (amplitude 4,12, EST 90°, période 6s)

B. Vague de retour décennale



Image III.12. Transport sédimentaire avec vague de retour décennale: (amplitude 6,23m NORD-EST 45°, période 7s)



Image III.13 Transport sédimentaire avec vague de retour décennale (amplitude 5,14m EST 90° période 6s)

C. Vague de retour vingtennale

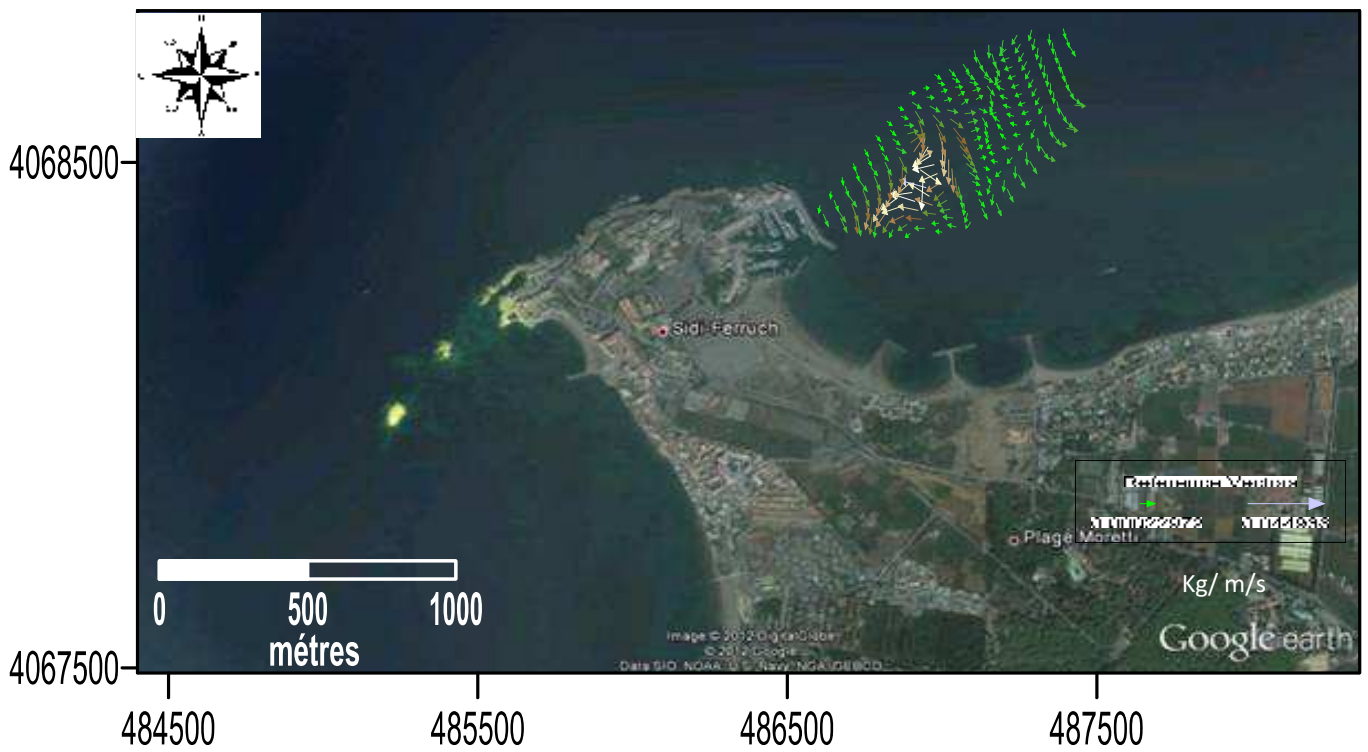


Image III.14: Transport sédiments avec vague de retour vingtennale (amplitude 6,79m, NORD-EST 45°, période 7s)

