

لجمه ي
République Algérienne Démocratique et Populaire

يم
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

تهد ي ي
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 du port de Cap Djinet -

Présenté par:

BEDOUHENE Rym

Soutenu le 21/09/2015 devant le jury suivant :

M^r GUERFI M.	Maître de Conférences A (ENSSMAL)	Président
M^{me} MEHDID S.	Maître Assistante A (ENSSMAL)	Examinatrice
M^r HAMDANE Y.	Maître de Conférences A (ENSSMAL)	Examineur
M^r MEZOUAR K.	Maître de Conférences B (ENSSMAL)	Promoteur

Promotion : 2014/2015

Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier le BON DIEU de m'avoir procuré : santé, patience et amour ainsi aux membres de nos familles qui nous ont soutenu durant ce petit séjour pour réaliser ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à Monsieur **MEZOUAR K.**, maître de conférences B, pour avoir accepté de diriger ce travail. Je le remercie pour avoir toujours été présent et pour ses conseils et ses encouragements.

J'adresse mes remerciements à Monsieur **GUERFI S.**, maître de conférences A (ENSSMAL), pour avoir accepté de présider le jury de mon mémoire.

Je remercie également Monsieur **HEMDANE Y.** maître de conférences A et Madame **MEHDID S.** Maîtresse Assistante A pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Merci à ma famille et mes amis. Lorsqu'après cinq ans d'études, je me suis engagé pour trois mois de plus, vous m'avez soutenu avec fierté. Aujourd'hui, si j'écris ces dernières lignes, c'est grâce à vous.

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

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail, avec toute mon affection :

A ma très chère et adorable maman que j'aime très fort, elle a toujours été présente, m'a soutenue et accompagnée à chaque étape de ma vie, je lui dois tout...

Sans oublier mon très cher père bien aimé et mon modèle, à qui je dois mon savoir et mon éducation...

A mon très cher frère Raïd, mes sœurs Ibtissem et katia qui m'ont beaucoup soutenu et encouragé dans l'élaboration de ce mémoire.

A la mémoire de ma chère grand - mère TATA, qui ne fait plus partie de ce monde.

A ma tante Zahia et tonton Belkacem.

A toute ma famille, grande et petite...

A Mon chérie HAROUN.

A tous mes amis et camarades que je ne peux pas tous citer mais dont je garderai le souvenir et l'amitié en moi toute ma vie...

Rym

Liste des figures

Figure n°01	Situation géographique de la zone de Cap Djinet (Google Earth, 2015).....	16
Figure n°02	Localisation du port de Cap Djinet dans la zone (Google Earth, 2015).....	16
Figure n°03	Géologie régionale de cap Djinet (in Layoune & Tiguercha, 2011).....	18
Figure n°04	Les grandes unités géomorphologiques du secteur d'étude (Akziz, 2011).....	19
Figure n°05	Schématisation du réseau hydrographique de la zone d'étude (Akziz, 2011).....	20
Figure n°06	Roses mensuelles des vents au large de Cap Djinet. (SSMO. 1963 - 1970).....	21
Figure n°07	Roses annuelle et saisonnières des vents au large de Cap Djinet (Source MED ATLAS).....	23
Figure n°08	Roses mensuelles des directions des houles (Source ; S.S.M.O) (voir annexe 1).....	24
Figure n°09	Rose annuelle des houles au large de Cap Djinet (Source MEDATLAS).....	26
Figure n°10	Roses saisonnières des houles au large de Cap Djinet (Source MEDATLAS) (Annexe n°02).	26
Figure n°11	Carte bathymétrique de la zone de Cap Djinet (Données LEM 2009).....	27
Figure n°12	Carte bathymétrique en 3D de la zone de Cap Djinet, 2009.....	28
Figure n°13	Tracé du profil sous-marin N°5 dans la zone de Cap Djinet.....	29
Figure n°14	Profils sous-marins tracés dans la zone de Cap Djinet. (LEM, 2009).....	29
Figure n°15	Représentation des différentes échelles spatio-temporelles associées à l'analyse en géomorphologie littorale (d'après les travaux de COWELL et THOM, 1994 in PIAN, 2010).	33
Figure n°16	Evolution moyenne du trait de côte du littoral de Cap Djinet sur une période pluriannuelle (1959 -1999) (source, PAC).....	34
Figure n°17	Evolution du trait de côte entre oued Isser et Cap Djinet (source, PAC).....	34
Figure n°18	Création des couches sous ArcMap 10.....	35
Figure n°19	Géoréférencement des couches sous ArcMap 10.....	36
Figure n°20	Digitalisation du trait de côte sous ArcMap 10.....	36
Figure n°21	Diagramme de l'évolution annuelle de la ligne de côte Cap Djinet.....	37
Figure n°22	Carte de l'évolution du trait de côte Cap Djinet entre 2003 et2014.....	38
Figure n°23	Diagramme du taux d'évolution du trait de côte de cap Djinet par rapport à chaque transects entre 2003-2014.....	39
Figure n°24	Insertion du fichier «Input».....	44
Figure n°25	Itération et conception du fichier "Output".....	44
Figure n°26	Le choix des deux paramètres (Hs, Dir) à partir de fichier " Output" sous l'Excel	45
Figure n°27	Réfraction de la houle pour une direction 45°N et une période de 10s.....	46
Figure n°28	Réfraction de la houle pour une direction 360°N et une période de 10s.....	47
Figure n°29	Réfraction de la houle pour une direction 315°N et une période de 10s.....	48
Figure n°30	La grille d'entrée dans le model GSTA.....	54

Liste des figures

Figure n°31	Modélisation du transport sédimentaire dans la zone de Cap Djinet, 2009 « Model GSTA »...	56
Figure n°32	Plan de masse du port de Cap Djinet (Google Earth digitalisée, 2009), (Layoun et Tiguercha, 2011).....	60
Figure n°33	Carte bathymétrique de la zone de Cap Djin, 2014 (source de données : vert bleu)....	61
Figure n°34	Superposition des levés bathymétriques 2009/2014 dans la zone de Cap Djinet, 2014 (Outmani, 2014).....	62
Figure n°35	Carte de l'Evolution de la ligne du rivage dans la région de Cap Djinet durant les années 2003/2009/2014.....	63

Liste des tableaux

Tableau n°01	Fréquences d'apparition des vents au large par direction entre 1999 et 2004 (Source Med Atlas).....	23
Tableau n°02	Fréquence mensuelle de la houle au large par direction en pourcentage (%) (SSMO, 1963-1970) (voir annexe 1).....	24
Tableau n° 03	Fréquences annuelle et saisonnières des houles au large par direction entre 1999 et 2004 (Source Med Atlas).....	25
Tableau n°04	Bilan des taux de surface d'érosion et d'accumulation du trait de côte de Cap Djinet entre 2003 et 2014.....	37
Tableau n°05	Taux d'évolution du trait de côte du littoral de Cap Djinet (m/an) entre 2003 et 2014 (voir annexe n°4).....	38
Tableau n°06	Conditions de houles retenues dans le cadre de cette étude.....	43
Tableau n°07	Superficies des sous bassins du port de Cap Djinet.....	59

Liste des Acronymes

- D_{cr}** : Distance critique.
- Dir** : Direction.
- GSTA** : Grain Size Trend Analysis.
- H_s** : Hauteur significative.
- K_r** : Coefficient de réfraction.
- LCHF** : Laboratoire Central de l'Hydraulique de France.
- LEM** : Laboratoire des Etudes Maritimes.
- m²** : Mètre carré.
- m/an** : Mètre par an.
- m/s** : Mètre par seconde.
- N** : Nord.
- NW/** : Nord-Ouest.
- ONM** : Office National de Météorologie.
- PAC** : Programme d'Aménagement Côtier.
- S** : Seconde.
- SE** : Sud- Est.
- SIG** : Système d'Information Géographique.
- SSMO** : Summary of Synoptic Meteorological Observation.
- SWAN**: Simulating WAVes Nearshore.
- T** : période.
- UTM** : Universal Time Mercator.
- WGS** : World Geoïde System.

Liste des photos

- Photon°01** Apparition d'un tombolo au niveau de la plage Ouest.....63
- Photon°02** Accumulation massive du sable au niveau de l'épi Nord.....63

Introduction générale	12
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	
Introduction.....	15
I.1. Situation géographique de la zone d'étude.....	15
I.1.1. Baie de Zemmouri.....	15
I.1.2. Site d'étude	15
I.2. Contexte topographique.....	16
I.3. Contexte géologique	17
I.3.1. Contexte régionale	17
I.3.2. Contexte locale	17
I.4. Contexte géomorphologique.....	18
I.5. Contexte hydrographique	19
I.6. Contexte hydrodynamique	20
I.6.1. Les vents	20
I.6.1.1. Régime général des vents au large	21
a- Les Données du Summary of Synoptic Meteorological observations (1914 à 1970).....	21
b- Les Données de Medatlas (1999-2004).....	21
b.1. Les directions au large	22
I.6.2. Les houles	24
I.6.2.1. Analyse des houles au large	24
a- Les données du SSMO (1963 -1970).....	24
a.1. Direction de la houle au large.....	25
b- Les données de MEDATLAS (1999-2004)	25
b.1. Les Directions au large	25
I.7. Contexte bathymétrique.....	26
I.7.1. L'étude bathymétrique	26
I.7.2. La carte bathymétrique	27
I.7.2.1. Analyse et commentaire.....	27
I.7.3. Les profils sous-marins.....	28

Chapitre II : ANALYSE DES VARIATIONS HISTORIQUES DE LA LIGNE DE CÔTE DE LA ZONE DE CAP DJINET

Introduction	32
II.1. Echelle spatio-temporelle de l'évolution morphologique des systèmes côtiers.....	32
II.1.1. La micro-échelle ou échelle des processus.....	32
II.1.2. La méso-échelle ou échelle dynamique.....	33
II.1.3. La macro-échelle ou échelle de tendance.....	33
II.2. Evolution du trait de côte de Cap Djinet.....	33
II.3. Etude et analyse de l'évolution du trait de côte de Cap Djinet (2003-2014).....	34
II.3.1 Méthodes et techniques utilisées	34
II.3.2. Moyens et procédure.....	35
II.3.2.1. Aperçu du logiciel ArcGis 10	35
II.3.2.2. Procédure.....	35
II.3.3. Résultats et interprétation	37
Conclusion.....	39

CHAPITRE III : SIMULATION DE LA REFRACTION DE LA HOULE SUR LA COTE

Introduction.....	41
III.1. Modèle spectral de vagues SWAN.....	41
III.2. Principe de calcul de la réfraction de la houle.....	42
III.3. Données de base.....	43
III.3.1. Données bathymétriques.....	43
III.3.2. Données de houles au large.....	43
III.4. Choix du secteur angulaire.....	43
III.5. Déroulement des étapes de la réalisation de la réfraction	44
III.6. Compilation des GRID et cartographie.....	45
III.6.1. Aperçu du logiciel Surfer.....	45
III.6.2. Résultats et discussion.....	45
III.6.2.1. Action des houles de direction Nord-Est (45°)	46
III.6.2.2. Action des houles de direction Nord (360°).....	47
III.6.2.3. Action des houles de direction Nord-Ouest (315°).....	45
III.6.3. La propagation potentielle des vagues.....	48

Table des matières

Conclusion.....	49
CHAPITRE VI : ETUDE ET MODELISATION DU TRANSPORT SEDIMENTAIRE	
Introduction.....	51
IV.1. Modélisation du transport sédimentaire	51
IV.1.1. Modèle de Gao et Collins.....	51
IV.1.2. Procédure analytique.....	53
IV.1.3. Critique et limites de calcul du modèle GSTA.....	54
IV.1.4. Préparation des données d'entrée.....	54
IV.1.5. Application du GSTA.....	55
IV.1.5.1. Exploitation des données de sortie.....	55
IV.1.5.2. Les résultats de la modélisation du transport sédimentaire.....	55
IV.1.6. Interprétation des résultats.....	56
Conclusion.....	57
CHAPITRE V : IMPACT DE L'INFRASTRUCTURE PORTUAIRE SUR LA ZONE ADJACENTE	
Introduction.....	59
V.1. Approche globale sur le port.....	59
V.1.1. Présentation.....	59
V.1.2. Configuration.....	59
V.2. L'évolution de la morphologie sous-marine.....	60
V.2.1. La bathymétrie.....	60
V.2.2. Cartographie.....	61
V.2.3. Analyse et commentaire.....	62
V.3. Variation de la ligne de rivage.....	63
V.3.1. Analyse et commentaire.....	64
Conclusion	64
Conclusion générale.....	66
Références bibliographiques	
Annexes	

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Les littoraux constituent des environnements fragiles dans lesquels se manifestent de multiples facteurs d'évolution aux actions, interactions et rétroactions complexes. Les hommes doivent savoir utiliser ces milieux sans en abuser (Paskoff, 1993).

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**).

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 c'est le cas de la zone du Cap Djinet, traitée dans cette étude.

La côte sableuse de Cap Djinet constitue un exemple parfait des environnements côtiers dont l'équilibre morpho-dynamique est contrôlé par la combinaison de facteurs humains et naturels. En effet la côte de Cap Djinet limitée par l'embouchure de l'Oued SEBAOU à l'Est et l'embouchure d'ISSER à l'Ouest, est constituée de plages sableuses rectilignes surmontées par un cordon dunaire longé sur une vingtaine de kilomètres avec une largeur relative de 5 à 20 mètres d'Est en l'Ouest.

Durant la construction du port de pêche et de plaisance de Cap Djinet, un important phénomène d'ensablement a été observé, gênant la poursuite des travaux. Après sa réalisation, l'ouvrage s'est retrouvé avec d'énormes quantités de sable accumulées au niveau de la passe d'entrée bloquant ainsi la circulation des bateaux. Parallèlement, la plage adjacente à ce port connaît une érosion très accrue du fait de la perturbation de l'équilibre sédimentaire.

L'objectif de notre étude, intitulée « Impact des infrastructures maritimes sur le littoral, cas du port de Cap Djinet », consiste en la mise en évidence de l'impact de l'infrastructure portuaire, déjà installée, sur l'évolution et la dynamique de la morphologie sous-marine ainsi que celle du trait de côte.

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

- La première partie est consacrée à la présentation générale de notre zone d'étude.
- La deuxième partie, traite de la dynamique, c'est -à-dire l'étude de variation de la ligne de côte.
- La troisième partie est réservée à l'application du modèle « SWAN » afin de réaliser une simulation de propagation des vagues sur les côtes de notre site.
- La quatrième partie est consacrée à l'étude et la modélisation du transport sédimentaire.

Introduction générale

- Enfin la cinquième partie, porte sur l'étude d'impact de la structure portuaire sur la zone adjacente.

CHAPITRE I :
PRÉSENTATION DE LA ZONE
D'ÉTUDE

Introduction :

Ce chapitre porte sur le contexte général de notre zone d'étude, ainsi que le suivi de l'évolution morpho-dynamique de la côte de Cap Djinet, pour cela il est nécessaire de faire une présentation de la zone d'étude, et remplacer cette dernière dans son contexte topographique, géologique, géomorphologique, hydrographique, hydrodynamique, bathymétrique afin de pouvoir recenser les processus responsables de son évolution.

I.1. Situation Géographique de la zone d'étude :

I.1.1. Baie de Zemmouri :

La baie de Zemmouri se situe à une soixantaine de km à l'est d'Alger, c'est une baie ouverte d'environ 40 Km, dont le linéaire côtier s'étale sur 17 Km. (**Figure n°01**).

Le rivage est orienté SW-NE, et ses coordonnées Lambert sont :

- 3°48'49''Est et 36°48'50'' (Cap Matifou) ;
- 3°43'03''Est et 36°52'35'' (Cap Djinet).

La baie de Zemmouri (ex baie de Courbet) est limitée par :

- La Méditerranée occidentale Au Nord.
- La plaine de la Mitidja au Sud.
- Le Cap Djinet à l'Est.
- Le Cap Matifou à l'Ouest.

I.1.2. Site d'étude :

A l'extrême Est de la baie de Zemmouri, se situe le port de Cap Djinet (**Figure n° 02**). Réalisé en 2007. Ce port de pêche et de plaisance est localisé à 25 km à l'Est du chef-lieu de la wilaya de Boumerdès, ces coordonnées géographiques sont :

- Longitude : 03°34'E.
- Latitude : 36°48'N.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude



Figure n°01 : Situation géographique de la zone de Cap Djinet (Google Earth, 2015)



Figure n°02 : Localisation géographique du port de Cap Djinet dans la zone (Google Earth, 2015)

I.2. Contexte topographique :

Notre zone d'étude s'insère dans le paysage de la grande Kabylie du côté Nord-Ouest, elle est limitée par les embouchures des oueds Isser et Sébaou. La description des reliefs de la région d'étude traite les grandes unités topographiques de la grande Kabylie car elle constitue l'assiette globale des ensembles structuraux étudiés.

Par rapport à d'autres régions du pays, la grande région d'étude se distingue par la diversité de ses milieux physiques et naturels, une diversité qui résulte de son relief escarpé fortement disséqué, par un réseau hydrographique important, donnant ainsi lieu à une alternance de paysages et de géosystèmes qui se distinguent du Sud au Nord par :

- Les chaînes de montagnes et les Massifs côtiers
- Les bassins, vallées et dépressions intérieures ;
- Les plaines littorales ;
- La frange littorale et la plateforme continentale.

I.3. contexte géologique :

I.3.1. Contexte régionale :

Du point de vue géologique, la région de la grande baie de Zemmouri appartient aux zones Internes des Maghrébides, sègement orogénique de la branche dinarique de l'orogène alpin périméditerranéen (**Durand Delga 1969, Durand Delga et Fontbote 1980**).

1.3.2. Contexte local:

Le site se situe sur une plaine côtière qui est formée par des terrains quaternaires discordants sur des formations plus anciennes et masquent les structures géologiques de la région. Ils se distinguent des terrains qu'ils recouvrent par leurs caractères détritiques. Ils sont constitués essentiellement par les formations suivantes :

- Des Terrasses marines anciennes.
- Des limons rouges ou sable rubéfiés.
- Des alluvions anciennes et récentes.
- Des formations dunaires
- Des plages actuelles.

Les terrains anciens forment les reliefs méridionaux et constituent le socle cristallophyllien formé de roches métamorphiques (schistes, micaschistes et calcaires plus ou moins métamorphisés), des roches magmatiques (granites, rhyolites et basaltes).

La zone infralittorale est formée de sédiments de sable grisâtre, fin à moyen. Ils sont issus de la dérive sédimentaire littorale. Ces sédiments participent à la dynamique sédimentaire infralittorale qui se traduit par la formation de dunes hydrauliques très mobiles dans les fonds entre 0 et – 5 mètres.

Ceci montre que la structure géologique de la région d'étude est marquée par la présence de formations plutoniques, métamorphiques et sédimentologiques (**figure n°03**), qui se présentent de la façon suivante :

Les facies plutoniques : affleurent dans les parties élevées de la région (Est de Bordj Menail) ce sont les dykes de granites (roches filoniennes à macro cristaux variés),

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

apparaissent en de petites surfaces dans la région de Thenia formant ainsi les principaux sommets du Djebel Bou-Arous.

Les facies métamorphiques (schistes et phyllades) : les premiers sont composés à la base, demicaschistes à biotite de teinte verte et des schistes à deux micas. Au sommet les roches sont composées de séricitoschistes quartzeux. Ces formations affleurent sur le mont Bou-Arous et dans la région Est de Bordj-Menaïl. Les secondes correspondent aux schistes satinés gris foncés à quartz, chlorite et séricite affleurent dans le secteur Sud du mont Bou-Arous.

Les facies sédimentaires: représentés par des successions flyschoides de grés micacés et marnes datés successivement de l'Helvétien puis de l'Oligocène ou de l'Aquitanién (Belkessa, 1991).

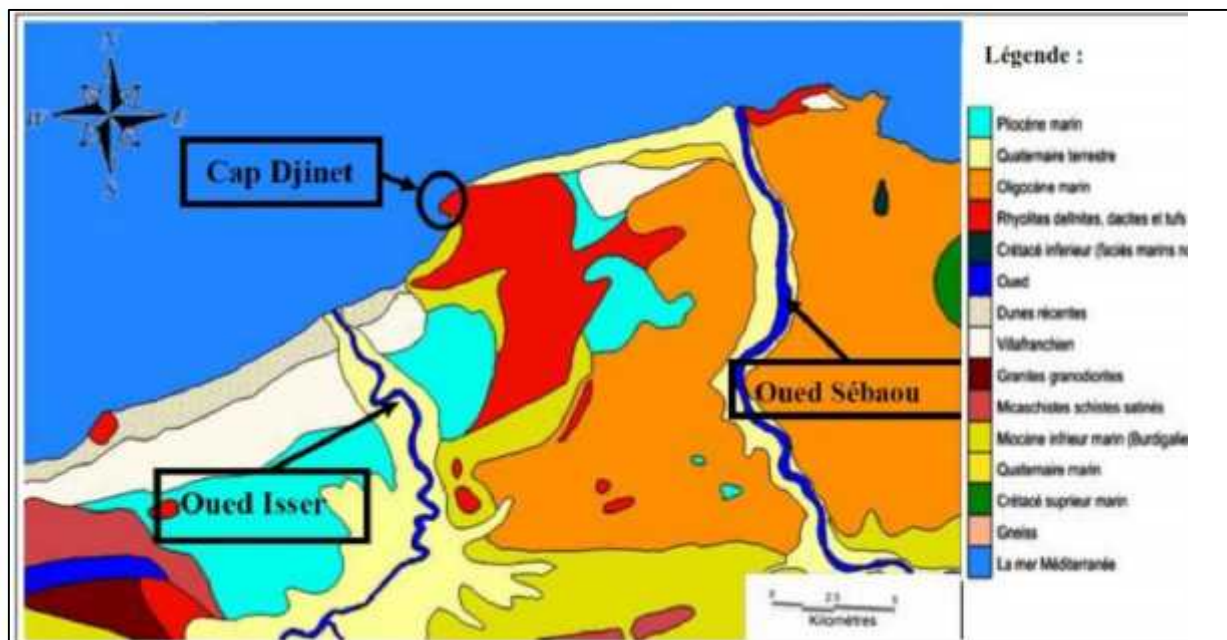


Figure n°03 : Géologie régionale de cap Djinet (*in Layoune & Tiguercha; 2011*)

I.4. Contexte géomorphologique :

Notre région d'étude se présente sous forme d'une petite baie incurvée avec un réseau hydrographique plus au moins intense. L'étude géomorphologique a fait ressortir quatre unités morphologiques (**Figure n°04**).

- **La zone de montagnes**, caractérisée par un relief peu montagneux (Djebel Djennad, + 400m) dont les versants sont abrupts (45°), avec des plaines en légère pente avec un gradient de 1/15 à 1/20 vers la mer.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

- **Les plaines littorales**, destinées à l'agriculture et à l'urbanisme, elles sont caractérisées par une pente faible (1% à 3%).
- **Le cordon dunaire**, longe toute la partie littorale avec une végétation plus ou moins intense, ce cordon s'étend sur une longueur de 15 km environ avec une largeur de 5 à 20m selon l'endroit.
- **Les plages**, font partie de la catégorie des côtes basses, elles sont rectilignes et parallèles à la route nationale RN24, ces plages longent le Cap Djinet d'Est en Ouest.

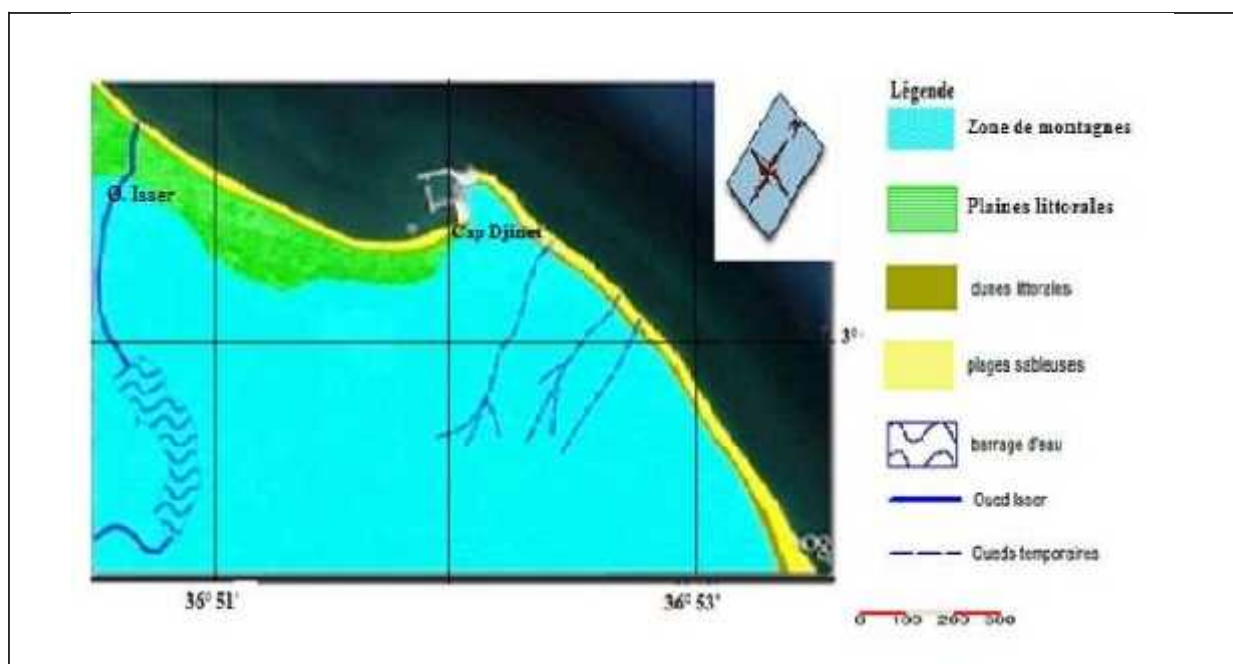


Figure n° 04 : Les grandes unités géomorphologiques du secteur d'étude (Akziz, 2011)

I.5. Contexte hydrographique :

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique est l'une des plus importantes caractéristiques d'un bassin versant.

Les oueds qui irriguent la région d'étude ainsi que l'abondance des matériaux qui arrivent en mer contribuent efficacement à l'évolution de la morphologie littorale en général et celle de la morpho-dynamique actuelle de la côte de Cap Djinet (Boutiba, 2006).

Les principaux apports alimentant cap Djinet ont pour origine :

- L'oued Sébaou à l'Est.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

- L'oued Isser à l'Ouest.

-**Oued Isser** : le plus important, prend naissance à 5 km au Sud-ouest de Tablat et dont les coordonnées de son embouchure sur la côte sont $36^{\circ}50'21''\text{N}$ et $3^{\circ}40'1''\text{E}$, son bassin couvre une superficie de 4145 km^2 , il coule sur un lit à topographie irrégulière, constitué de bancs de sables et de graviers.

-**Oued Sebaou** : second oued de par son importance après celui d'Isser, distant d'environ 13 km de notre zone d'étude et dont les coordonnées de son embouchure sont $36^{\circ}54'39''\text{N}$ et $3^{\circ}51'17''\text{E}$, d'une longueur de 110 km environ depuis sa source à l'amont dans le massif du Djurdjura à une altitude de 1837m. La superficie totale de son bassin versant est de 2510 km^2 avec une largeur moyenne de 23 km, (voir figure ci-après).