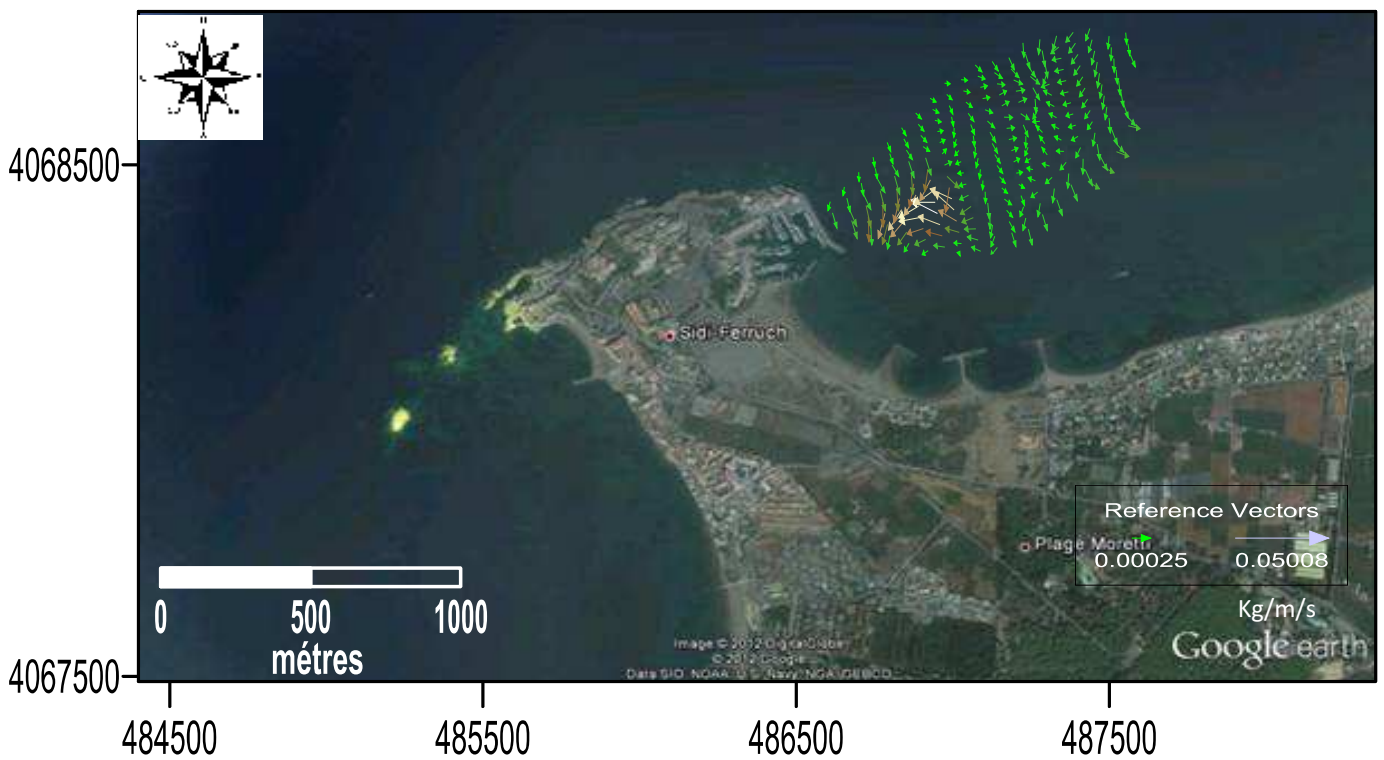


Image III.15: Transport sédimentaires avec vague de retour vingtennale (amplitude 5,59m EST 90° période 6s)

D. Vague de retour centennale

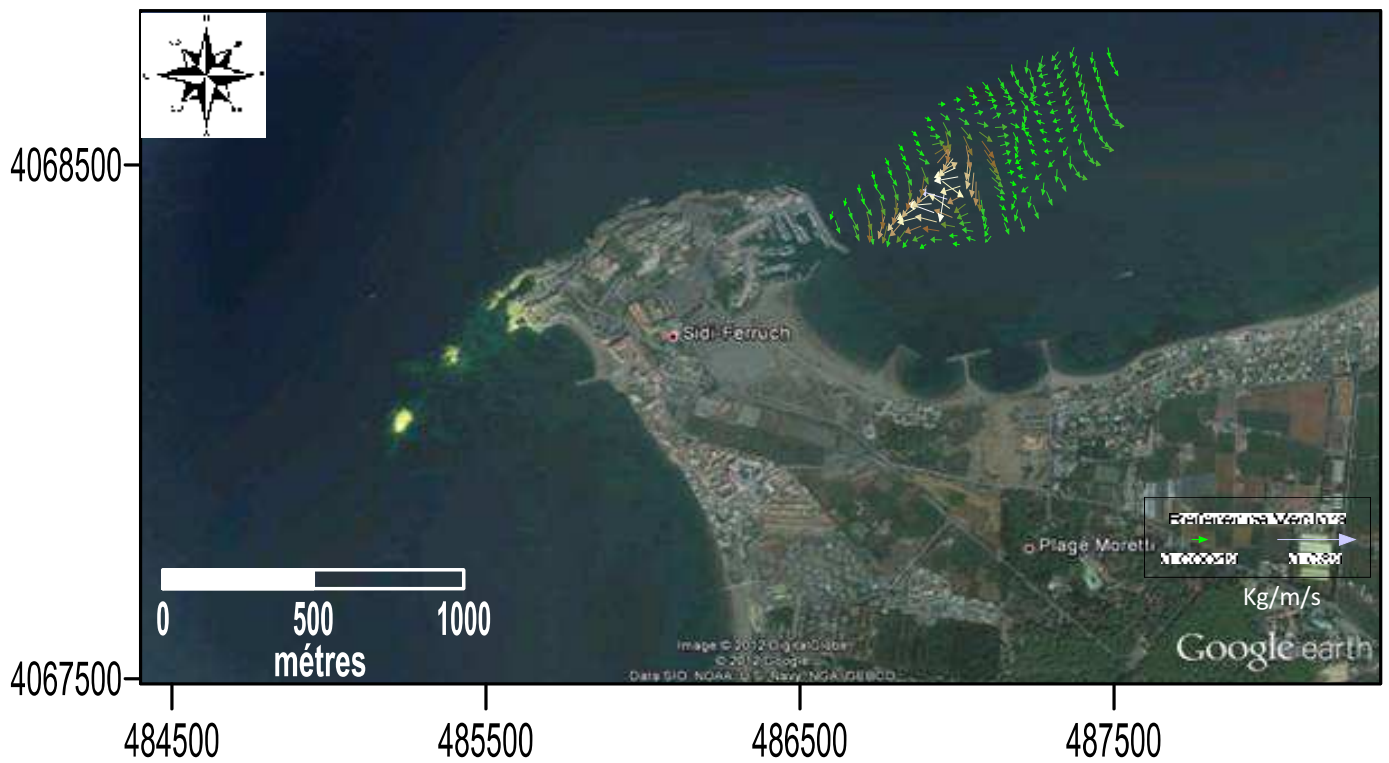


Image III.16: Transport sédimentaire avec vague de retour centennale (amplitude 8,08m
NORD-EST 45° période 7s)