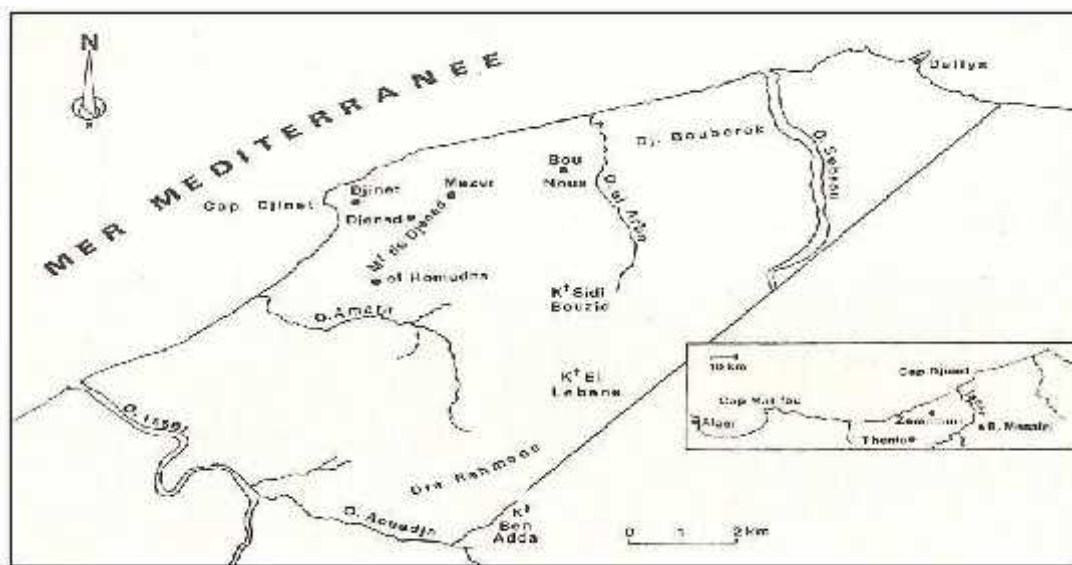


Figure n°05 : Schématisation du réseau hydrographique de la zone d'étude (Akziz, 2011).

I.6. Contexte hydrodynamique :

Les mouvements de l'air et de l'eau provoquent l'érosion et la sédimentation le long du littoral, L'action du vent sur la surface de l'eau génère les vagues sur la plage il déplace les particules pour les déposer ailleurs. Les mouvements de l'eau de mer sont aussi causés par des facteurs astronomiques produisant les marées. L'eau est également un facteur d'érosion, de transport et de sédimentation.

I.6.1. Les vents :

Le vent est défini comme un déplacement des masses d'air des hautes pressions vers les basses pressions, c'est-à-dire, des zones d'anticyclone vers les zones de dépressions, l'interaction de ces deux pressions induisent à la formation du vent. Par ailleurs, le vent pousse les masses d'eau en surface et induit un basculement du plan d'eau à la côte qui se traduit par les masses d'eau en surface et induit un basculement du plan d'eau à la

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

côte qui se traduit par une élévation ou bien un abaissement du niveau marin, selon sa direction, le vent a deux effets différents sur la mer :

- **vent off-shore** : c'est quand le vent souffle dans la direction opposée de la houle.
- **vent on-shore** : venant de la mer et souffle dans la même direction que la houle, il participe ainsi à l'augmentation de la cambrure de la houle (Akziz, 2011).

Pour une région côtière, la connaissance des régimes des vents est d'une extrême importance. En effet ce sont des générateurs de vagues et de courants superficiels, leur impact croît avec leur vitesse (Moulin, 1978). Ils jouent donc un rôle considérable dans l'évolution géomorphologique des milieux littoraux. Ce sont les premiers responsables de l'agitation marine (houle et courants). ces vents par leurs fréquences et leurs intensités sont à l'origine d'importantes quantités de sables mobilisées, déplacées le long des côtes.

L'analyse du régime des vents est effectuée à partir de deux sources de données météorologiques :

- les données du Summary of Synoptic Meteorological Observations(S.S.M.O) de 1914 à 1970,
- les données de Medatlasde 1999 à 2004.

I.6.1.1. Régime général des vents au large :

a- Les Données du Summary of Synoptic Meteorological observations (1914 à 1970) :

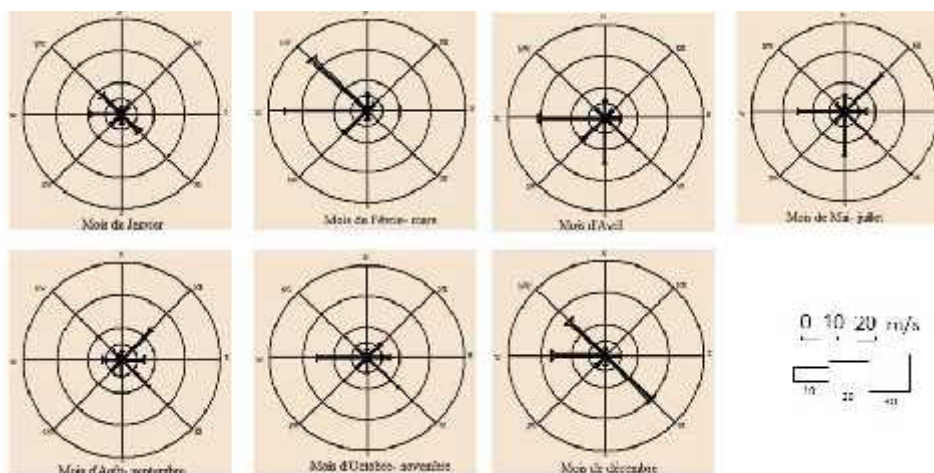


Figure n°06 : Roses mensuelles des vents au large de Cap Djinet, (SSMO, 1963- 1970).

b- Les Données de Medatlas (1999-2004) :

La base de données est extraite à partir de l'Atlas électronique des vents et des vagues de la mer Méditerranéenne publiée en Avril 2004, ce dernier a été mise en œuvre dans le cadre du projet MEDATLAS développé durant la période 1999-2004.

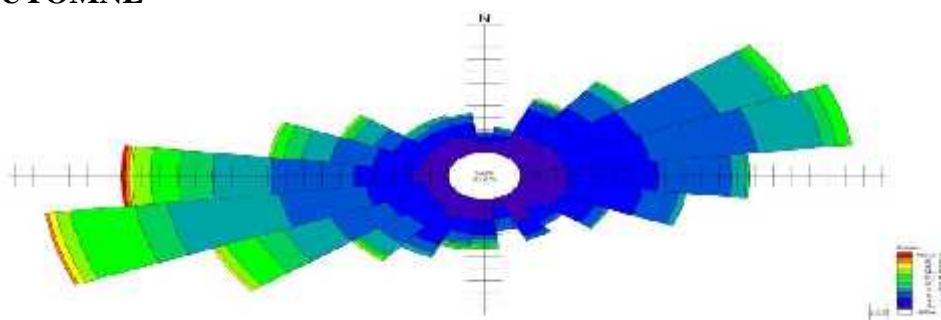
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Les données sont extraites sous forme de tableaux bi-variables contenant les fréquences d'apparition annuelle et saisonnière des vents calculées à partir de la série de données enregistrée au niveau de la station la plus proche du site d'étude située à 3°E 37°N au large de la Baie d'Alger à 35m de profondeur.

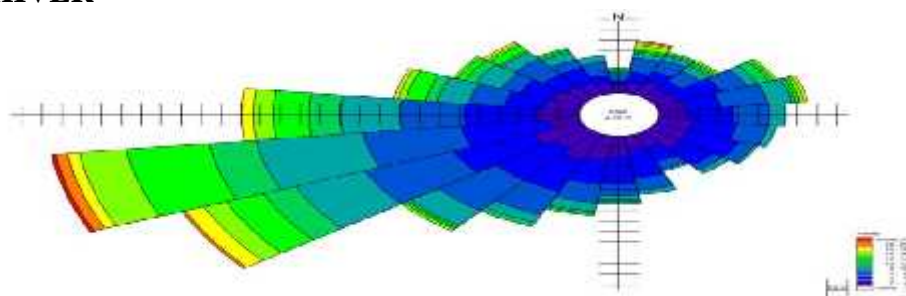
b.1 Les directions au large :

Les résultats de l'analyse statistique des données au large sont représentés sous forme de rose annuelle et saisonnière et sous forme de tableau fréquentiel par direction (Figure n°07et Tab n°01).

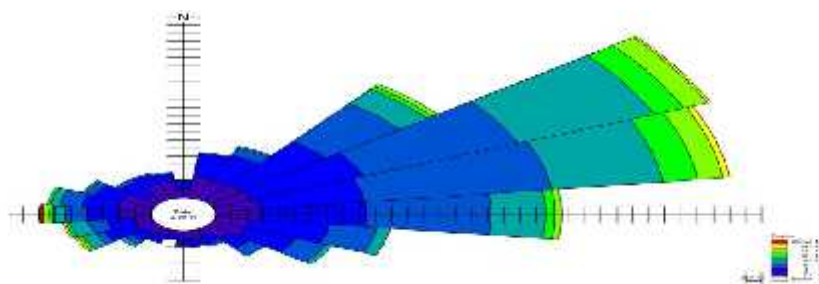
AUTOMNE



HIVER

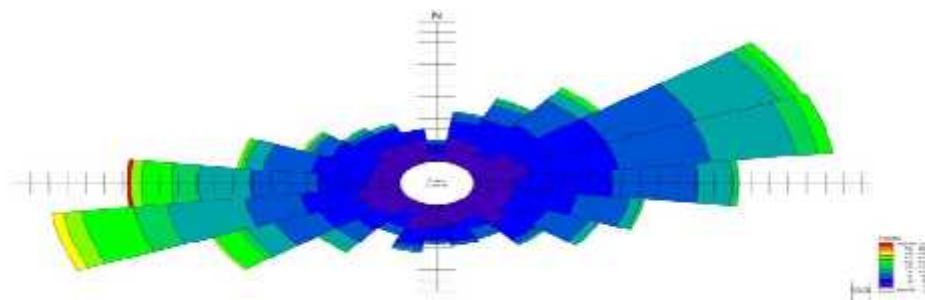


ETE



Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

PRINTEMPS



ANNUELLE

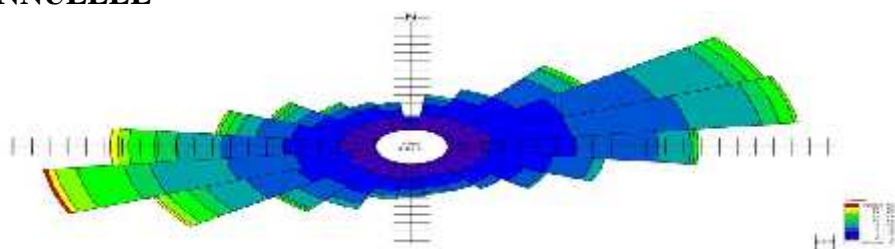


Figure n°07: Roses annuelle et saisonnières des vents au large de Cap Djinet (Source MED ATLAS).

Tableau n° 01 : Fréquences d'apparition des vents au large par direction entre 1999 et 2004 (Source Med Atlas).

	Annuelle	Hiver	Printemps	Été	Automne
N (0° ± 15°)	4.47	5.49	4.85	5.48	3.72
NE (45° ± 15°)	17.19	7.69	17.51	29.21	14.97
E (90° ± 15°)	21.05	9.99	21.65	32.40	20.2
SE (135° ± 15°)	7.01	7.19	8.198	7.27	6.43
S (180° ± 15°)	5.90	9.79	5.97	2.59	5.72
SW (225° ± 15°)	13.42	21.47	10.22	5.08	13.56
W (270°N ± 15°)	21.05	26.57	21.35	9.57	25.32
NW (315°N ± 15°)	7.32	9.19	7.186	5.78	6.93

Les données du MEDATLAS (**Figure n°07, Tableau n°01**) montrent une répartition similaire pour la rose annuelle et les deux trimestres (Automne et Printemps). Les directions dominantes pouvant générer des vagues défavorables au site proviennent de deux secteurs :

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

- Nord Est à 17 % du temps annuellement mais avec des fréquences d'apparitions saisonnières importantes en été (29%) et faibles en hiver (8%).
- Ouest à 21% du temps annuellement mais avec des fréquences d'apparitions saisonnières importantes en hiver (27%) et faibles en été (10%).

Les pourcentages d'apparition des deux secteurs (NE et W) sont similaires durant l'année et les deux trimestres (Automne et Printemps), ils s'élèvent en moyenne et respectivement à (17% et 23%).

En conclusion, les vents en provenance du secteur Nord-Est prédominent en été. Les vents qui proviennent du secteur Ouest prédominent en hiver alors que les vents qui proviennent des deux secteurs Nord-Est et Ouest prédominent durant l'automne, le printemps et annuellement.

I.6.2. Les houles :

La houle est un agent fondamental des transports sédimentaires. En effet, d'une part, elles 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 littoral qui transporte des matériaux. Sur l'avant côte, après le déferlement des vagues, il s'effectue un transport dit en « dents de scie » qu'est un mode de transport fondamental pour les galets (Mezouar, 2009).

Les données de houles existantes sont celles issues :

- Des données du SSMO sur la période 1963 à 1970.
- Données de Med Atlas (1999-2004).

I.6.2.1. Analyse des houles au large :

a- les données du SSMO (1963 -1970) :

Ces données couvrent une période de huit ans qui s'étalent de 1963-1970, et qui couvrent un secteur qui se situe en longitude Est de 2° à 5° et en latitude Nord de 36,5° à 38° (tableau n°02), permettant d'effectuer une analyse statistique de la houle au large de la région de Zemmouri. L'analyse de ces données fait ressortir les fréquences d'apparition des différents degrés d'agitation par direction ; ceci a permis d'établir la rose de la houle mensuellement.

Tableau n°02 : Fréquence mensuelle de la houle au large par direction en pourcentage (%) (SSMO, 1963-1970) (Voir annexe 1).

Figure n°08 : Roses mensuelles des directions des houles (Source : S.S.M.O) (voir annexe 1).

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

a.1. Direction de la houle au large :

L'analyse du tableau des fréquences d'apparitions des houles par direction et par mois permet de constater ce que :

- Les secteurs Est et Ouest prédominent par les plus grandes fréquences d'apparition établies.
- Le secteur Ouest se caractérise essentiellement par les houles de tempête.
- Les secteurs Nord et Nord-Ouest présentent les fréquences d'apparition les plus faibles.
- Les fréquences d'observations sur l'année montrent que les houles de secteur Est et Ouest sont sensiblement identiques, avec une légère prédominance du secteur Ouest. Durant la période estivale, le secteur Est prédomine.
- Le secteur Nord se caractérise par une répartition assez régulière durant toute l'année.

b- Les données de MEDATLAS (1999-2004) :

Les données de houles au large sont extraites à partir de la base de données MEDATLAS sous forme de tableaux bi-variables contenant les fréquences d'apparition annuelle et saisonnière. Ces fréquences d'apparition sont calculées à partir de la série de données enregistrée entre 1999 et 2004 au niveau de la station la plus proche du site d'étude localisée à 3°E et 37°N au large de la Baie d'Alger par 250 m de profondeur.

b.1. Les Directions au large :

Les fréquences d'apparition annuelle et saisonnières des houles par direction sont mentionnées dans le tableau (n°03) et les roses représentées dans les figures (n°08 et 09).

Tableau n°03 : Fréquences annuelle et saisonnières des houles au large par direction entre 1999 et 2004. (Source Med Atlas).

	Annuelle	Hiver	Eté	Automne	printemps
N (0° ± 15°)	13.57	19.5	7.2	15.16	11.93
NE (45° ± 15°)	45.95	25.8	65.48	37.95	45.09
E (90° ± 15°)	5.47	2.9	10.02	3.79	6.26
SE (135° ± 15°)	0.4	0.9	0.3	0.5	0.3
S (180° ± 15°)	0.4	1.4	0.2	0.6	0.1
SW (225° ± 15°)	0.8	2.2	0	1.4	0.4
W (270°N ± 15°)	27.3	33.7	19.92	31.1	28.16
NW (315°N ± 15°)	7.7	11.7	3.5	8.29	6.28

L'analyse statistique des directions de houles au large nous a permis de tracer les roses annuelle et trimestrielles (**Figures 08 et 09**). L'analyse de ces roses fait ressortir que les directions dominantes proviennent des secteurs :

- Ouest à 27% du temps annuellement, mais avec une fréquence d'apparition plus importante en hiver (34%) qu'en été (13%).
- Nord Est à 43% du temps annuellement, mais avec une fréquence d'apparition plus importante en été (66%) qu'en hiver (26%).

Les pourcentages d'apparition des deux secteurs (NE et W) sont similaires durant l'année et les deux trimestres (Automne et Printemps), ils s'élèvent en moyenne et respectivement à (42% et 29%). En conclusion, les houles en provenance du secteur Nord-Est prédominent en été. Les houles qui proviennent du secteur Ouest prédominent en hiver alors que les houles qui proviennent des deux secteurs Nord-Est et Ouest prédominent durant l'automne, le printemps et annuellement.

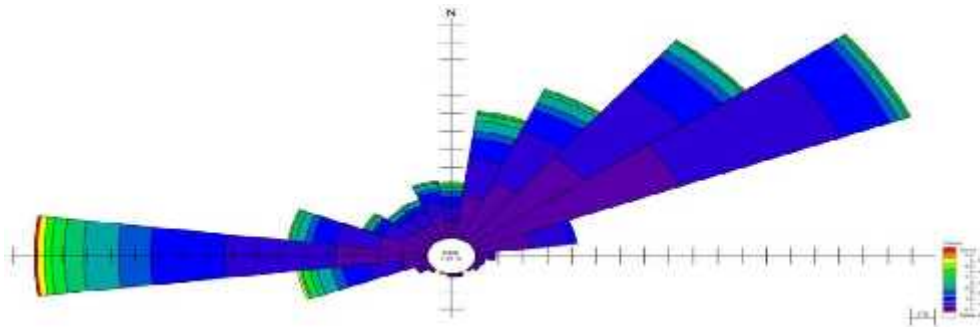


Figure n° 09 : Rose annuelle des houles au large de Cap Djinet (Source MEDATLAS).

Figure n°10 : Roses saisonnières des houles au large de Cap Djinet (Source MEDATLAS), (Annexe n°02).

I.7. Contexte bathymétrique :

I.7.1. L'étude bathymétrique :

L'étude bathymétrique est une étape indispensable dans le diagnostic et la résolution du problème d'ensablement des ports. Des informations si importantes, à l'échelle spatiotemporelle, peuvent être extraites à partir d'une carte bathymétrique et d'un suivi diachronique de la morphologie sous-marine. Une vue générale sur la morphologie peut nous renseigner sur la typologie de la plage, les parcours des courants potentiels... etc.

La présence des méga-barres sous-marines, parallèles à la côte, dans la région de Cap Djinet (**Belkessa, 1991**) dont la migration cross-shore peut atteindre le port, nous a poussés à faire un suivi des profils à partir des trois levés bathymétriques. La cartographie des zones d'érosion et d'accrétion et le cubage des sédiments sont des documents très importants qui nous seront de grande utilité.

I.7.2. La carte bathymétrique :

La carte marine est un document offrant toutes les garanties pour la navigation (Signalisation des hauts fonds). C'est aussi un moyen de connaissance de la dynamique sédimentaire, ainsi elle nous permet de définir la morphologie sous-marine.

Des données fournies par le LEM (2009) ont été exploitées à l'aide du logiciel Surfer

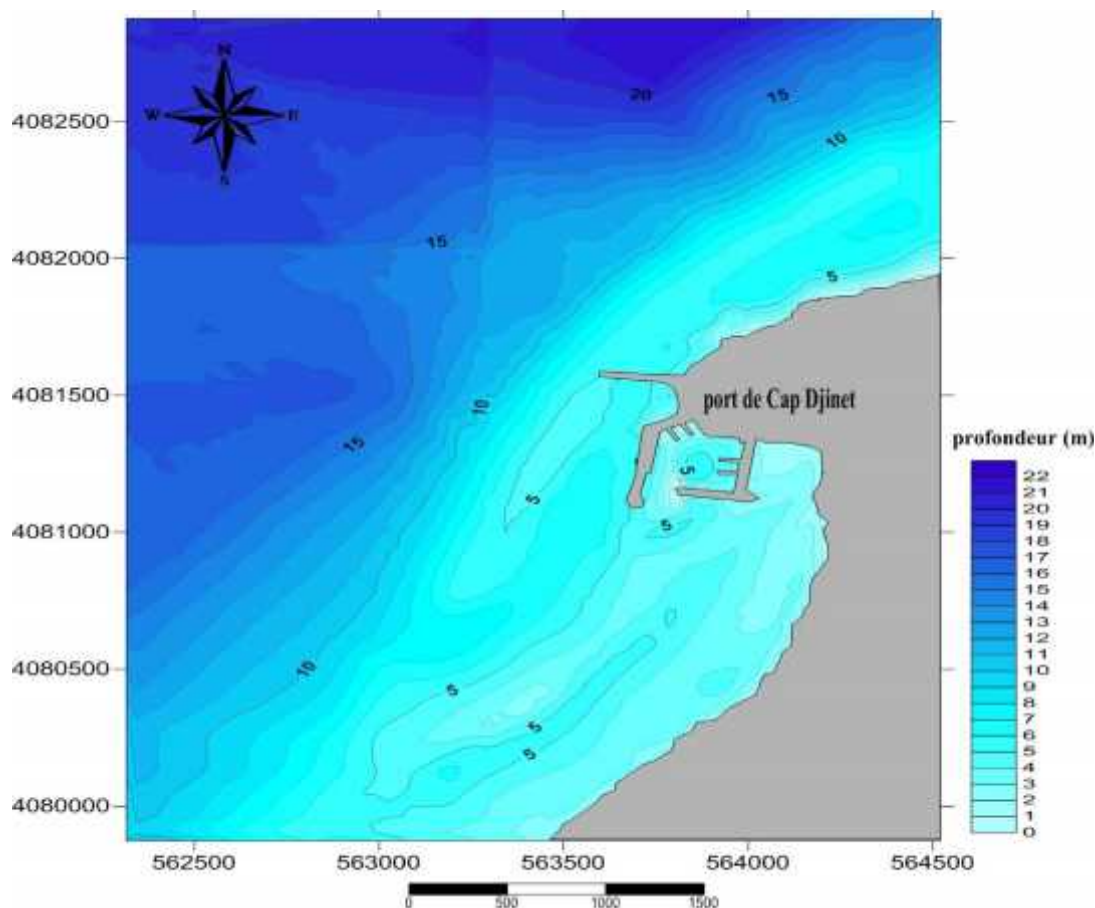


Figure n°11: Carte bathymétrique de la zone de Cap Djinet (Données LEM, 2009).

I.7.2.1. Analyse et commentaire :

Deux zones morphologiques bien distinctes sont mises en évidence,

- **La zone côtière** : qui s'étale de 1 à 7m, présente une pente moyenne de 1.9%, elle montre des isobathes généralement perturbées et une morphologie particulière caractérisée par la présence d'une ride d'avant côte discontinue, bien développée à l'approche de la côte.

Ce type de morphologie témoigne d'une mobilité de ces fonds sous l'action des houles. Par conséquent, cette zone est caractérisée par une topographie complexe et la nature du fond marin dépend essentiellement des fluctuations hydrométéorologiques.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

- **La zone au large** : Entre 07-20m, présente des isobathes parallèles au rivage, elles sont relativement espacées traduisant ainsi un fond régulier. Ces fonds sont moins actifs par rapport à la zone côtière. Cependant, à l'Est de Cap Djinet, les isobathes sont serrées, ce qui présente probablement un petit chenal avec une pente moyenne de 1 %.

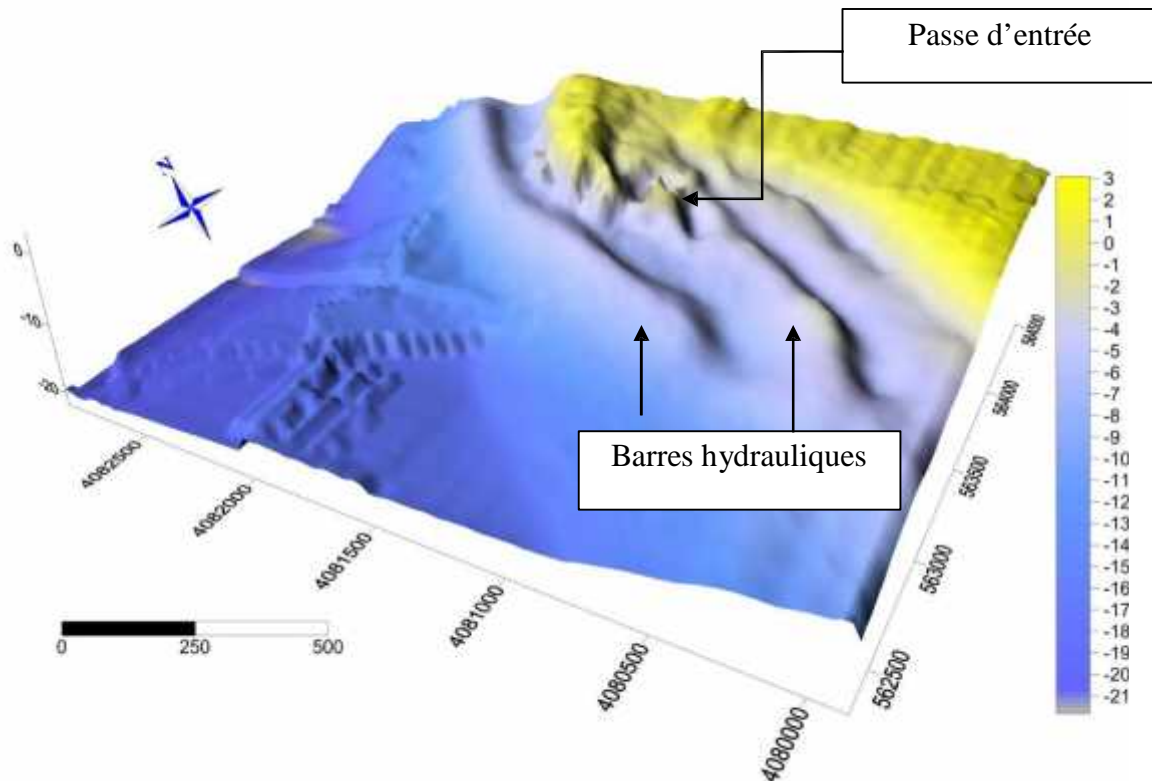


Figure n°12: Carte bathymétrique en 3D de la zone de Cap Djinet, 2009

I.7.3. Les profils sous-marins :

Malgré le caractère tridimensionnel des plages (**Castelle et al., 2007**), l'analyse bidimensionnelle des profils de plage transversaux est un point clé de la dynamique globale (**Price et Ruessink, 2008**). Notre objectif dans cette partie est d'analyser la morphologie des barres qui peuvent être une éventuelle cause de l'accrétion proche du trait de côte et de l'ensablement du port.

Ces barres sableuses sont le résultat des mouvements sédimentaires à proximité du fond dans la zone de déferlement de la houle. Ces barres, selon Clifton *et al.*, (1971) *in* (**Boutiba, 2006**), naissent et se déplacent en fonction de la force et de la direction des houles.

L'étude et l'analyse des profils transversaux et longitudinaux ont permis de déceler la morphologie du fond marin (**figure n°13**).