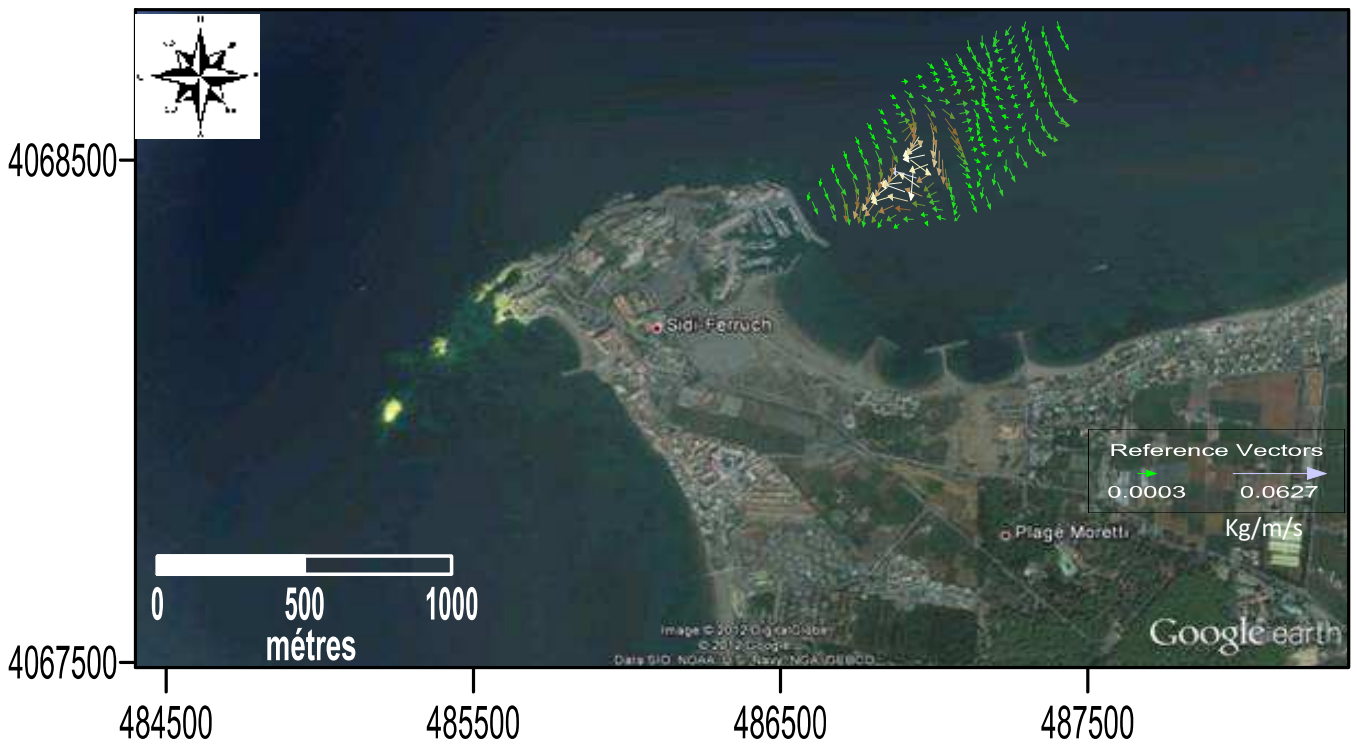


Image III.17: Transport sédimentaire avec vague de retour centennale
(amplitude 6,62m EST 90° période 6s).

Conclusion

Les courants mesurés au niveau de la zone d'étude montrent que les vitesses des courants côtiers franchissent le seuil de 0.4 m/s. Il convient de noter que les courants les plus puissants sont observés essentiellement au niveau de la passe d'entrée du port et du Cap de Sidi-Fredj. Ceci pourrait expliquer par le rôle des infrastructures maritimes et des caps dans l'amplification des courants côtiers.

Nous observons le même renforcement des vitesses orbitales et des mouvements sédimentaires simulés par Sedtrans96 au niveau du port de Sidi-Fredj et du Cap de la zone d'étude.

Par ailleurs, aussi bien les courants mesurés que les vitesses orbitales et les transports sédimentaires simulés montrent un flux hydrosédimentaire progressant vers le port de Sidi-Fredj mettant ainsi en évidence la part des courants mesurés lors de l'événement météorologique du NE, dans l'ensablement du port de la région.

*Conclusion
Générale*

Conclusion générale

L'objectif de ce travail est de comprendre la dynamique hydrosédimentaire à une échelle spatiale au niveau des petits-fonds du littoral Est de Sidi Fredj. La méthodologie utilisée s'est basée aussi bien sur des mesures in situ de courants côtiers que sur une modélisation numérique des mouvements sédimentaires induits au niveau de la zone d'étude. Par ailleurs, nous nous sommes focaliser lors de cette étude sur la compréhension de la circulation des courants côtiers, notamment au voisinage des infrastructures maritimes (ports, épis, brises-lames) et d'avoir une idée sur les facteurs induisant l'ensablement du port de port de Sidi-Fredj.

Les résultats obtenus ont montré que les courants mesurés sur les petits-fonds de la zone d'étude montrent des vitesses atteignant 0.4 m/s. Egalement, nous avons constaté que les courants ont tendance à augmenter au voisinage des infrastructures maritimes et du cap de Sidi Fredj. Par ailleurs, les vitesses orbitales maximales près du fond et les transports sédimentaires simulés par Sedtrans96 sont plus importants au niveau de ce même endroit (infrastructures littorales et Cap de Sidi Fredj). Bien que nous n'ayons pas toute la signature courantologique représentative (tous les événements) de la zone d'étude, les courants mesurés dans cette étude mettent en évidence la part du courant côtier induit par l'événement météorologique du NE et son rôle dans le flux hydrodynamique arrivant au niveau de la passe d'entrée du port de Sidi-Fredj.

Contrairement aux mesures ponctuelles, l'étude spatiale des courants côtiers permet une meilleure observation de l'hydrodynamique côtière et de voir son évolution au niveau de la zone d'étude. Cependant, en raison des difficultés d'accès à cette zone des petits-fonds –dues, entre autres, à l'agitation au niveau des petits fonds- l'obtention de la dynamique reste problématique.

Enfin, cette étude ouvre des perspectives afin d'ausculter, spatialement, d'autres courants induits lors des événements météorologiques récurrents au niveau de la zone d'étude. Ces études vont nous permettre d'avoir une observation assez nette de la circulation des courants côtiers pour une meilleure conservation du littoral de la zone d'étude.

*Références
bibliographiques*

Alsid C. 2008: Baie de Bou-Ismaïl et la baie d'El Djamila paramétrés océanographiques geste littorale bathymétrie. Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement. E.N.S.S.M.A.L.