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Six profils sont tracés sur la carte bathymétrique afin d'étudier au mieux la morphologie sous-marine et comprendre l'évolution du fond (**annexe n°03**).

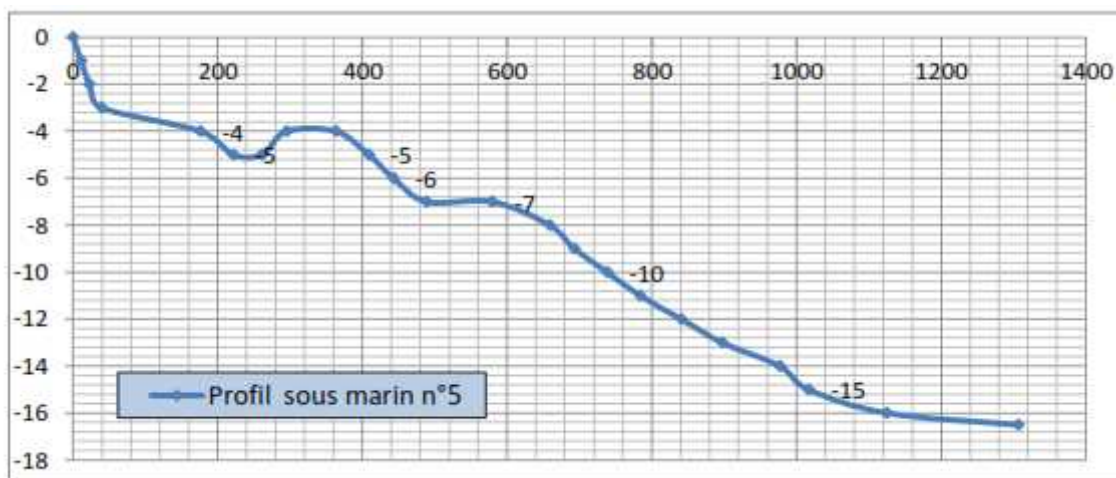


Figure n°13 : Tracé du profil sous-marin N°5 dans la zone de Cap Djinet.

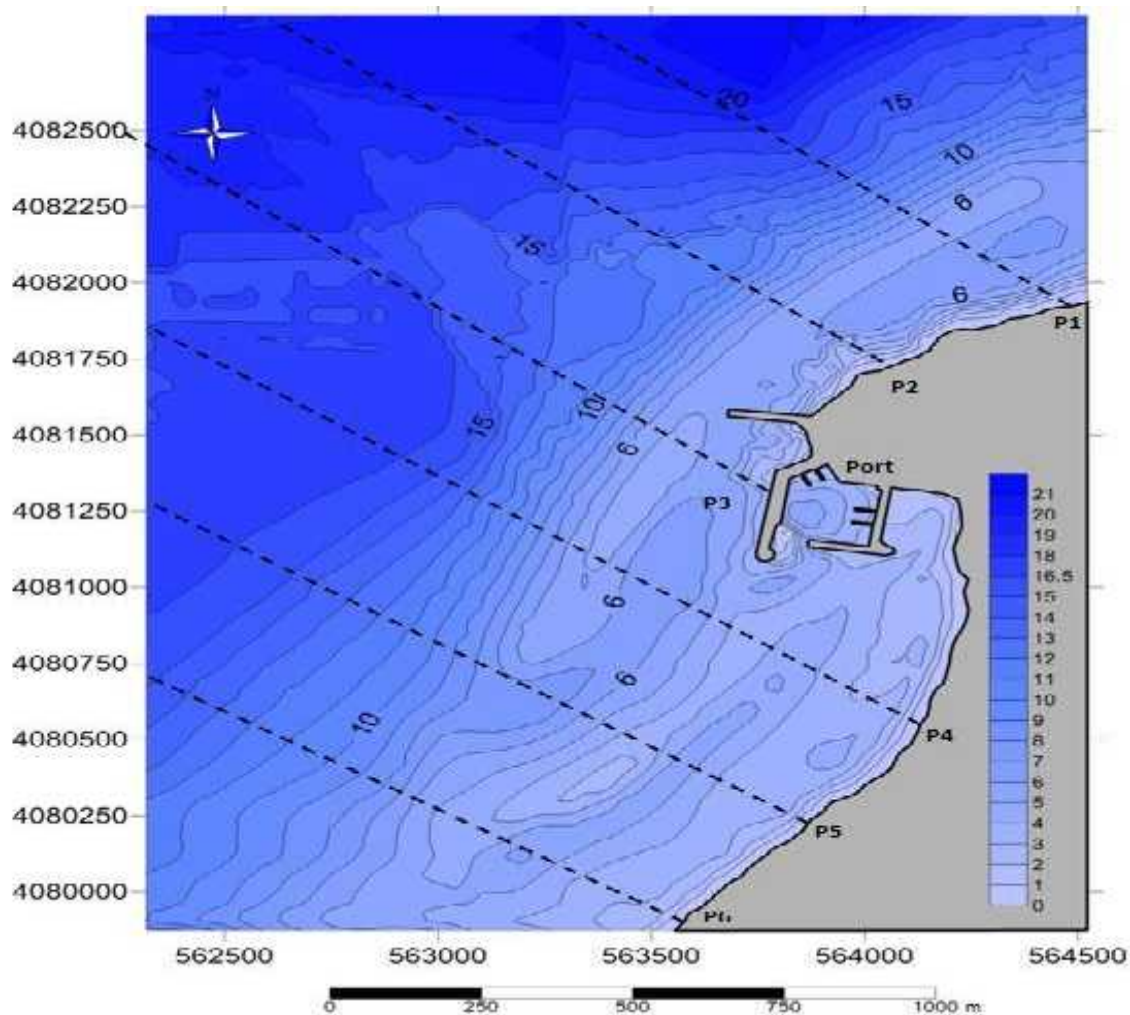


Figure n°14: Profils sous-marins tracés dans la zone de Cap Djinet (LEM, 2009).

- **Profil 01 :**

Le profil descend en pente abrupte jusqu'à 6 mètres de profondeur, il se stabilise entre 5 et 6 mètres, vers la zone des barres hydrauliques. Au-delà, une rupture de pente modérée est observée, puis le profil continue à évoluer en pente douce jusqu'à 20 m de profondeur. La pente générale est de 1.94 %.

- **Profil 02 :**

Le profil descend en pente abrupte jusqu'à -5 mètres de profondeur, se stabilise en plateau jusqu'à -6 m, replonge jusqu'à -10 mètres de profondeur, puis entame une évolution vers le large en pente modérée jusqu'à -20 mètres de profondeur. La pente générale est de 1.62 %.

- **Profil 03 :**

Le profil démarre à -3 mètres au pied de la jetée principale et descend en pente modérée qui s'accroît entre -6 et -10 mètres de profondeur, avance en pente douce, puis entame une rupture de pente à -17 m de fond et continue par un replat en pente douce vers le large. La pente générale est de 1.45 %.

- **Profil 04, 05 et 06 :**

Les profils illustrent bien la présence et la forme de barre hydraulique ; vers la zone des -4 à -6 mètres nous observons une chute de façon brutale pour former une fosse de lévigation suivie d'une barre de déferlement, vers le large, les profils ne présentent aucune morphologie particulière ; ils descendent en pente douce à modérée. Les pentes générales de ces profils sont respectivement de l'ordre de 1.16%, 1.25% et 1.46 %.

**CHAPITRE II : ANALYSE
DES VARIATIONS
HISTORIQUES DE LA LIGNE DE
CÔTE DU LITTORAL DE CAP
DJINET**

Chapitre II : Analyse des variations historiques de la ligne de côte du littoral de Cap Djinet

Introduction :

La problématique d'érosion côtière ou le recul du trait de côte est devenue un enjeu socioéconomique qui menace plus de la moitié des côtes à l'échelle du globe. La côte algérienne, sur toute son étendue méditerranéenne, n'est pas à l'abri de ce phénomène, en particulier la côte algéroise qui supporte une surcharge économique et urbanistique très intense.

Le recul du trait de côte n'est pas un phénomène récent mais son ampleur s'est accrue au cours des dernières décennies. Ce recul est notamment dû à l'érosion marine qui peut prendre plusieurs formes et qui se généralise actuellement sur la plupart des rivages maritimes algériens : les causes sont diverses et font généralement appel à la conjonction de facteurs naturels et humains. Ses conséquences sont souvent difficiles à observer dans les conditions dynamiques les plus habituelles, mais les tempêtes, en accélérant les processus érosifs de manière spectaculaire et en mettant en péril des espaces urbanisés ou naturels viennent régulièrement nous rappeler la fragilité de l'espace littoral.

L'analyse de la cinématique littorale requiert avant tout le choix d'un indicateur du trait de côte, la mise au point d'une méthode d'extraction et de suivi adaptée au marqueur utilisé selon le type de côte, le matériel et les données disponibles (FAYE, 2010).

Ces dernières décennies, de nombreuses approches ont été développées pour tenter prédire l'évolution morphodynamique des plages sableuses, parmi elles nous abordons une approche incluant les SIG et l'imagerie satellitaire. Nous avons appliqué cette démarche sur le Linéaire côtier de Cap Djinet qui s'étale sur une période d'environ 11 ans, 2003 et 2014.

II.1. Echelle spatio-temporelle de l'évolution morphologique des systèmes côtiers :

En fonction de l'échelle de temps à laquelle il est étudié, le comportement morphodynamique d'un système côtier peut être très variable. A chaque échelle de temps est associée une échelle spatiale fonction de l'amplitude volumique des changements morphologiques mis en jeu. Dans le cas d'un système côtier, l'existence d'une relation linéaire entre l'amplitude des évolutions spatiales du système et l'échelle temporelle associée peut être supposée (DEVRIEND, 1991 in DJOUDER et SMAOUN, 2011). Il découle de cette relation une hiérarchisation spatio-temporelle des processus dynamiques qui contrôlent l'évolution de la zone côtière (Figure n°23) (KROON, 1994, in DJOUDER et SMAOUN, 2011).

Selon la nomenclature de DEVRIEND, on peut en particulier distinguer les échelles suivantes:

II.1.1. La micro-échelle ou échelle des processus : Qui concerne les processus physiques, constitutifs de la houle, des courants ou du transport sédimentaire, et agissant à une échelle plus courte que celle du comportement morphodynamique correspondant.

Chapitre II : Analyse des variations historiques de la ligne de côte du littoral de Cap Djinet

II.1.2. La méso-échelle ou échelle dynamique : Qui concerne le comportement morphodynamique dû à l'interaction entre les processus physiques et la topographie. Elle permet de dater, entre autre, la propagation de corps sédimentaires ou encore la migration des barres.

II.1.3. La macro-échelle ou échelle de tendance : Qui concerne les tendances ayant lieu à une échelle de temps plus longue que celle des comportements morphodynamiques primaires. Ces tendances peuvent être dues aux variations saisonnières de comportement ou à l'évolution progressive des forçages extérieurs (évolution du marnage, élévation du niveau moyen de la mer).

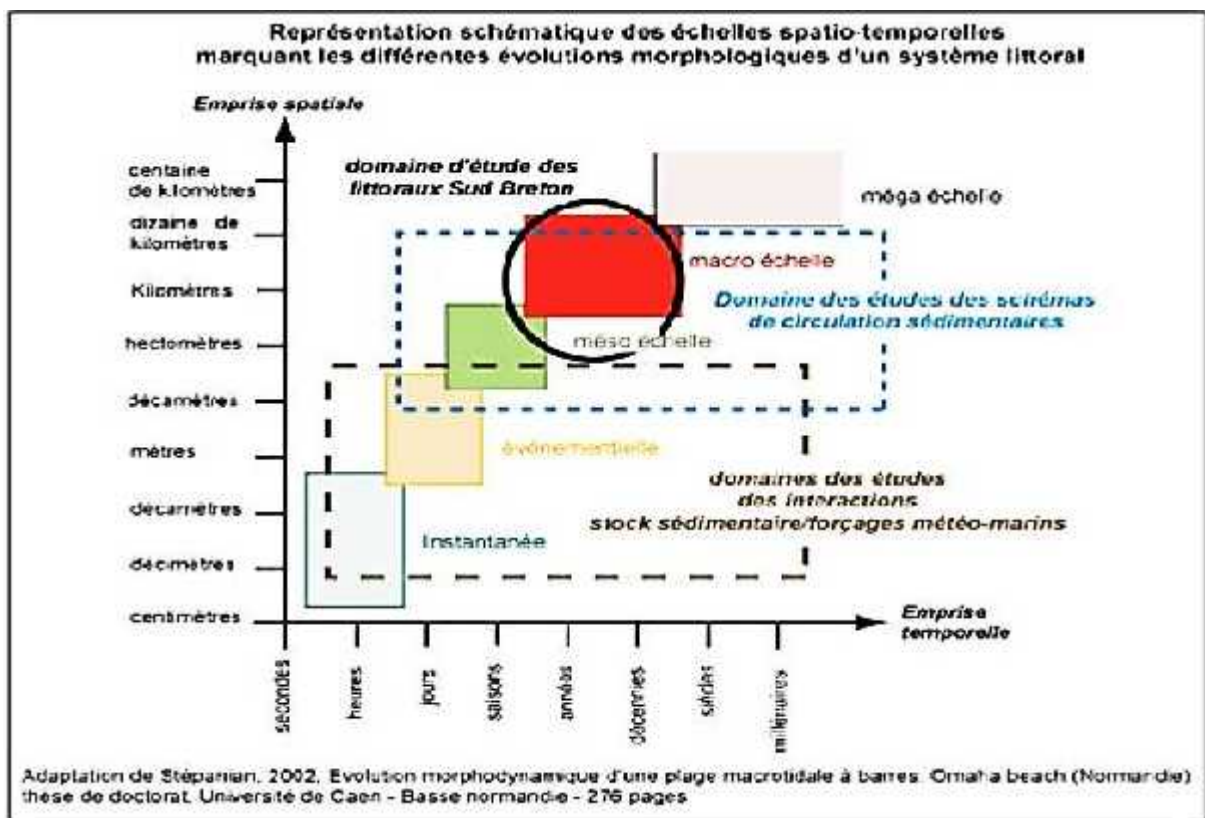


Figure n°15 : Représentation des différentes échelles spatio-temporelles associées à l'analyse en géomorphologie littorale (d'après les travaux de COWELL et THOM, 1994 inPIAN, 2010).

II.2. Évolution du trait de côte de Cap Djinet :

De la centrale thermique à Cap Djinet, on enregistre dans ce secteur un engraissement de la plage relativement progressif de 1957 à 1972. Cet engraissement varie de 46 mètres au niveau de station la S7 à 156 mètres au niveau de la station S6. A l'ouest de la station thermique,

Chapitre II : Analyse des variations historiques de la ligne de côte du littoral de Cap Djinet

nous passons d'un secteur qui fut en engraissement à un secteur qui fut en érosion, des reculs nets d'environ 46 mètres et 109 mètres sont enregistrés respectivement au niveau des stations S2 et S1. De 1972 à 1985 on enregistre un net recul du trait de côte sur l'ensemble des stations (localement plus de 10 mètres par an). De 1985 à 1999 un fort recul du trait de côte atteignant ou dépassant localement 5 mètres par an peut être observé au niveau des stations S1, S2, S3 et S4. A l'opposé l'accrétion de la côte est importante au niveau des stations S4, S5, S6 et S7 (localement plus de 2 m/an), (Source, Programme d'Aménagement Côtier. PAC).

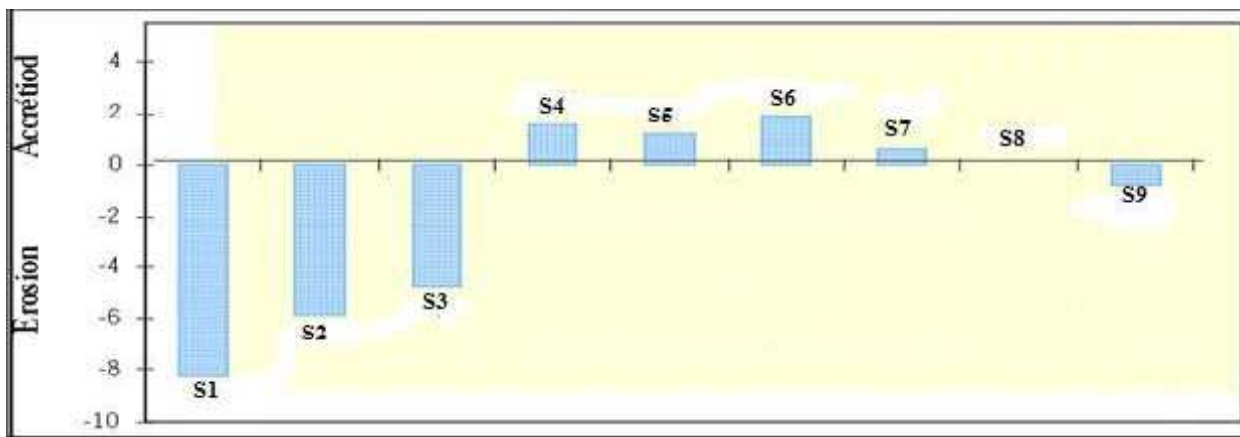


Figure n°16 : Evolution moyenne du trait de côte du littoral de Cap Djinet sur une période pluriannuelle (1959 -1999) (source, PAC)

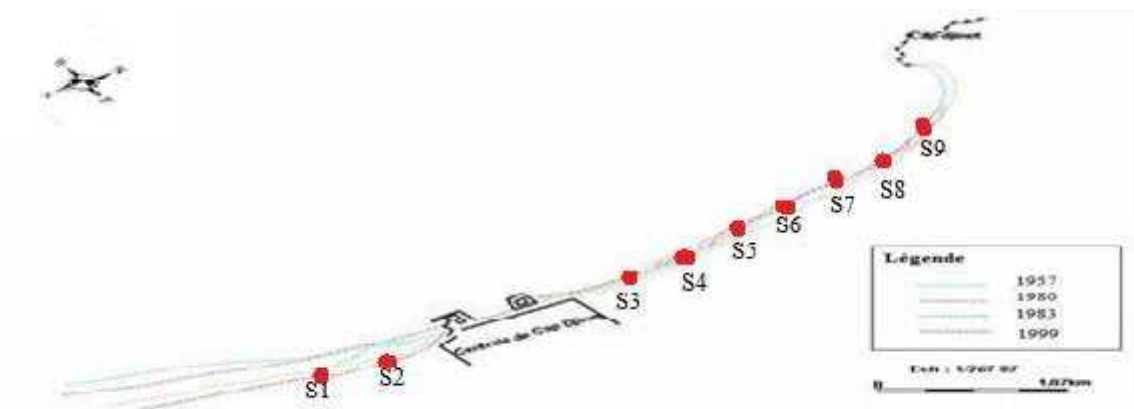


Figure n°17 : Evolution du trait de côte entre oued Isser et Cap Djinet (source, PAC).

II.3. Etude et analyse de l'évolution du trait de côte de Cap Djinet (2003-2014) :

II.3.1. Méthodes et techniques utilisées :

Nous avons pu nous procurer cinq (05) images satellitaires à l'aide de Google Earth, qui est un logiciel SIG, et cela sur une période allant de 2003 jusqu'à 2014.

Chapitre II : Analyse des variations historiques de la ligne de côte du littoral de Cap Djinet

II.3.2. Moyens et procédure :

Pour étudier l'évolution du trait de côte du littoral de Cap Djinet, nous avons utilisé le logiciel ArcGIS 10.

II.3.2.1. Aperçu du logiciel ArcGIS 10 :

Un logiciel SIG permet l'acquisition, le stockage, la mise à jour, la manipulation, et le traitement de données géographiques. De plus, il permet de faire de la cartographie et de l'analyse spatiale de façon précise en fonction de l'échelle désirée.

Le principe directeur d'un SIG est le suivant : nous avons d'un côté les données géométriques et de l'autre les données attributaires. Ces données sont stockées sous format numérique et organisées par couches (appelées aussi « shapefiles » dans ArcGIS).

ArcGIS est constitué d'une interface ArcMap et d'une interface ArcCatalog (accessoirement d'une interface ArcToolbox séparée pour les versions antérieures à la version 9.0).

La version 10 apporte la possibilité de gérer ArcCatalog et ArcToolBox directement depuis l'interface d'ArcMap.

II.3.2.2. Procédure :

Sous ArcCatalog, nous avons créé cinq (05) couches "layers" pour chaque année.

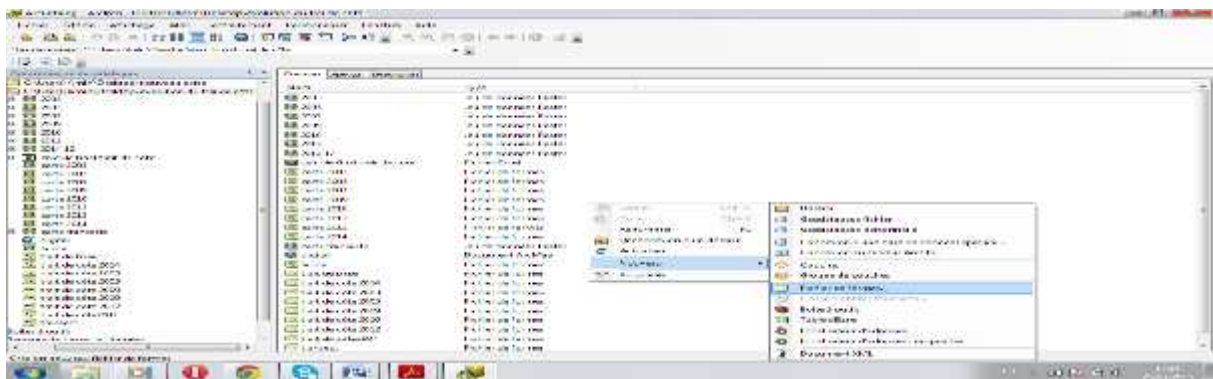


Figure n°18 : Création des couches sous ArcMap 10.

Puis, nous les avons géoréférencées sous le système de coordonnées horizontales projetées: Nord_Sahara_1959_UTM_Zone_31N.

Chapitre II : Analyse des variations historiques de la ligne de côte du littoral de Cap Djinet



Figure n°19 : Géoréférencement des couches sous ArcMap 10

A l'aide d'ArcMap, nous avons pu digitaliser les traits de côte des six cartes (2003, 2005, 2007, 2009, 2012 et 2014).

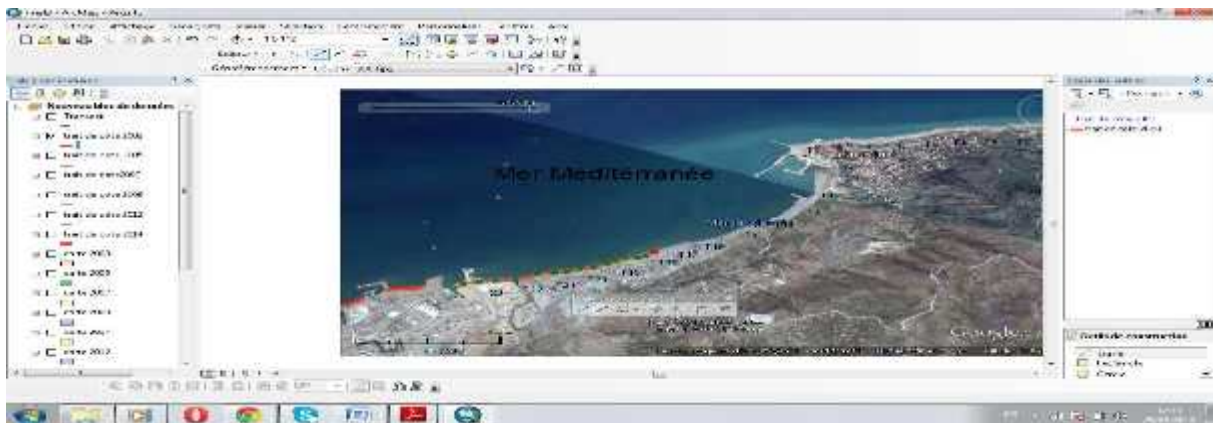


Figure n°20 : Digitalisation du trait de côte sous ArcMap 10

Afin d'obtenir les taux d'érosion et d'accrétion, nous avons rajouté des transects (au nombre de 24) établis perpendiculairement au rivage.

Une autre couche, sous le nom "*évolution.shp*", a été créé dans le but de réunir et superposer les tracés des polygones issus de la digitalisation deux à deux.

l'aide de la règle numérique, nous avons obtenus les différentes surfaces des polygones, représentant les surfaces d'érosion et d'accumulation, issues lors de la superposition des cinq traits de côte (cinq polygones). Les résultats sont portés sur le **tableau n°04**.

Chapitre II : Analyse des variations historiques de la ligne de côte du littoral de Cap Djinet

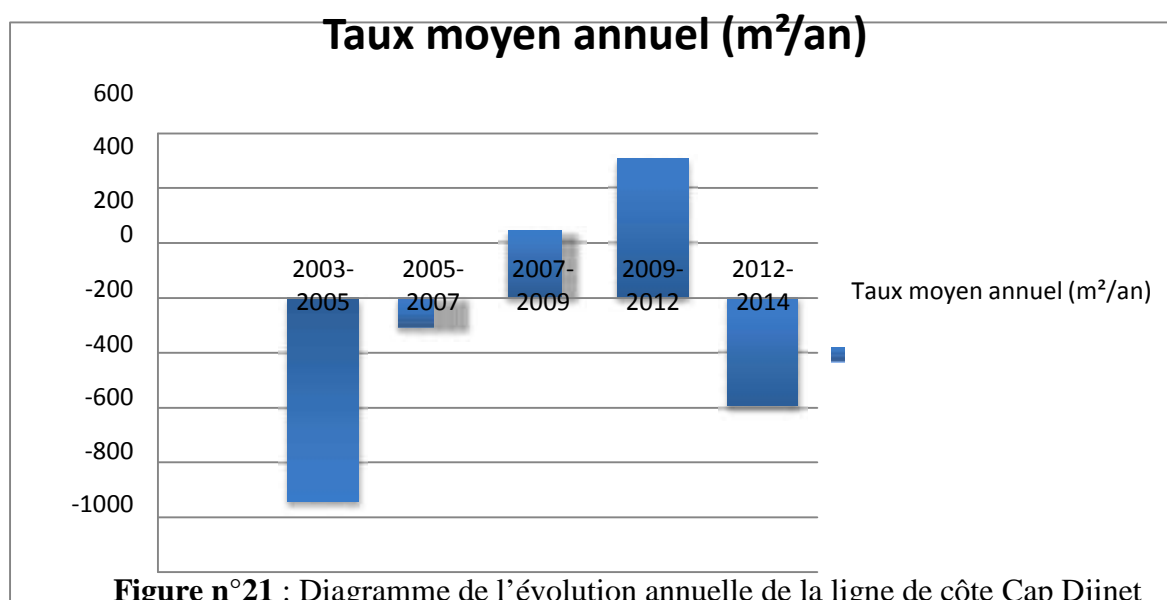
II.3.3 Résultats et interprétation :

Tableau n°04: Bilan des taux de surface d'érosion et d'accumulation du trait de côte de Cap Djinet entre 2003 et 2014.

Périodes	Taux d'érosion (m ²)	Taux d'accrétion (m ²)	Moyenne (érosion-accrétion) (m ²)	Taux moyen annuel (m ² /an)
2003-2005	-2069,1	587,68	(-)1481,41	(-) 740,70
2005-2007	-920,81	705,04	(-)215,36	(-)107,68
2007-2009	-1829,99	2319,46	(+) 489,47	(+) 44,73
2009-2012	-328,97	1849,64	(+) 1520,62	(+) 506,87
2012-2014	-1090,11	1877,03	(-) 786,92	(-) 393,46
2003-2014	-6238,97	5489,21	(-) 749,75	(-) 68,15

D'après le tableau ci-dessus, le bilan général de l'état d'évolution des surfaces est estimé à Une perte de **749.75 m²**, durant une période de 11 ans, soit **(-) 68.15 m²/an**.

L'analyse du **tableau n°04** 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.



Le diagramme ci-dessus exprime les différents taux d'érosion interannuels estimés en moyenne, dont le taux minimum est de **(- 107,68m²/an)** durant une période de deux ans (2005-2007). D'autre part le taux maximum **(-740,705 m²/an)** s'étale sur une période de deux

Chapitre II : Analyse des variations historiques de la ligne de côte du littoral de Cap Djinet

ans (2003-2005).a cité deux accumulations de (**44,735m²/an**) ayant lieu durant la période (2007-2009).

et l'autre de (**506,87 m²/an**) durant une période de trois ans de (2009-2012).

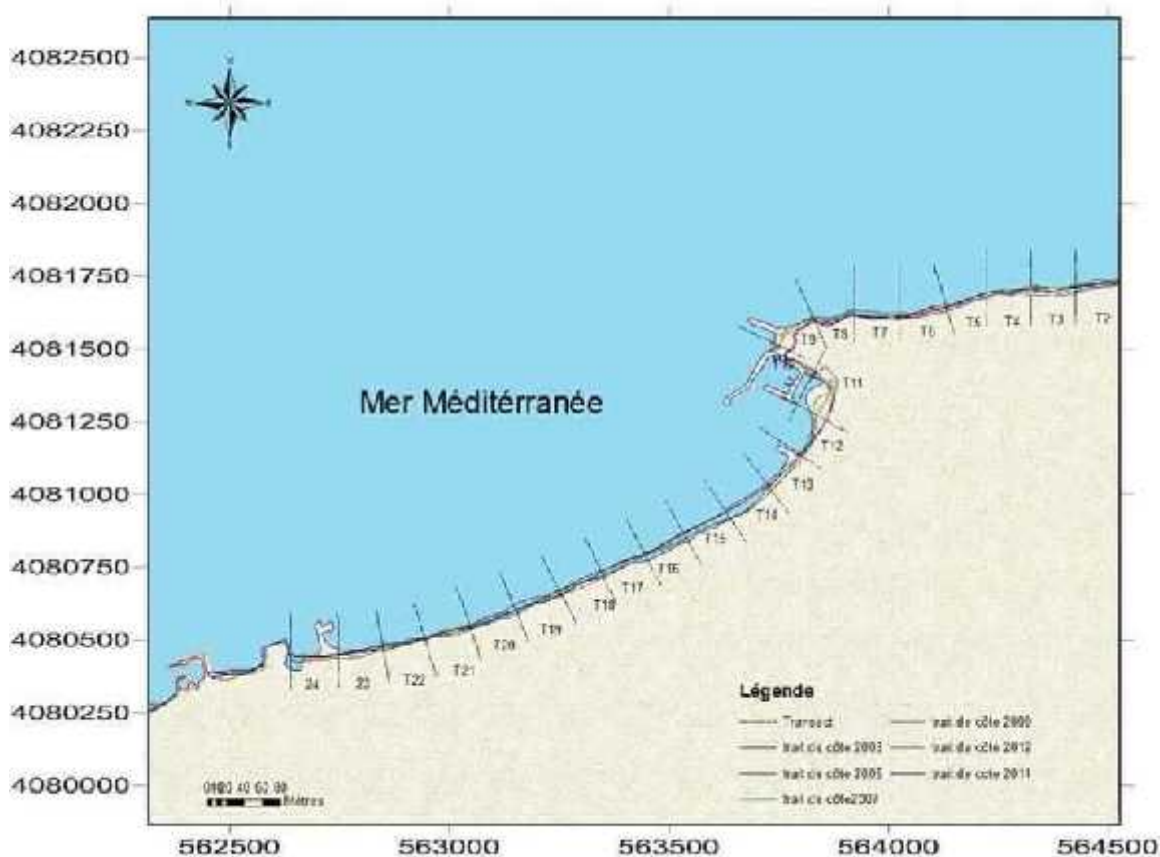


Figure n°22 : Carte de l'évolution du trait de côte Cap Djinet entre 2003 et 2014.

Tableau n°05 : Taux d'évolution du trait de côte du littoral de Cap Djinet (m/an) entre 2003 et 2014. (Voir annexe n° 04).

Chapitre II : Analyse des variations historiques de la ligne de côte du littoral de Cap Djinet

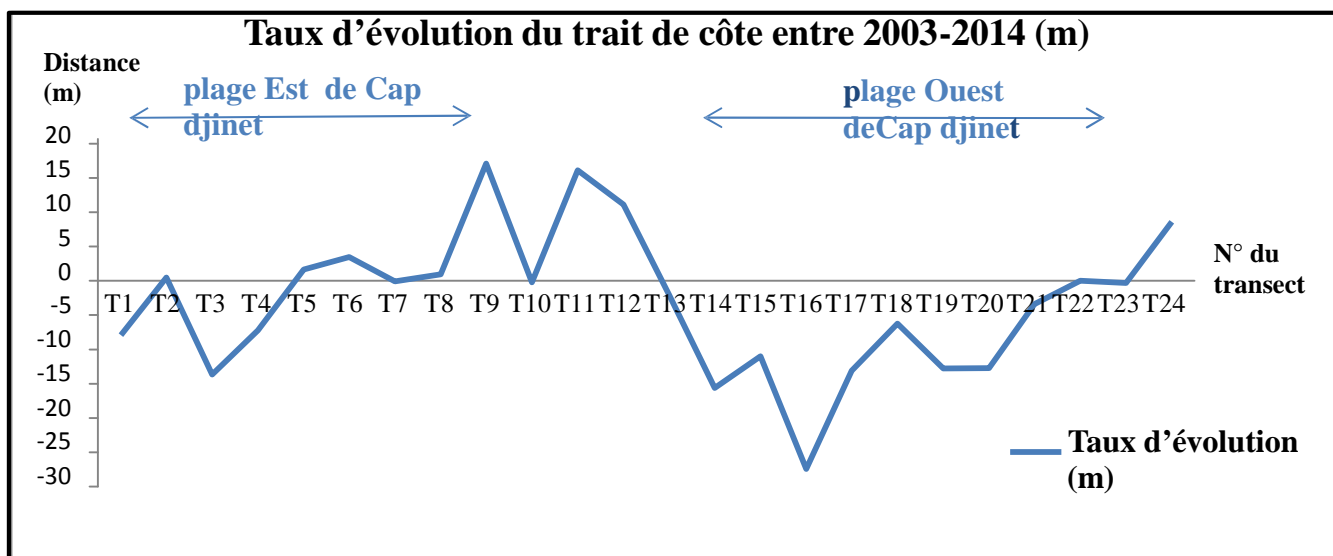


Figure n°23 : Diagramme du taux d'évolution du trait de côte de Cap Djinet par rapport à chaque transects entre 2003-2014.

La figure précédente représente le diagramme du taux d'évolution par rapport à chaque transect. Le recul est élevé et atteint son maximum à la plage Ouest (**-27,46 m**) durant la dernière décennie et le minimum est marqué à (**-0,09 m**) au niveau de la plage Ouest. L'accrétion atteint son maximum à la plage Est (**17,14 m**) et le minimum est marqué à (**0,01 m**).

Conclusion :

L'analyse des variations historiques de la ligne de rivage de Cap Djinet a permis de dresser un premier bilan sédimentaire de cette côte. Nous démontrons le rôle perturbateur du port de pêche et de plaisance ainsi que les ouvrages de défense sur les variations du rivage, ces aménagements ont participé à l'instabilité morpho-dynamique de la côte notamment les plages sableuse du cap.

Les résultats semblent concorder avec un pic de transgression qui équivaut les **16,12** mètres dans la zone de formation du tombolo au niveau du transect n°11, ainsi qu'un recul maximal de **-27,46** mètres au niveau du transect n°16.

Les vitesses d'évolution calculées à partir du changement chronologique sur les profils virtuels tracés montrent une variabilité conforme aux résultats obtenus, et témoignent du changement rapide que subit le secteur de façon générale, les vitesses positives sur les zones correspondent à une forme d'accession, de même, les vitesses négatives correspondent à des formes d'érosion.

CHAPITRE III :
SIMULATION DE LA RÉFRACTION DE
LA HOULE SUR LA CÔTE

Introduction :

L'hydrodynamique littorale a pour but de décrire et de modéliser les phénomènes physiques à l'origine de la dynamique des fluides en milieu littoral. Son intérêt est fondamental pour une meilleure compréhension et modélisation en océanographie physique littorale (**Garlan et al, 2011**).

La modélisation numérique est basée sur des modèles mathématiques décrivant de manière suffisamment fiable les phénomènes physiques. Le recours à une telle modélisation constitue une approche pratique vu qu'elle permet de tester les effets d'un grand nombre de paramètres (Physiques et géométriques) en un temps relativement court et à moindre coût comparativement à un modèle physique équivalent (**khalfani, 2014**).

Les conditions hydrodynamiques liées aux vagues se trouvent fortement modifiées en faible profondeur, sous l'action combinée de multiples processus (influence de la bathymétrie, réflexion, réfraction, déferlement, effets non linéaires...) dont la plupart contrôlent la dissipation ou la concentration d'énergie de la houle incidente. Dans le cadre de cette étude, nous nous intéresserons à la réfraction de la houle.

Dans ce chapitre, nous allons exploiter les données hydrodynamiques qui agissent sur notre zone d'étude, à savoir : les vents et les houles, afin d'appliquer le modèle de vagues SWAN (Simulating Waves Nearshore), 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.

III.1. Modèle spectral de vagues SWAN :

Dans cette partie nous décrivons le modèle spectrale de vagues en milieu côtier SWAN (Simulating Waves Nearshore) développé à Delft Hydraulics (**BOOJ et al., 1999**), qui permet de décrire la génération et la propagation des vagues quand les phénomènes de diffraction et de réflexion sont négligeables.

La capacité de SWAN à simuler le champ de vagues en milieu côtier, hors et dans la zone de déferlement, a été testée par de très nombreux auteurs (par exemple Ris et al. (1998)) sur différents cas tests qui donnent des résultats satisfaisants (**CASTELLE, 2014**).

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 (Simulating WAVes Nearshore (**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 (**BOOJ et al, 1999**).

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

$$\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma}$$

Où:

$N(x, y, \sigma, \theta)$ = 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].

$c_x, c_y, c_\sigma, c_\theta$ = 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 $N(x, y, \sigma, \theta)$ est égale à la densité d'énergie divisée par la fréquence relative: $N(x, y, \sigma, \theta) = E(x, y, \sigma, \theta) / \sigma$.

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 $c_x, c_y, c_\sigma, c_\theta$ sont prises de la théorie de l'onde linéaire.

III.2. Principe de calcul de la réfraction de la houle :

Connaissant la climatologie au large, il est possible d'établir une statistique de la houle au large. Cette statistique est ensuite propagée vers la côte en utilisant des fonctions de transfert calculées suivant la bathymétrie représentée suffisamment au large, dans les fonds où les houles ne sont pas réfractées.

Les calculs de la réfraction de la houle entre le large et la côte sont effectués par le modèle numérique SWAN pour différentes conditions de houle au large (hauteur, période et direction). Le logiciel modélise la propagation de la houle en prenant notamment en compte les phénomènes de :

- Réfraction, sur les fonds et autour des ouvrages ;
- Frottement sur le fond ;
- Déferlement.

III.3. Données de base :

III.3.1. Données bathymétriques :

La bathymétrie utilisée pour cette étude de réfraction est celle issue de la campagne de reconnaissance sur site réalisée au mois d'aout 2009 par le LEM dans le cadre de l'étude de l'ensablement du port de Cap Djinet.

III.3.2. Données de houles au large :

Les données du Summary of Synoptic Meteorological Observations (SSMO) consiste en des observations de navire sur la période allant de 1963 à 1970).

Un traitement statistique de ces données a permis de déterminer les fréquences d'apparition de houle par direction et par période.

Le choix des périodes est fait en fonction de la répartition des probabilités de dépassement d'une houle d'amplitude donnée. Les houles de fortes amplitudes ($>10S$), ont une probabilité d'apparition relativement faible. Les périodes de houle considérées dans le cadre de cette étude sont : 6, 8 et 10 secondes pour les houles annuelles (tableau n°3.1).

Tableau n°06 : Conditions de houles retenues dans le cadre de cette étude

Périodes	Directions au large		
	N 315°	N 360°	N 45°
6 s	Hs=1,10 m	Hs= 1,00 m	Hs= 1.09 m
8 s	Hs=2,64 m	Hs= 2.67 m	Hs=2.56 m
10 s	Hs= 4.53 m	Hs= 4.92	Hs= 5.05 m

III.4. Choix du secteur angulaire :

Le secteur angulaire considéré correspond aux limites naturelles imposées, d'une part, par la configuration géographique du site d'étude, et d'autre part, par le secteur d'intérêt des houles du large

Ainsi trois (03) directions ont été retenues en tenant compte des tableaux de fréquence par direction des houles au large ainsi que l'incidence de ces houles par rapport à la zone d'étude (tableau n°3.1)

Une direction approximativement perpendiculaire à la côte pour mesurer les effets d'une houle frontale (315°N).

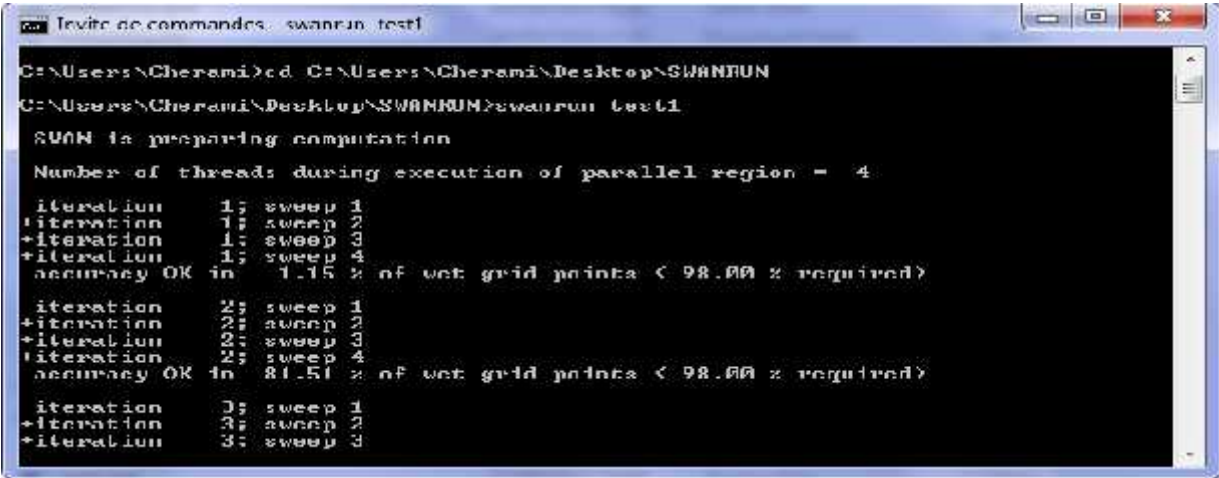
Une direction de houle à incidence oblique (360°N).

La direction de (45°N) qui est plus au moins énergétique peut atteindre notre zone d'étude par réfraction.

III.5. Déroulement des étapes de la réalisation de la réfraction :

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 (AOUJ, 2014).

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



```
Invite de commandes: swanrun test1
C:\Users\Cherami\Desktop\SWANRUN
C:\Users\Cherami\Desktop\SWANRUN>swanrun test1

SWAN is preparing computation

Number of threads during execution of parallel region = 4


iteration 1: sweep 1
+iteration 1: sweep 2
+iteration 1: sweep 3
+iteration 1: sweep 4
accuracy OK in 1.15 % 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 81.51 % of wet grid points < 98.00 % required>

iteration 3: sweep 1
+iteration 3: sweep 2
+iteration 3: sweep 3
```

Figure n °24 : 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 H_s de chaque point ainsi que la Direction de propagation des vagues (fig n°27).



```
Invite de commandes
+iteration 47: sweep 1
accuracy OK in 98.17 % of wet grid points < 98.00 % required>

iteration 48: sweep 1
+iteration 48: sweep 2
+iteration 48: sweep 3
+iteration 48: sweep 4
accuracy OK in 91.02 % of wet grid points < 98.00 % required>

iteration 49: sweep 1
+iteration 49: sweep 2
+iteration 49: sweep 3
+iteration 49: sweep 4
accuracy OK in 92.51 % of wet grid points < 98.00 % required>

iteration 50: sweep 1
+iteration 50: sweep 2
+iteration 50: sweep 3
+iteration 50: sweep 4
accuracy OK in 92.85 % of wet grid points < 98.00 % required>

+SWAN is processing output request 1
Normal end of run OK!
C:\Users\Cherami\Desktop\SWANRUN>
```

Figure n °25 : Itération et conception du fichier "Output".

Xp [m]	Yp [m]	Hsig [m]	Dir [degr]	Depth [m]	X-Vel [m/s]	Y-Vel [m/s]	Tdir [degr]	X-VForce [N/m²]	Y-VForce [N/m²]	X-Transp [m/s]	Y-Transp [m/s]	Slope []	Wlen []	Linc [m]	Period [m/s]
362316	4079873	0.88845	31.753	10.4278	0.000000	0.000000	28.326	1.97414	-0.08687	-0.08146	-0.09211	0.028652	29.5423	0.112908	4.4209
362349	4079873	0.46722	8.729	11.5116	0.000000	0.000000	0.282	1.79176	0.11871	-0.11443	-0.09927	0.0209724	29.4893	0.094275	4.7879
362379	4079873	0.14809	9.869	11.8997	0.000000	0.000000	7.892	0.01790	-0.11725	0.01290	-0.09096	0.0201513	28.7309	0.087987	4.7330
362424	4079873	0.18489	8.469	11.4316	0.000000	0.000000	8.322	-0.08406	-0.11419	-0.11117	-0.09209	0.0202920	28.9412	0.091106	4.7314
362434	4079873	0.18429	7.858	11.2833	0.000000	0.000000	6.094	-0.07823	0.00077	-0.09478	-0.09179	0.0202401	28.8963	0.094897	4.7821
362463	4079873	0.13213	7.047	10.8854	0.000000	0.000000	5.114	-0.08238	0.29593	-0.09430	-0.09183	0.0202284	28.8130	0.098884	4.7860
362492	4079873	0.13977	8.144	10.1313	0.000000	0.000000	0.087	-0.08648	0.38517	-0.09648	-0.09129	0.0201997	28.7346	0.102886	4.7729
362522	4079873	0.13753	8.203	9.7453	0.000000	0.000000	2.954	-0.12225	-0.24880	-0.09473	-0.09035	0.0201338	28.5997	0.109212	4.7761
362551	4079873	0.17486	4.693	9.2136	0.000000	0.000000	1.796	-0.11627	-0.25098	-0.09285	-0.09000	0.0201130	28.6163	0.116403	4.9001
362581	4079873	0.14062	7.109	8.8629	0.000000	0.000000	0.799	-0.10512	-0.29421	-0.09124	-0.09000	0.0199945	28.5629	0.121947	4.8159
362610	4079873	0.14659	3.083	8.4244	0.000000	0.000000	359.711	-0.10767	-0.29625	0.09034	-0.09029	0.0199748	28.5367	0.127545	4.8413
362659	4079873	0.15856	1.501	7.9553	0.000000	0.000000	529.000	-0.10166	-0.29038	0.00152	-0.06718	0.0197989	28.5486	0.135001	4.9799
362699	4079873	0.15841	0.44	7.8049	0.000000	0.000000	328.383	-0.09458	-0.19434	0.00344	-0.08297	0.0194418	28.5701	0.139011	4.8818
362698	4079873	0.15218	103.717	7.8904	0.000000	0.000000	257.788	-0.09361	-0.21193	0.00211	-0.08258	0.0192252	28.8254	0.140200	4.9099
362738	4079873	0.15327	109.083	7.8775	0.000000	0.000000	107.237	-0.09114	-0.23256	0.00413	-0.08260	0.0191758	28.7791	0.149192	4.9368
362757	4079873	0.14847	158.592	8.8656	0.000000	0.000000	356.802	-0.08119	-0.22619	0.00475	-0.08088	0.0191385	28.7288	0.158847	4.9538
362796	4079873	0.15605	158.313	6.672	0.000000	0.000000	356.459	-0.08019	-0.20854	0.00523	-0.08114	0.0191589	28.7152	0.157605	4.9650
362816	4079873	0.15319	158.039	6.1271	0.000000	0.000000	356.273	-0.07899	-0.20357	-0.08058	-0.08123	0.0191235	28.8862	0.161195	4.9728

Figure n°26 : le choix des deux paramètres (Hs, Dir) à partir de fichier " Output" sous l'Excel.

III.6. Compilation des GRID et cartographie :

III.6.1. 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 et modification des couleurs, pour arriver à cartographier neufs (9) cartes (voir annexe 5).

III.6.2. Résultats et discussion :

Les hauteurs des houles de période égale à 10s sont les plus prépondérantes au large, de ce fait, l'étude se focalisera sur une période de 10s dans les 4 secteurs suivants : Nord, Nord-Est et Nord-Ouest.

III. 6.2.1 Action des houles de direction Nord-Est (45°) :

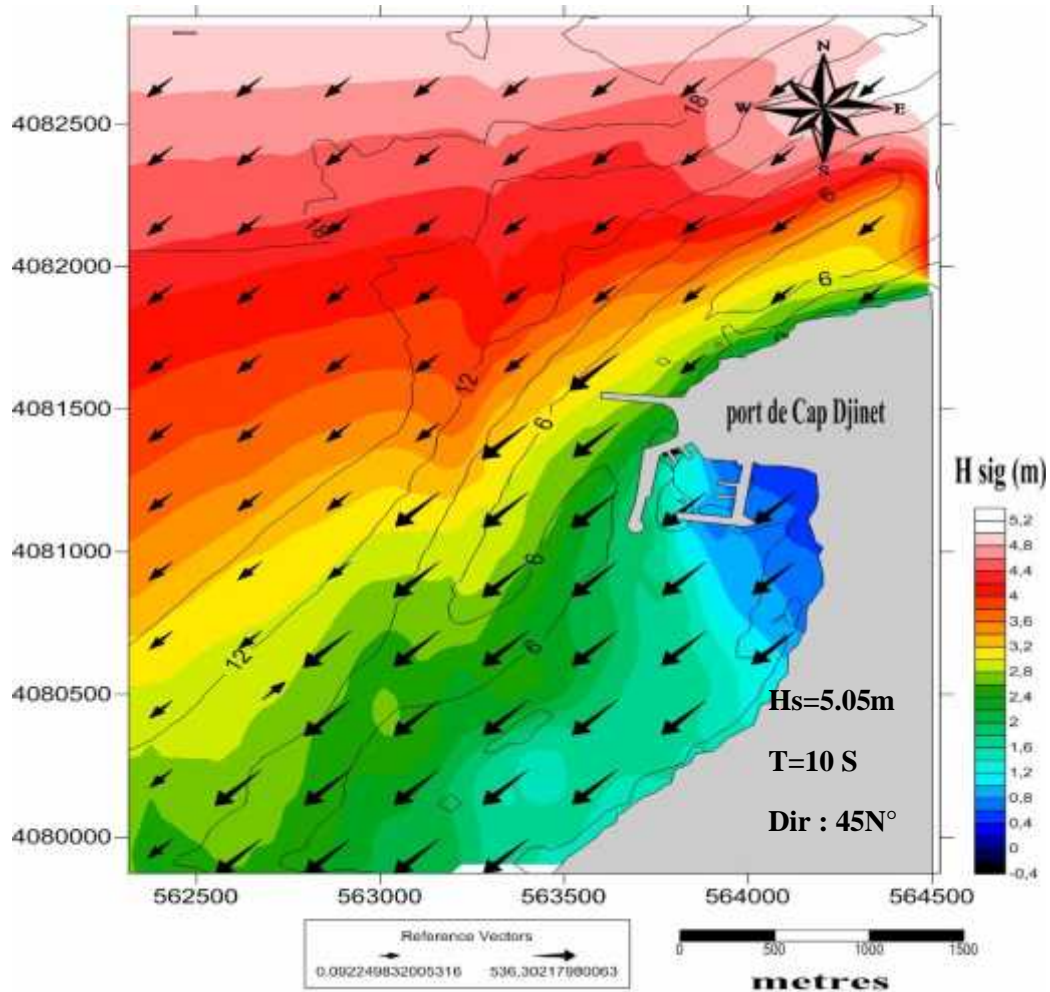


Figure n°27 : Réfraction de la houle pour une direction 45°N et une période de 10s.

La figure présente les résultats de l'étude de la réfraction pour une houle de secteur Nord-Est et de période de 10 secondes (annexe n°), la propagation se fait latéralement par rapport au rivage, la houle semble ne pas conserver son énergie du large, la zone apparaît naturellement abrité par le Cap.

III.6.2.2 Action des houles de direction Nord (360°) :

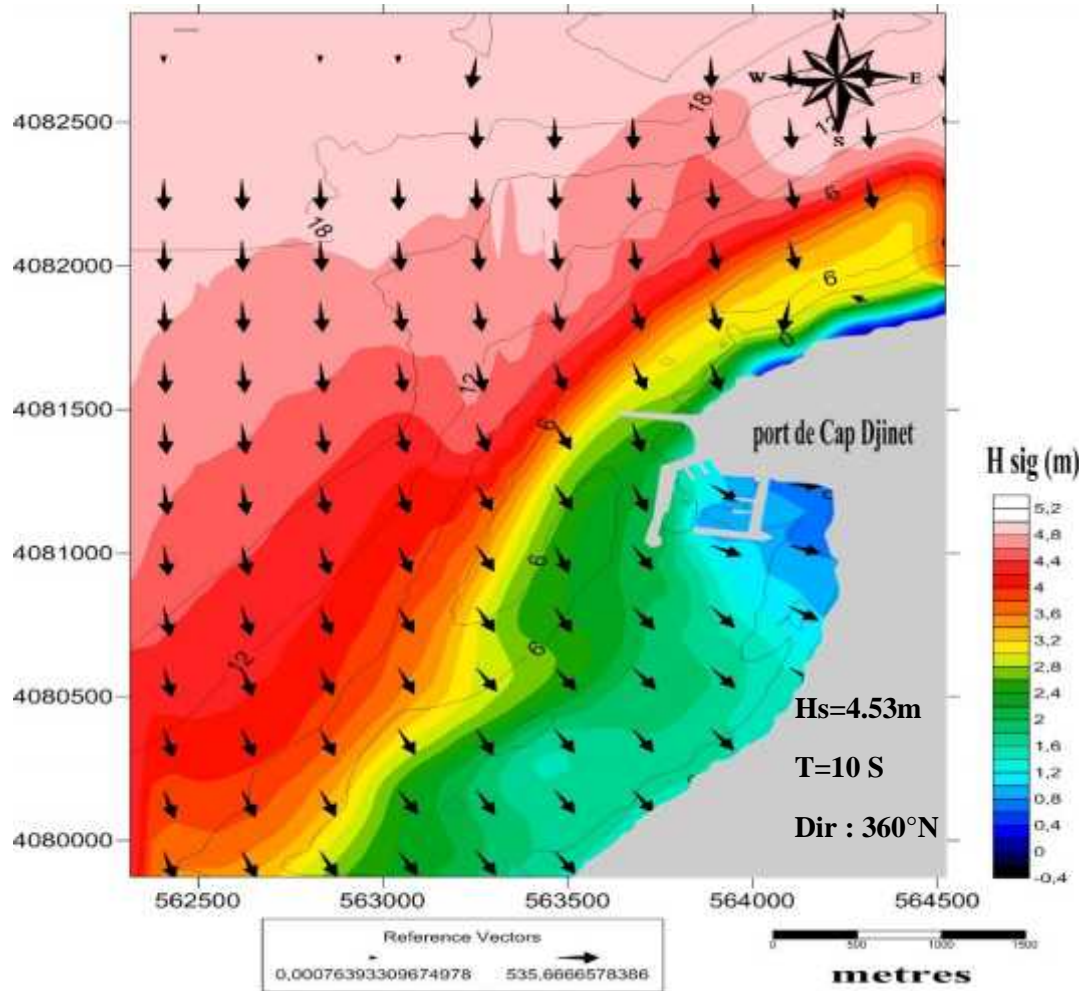


Figure n°28 : Réfraction de la houle pour une direction $360^\circ N$ et une période de 10s.