Amara A. et Ouchelli A. 2009: l'étude des contraintes critiques de cisaillement pour la mise en mouvement des sédiments (entre les isobathes-20 et 35m) sous l'action de courants mesurés au niveau de la plage Est de Sidi Fredj. Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement. E.N.S.S.M.A.L.

Assassi C et Otmani, H. 2010: Etude de protection de la zone de club des pins. Mémoire Ingénieur d'état en aménagement de littorale. E.M.S.S.M.A.L. *12-13p.*

Benallel A. 2007: Théorie de la houle. Mémoire Ingénieur d'état en aménagement de littorale, E.N.S.S.M.A.L.

Bachari Houma F. 2009: Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'image satellitaire de l'Université du Val de Marne Paris XII. Spécialité : Sciences de l'Univers et Environnement. Thèse de doctorat, *274 p.*

Bastos A.C., Paphitis D. et Collins M. B. 2004: Short-term dynamics and maintenance processes of headland-associated sandbanks : Shambles Bank, English Channel, UK. Estuarine, Coastal and Shelf Science, *Vol 59 (1) : 33-47.*

Belabdi K et Ounas A. 2011: Etude des courants côtiers observés sur les petits fonds de la plage de Sidi Fredj: application pour la protection de la plage de Sidi Fredj. . Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement. E.N.S.S.M.A.L.

Belakessa R. 2008: Etat de la plage est de sidi Fredj diagnostic morphosédimentologique et microbiologiques. Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement. E.N.S.S.M.A.L.

Belkessa R., Houma F., Ciortan R., and Mezouar K. 2008: Protection Works Of The SeaCoast In Algéria, Copedec VII, Dubai,UAE, Paper N^o: *S-26 : 497- 515.*

Bellahsene, Y. 2002: Le port de sidi fredj : dragage et site de dépôt des matériaux. Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement. E.N.S.S.M.A.L.

Benzohra M. 1993: Les structures hydrodynamiques le long des côtes Algériennes. Centre d'Océanologie de Marseille. *33 p.*

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. *p122-123.*

Chouikhi A., Izdar E. et Menio M. 1993: Circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes des pays du Maghreb. Workshop sur la Circulation des Eaux et Pollution des côtes Méditerranéennes du Maghreb, tenu à Rabat, Maroc du 9-11 Novembre 1992. Edition : UI, publiée par : INOC, IZMIR, Turquie, *307 P.*

Davis B.E. and Davis P. E. 1988: Marine GIS: Concepts and Considerations », Proceedings GIS/LIS'88, Falls Church, VA, USA.

Engelund F. and Hansen E. 1967: A monograph on sediment transport in alluvial streams. Teknisk Vorlag, Copenhagen, Denmark, *62pp.*

Gaumer G. 1981: Evolution annuelle des communautés microplanctoniques de la baie d'Alger. Variations de la composition spécifiques liées à la nature du facteur nutritionnel limitant de labiomasse algale. Thèse de doctorat, spécialité : Océanographie biologique, Université Pierre et Marie Curie, France, 91 P.

Glangeaud L. 1932: Etudes géologique de la région littorale de la province d'Alger. Bull. série. Carte géologique. Algérie, Alger 1932. 2^{em} série. N°08.

Glangeaud L., Ayme A., Caire A., Mataeur M. et Muraour P. 1952: Histoire géologique de la province d'Alger. publ. XIX ème CGI. Monogr. Région, 1^{ère} série. Algérie. N° 25 : p142.

Grant W.D. et Madsen O.S. 1986: The continental shelf bottom boundary layer. Annual Review of Fluid Mechanics, 18 : 265-305p.

Grid-Geneva. 2000: Quarterly Bulletin n°2, Remote Sensing Training for Lebanon's Environment Observatory.

Halaili Y. et Boukhennaf A. 2010: Apport de la télédétection pour la détermination de la bathymétrie du port de la plage de Sidi Fredj. Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement. E.N.S.S.M.A.L.

Halaili Y., Boukhennaf A. 2010: apport de la télédétection pour la détermination de la bathymétrie du port et de la plage de Sidi Fredj. . Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement. E.N.S.S.M.A.L.

Hemdane Y. 2006 : Dynamique hydro-sédimentaire de l'avant-côte de type macrotidal: le cas du littoral du Nord-Pas-de-Calais, France. Thèse de doctorat 206p.

Héquette A., Desrosiers M., Hill P.R. et Forbes D.L. 2001: The influence of coastal morphology on shoreface sediment transport under storm-combined flows, Canadian Beaufort Sea. Journal of Coastal Research, 17, p. 507-516.

Kherfellah F. et Belkourane H. 2009: Etude d'un signale hydrodynamique à partir des mesures "in situ". Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement. E.N.S.S.M.A.L.

Leclaire L. 1972 : La sédimentation holocène sur le versant Méridional du bassin Algéro- Baléares (Précontinent Algérien). Tome XXIV. Edition de Muséum, Paris, France, 391 P.

Li M.Z. et Amos C.L. 1995: SEDTRANS92 : A sediment transport model for continental shelves, Computers & Geosciences. 21 (4), pp. 533-554.

Li M.Z. et Amos, C.L. 1997: SEDTRANS96 : Upgrade and calibration of the GSC sediment transport model. Geological Survey of Canada Atlantic Open File Report 3512, 140pp.

Messaoudi S. 2002: Evolution du trait de cote dans la plage est de sidi fredj. Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement. E.N.S.S.M.A.L.

Millot C. 1989 : La circulation générale en Méditerranée occidentale : aperçu de nos connaissances et projets d'études. Annales de géographie, n° 459, XXVIIIe.

Millot C., Taupier-Letage I. et Benzohra M. 1990: The Algerian eddies. Earth Sciena Reviews, p27, 203-219.

Références bibliographiques

Minghelli-Roman A., Polidori L., Mathieu-Blanc S., Loubersac L, and Cauneau F. 2007 : Bathymetric Estimation Using MeRIS Images in Coastal Sea waters .IEEE Geoscience And Remote Sensing Letters. *Vol. 4 (2)*.

Piaot, J-P. 2000: Levés topographiques courant en bord de la mer; positionnement en mer et navigation pour les géosciences, France. Paris institut océanographique.

Tassan S. and Sturm B. 1986: An algorithm for the retrieval of sediment content in turbidcoastal waters from CZCS data.International Journal of Remote Sensing. *Vol. 7 (5) : 643-655.*

Zemenzer S. 2004 : Ensablement du port par transport sédimentaire simulation et application du modèle de Gao et Collins (1994) au port de Sidi Fredj. *Mémoire d'ingéniorat, E.N.S.S.M.A.L, p6-7, 31-41.*

Annexes

DONNEES METEOROLOGIQUES

Station : ALGER DAR-EL-BEIDA

Altitude : 25 m - **Latitude :** 36°41 N - **Longitude :** 03°13 E

Vents : Vitesse des vents, moyenne mensuelles et annuelles en (m/s).

	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	An
1995	23	17	21	20	22	28	24	23	22	12	24	29	22
1996	29	36	28	28	24	24	22	20	22	13	24	20	24
1997	26	12	15	21	21	21	27	23	20	18	29	19	21
1998	22	12	14	26	21	21	21	21	25	17	18	13	19
1999	20	22	20	16	28	28	28	32	28	26	24	33	25
2000	12	19	21	43	25	25	32	32	28	28	33	32	28
2001	33	24	31	30	33	33	31	25	30	19	20	14	27
2002	15	20	28	27	31	31	31	24	29	24	30	28	27
2003	40	34	20	27	25	28	27	25	24	20	25	33	27
2004	24	20	23	32	31	24	24	24	20	16	16	32	24
2005	20	26	21	30	27	28	35	31	24	20	21	23	26

2-Les données converties de degrés en mètres ;

N° des stations	Altitudes (y)		Longitudes (x)	
	degrés	mètres	degrés	mètres
1	36° 45' 45,30"	4068254,977	2° 50' 57,37"	486546,501
2	36° 45' 46,01"	4068276,546	2° 51' 05,29"	486742,897
3	36° 45' 48,45"	4068351,916	2° 51' 00,44"	486622,767
4	36° 45' 52,41"	4068473,932	2° 51' 00,47"	486623,703
5	36° 45' 52,72"	4068483,570	2° 50' 58,26"	486568,926
6	36° 45' 51,66"	4068637,769	2° 51' 02,68"	486678,748
7	36° 45' 57,73"	4068639,431	2° 50' 21,29"	485652,607
8	36° 45' 55,77"	4068570,931	2° 50' 23,89"	485716,965
9	36° 45' 46,31"	4068285,398	2° 51' 15,56"	486997,536
10	36° 45' 3,80"	4068825,204	2° 50' 52,37"	486423,441
11	36° 46' 0,11"	4068711,205	2° 51' 00,07"	486614,157
12	36° 45' 56,03"	4068583,464	2° 51' 55,01"	487976,043
13	36° 46' 03,46"	4068812,355	2° 51' 56,35"	488009,586
14	36° 45' 57,40"	4068626,664	2° 51' 27,51"	487294,321
15	36° 46' 05,82"	4068886,243	2° 51' 23,79"	487202,483
16	36° 46' 12,38"	4069089,073	2° 51' 05,31"	486744,653
17	36° 45' 52,87"	4068487,420	2° 51' 18,45"	487069,493
18	36° 46' 16,37"	4069210,561	2° 51' 44,53"	487717,122
19	36° 46' 13,67"	4069126,699	2° 51' 03,63"	488190,503