La figure illustre les résultats de l'étude de la réfraction pour une houle de secteur Nord et de période de 10 secondes, la propagation se fait latéralement à la ligne de rivage de la zone, cette houle semble influencer par son énergie le transport sédimentaire dans la zone.

III.6.2.3. Action des houles de direction Nord-Ouest (315°):

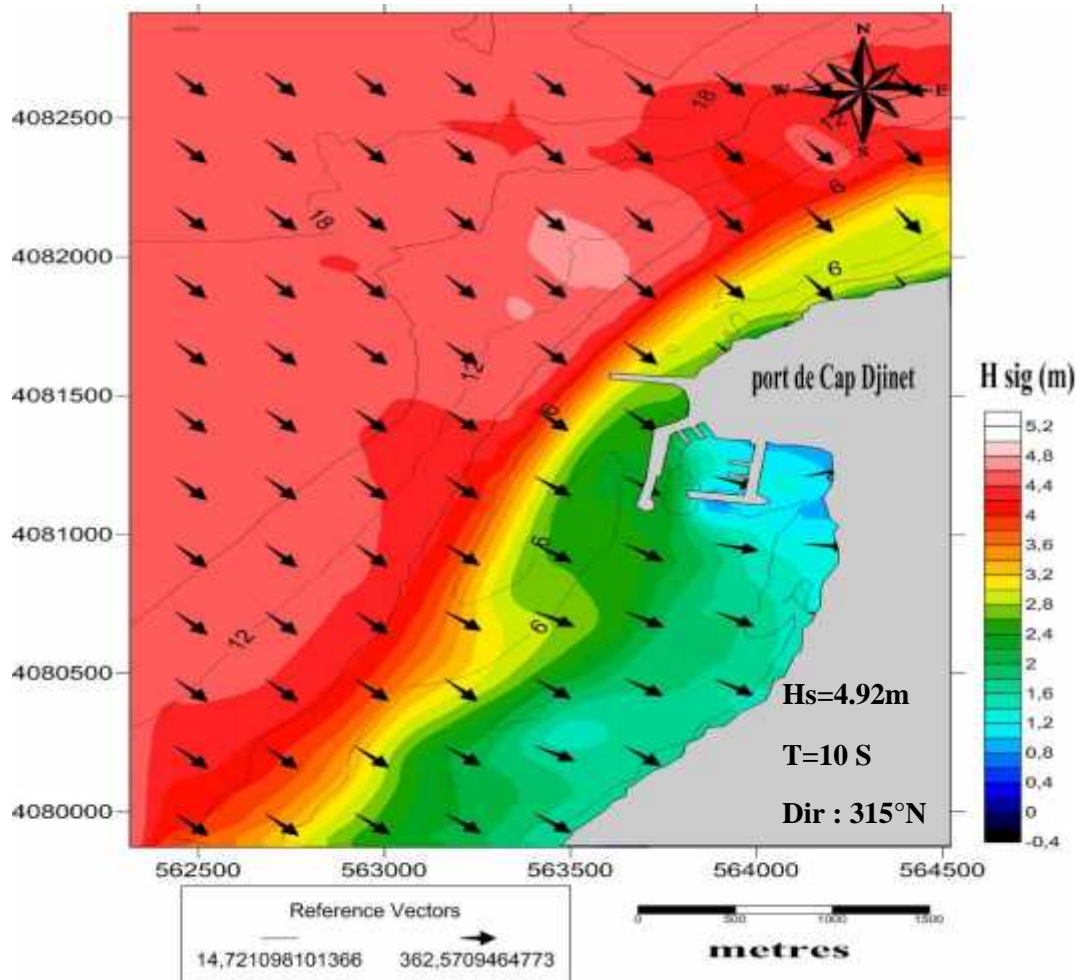


Figure n°29 : Réfraction de la houle pour une direction 315°N et une période de 10s.

Sur la figure présentant les résultats de l'étude de la réfraction pour une houle de secteur Nord-Ouest et de période de 10 secondes, la propagation semble se faire de façon quasifrontale. La houle ne perd que très peu de son énergie, les orthogonales ne pivotent que légèrement à l'approche du rivage, ces données font de cette houle la plus menaçante pour la zone d'étude.

III.6.3. La propagation potentielle des vagues :

Pendant leur propagation en s'approchant vers la côte, les vagues perdent leur énergie sous l'action du fond, les structures et les courants. Après l'analyse des cartes des hauteurs significatives, on a pu classier notre zone d'étude en deux parties distinctes selon les quantités d'énergie conservées ou dissipées en termes de H_s :

- La partie nord qui s'étend du musoir jusqu'au nord de la zone où la vague garde la quasi-totalité de son énergie jusqu'à son arrivée au rivage ou elle se brise brutalement.

- Et la partie Sud de la zone, abritée par le cap et le port, où Les vagues perdent en hauteur, au fur et à mesure qu'elles s'approchent du rivage. Ces comportements sont bien visibles dans les figures (28.29.30).

Conclusion :

Les résultats de simulation nous ont conduits à séparer la région en deux zones selon leurs réponses à la propagation des vagues venant des différents secteurs.

La zone Nord réfléchive où l'énergie des vagues est conservée durant leur propagation jusqu'à ce qu'elle se libère brutalement près de la côte.

La zone Sud dissipative où l'énergie des vagues est dissipée par la morphologie sous-marine relativement moins profonde et sous l'effet diffractif du port et du cap. La diminution de l'énergie des vagues favorise le dépôt des sédiments. Cette combinaison entre les vagues et la morphologie induit probablement des courants tourbillonnaires capables de transporter les sédiments déposés vers la passe du port.

Les houles les plus énergétiques et qui peuvent influencer la zone de Cap Djinet sont les houles du Nord-Ouest, elles sont responsables de transit littoral, et doivent être prises dans tout dimensionnement d'ouvrages dans la zone d'étude.

Aussi, les houles du secteur Nord et Nord-Est sont responsables du transport sédimentaire dans le profil.

**CHAPITRE IV :
ÉTUDE ET MODÉLISATION DU
TRANSPORT SEDIMENTAIRE**

Introduction :

Le dimensionnement de tout type d'infrastructure côtière doit au préalable être basé sur la compréhension des processus hydro-sédimentaires qui s'opèrent au niveau de la côte et sur des mesures bien précises du transport sédimentaire littoral dans le but d'assurer la pérennité et la réussite du projet maritime du point de vue environnemental et social (**khalfani, 2014**).

L'étude de la propagation de la houle à l'approche de la côte a mis en évidence l'importance de l'obliquité des crêtes de houles, par rapport au trait de côte, dans la connaissance d'un courant de dérive littorale (**Boutiba, 2006**). Ce courant longshore, ayant dans la plupart des cas des directions parallèles à la ligne de rivage, il passe généralement entre ligne du premier déferlement et le trait de côte et est responsable des transferts latéraux des sédiments côtiers.

La variation spatiale des taux de transport entraîne des phénomènes d'érosion ou d'accrétion, avec des conséquences importantes pour la gestion du littoral. Il est nécessaire de construire des outils de modélisation permettant de prédire précisément les taux de transport et les évolutions morphodynamiques qui en résultent.

Savoir modéliser le transport sédimentaire est nécessaire à la prédiction de l'évolution morphodynamique des plages (**Berni, 2011**). Afin de déterminer la trajectoire des particules sédimentaires responsables de l'ensablement du port de cap Djinet, des simulations sur les tendances aux transports ont été réalisées à l'aide du modèle GSTA (Grain Size Trend Analysis).

IV.1. Modélisation du transport sédimentaire :

IV.1.1. Modèle de Gao et Collins :

La méthode d'analyse de Gao et Collins (1991, 1992, 1994a et 1994b) consiste à effectuer des prélèvements de sédiments superficiels selon un quadrillage régulier. Cette méthode est basée sur la probabilité d'occurrence d'une direction nette de transport en fonction des points de prélèvements adjacents. Ce modèle permet d'obtenir une carte de représentation des directions de transport sédimentaire potentiel, dans laquelle la probabilité de transport entre deux points d'échantillonnage est proportionnelle à la longueur du vecteur résiduel (**Bertier, 2009**).

IV.1.1.1. principe du modèle :

Le principe du modèle repose sur le postulat que la répartition des sédiments sur le fond résulte des processus de transport sédimentaire (**Mc Laren, 1981 ; Mc Laren et Bowles, 1985 ; Gao et Collins, 1990, 1992 in Cordier, 2007**).

Chapitre IV : Etude et Modélisation du transport sédimentaire

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 dépendent 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 (M_z), l'indice de classement (S_i) et l'indice d'asymétrie (S_k) entre deux prélèvements.

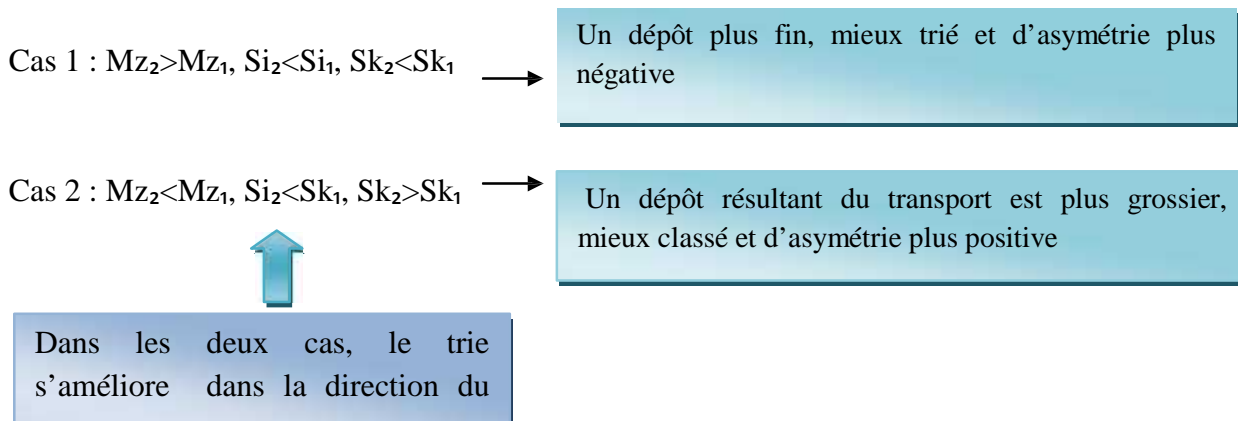
Par comparaison de (n) paramètres, 2^n cas possibles peuvent apparaître entre deux échantillons. Théoriquement, les cas possibles sont au nombre de huit (McLaren et Bowles, 1985) :

Cas :	Définition des cas en unité phi					
1	μ_1	μ_2	S_{i1}	S_{i2}	S_{k1}	S_{k2}
2	μ_1	μ_2	S_{i1}	S_{i2}	S_{k1}	S_{k2}
3	μ_1	μ_2	S_{i1}	S_{i2}	S_{k1}	S_{k2}
4	μ_1	μ_2	S_{i1}	S_{i2}	S_{k1}	S_{k2}
5	μ_1	μ_2	S_{i1}	S_{i2}	S_{k1}	S_{k2}
6	μ_1	μ_2	S_{i1}	S_{i2}	S_{k1}	S_{k2}
7	μ_1	μ_2	S_{i1}	S_{i2}	S_{k1}	S_{k2}
8	μ_1	μ_2	S_{i1}	S_{i2}	S_{k1}	S_{k2}

-Partant du principe que le dépôt est mieux trié dans la direction du transport sédimentaire, deux cas d'évolution peuvent alors être rencontrés, qui représentent avec une plus grande probabilité les réelles tendances de transport sédimentaire.

- Une méthode de vecteur a été développée avec des modèles de tendances variées pour prendre en considération les modèles de transport possible qui ne peuvent être dérivés qu'empiriquement, puisque leur rapport avec les conditions hydrodynamiques est inconnu (Gao et Collins 1994) ce qui ne permet pas d'estimer le mouvement du sédiment.

-Le schéma qui suit définit ces deux cas de transport et présente les relations requises par les paramètres granulométriques, exprimés en unité phi (ϕ), pour un transport allant d'une station A vers une station B.



Les deux cas possibles correspondent respectivement à un processus de transport de faible énergie et un autre de forte énergie.

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

IV.1.2. Procédure analytique :

- Détermination des paramètres granulométriques.
- Détermination de la distance critique (D_{cr}) entre les échantillons :

La sélection des stations voisines pour le calcul des vecteurs initiaux se fait dans un rayon inférieur ou égal à une distance critique D_{cr} . Cette valeur représente généralement la distance maximale séparant deux points voisins afin d'inclure le maximum de points dans le calcul des vecteurs de transport et pour qu'il n'aurait pas de vecteurs nuls. Il apparaît alors évident que les caractéristiques de la grille d'échantillonnage influencent fortement les résultats du modèle. C'est pour cette raison que Gao et Collins (1994) recommandent l'utilisation d'une grille d'échantillonnage uniforme, et Asselman (1999) propose d'interpoler les paramètres granulométriques distribués selon une grille irrégulière, afin d'obtenir une grille uniforme pour chacun d'entre eux.

- Comparaison entre les trois paramètres granulométriques entre deux échantillons :

Quand la relation (pour un des cas de transport possibles) est respectée, un vecteur de transport est assigné au point de calcul. Le transport total est obtenu en sommant et en moyennant tous les vecteurs de transport obtenus pour une même station. Dans ce cas la résultante R de ces vecteurs peut s'exprimer par :

Avec :

$$R(x,y) = \sum_1^n r(x,y) \mathbf{i} \dots \dots \dots ()$$

n : nombre de vecteurs tendances. R : vecteur résultant.

(x, y) : coordonnées du vecteur. (x, y) : vecteur tendance.

- Les vecteurs transports (modèle résiduel) : cette étape permet aux autres sites sans vecteurs, qui ne répondent pas aux deux cas, de leur allouer des vecteurs, le calcul de ces vecteurs est obtenu par l'équation suivante :

$$R(X, Y) = \frac{1}{k+1} [R(X, Y) + \frac{k}{1} R \dots \dots \dots ()$$

Avec :

(X, Y) : Le vecteur des points sélectionnés.

Chapitre IV : Etude et Modélisation du transport sédimentaire

R_j : est le vecteur de sommation obtenu sur la base de l'équation

K : le nombre total de sites pris en compte pour le calcul sur un point.

IV.1.3. Critique et limites de calcul du modèle GSTA :

- La pertinence du choix de DCR limite la méthode. De calcul des tendances de transport sédimentaire. Selon **Mc Laren & Bowles (1985)**, 9 points suffisent pour évaluer correctement une direction de transit sédimentaire.
- une grille non uniforme peut induire des erreurs dans la définition des directions des vecteurs de transport en fonction du nombre de stations voisines comprises dans le cercle de rayon DCR (**Le Roux, 1994a, 1994b**). **Gao & Collins (1994b)** recommandent alors l'utilisation d'une grille d'échantillonnage uniforme.

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

IV.1.4. Préparation des données d'entrée :

On fait introduire les points de prélèvement (altitude + longitude) associés par leurs diamètres moyens D_{50} et les indices Sk et So dans un tableau Excel (**figure n°31**).

	A	B	C	D	E	F	G
1	1	553238	4030581	2,22	-0,7	0,08	
2	2	553573	4030847	1,14	-0,67	-0,21	
3	3	553170	4031088	2,8	-0,66	0,05	
4	4	553924	4030915	1,05	-0,4	-0,19	
5	5	553655	4031080	-0,14	-1,54	-0,03	
6	6	554162	4031025	0,75	-0,58	-0,26	
7	7	553430	4031310	1,67	0,62	0,02	
8	8	553795	4031435	-1,32	-1,38	0,32	
9	9	553570	4031497	1,61	-0,49	0,06	
10	10	553807	4031522	-0,24	-1,39	0,17	4
11	11	553906	4031478	-0,44	-0,46	0,02	
12	12	553706	4031722	1,4	-0,68	-0,07	
13	13	553550	4031831	2,47	-0,56	0,12	
14	14	563943,7	4030708,9	1,392	-0,576	-0,068	
15	15	563744,5	4030759,7	0,359	-0,645	-0,129	
16	16	553363	4030949,4	1,309	0,951	-0,026	
17	17	564116,6	4030846,1	1,34	-0,559	-0,114	
18	18	553752	4030923,1	0,583	0,868	0,082	
19	19	563413,7	4031133,6	1,441	0,939	0,002	
20	20	563648,6	4031276,5	0,153	-1,008	0,116	
21	21	563909,8	4031079,1	1,392	-0,576	-0,068	

Figure. n°30: 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 (D CR) ; 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.

5 : les coordonnées en format métriques (X, Y).

IV.1.5. 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.

IV.1.5.1. 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.

IV.1.5.2. Les résultats de la modélisation du transport sédimentaire:

La simulation des tendances au transport sédimentaire par le modèle GSTA est représentée dans la carte suivante :

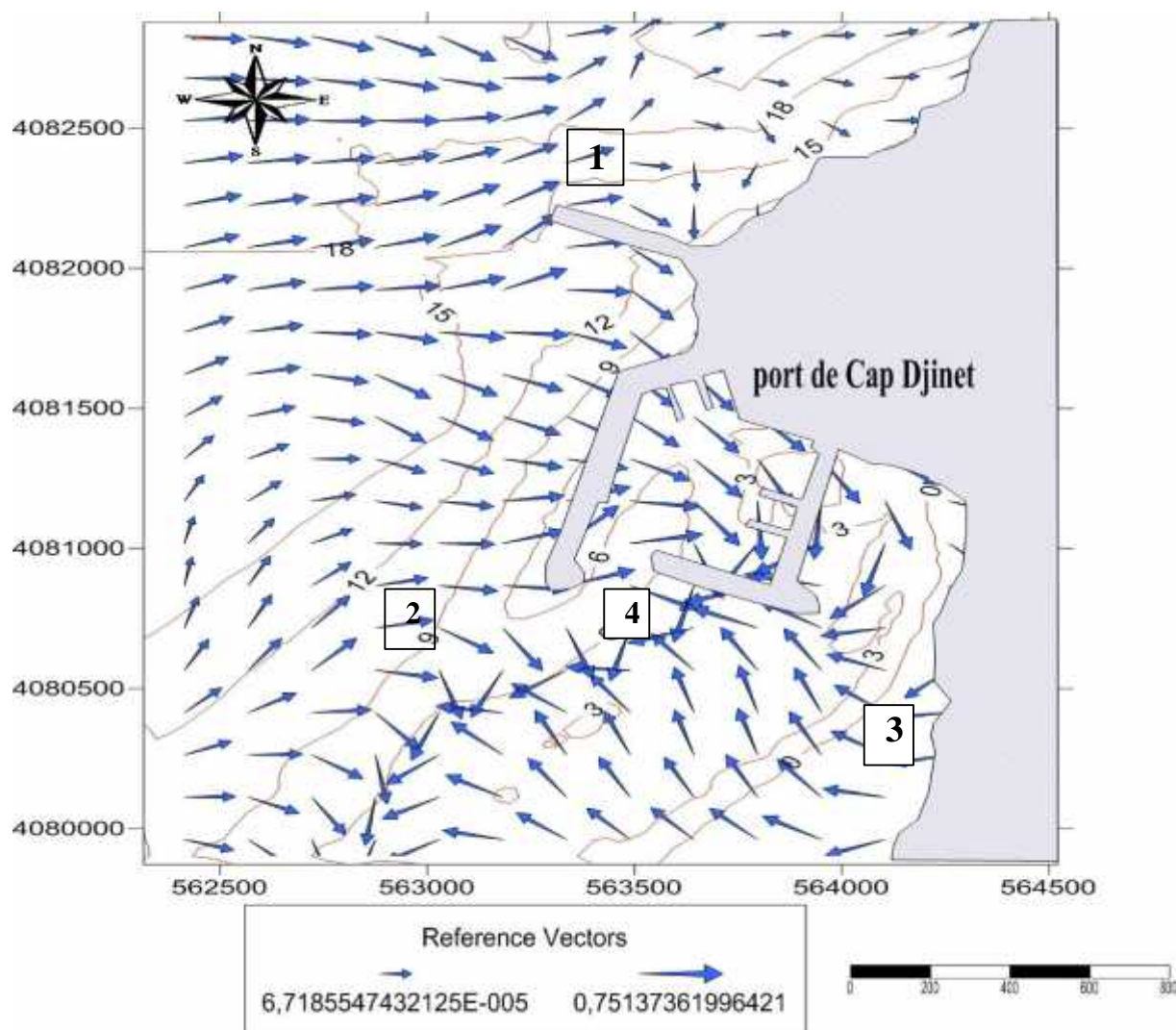


Figure. n°31 : Modélisation du transport sédimentaire dans la zone de Cap Djinet
« Model GSTA »

IV.1.6. Interprétation des résultats :

Du large vers la côte la figure montre que les vecteurs de tendances au transport sédimentaire présentent un déplacement des sédiments qui semblent se faire de façon perpendiculaire aux isobathes, en dessous des 5 mètres de profondeur (zone des barres sous-marine) se distinguent plusieurs sens divergeant de transport dû probablement au début du déferlement.

En effet le premier (1) transit se dirigeant vers le Nord-Est est parallèle au trait de côte du cap, quant au second (2), il se dirige vers le Sud-Est. Cette divergence est liée directement au déplacement des masses d'eaux sur le fond, qui sont elles-mêmes conditionnées par la morphologie sous-marine et par conséquent la divergence peut être expliquée par la présence d'un relief sous-marin qui favorise la déviation de l'écoulement de part et d'autre.

Chapitre IV : Etude et Modélisation du transport sédimentaire

La modélisation montre également un départ massif des sédiments de la plage adjacente au port (3) vers le large. Ceci indique et/ou confirme l'érosion très accrue que cette zone est en train de subir.

Aux environs de la passe d'entrée du port (4) une rencontre des deux transits de sens opposés est susceptible d'engendrer la déviation du transit le moins dominant et l'orienter par conséquent vers la passe ; la déviation de ces sédiments a une forte probabilité d'être à l'origine de l'ensablement du port.

Une autre explication de la fermeture de la passe d'entrée peut être donnée en se basant sur le processus de l'alimentation de la barre intermédiaire par les courants(notamment ceux orientés Sud-Est) ; qui, chargés de sédiments rendent les processus très actifs, et par conséquent la barre progresse longitudinalement vers l'Est jusqu'à atteindre la passe du port ; engendrant même selon certains témoignages recueillis par Tiguercha et Layoune (2011) la formation d'une petite plage derrière la jetée secondaire.

Conclusion sur la modélisation de transport sédimentaire :

L'application du model GSTA pour la modélisation du transit sédimentaire dans la zone a donné des résultats satisfaisants, à qui semblent concorder les résultats obtenus au cours de notre étude notamment dans la bathymétrie et la réfraction de la houle.

CHAPITRE V :
IMPACT DE L'INFRASTRUCTURE
PORTAURE SUR LA ZONE ADJACENTE

Introduction :

La fragilité des espaces littoraux, la diversité des intérêts qui s'y manifestent ainsi que les enjeux qui s'y découlent rendent difficile toute intégration harmonieuse des projets côtiers dans leur environnement.

Les gestionnaires d'infrastructures portuaires doivent maintenir le niveau de service des ouvrages pour respecter les exigences de leurs utilisateurs. Ils sont donc amenés à définir, programmer et réaliser des interventions d'entretien, de réparation ou de confortement d'ouvrages qui peuvent parfois être assez lourdes (dragage, rechargement artificiel,...) et avoir un impact souvent direct et considérable sur la zone avoisinante.

Le problème d'ensablement du port de Cap Djinet est un phénomène naturel qui évolue dans le temps et dans l'espace. L'objectif dans ce chapitre est de mettre en exergue cette évolution, après avoir étalé les causes qui la génèrent, et ce, dans le but d'apporter quelques éléments de réponses portant sur ce phénomène ainsi que sur la dynamique sédimentaire de la région (Outmani, 2014).

V.1. Approche globale sur le port :

V.1.1. Présentation :

Réalisé pour un montant de plus de 156 milliards de dinars, le port de pêche et de plaisance de Cap Djinet est situé à 25 km à l'est du chef-lieu de wilaya de Boumerdès, sa position géographique est de 36°43'29'' N et 3°43'2'' E.

V.1.2. Configuration :

Le port est semi fermé, d'une superficie de $39,6 \cdot 10^3 \text{ m}^2$, il comprend (figure n°33) :

- Un plan de masse, répartie en 5 darses dont le contact avec le large se fait par la passe d'entrée, d'une largeur de 75 m du côté Sud.
- Un plan d'eau, subdivisé en 3 bassins, permettent l'accostage et l'amarrage des bateaux, leurs surfaces, mesurées à partir de Google Earth (Avril 2009), sont réparties comme suit :

Tableau n°07 : Superficies des sous bassins du port de Cap Djinet :

Bassins	Superficie (m ²)
Bassin 1	16 147
Bassin 2	16 865
Bassin 3	6 618

Quatre appontements fixes de 45 m, assurent une occupation équilibrée du plan d'eau suivant le nombre d'embarcation et le tirant d'eau.