3-Les données de notre sortie en mer le 04/04/2012

N° de stations	Prof (m)	Vitesse de courant (m.s⁻¹)	Direction (degrés)	Temps (H.M)
1	4,8	0,13	291	12h ; 29
2	5,3	0,3	295	12h ; 30
3	4,7	0,24	275	12h ; 33
4	4,1	0,36	306	12h ; 38
5	2,7	0,41	315	12h ; 40
6	3	0,41	299	12h ; 43
7	2,7	0,13	232	12h ; 45
8	3,3	0,3	152	12h ; 47
9	4,5	0,3	181	12h ; 49
10	5	0,24	149	12h ; 50
11	5	0,41	51	12h ; 51
12	5	0,35	75	12h ; 53
13	5,6	0,3	181	12h ; 54
14	5,9	0,18	343	12h ; 55
15	5,8	0,3	59	12h ; 57
16	5,9	0,13	104	13h ; 02
17	6,5	0,13	84	13h ; 10
18	8,3	0,36	250	13h ; 14
19	7,3	0,24	186	13h ; 15

Biennales.

Amplitude	NORD-EST	périodes
4,93	45°	7

STATION	Vitesse orbitale Max (M/SEC)	Direction de transport du sédiment (degré)	Transport des sédiments selon l'équation (KG/SEC/M) ENGELUND- HANSEN
1	3.056	291	0.000265
2	2.862	295	0.007800
3	3.098	275	0.003506
4	3.381	306	0.019794
5	4.349	315	0.045574
6	4.089	299	0.042672
7	4.349	232	0.000430
8	3.863	152	0.011378
9	3.187	181	0.009064
10	2.975	149	0.003287
11	2.975	51	0.030026
12	2.975	75	0.015697
13	2.757	181	0.007593
14	2.659	343	0.000878
15	2.691	59	0.007468
16	2.659	104	0.000223
17	2.483	84	0.000206
18	2.062	250	0.011551
19	2.279	186	0.002433

Biennales

Amplitude	NORD-EST	périodes
4,12	90°	6

STATION	Vitesse orbitale Max (M/SEC)	Direction de transport du sédiment (degré)	Transport des sédiments selon l'équation (KG/SEC/M) ENGELUND-HANSEN
1	2.412	291	0.000185
2	2.242	295	0.005792
3	2.448	275	0.002543
4	2.694	306	0.015018
5	3.528	315	0.034871
6	3.305	299	0.032539
7	3.528	232	0.000294
8	3.111	152	0.008307
9	2.525	181	0.006346
10	2.341	149	0.002373
11	2.341	51	0.021737
12	2.341	75	0.011515
13	2.150	181	0.005265
14	2.064	343	0.000613
15	2.092	59	0.005351
16	2.064	104	0.000155
17	1.909	84	0.000143
18	1.538	250	0.008246
19	1.729	186	0.001659

Décennale

Amplitude	NORD-EST	périodes
6,23	45°	7

STATION	Vitesse orbitale Max (M/SEC)	Direction de transport du sédiment (degré)	Transport des sédiments selon l'équation (KG/SEC/M) ENGELUND-HANSEN
1	3.862	291	0.000361
2	3.616	295	0.010464
3	3.915	275	0.004737
4	4.272	306	0.026808
5	5.496	315	0.062726
6	5.167	299	0.058350
7	5.496	232	0.000606
8	4.882	152	0.015591
9	4.027	181	0.012216
10	3.760	149	0.004436
11	3.760	51	0.039934
12	3.760	75	0.020972
13	3.483	181	0.010134
14	3.360	343	0.001178
15	3.400	59	0.009934
16	3.360	104	0.000300
17	3.137	84	0.000276
18	2.606	250	0.015078
19	2.880	186	0.003218