V.2.2. Cartographie :

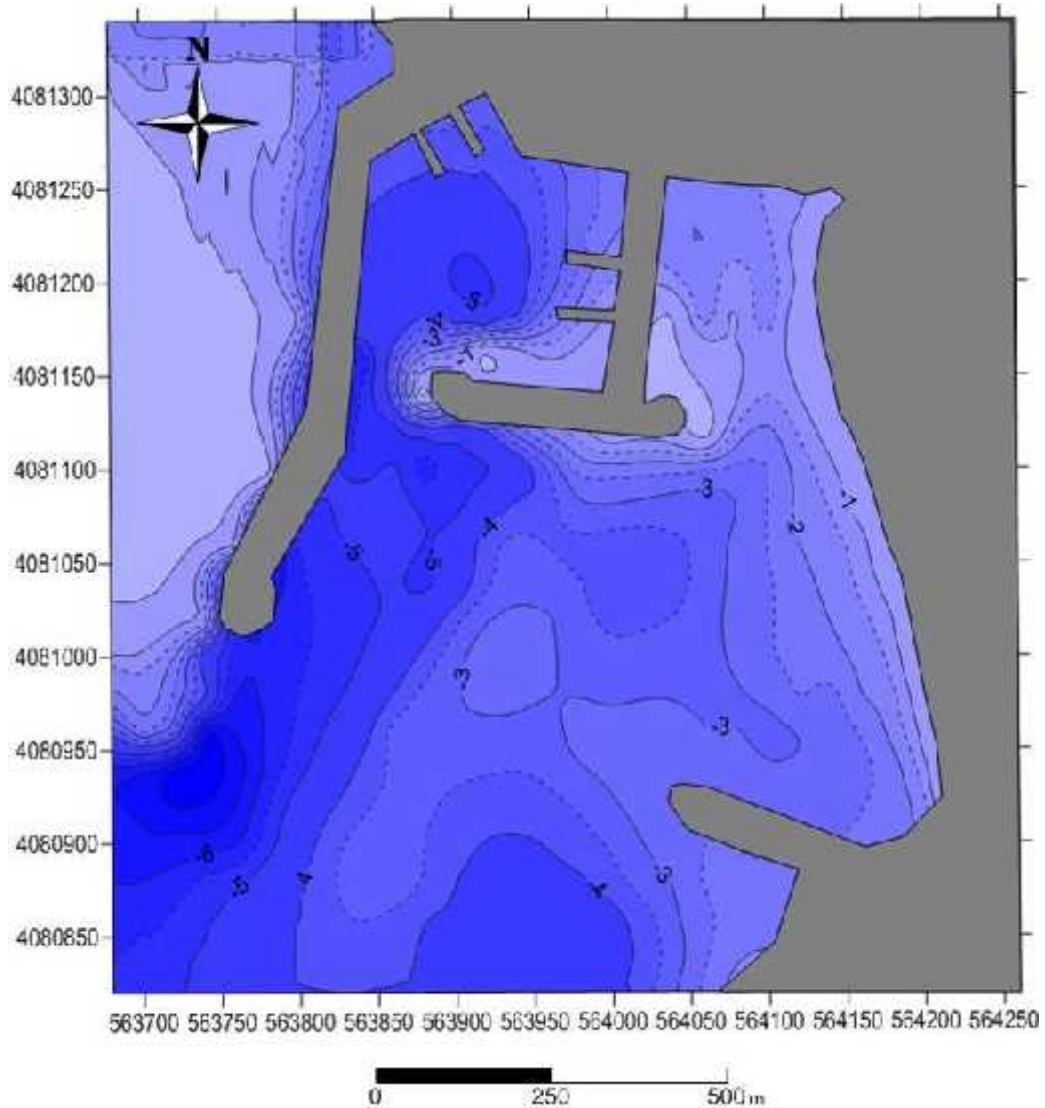


Figure n°33: Carte bathymétrique de la zone de Cap Djinet, 2014
(Source de données : Vert et bleu)

La superposition des deux levés bathymétriques mars 2009 et février 2014 (**figure n°36**) apporte un confortement au constat du changement qu'a subit le fond (bien que le second levé n'a pas permis vraiment d'apprécier l'évolution et la dynamique des barres hydrauliques). Toute fois ; il permet de mieux décrire la morphologie sous-marine et son cour d'évolution durant ces cinq années.

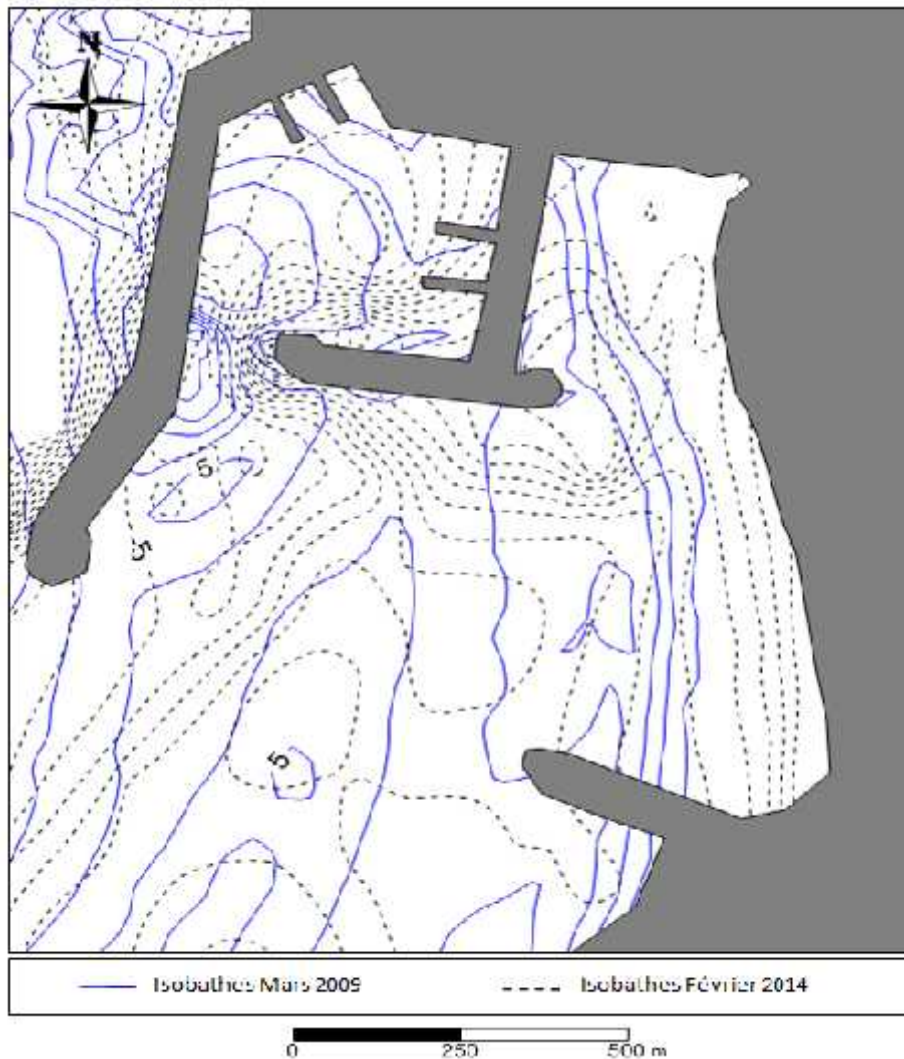


Figure n°34 : Superposition des levés bathymétriques 2009/2014 dans la zone de Cap Djinet, 2014 (Outmani, 2014)

V.2.3. Analyse et commentaire :

-Les zones à impact :

Les résultats ont permis de détecter un impact considérable sur deux zones en particulier :

-Le port : l'impact se traduit par un ensablement massif notamment vers la passe d'entrée ainsi que les bassins d'accostage.

-La plage adjacente : l'impact se présente par un engraissement découlant de la formation d'un tombolo, à l'inverse il traduit une érosion au pied de l'épi récemment installé.

Il est à signaler que la zone de l'épi Nord subit une évolution assez rapide en matière d'engraissement du fait qu'elle constitue un obstacle du transit sédimentaire (**Photos n°02**).



Photo n°01 : Apparition d'un tombolo au niveau de la plage Ouest.



Photo n°02 : Accumulation massive du sable au niveau de l'épi Nord.

V.3.Variation de la ligne de rivage :

La digitalisation de la ligne du rivage sur les images satellitaires a permis la superposition des tracés des 2003, 2009 et 2014 ; le résultat présente une évolution rapide et très prononcée dans la zone :

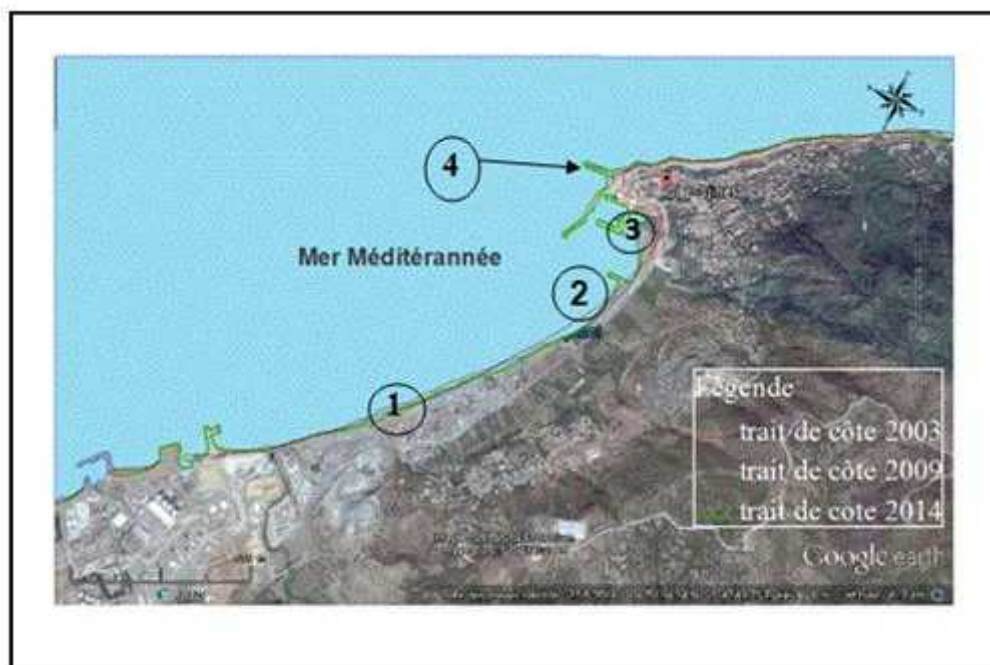


Figure n°35: Carte de l'Evolution de la ligne du rivage dans la région de Cap Djinet durant les années 2003/2009/2014.

V.3.1. Analyse et commentaire :

La carte montre quatre (4) secteurs avec une dynamique variable à savoir :

Le secteur (1) : montre une érosion continue dans le temps et dans l'espace.

Le secteur (2) : montre une dynamique variable entre régression et transgression de la ligne de rivage, assez rapide, due à l'implantation de l'épi sud.

Le secteur (3, 4) : montrent une évolution due à la formation d'un tombolo dans le secteur 3 et à l'engraissement de la plage en poche dans le secteur 4 dû à l'implantation de l'épi Nord.

Conclusion :

L'étude de la morphologie sous-marine et la ligne de rivage montre une évolution nette et réelle constatée sur site. Les aménagements entrepris dans la zone semblent donner un résultat positif à court terme et dans des secteurs bien définis, néanmoins, la zone étant dépendante de plusieurs facteurs, notamment l'activité hydro-sédimentaire ; une nécessité de surveillance continue au niveau du trait de côte, des profils aériens et sous-marins se révèle indispensable pour la compréhension des différents phénomènes.

En résumé, l'implantation d'un ouvrage sur le littoral ou une modification de la côte perturbe les conditions de déplacement ou l'équilibre naturel des matériaux. Les fonds et le rivage évoluent de façon à atteindre un état d'équilibre correspondant à la nouvelle situation. Il est donc nécessaire de prévoir l'effet d'un ouvrage nouveau sur le régime d'une côte (**Maquet, 1978**).

CONCLUSION GENERALE

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 du port de Cap Djinet, 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.

Le Cap Djinet, exemple type où l'on voit une importante frange sablonneuse ourlée le pied d'un massif (Djinet), formant un saillant du littoral (**leclaire, 1972**). L'implantation d'un port dans cette zone où les transports sédimentaires sont très intenses, a laissé l'optimisation de l'orientation de la passe d'entrée du port sans efficacité face à la pénétration des sédiments. Ce processus engendre en même temps une érosion très rapide à l'aval.

Afin de mener à bien cette mission et de répondre à la problématique, nous avons départagé notre travail en cinq parties :

La première partie consistait à la mise en place d'un SIG afin d'évaluer l'évolution historique de la ligne de côte entre la période 2003-2014. La superposition des traits de côte relevés des images satellitaires montrent un recul de ligne du rivage sur toute la période d'étude avec une perte de **749.75 m²** durant une période de 11 ans, soit (-) **68.15 m²/an**.

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 deuxième partie consistait à simuler la propagation des vagues venant de trois directions différentes avec estimation de la hauteur de la houle significative à la côte et ce, à l'aide du logiciel SWAN, les résultats obtenus démontrent que la houle de secteur Ouest est la plus menaçante sur la zone, responsable du transit littoral, elle doit être prise en considération dans tout dimensionnement qui concerne la zone.

La troisième partie consistait à étudier modéliser le transport sédimentaire par le model GSTA « Grain Size Trend Analysis » dans la zone a donné des résultats satisfaisants, qui semblent concorder avec les résultats obtenus au cours de notre étude.

Enfin, la dernière partie avait pour but d'exposer l'impact de l'implantation des équipements côtiers sur l'évolution du trait de côte. Notre étude nous a permis de constater que la diversité des facteurs à l'origine des phénomènes auxquels fait face le littoral de Cap Djinet le rendait sensible à toutes autres interventions qui très souvent ne représentent que des solutions temporaires à un problème d'ordre régional.

Conclusion générale

Il est à rappeler que l'ensablement et/ou l'érosion sont souvent des phénomènes naturels liés aux effets météorologiques, hydrodynamiques et hydro-sédimentaires. Ces phénomènes sont toutefois accélérés par les effets perturbateurs liés à l'emprise humaine sur le rivage.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

AKZIZ D., ET KAHOUADJI H., 2011. Dynamique sédimentaire et ensablement du port de Cap Djinet. Mémoire de Master 2. USTHB. Alger: 67 p.

AOUDJ C., 2014. Evolution morpho dynamique du trait de côte du littoral Est de Béjaia - Cas de Tichy -. Mémoire Master 2. ENSSMAL. Alger: 45 p.

BELKESSA R., 1991. Evolution géomorphologique et sédimentologique du bas Isser et de son embouchure. Thèse de Magister. ISMAL. Alger: 162 p.

BERNI C., 2011. Processus de mobilisation et de transport de sédiments dans la zone de déferlement. Thèse de doctorat. Université de Grenoble: 249 p.

BERTIER J., 2009. Analyse multi-échelles de la morpho-dynamique d'une plage artificielle, avant-port Ouest de Dunkerque (Nord de la France). Thèse de Doctorat. Université du Littoral Côte d'Opale. Dunkerque: 303 p.

BOUTIBA M., 2005. Protection des sites sensibles naturels marins du secteur Cap Djinet au Mont Chenoua. Impacts des activités anthropiques. Rapport de synthèse. MATE: 88 p.

BOUTIBA M., 2006. Géomorphologie dynamique et mouvement des sédiments le long de la côte sableuse Jijelienne (est Algérie).Thèse de doctorat. FSTAGT/USTHB. Alger: 252 p.

CASTELLE B., 2004. Modélisation de l'hydrodynamique sédimentaire au-dessus des barres sableuses soumises à l'action de la houle, application a la cote aquitaine. Thèse de Doctorat. Université de Bordeaux I: p 23-128.

DJOUDER F., ET SMAOUN A., 2011. Evaluation de la vulnérabilité à l'élévation du niveau de la mer dans la partie Ouest du golfe de Béjaia, entre Cap Carbon et Cap Aokas. Mémoire de Master 2. USTHB. Alger: 64 p.

DJOUDER F., ET SMAOUN A., 2010. Variation historique de la ligne de rivage et érosion côtière dans la partie Ouest du golfe de Béjaia. Mémoire d'Ingénieur. USTHB. Alger: 75 p.

DURAND D.M., 1969. Mise en point sur la structure du Nord Est de la Berbèrie. Bull. Srv. Carte Géol, Algérie, Vol. 39, pp. 89-131.

DURAND D.M., ET FONTBOTE J.M., 1980. Le cadre structural de la Méditerranée Occidentale. Mem. Bur. Rech. Géol. min, Vol. 115, pp. 65-85.

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 » Volume1. Thèse de Doctorat. Université de Bretagne occidentale. France: 321 p.

Bibliographie

GAO S., ET COLLINS M., 1991. A critique of the "McLaren method" for defining sediment. *Journal of Sedimentary Petrology*, Bretagne, 61, pp. 143-146.

GAO S., ET COLLINS M., 1992. Net sediment transport patterns inferred from grain-size. *Sedimentary Geology*, Bretagne, 80, pp. 47-60.

GAO S., ET COLLINS M., 1994. Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, base du pondefinition of "transport vectors"-reply. *Sedimentary Geology*, 90, pp. 157-159.

GARLAN T., SOUFFEZ J.M., MAUGET R., MAZE J.P, ET LEBALLEUR L., 2011. A system of models and data base for short term beach processes –ECORS simulator. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 64, ICS 201.

GOURIOU T., 2007. Evolution morphologique d'une plage sableuse-Comparaison entre un site préservé et un site anthropisé. Mémoire de stage de Master 2 ENVOLH. Université Bordeaux I: 30 p.

KHALFANI D., 2014. Étude hydro-sédimentaires à l'avant cote de Cap Djinet wilaya de Boumerdes. Thèse de magistère. ENSSMAL. Alger: 196 p.

LAYOUNE A., ET TIGUERCHA D., 2011. Application de la modélisation numérique pour l'étude de l'ensablement du port de Cap Djinet. Mémoire d'ingénieur. ENSSMAL. Alger: 62 p.

LECLAIRE L., 1972. La sédimentation Holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléaire. Université de Paris, Mémoires (Muséum national d'histoire naturelle), Sciences de la terre. Thèse de Doctorat. Vol. 23 à 24, Série C, p. 391.

LEM., 2009. Etude d'aménagement d'un port de pêche et de plaisance à Cap Djinet: Etude d'ensablement du port. Laboratoire d'Etudes Maritimes. Alger: 46 p.

MAQUET, J.F., 1978. Protection du littoral, Edit Technique de l'ingénieur. France: 6 p.

MCLAREN P., 1981. An interpretation of trends in grain size. *Journal of Sedimentary Petrology*, Canada, 51, pp. 611-624.

MCLAREN P., ET BOWLES D., 1985. The effect of sediment transport on grain-size distribution. *Journal of Sedimentary Petrology*, Pacific Geoscience Centre. Canada, 55, pp. 457-470.

Bibliographie

MEDATLAS.1999-2004: European Directory of Marine Environmental Data. Zone Algérienne.

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: 404 p.

MOULIN ET AL., 1978. Météo, vents, neige, tempêtes. Edition Maritime d'où très mer: 150 p.

OTMANI H., 2014. Impacts des infrastructures maritimes sur le littoral : Cas de Cap Djinet. Thèse de Magister. ENSSMAL. Alger: 107 p.

PASKOFF P., 1993. Les littoraux Impact des aménagements sur leur évolution. MASSON (Ed.). Paris. France: 188 p.

PASKOFF R., 1993. Côtes en danger, Ed Masson, Paris, 250 p. Serv .Géol. Algérie, 39, pp. 89 -131.

PIAN S., 2010. Analyse multiscalaire et multifactorielle de l'évolution et du comportement géomorphologique des systèmes côtiers sud bretons. Thèse de Doctorat. Université de Rennes 2 Haute Bretagne. France: 404 p.

PRICE T.D., ET RUESSINK B.G., 2008. Morphodynamic zone variability on a microtidal barred beach. Marine Geology, 251, pp. 98-109.

ANNEXE

Annexe 1

Tableau n°02 : Fréquence mensuelle de la houle au large par direction en pourcentage (%) (SSMO, 1963-1970).

Direction	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Mois								
Janvier	8,1	12,9	18,2	18,2	6,5	12,3	28,8	7,3
Février	8,8	10,3	12,6	12,6	6,1	16,9	35,6	5,8
Mars	11,3	12,6	15,8	15,8	4,5	12,3	30,5	9,2
Avril	11,7	15,4	16	16	4,4	13,7	26,7	10,2
Mai	8,2	26,3	31,9	31,9	3,3	7,2	13,9	5,2
Juin	9,2	29,1	29,8	29,8	1,4	8,2	16,4	4,2
Juillet	5,9	32,5	35,1	35,1	1	5,9	16,3	2
Août	8,8	27,7	37,3	37,3	1,1	5	13,4	4,9
Septembre	6,7	26,4	40,5	40,5	2,3	4,6	14,8	2,5
Octobre	7,8	14,1	20,3	20,3	4,2	14,8	28,8	6,8
Novembre	5,5	5,8	10	10	8	15,9	40,4	9,4
Décembre	10,2	6,2	9,4	9,4	7,5	15	37,1	10
Moyenne	8,52	18,72	23,08	23,08	4,19	11,06	25,23	6,46

Annexe 1

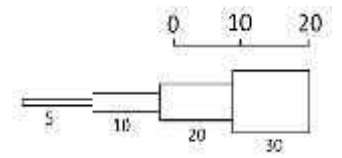
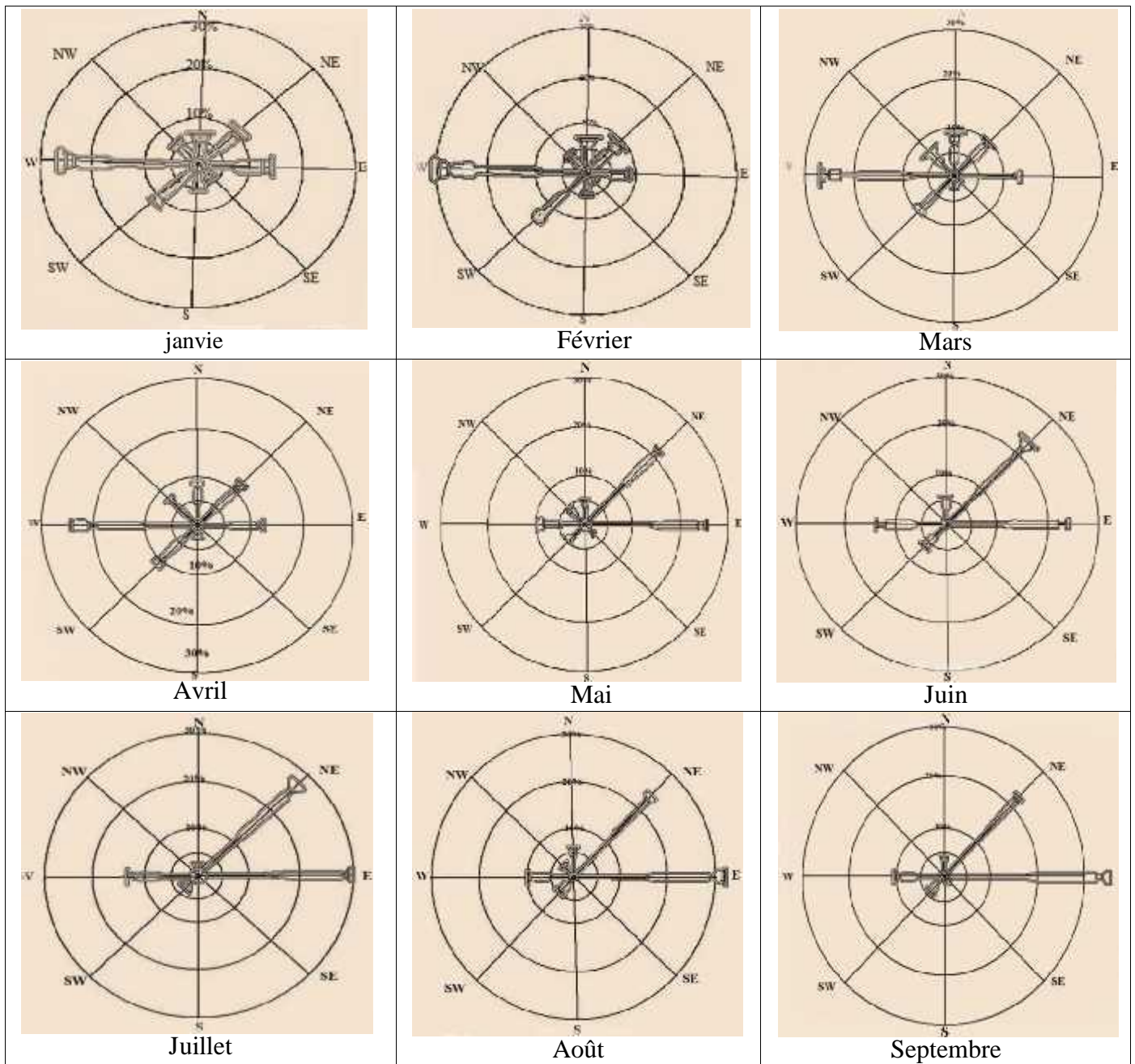
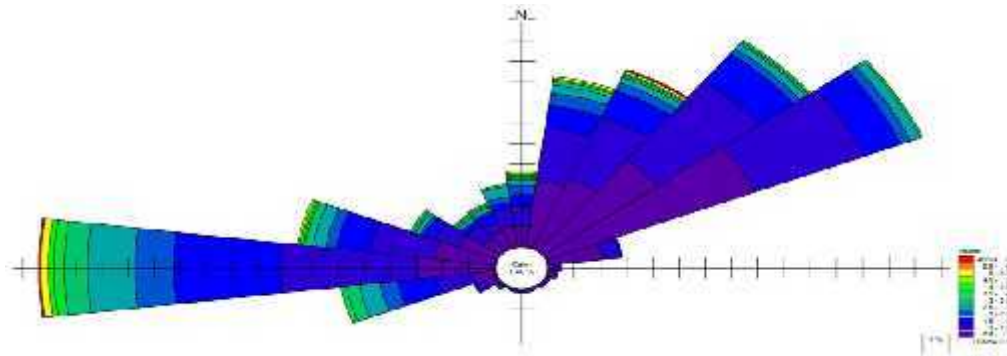


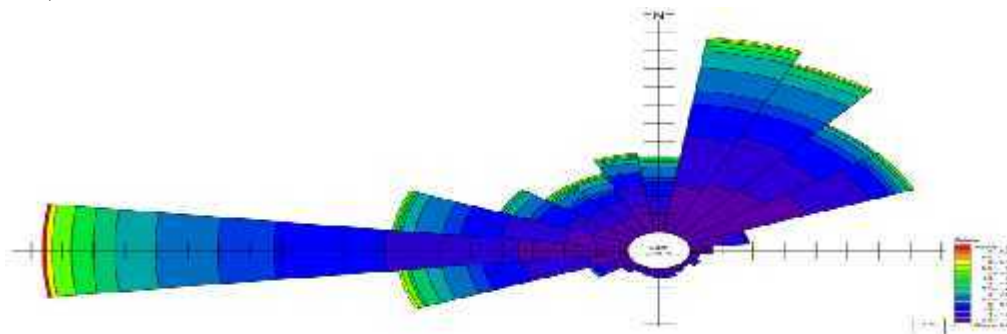
Figure n°08 : Roses mensuelles des directions des houles (Source ; S.S.M.O)

Annexe 1

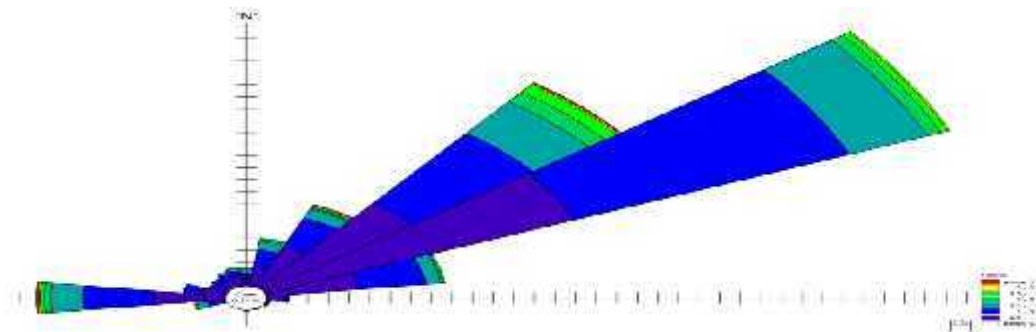
AUTONNE



HIVER



ETE



PRINTEMPS

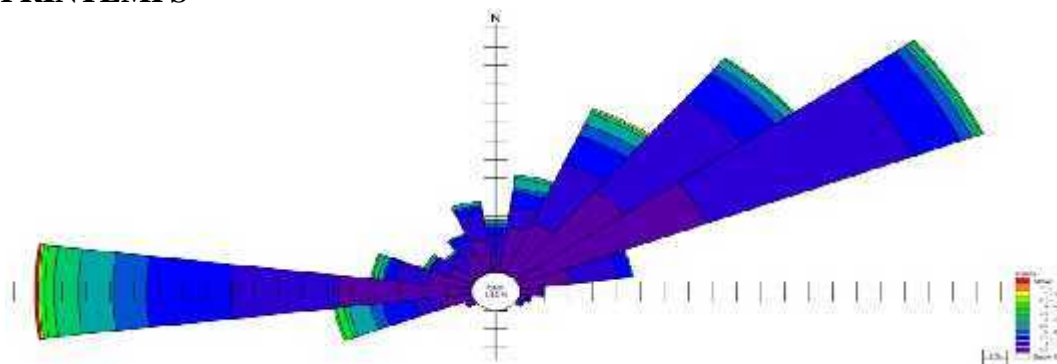
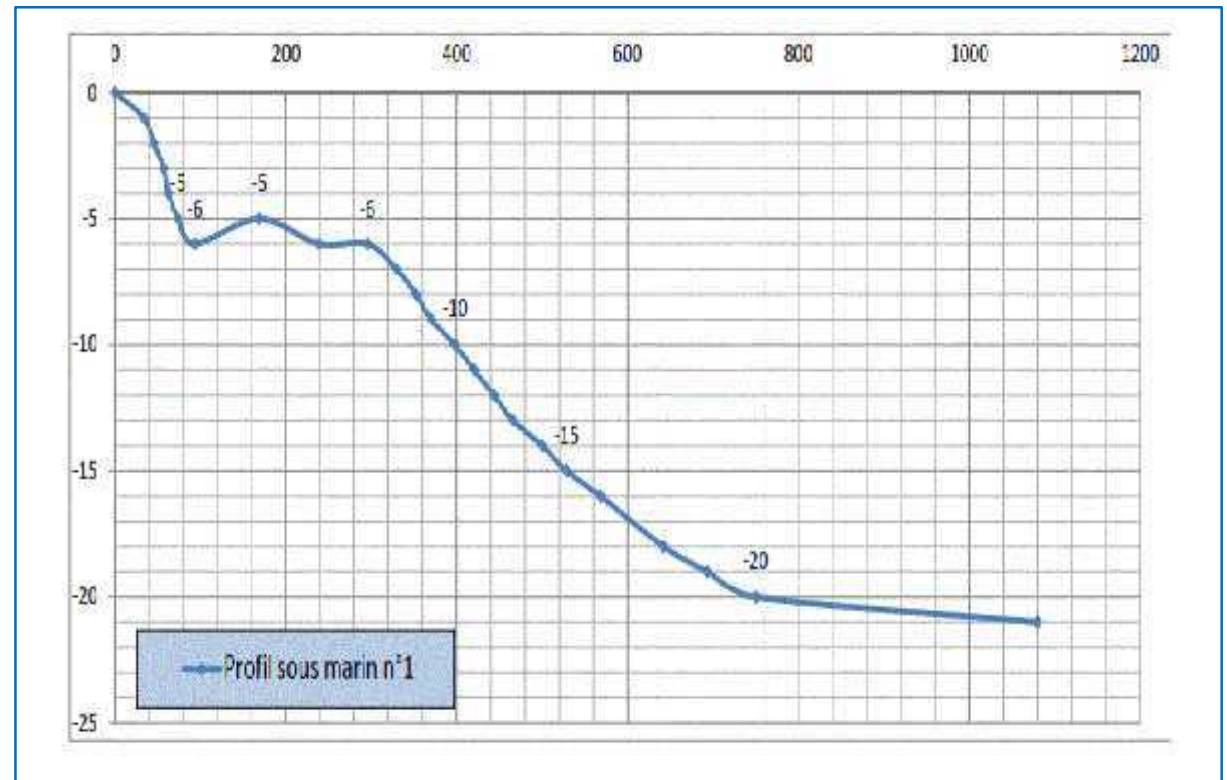


Figure n° 10 : Roses saisonnières des houles au large de Cap Djinet (Source MEDATLAS)

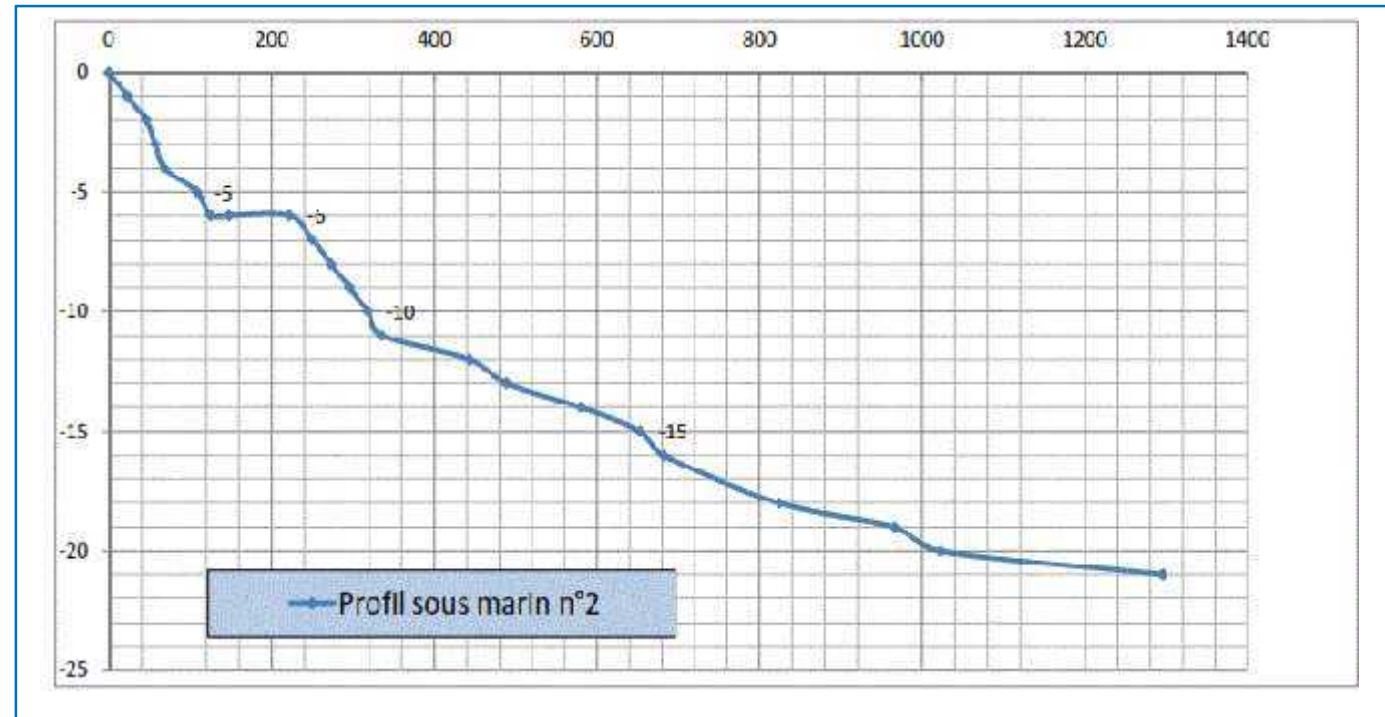
Annexe 03

Profil sous-marin n° 1	
Distance (m)	Profondeur (m)
34,09090909	-1
45,45454545	-2
56,81818182	-3
62,5	-4
73,86363636	-5
93,18181818	-6
169,3181818	-5
238,6363636	-6
295,4545455	-6
329,5454545	-7
352,2727273	-8
370,4545455	-9
397,7272727	-10
420,4545455	-11
443,1818182	-12
465,9090909	-13
465,9090909	-14
500	-15
528,4090909	-16
568,1818182	-19
642,0454545	-20
1079,545455	-21



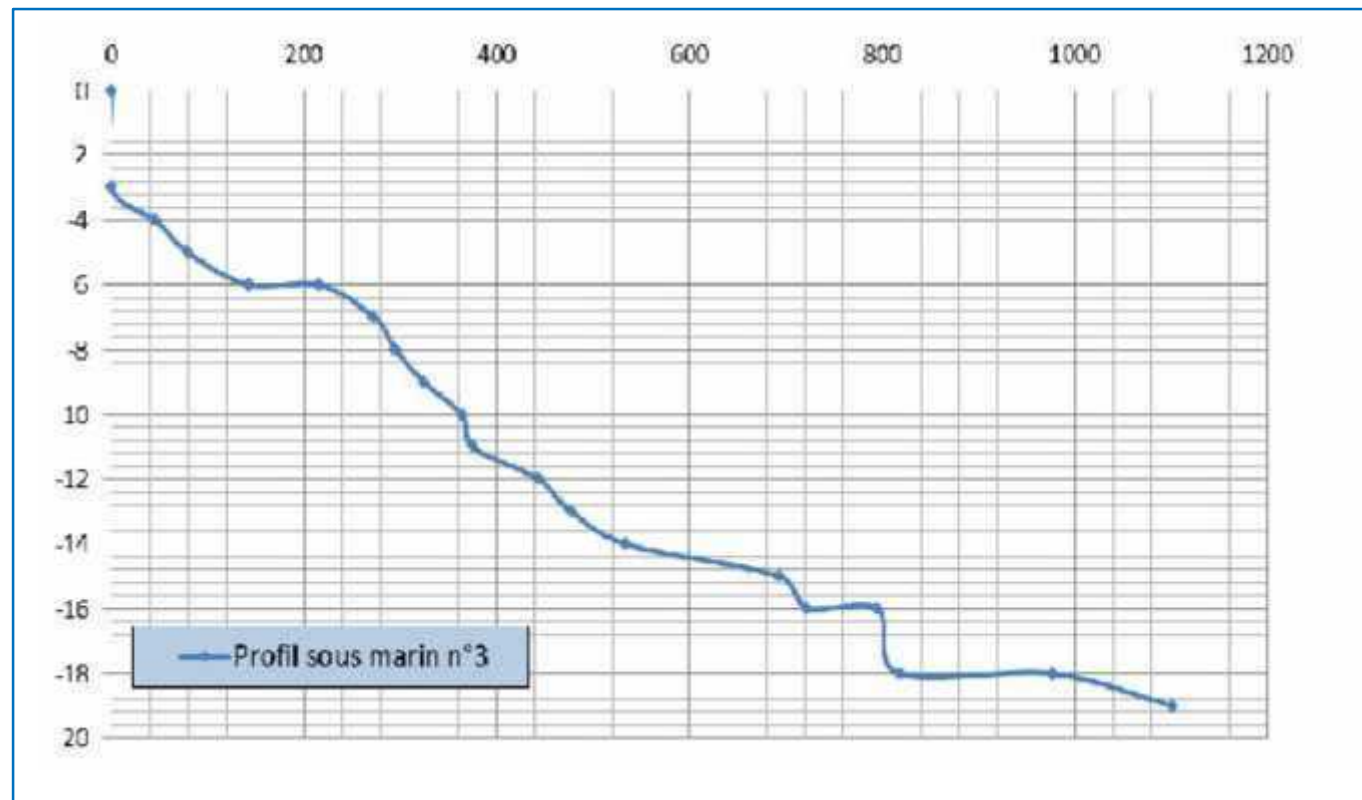
Annexe 3

Profil sous-marin n°2	
Distance (m)	Profondeur (m)
0	0
22,72727273	-1
45,45454545	-2
56,81818182	-3
68,18181818	-4
107,9545455	-5
125	-6
147,7272727	-6
221,5909091	-6
250	-7
272,7272727	-8
295,4545455	-9
318,1818182	-10
335,2272727	-11
443,1818182	-12
488,6363636	-13
579,5454545	-14
653,4090909	-15
681,8181818	-16
823,8636364	-18
965,9090909	-19
1022,727273	-20
1295,454545	-21



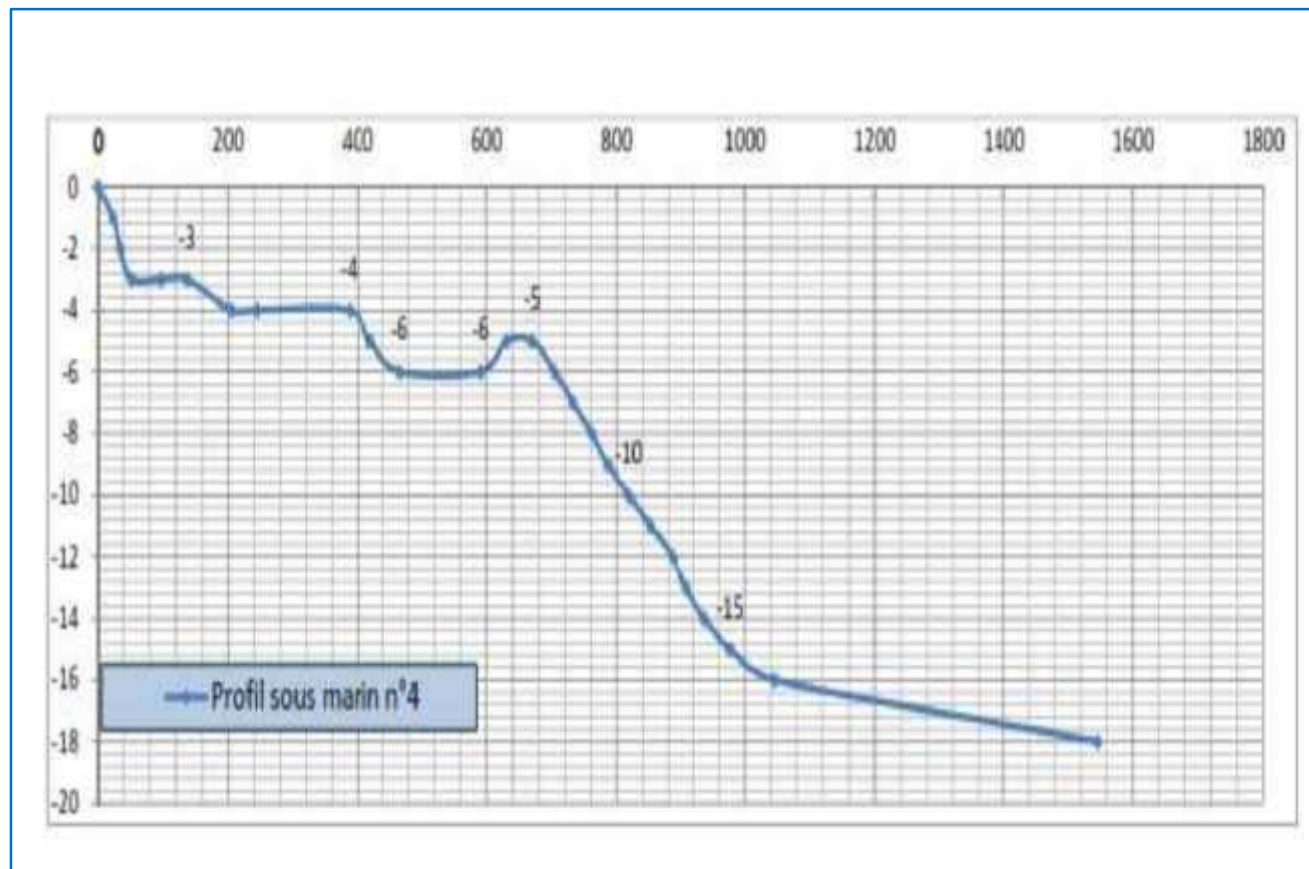
Annexe 3

Profils sous-marin n°3	
Distance (m)	Profondeur(m)
0	0
0	-3
45,45454545	-4
79,54545455	-5
142,0454545	-6
215,9090909	-6
272,7272727	-7
295,4545455	-8
323,8636364	-9
363,6363636	-10
375	-11
443,1818182	-12
477,227273	-13
534,0909091	-14
693,1818182	-15
721,5909091	-16
795,4545455	-16
818,1818218	-18
1102,272727	-18



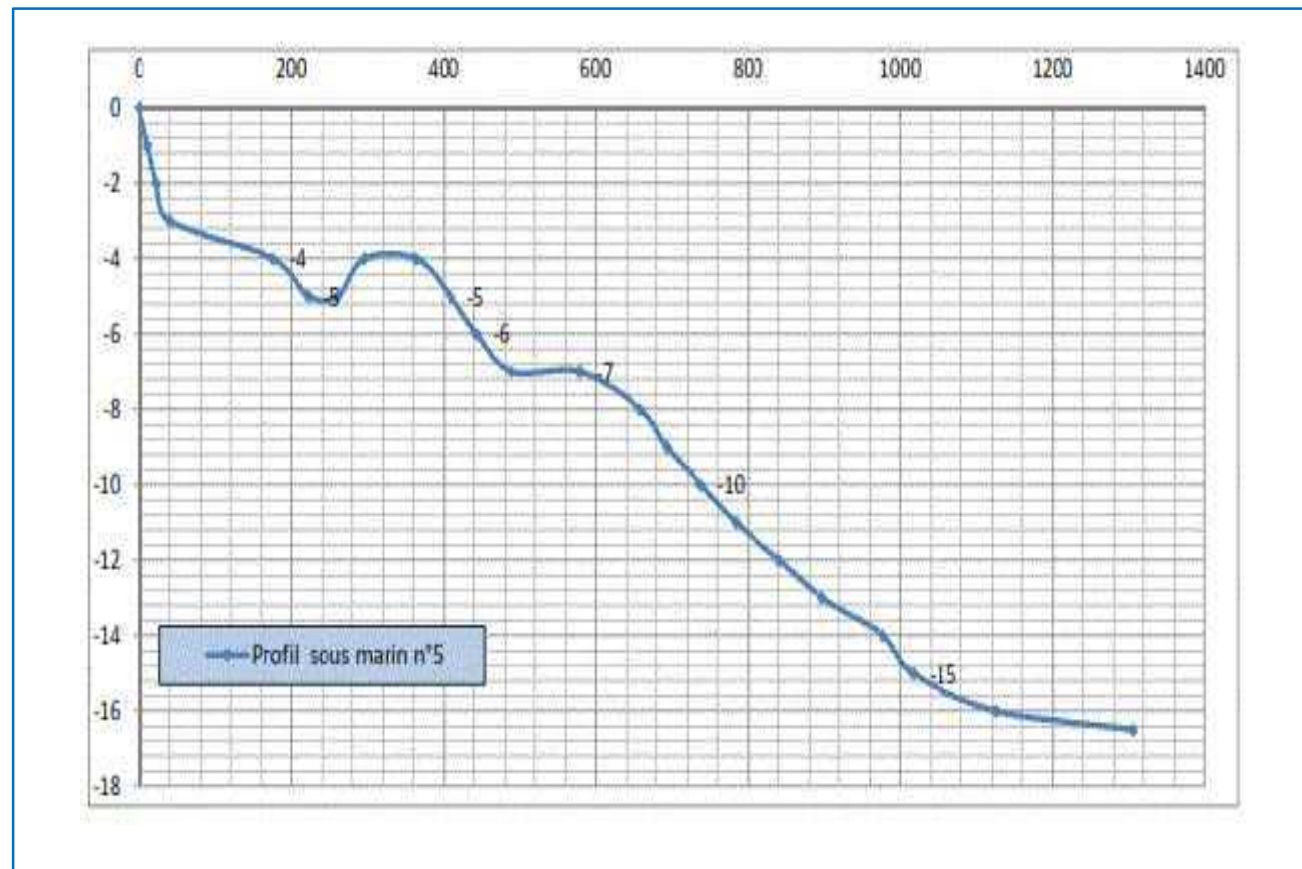
Annexe 3

Profil sous-marin n°4	
Distance(m)	Profondeur(m)
0	0
22,72727273	-1
34,09090909	-2
51,13636364	-3
96,59090909	-3
136,3636364	-3
204,5454545	-4
244,3181818	-4
386,3636364	-4
420,4545455	-5
630,6818182	-6
670,4545455	-6
704,5454545	-5
732,9545455	-5
761,3636364	-6
786,3636364	-7
852,2727273	-8
886,3636364	-9
818,1818182	-10
852,2727273	-11
886,3636364	-12
909,0909091	-13
937,5	-14
977,2727273	-15
1045,454545	-16
1545,454545	-18



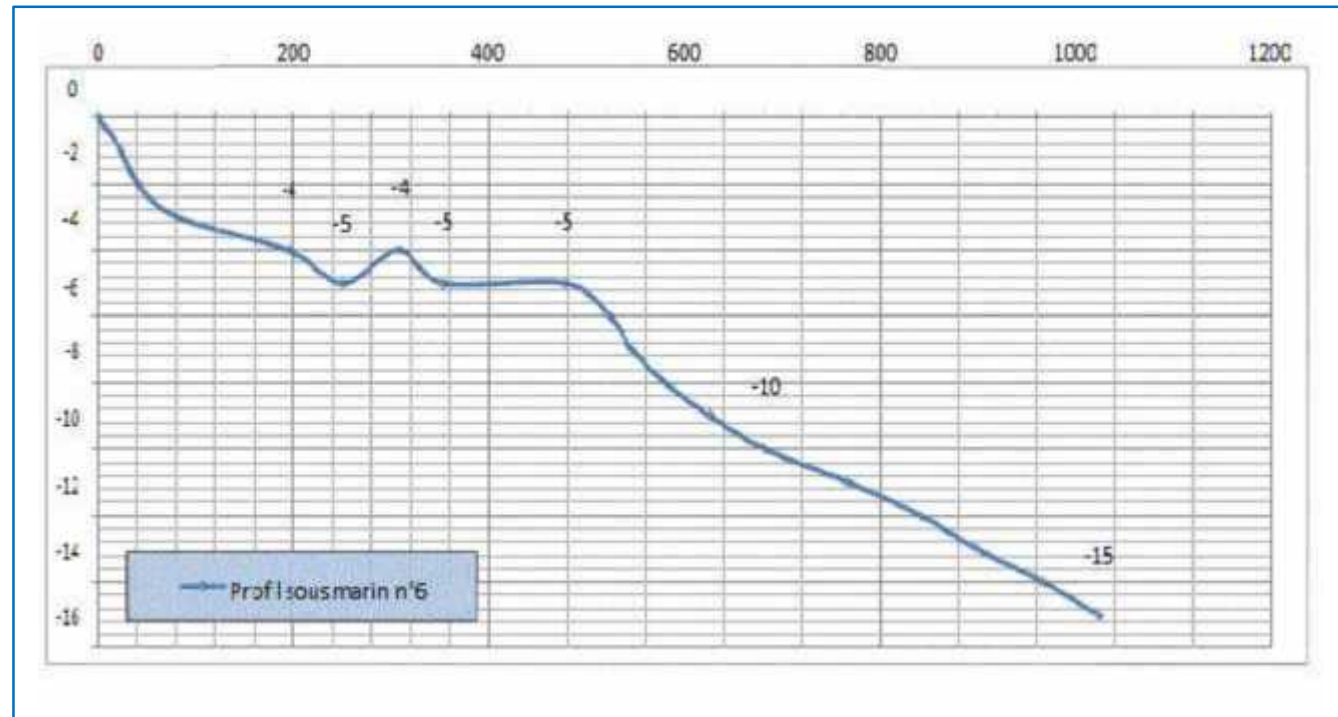
Annexe 3

Profil sous-marin n°5	
Distance	Profondeur (m)
0	0
11,36363636	-1
22,72727273	-2
39,77272727	-3
176,1363636	-4
221,5909091	-5
295,4545455	-5
363,6363636	-4
409,0909091	-4
443,1818182	-6
488,6363636	-7
579,5454545	-7
659,0909091	-8
693,1818182	-9
738,6363636	-10
738,6363636	-11
840,9090909	-12
897,7272727	-13
977,2727273	-14
1017,045455	-15
1125	-16
1306,818182	-16.5



Annexe 3

Profil sous-marin n°6	
distance (m)	profondeur (m)
0	0
22,72727273	-1
0	0
79,54545455	-3
193,1818182	-4
250	-5
306,8181818	-4
352,2727273	-5
477,2727273	-5
522,7272727	-6
545,4545455	-7
579,5454545	-8
625	-9
681,8181818	-10
767,0454545	-11
840,9090909	-12
897,7272727	-13
965,9090909	-14
1022,727273	-15



Annexe 4

Tableau n°05 : Taux d'évolution du trait de côte du littoral de Cap Djinet (m/an) entre 2003 et 2014

Transects	T.E 2003-05 m	V.E 2003-05 m/an	T.E 2005-07 m	V.E 2005-07 m/an	T.E 2007-09 m	V.E 2007-09 m/an	T.E 2009-12 m	V.E 2009-12 m/an	T.E 2012-2014 m	V.E 2012-2014 m/an	T.V 2003-14 m	V.E 2003-14 m/an
T1	-1,67	-0,84	-7,31	-3,66	2,11	1,06	4,97	1,66	-4,25	-2,12	-7,93	-0,78
T2	-3,41	-1,71	-1,10	-0,55	2,96	1,48	4,37	1,46	-3,02	-1,51	0,48	-0,16
T3	-4,49	-2,25	-6,09	-3,05	2,91	1,46	3,28	1,09	-6,56	-3,28	-13,69	-3,83
T4	-6,54	-3,27	-3,41	-1,71	3,18	1,59	0,58	0,19	2,17	1,09	-7,21	-0,42
T5	-3,98	-1,99	-0,01	0,00	2,63	1,32	3,75	1,25	-1,31	-0,66	1,65	-0,02
T6	-1,22	-0,61	-1,75	-0,88	1,81	0,91	3,63	1,21	0,40	0,20	3,50	0,17
T7	-3,67	-1,84	-1,24	-0,62	2,46	1,23	5,44	1,81	-3,66	-1,83	-0,09	-0,25
T8	-2,44	-1,22	0,81	0,41	2,56	1,28	1,22	0,41	-2,08	-1,04	0,95	-0,03
T9	-2,57	-1,29	3,73	1,87	2,60	1,30	3,28	1,09	7,13	3,57	17,14	1,31
T10	-2,12	-1,06	1,53	0,77	0,00	0,00	-1,91	-0,64	3,24	1,62	-0,19	0,14
T11	2,56	1,28	1,40	0,70	3,01	1,51	4,23	1,41	0,03	0,01	16,12	0,98
T12	0,35	0,18	2,84	1,42	1,83	0,92	0,70	0,23	2,67	1,34	11,13	0,82
T13	-3,47	-1,74	-3,03	-1,51	-0,90	-0,45	2,65	0,88	5,58	2,79	-1,99	-0,01
T14	-1,92	-0,96	-3,53	-1,77	-3,41	-1,71	-1,19	-0,40	-0,77	-0,39	-15,65	-1,04
T15	-0,50	-0,25	-3,24	-1,62	-1,89	-0,95	0,18	0,06	-2,78	-1,39	-10,99	-0,83
T16	-1,63	-0,82	-8,31	-4,16	-1,54	-0,77	-4,02	-1,34	-4,88	-2,44	-27,46	-1,90
T17	-3,63	-1,82	-3,75	-1,88	-2,46	-1,23	0,03	0,01	1,60	0,80	-13,13	-0,82
T18	-7,99	-4,00	1,17	0,59	-2,69	-1,35	6,01	2,00	0,00	0,00	-6,25	-0,55
T19	-7,35	-3,68	0,35	0,18	1,99	1,00	-2,29	-0,76	-2,19	-1,09	-12,76	-0,87
T20	-4,43	-2,22	-2,01	-1,01	6,17	3,09	-3,69	-1,23	-7,43	-3,71	-12,75	-1,02
T21	-3,95	-1,98	-2,88	-1,44	3,02	1,51	0,93	0,31	1,09	0,54	-3,39	-0,21
T22	5,22	2,61	-4,92	-2,46	-2,18	-1,09	1,02	0,34	1,47	0,74	0,01	0,03
T23	5,62	2,81	-0,29	-0,15	-0,85	-0,43	-2,53	-0,84	-3,65	-1,82	-0,30	-0,09
T24	8,67	4,34	-0,74	-0,37	-3,00	-1,50	1,40	0,47	-0,62	-0,31	8,64	0,52

T.E : Taux d'évolution (m).