Décennale

Amplitude	NORD-EST	périodes
5,14	90°	6

STATION	Vitesse orbitale Max (M/SEC)	Direction de transport du sédiment (degré)	Transport des sédiments selon l'équation (KG/SEC/M) ENGELUND- HANSEN
1	3.009	291	0.000241
2	2.837	295	0.007583
3	3.055	275	0.003296
4	3.361	306	0.019498
5	4.402	315	0.045935
6	4.123	299	0.042637
7	4.402	232	0.000394
8	3.881	152	0.010926
9	3.150	181	0.008277
10	2.920	149	0.003076
11	2.920	51	0.027963
12	2.920	75	0.014822
13	2.682	181	0.006815
14	2.575	343	0.000791
15	2.610	59	0.006867
16	2.575	104	0.000200
17	2.382	84	0.000183
18	1.919	250	0.010390
19	2.158	186	0.002126

Vingtennale

Amplitude	NORD-EST	périodes
6,79	45°	7

STATION	Vitesse orbitale Max (M/SEC)	Direction de transport du sédiment (degré)	Transport des sédiments selon l'équation (KG/SEC/M) ENGELUND- HANSEN
1	4.209	291	0.000407
2	3.889	295	0.011501
3	4.267	275	0.005315
4	4.657	306	0.030091
5	5.990	315	0.070856
6	5.631	299	0.065751
7	5.990	232	0.000693
8	5.321	152	0.017588
9	4.389	181	0.013692
10	4.097	149	0.004975
11	4.097	51	0.044526
12	4.097	75	0.023424
13	3.746	181	0.011121
14	3.662	343	0.001319
15	3.657	59	0.010890
16	3.662	104	0.000337
17	3.419	84	0.000308
17	2.841	250	0.016688
19	3.139	186	0.003580

Vingtennale

Amplitude	NORD-EST	périodes
5,59	90°	6

STATION	Vitesse orbitale Max (M/SEC)	Direction de transport du sédiment (degré)	Transport des sédiments selon l'équation (KG/SEC/M) ENGELUND- HANSEN
1	3.272	291	0.000268
2	3.042	295	0.008234
3	3.322	275	0.003650
4	3.655	306	0.021600
5	4.787	315	0.051187
6	4.484	299	0.000556
7	4.787	232	0.000443
8	4.221	152	0.012168
9	3.426	181	0.009183
10	3.176	149	0.003406
11	3.176	51	0.000354
12	3.176	75	0.016364
13	2.917	181	0.007536
14	2.801	343	0.000875
15	2.839	59	0.007572
16	2.801	104	0.000221
17	2.590	84	0.000202
18	2.087	250	0.011375
19	2.347	186	0.002342

Centennale

Amplitude	NORD-EST	périodes
8,08	45°	7

STATION	Vitesse orbitale Max (M/SEC)	Direction de transport du sédiment (degré)	Transport des sédiments selon l'équation (KG/SEC/M) ENGELUND- HANSEN
1	5.009	291	0.000524
2	4.690	295	0.014779
3	5.078	275	0.006762
4	5.541	306	0.038282
5	7.128	315	0.091382
6	6.701	299	0.084365
7	7.128	232	0.000920
8	6.331	152	0.022634
9	5.223	181	0.017375
10	4.876	149	0.006320
11	4.876	51	0.055871
12	4.876	75	0.029501
13	4.518	181	0.014235
14	4.358	343	0.001670
15	4.410	59	0.013904
16	4.358	104	0.000428
17	4.069	84	0.000390
18	3.380	250	0.020607
19	3.735	186	0.004470

Centennale

Amplitude	NORD-EST	périodes
6,62	90°	6

STATION	Vitesse orbitale Max (M/SEC)	Direction de transport du sédiment (degré)	Transport des sédiments selon l'équation (KG/SEC/M) ENGELUND- HANSEN
1	3.875	291	0.000333
2	3.602	295	0.010111
3	3.934	275	0.004511
4	4.329	306	0.026710
5	5.669	315	0.064094
6	5.310	299	0.059112
7	5.669	232	0.000566
8	4.998	152	0.015218
9	4.058	181	0.011384
10	3.761	149	0.004206
11	3.761	51	0.037854
12	3.761	75	0.020092
13	3.454	181	0.009277
14	3.317	343	0.001076
15	3.362	59	0.009271
16	3.317	104	0.000273
17	3.068	84	0.000247
18	2.471	250	0.013716
19	2.779	186	0.002859