V.E : Vitesse d'évolution (m/an).

Annexe 5

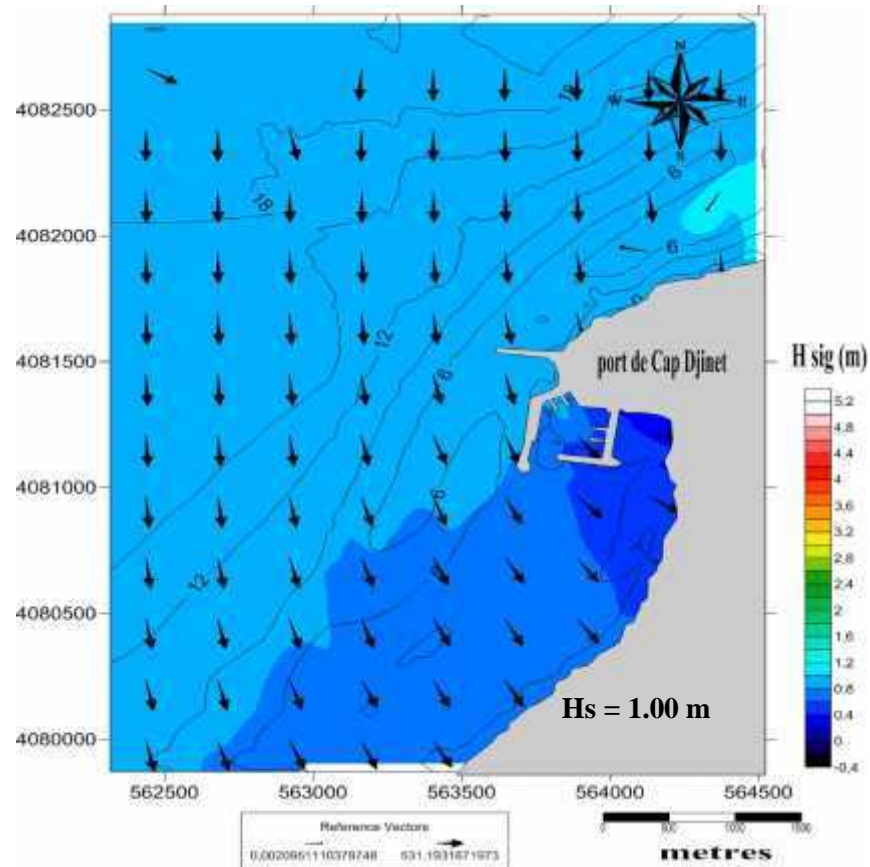


Figure n°01 : Réfraction de la houle pour une direction 360°N et une période de 6s.

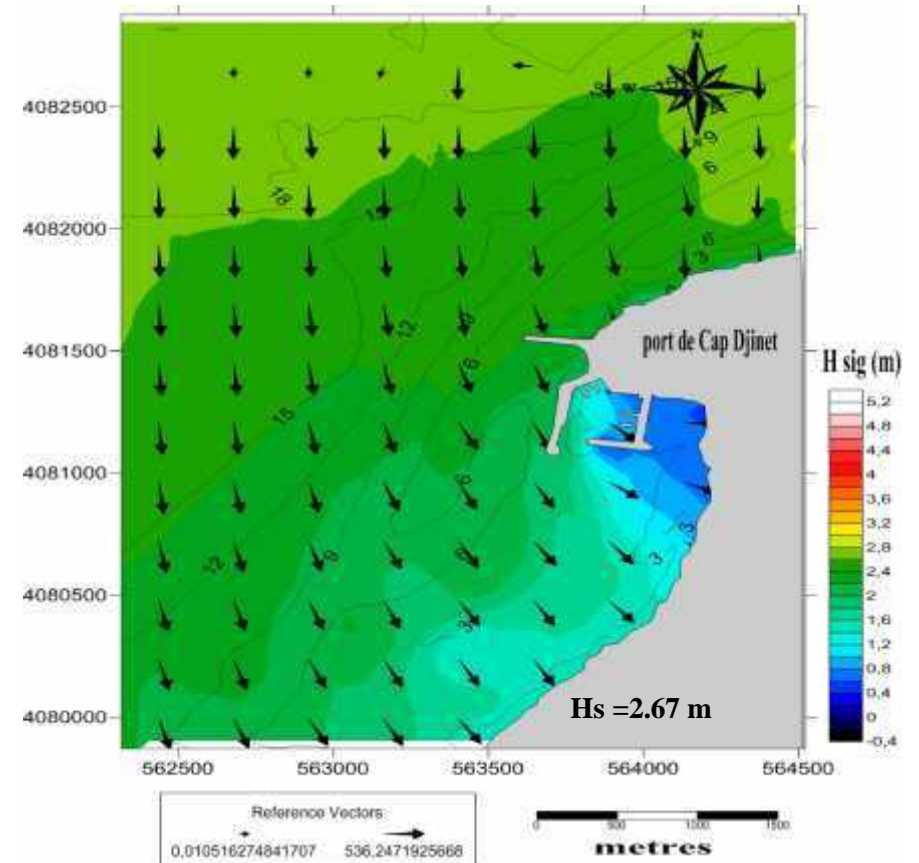


Figure n° 02 : Réfraction de la houle pour une direction 360°N et une période de 8s.

Annexe 05

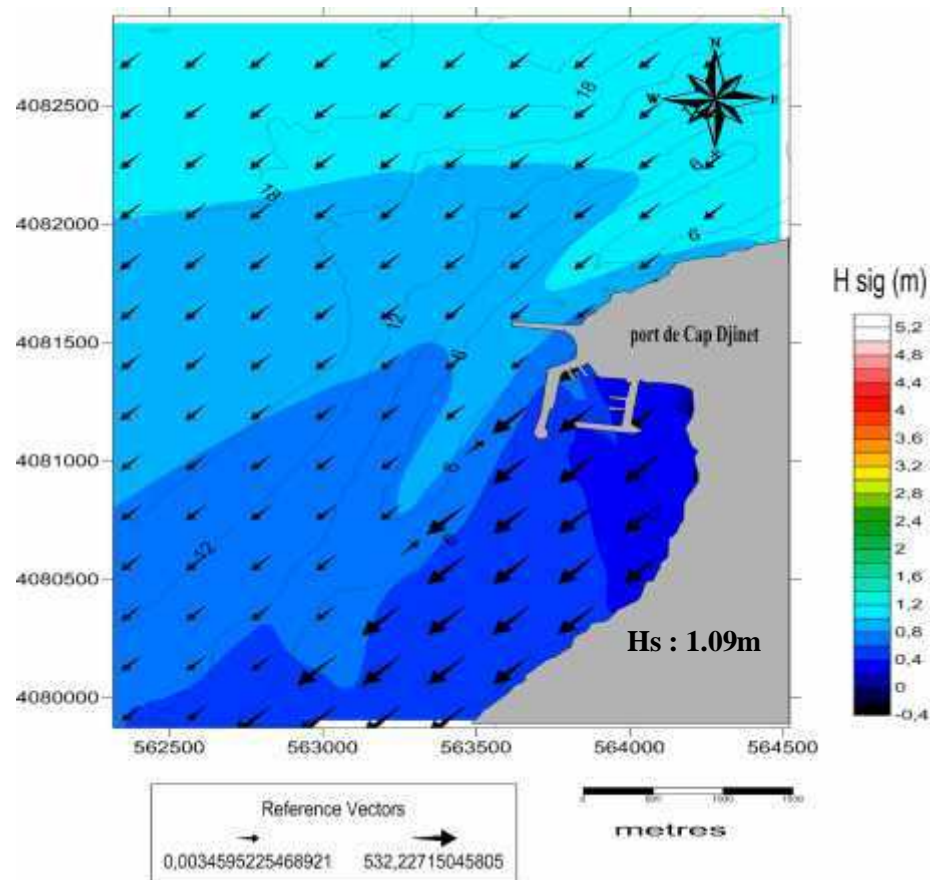


Figure. n°03 : Réfraction de la houle pour une direction 45°N et une période de 6s.

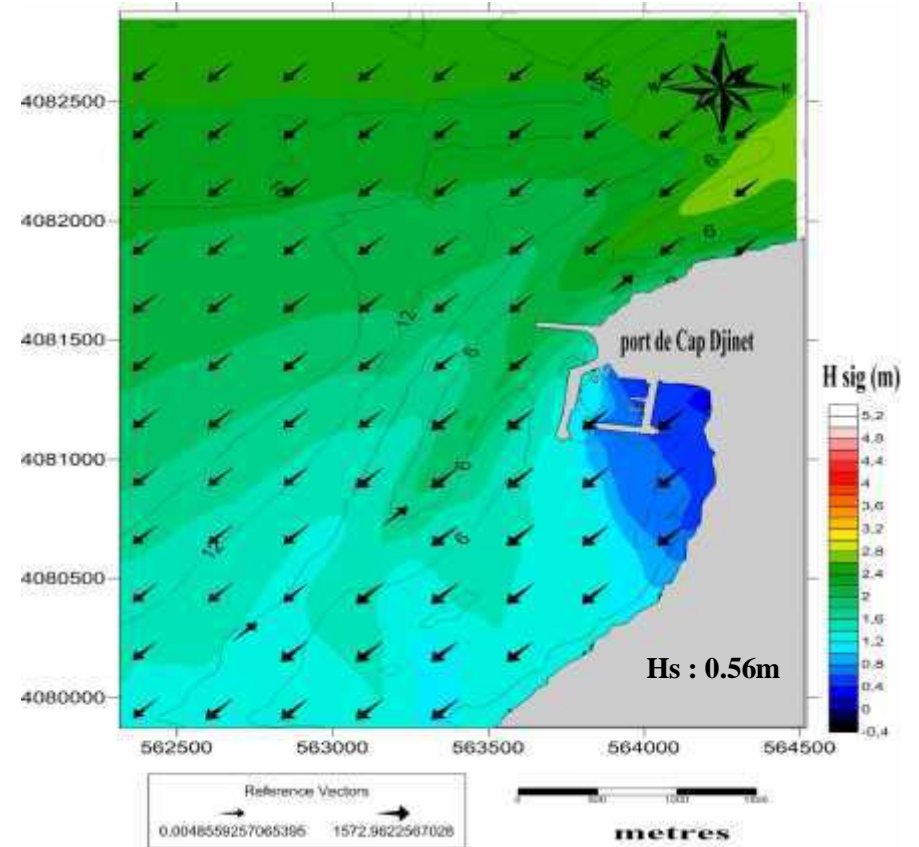


Figure n°04 : Réfraction de la houle pour une direction 45°N et une période de 8s.

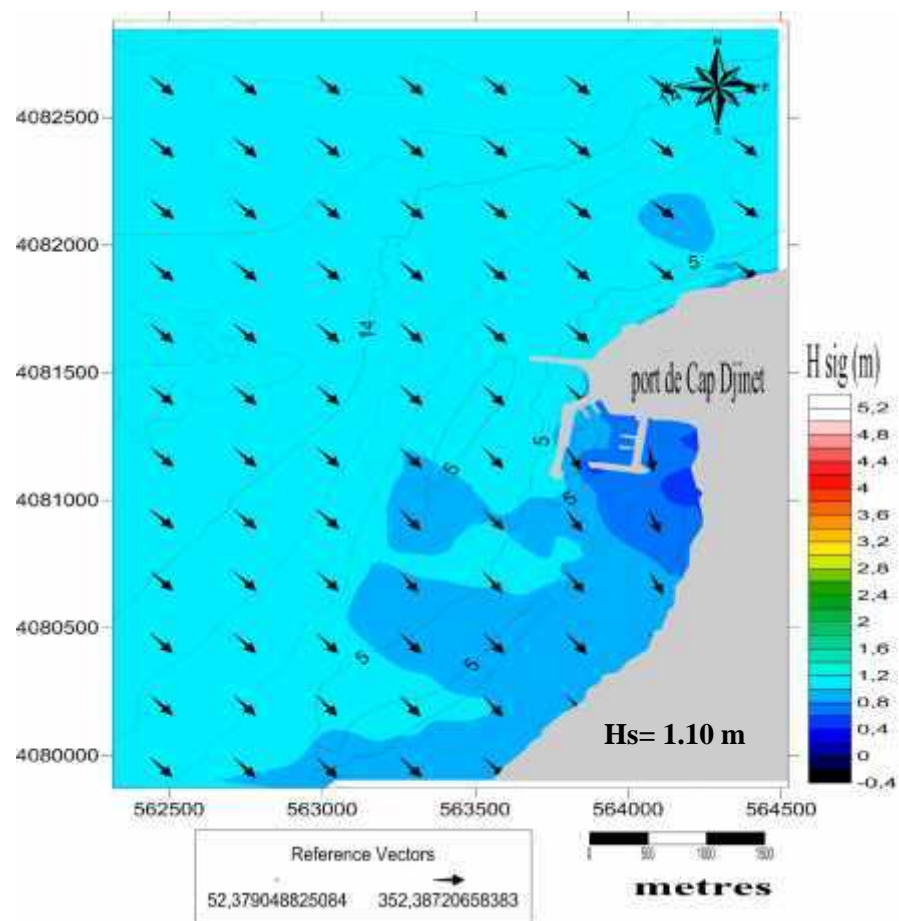


Figure 05 : refraction de la houle pour une direction $315^\circ N$ et une période de 6S

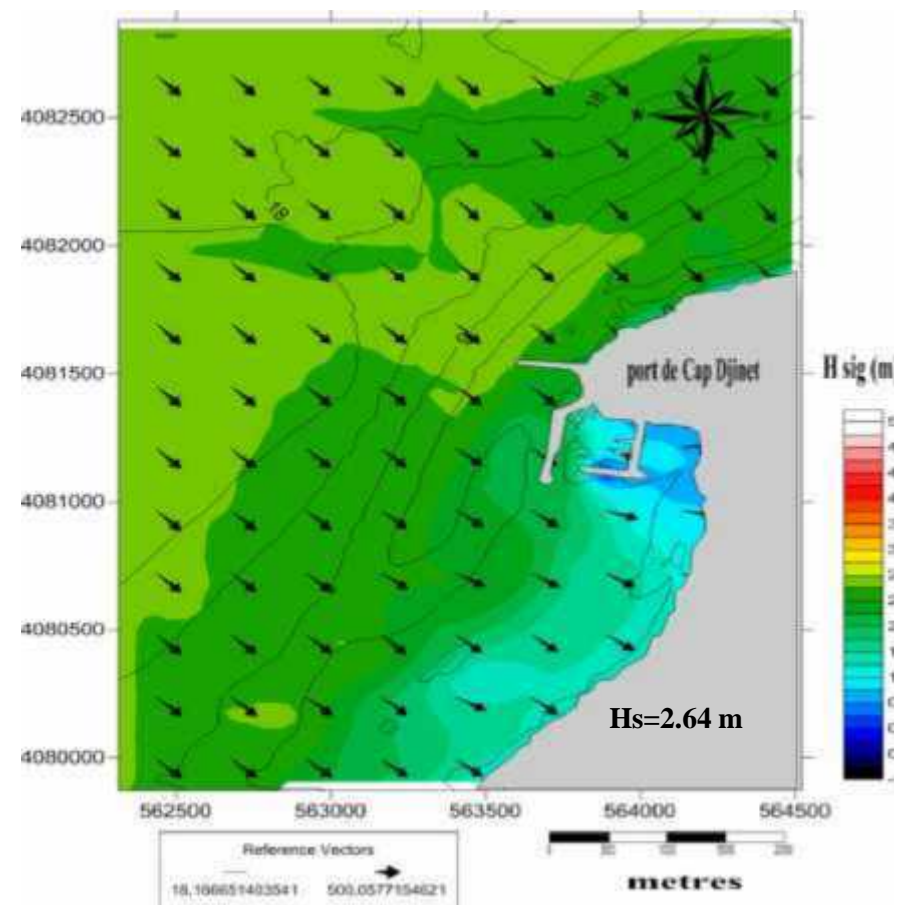


Figure 06 : refraction de la houle pour une direction $315^\circ N$ et une période de 8S

Tableau n°01: Calcul de la réfraction de la houle du secteur 45°/6s.

Xp [m]	Yp [m]	Hsig [m]	Dir [degr]	Period [sec]	Tpeak [sec]	Depth [m]
563383	4079980	0,43189	334	5,5807	6,229	-3,112
563946	4080756	0,31509	320	5,7938	6,229	-3,235
564679	4082291	0,17434	358	5,6893	6,229	-2,977
564491	4082240	0,24957	9	5,5398	6,229	-5,064
563587	4081498	0,51982	356	5,2898	6,229	-5,4378
563528	4080850	0,41449	344	5,4337	6,229	-5,0598
563451	4080526	0,42769	342	5,5526	6,229	-4,0681
563093	4080407	0,39298	350	5,1276	6,229	-5,0954
562726	4079895	0,32341	357	5,113	6,229	-9,059
563084	4080901	0,44111	357	5,0101	6,229	-8,03
563647	4081950	0,58631	19	4,9657	6,229	-10,4248
562198	4079887	0,35012	11	5,148	6,229	-11,0511
561788	4079904	0,39439	23	4,8432	6,229	-13,0838
561618	4080049	0,44844	29	4,678	6,229	-15,047
561882	4080765	0,56964	35	4,8282	6,229	-19,2459
562019	4081293	0,66695	41	4,8754	6,229	-26,1693
561371	4081259	0,55374	45	4,7579	6,229	-31,2933
561993	4081882	0,58813	43	4,846	6,229	-36,1952
562795	4082683	0,60641	30	4,9711	6,229	-41,0143
563025	4082206	0,84686	37	5,0121	6,229	-30,0002
563485	4082854	0,77241	42	5,0542	6,229	-30,0812
561541	4082121	0,42464	41	4,6558	6,229	-44,0254
562658	4080978	0,50872	18	4,9175	6,229	-14,2648
562581	4081532	0,71172	34	4,9407	6,229	-25,2296
562317	4082393	0,537	36	4,8802	6,229	-42,1295

Tableau n°2: Calcul de la réfraction de la houle du secteur 45°/8s.

Xp [m]	Yp [m]	Hsig [m]	Dir [degr]	Period [sec]	Tpeak [sec]	Depth [m]
563383	4079980	0,1277	344	6,8849	7,8445	-3,1
563946	4080756	0,11179	324	6,9829	7,8445	-3,2
564679	4082291	0,24964	22	6,4247	7,8445	-3,0
564491	4082240	0,28953	27	6,1525	7,8445	-5,1
563587	4081498	0,20804	8	6,6141	7,8445	-5,4
563528	4080850	0,14873	353	6,9874	7,8445	-5,1
563451	4080526	0,14	351	6,9661	7,8445	-4,1
563093	4080407	0,10366	1	6,1439	7,8445	-5,1
562726	4079895	0,05973	5	6,0456	7,8445	-9,1
563084	4080901	0,09824	9	5,9303	7,8445	-8,0
563647	4081950	0,23693	35	5,6187	7,8445	-10,4
562198	4079887	0,07386	17	6,5385	7,8445	-11,1
561788	4079904	0,0742	27	6,2982	7,8445	-13,1
561618	4080049	0,07934	34	6,1236	7,8445	-15,0
561882	4080765	0,11346	46	5,6275	7,8445	-19,2
562019	4081293	0,16139	57	4,9108	7,8445	-26,2
561371	4081259	0,15921	62	5,0451	7,8445	-31,3
561993	4081882	0,19254	68	4,795	7,8445	-36,2
562795	4082683	0,20616	75	5,3986	7,8445	-41,0
563025	4082206	0,23647	65	5,0578	7,8445	-30,0
563485	4082854	0,23522	75	5,5521	7,8445	-30,1
561541	4082121	0,1959	74	5,1156	7,8445	-44,0
562658	4080978	0,10657	31	5,9204	7,8445	-14,3
562581	4081532	0,17509	54	5,0641	7,8445	-25,2
562317	4082393	0,20628	73	5,3004	7,8445	-42,1

Tableau n:°03 Calcul de la réfraction de la houle du secteur 45°/10s.

Xp [m]	Yp [m]	Hsig [m]	Dir [degr]	Period [sec]	Tpeak [sec]	Depth [m]
563383	4079980	0,06886	290	6,5594	9,3742	-3,1
563946	4080756	0,07999	284	6,4203	9,3742	-3,2
564679	4082291	0,06033	296	6,4664	10	-3,0
564491	4082240	0,04843	290	6,4367	10	-5,1
563587	4081498	0,10293	287	5,8355	9,3742	-5,4
563528	4080850	0,08099	289	6,536	9,3742	-5,1
563451	4080526	0,07618	291	6,6918	9,3742	-4,1
563093	4080407	0,07657	291	7,0109	9,3742	-5,1
562726	4079895	0,07075	290	5,6655	9,3742	-9,1
563084	4080901	0,07272	292	6,6873	9,3742	-8,0
563647	4081950	0,08864	279	6,0944	9,3742	-10,4
562198	4079887	0,07286	291	5,643	9,3742	-11,1
561788	4079904	0,07645	291	5,6744	9,3742	-13,1
561618	4080049	0,0792	288	5,7634	9,3742	-15,0
561882	4080765	0,06447	289	6,7971	9,3742	-19,2
562019	4081293	0,07736	296	6,2861	9,3742	-26,2
561371	4081259	0,06057	314	6,5962	9,3742	-31,3
561993	4081882	0,1441	277	5,7788	9,3742	-36,2
562795	4082683	0,07971	265	6,8035	10	-41,0
563025	4082206	0,05995	271	5,714	10	-30,0
563485	4082854	0,06684	266	6,9153	10	-30,1
561541	4082121	0,12136	275	6,1673	9,3742	-44,0
562658	4080978	0,06639	296	6,7058	9,3742	-14,3
562581	4081532	0,10296	284	5,9494	9,3742	-25,2
562317	4082393	0,07618	266	6,0056	10	-42,1

Tableau n°04: Calcul de la réfraction de la houle du secteur 315°/6s.

Xp [m]	Yp [m]	Hsig [m]	Dir [degr]	Period [sec]	Tpeak [sec]	Depth [m]
563383	4079980	0,02518	284	4,0433	5,6664	-3,1
563946	4080756	0,03009	279	4,1903	6,229	-3,2
564679	4082291	0,02484	295	4,3036	6,229	-3,0
564491	4082240	0,01976	279	4,1125	6,229	-5,1
563587	4081498	0,04877	282	4,4034	6,229	-5,4
563528	4080850	0,0295	283	4,3056	6,229	-5,1
563451	4080526	0,02585	281	4,2389	6,229	-4,1
563093	4080407	0,02411	281	4,1601	6,229	-5,1
562726	4079895	0,03113	282	3,7505	5,6664	-9,1
563084	4080901	0,02474	285	4,3441	6,229	-8,0
563647	4081950	0,03942	277	4,7062	6,229	-10,4
562198	4079887	0,03236	283	3,7382	5,6664	-11,1
561788	4079904	0,03391	283	3,7482	5,6664	-13,1
561618	4080049	0,03489	280	3,8269	5,6664	-15,0
561882	4080765	0,02384	290	4,9502	5,6664	-19,2
562019	4081293	0,02881	292	4,2737	6,229	-26,2
561371	4081259	0,02401	313	5,1421	5,6664	-31,3
561993	4081882	0,06906	276	4,681	6,229	-36,2
562795	4082683	0,03048	265	4,9962	6,229	-41,0
563025	4082206	0,02821	268	4,2906	5,6664	-30,0
563485	4082854	0,02484	265	5,0265	6,229	-30,1
561541	4082121	0,0525	273	4,7196	6,229	-44,0
562658	4080978	0,02202	291	4,4178	6,229	-14,3
562581	4081532	0,04608	281	4,3343	6,229	-25,2
562317	4082393	0,0348	265	4,7482	6,229	-42,1

Tableau n°05: Calcul de la réfraction de la houle du secteur 315°/8s.

Xp [m]	Yp [m]	Hsig [m]	Dir [degr]	Period [sec]	Tpeak [sec]	Depth [m]
563383	4079980	0,05218	289	5,5478	7,8445	-3,1
563946	4080756	0,06451	283	5,7361	7,8445	-3,2
564679	4082291	0,04712	295	5,4877	7,8445	-3,0
564491	4082240	0,03735	286	5,2888	7,8445	-5,1
563587	4081498	0,08702	286	5,3191	7,8445	-5,4
563528	4080850	0,06472	288	5,8759	7,8445	-5,1
563451	4080526	0,05961	289	5,9857	7,8445	-4,1
563093	4080407	0,05822	288	6,0995	7,8445	-5,1
562726	4079895	0,05561	287	4,7227	7,8445	-9,1
563084	4080901	0,05687	290	6,0319	7,8445	-8,0
563647	4081950	0,07361	278	5,6977	7,8445	-10,4
562198	4079887	0,05698	289	4,6652	7,8445	-11,1
561788	4079904	0,05889	289	4,6282	7,8445	-13,1
561618	4080049	0,06158	286	4,7599	7,8445	-15,0
561882	4080765	0,05129	287	6,2842	7,8445	-19,2
562019	4081293	0,0613	294	5,7241	7,8445	-26,2
561371	4081259	0,04762	314	6,1886	7,8445	-31,3
561993	4081882	0,12171	277	5,4836	7,8445	-36,2
562795	4082683	0,06318	265	6,2381	7,8445	-41,0
563025	4082206	0,04857	270	5,0534	7,8445	-30,0
563485	4082854	0,05261	265	6,322	7,8445	-30,1
561541	4082121	0,09996	274	5,7581	7,8445	-44,0
562658	4080978	0,05117	295	6,0996	7,8445	-14,3
562581	4081532	0,08608	284	5,4048	7,8445	-25,2
562317	4082393	0,06237	265	5,5847	7,8445	-42,1

Tableau n°06 : Calcul de la réfraction de la houle du secteur 315°/10s.

Xp [m]	Yp [m]	Hsig [m]	Dir [degr]	Period [sec]	Tpeak [sec]	Depth [m]
563383	4079980	0,08033	292	7,1352	10,2821	-3,1
563946	4080756	0,08909	285	6,8044	9,3353	-3,2
564679	4082291	0,07056	297	7,0383	10,2821	-3,0
564491	4082240	0,0582	292	7,1103	10,2821	-5,1
563587	4081498	0,10988	288	6,0514	9,3353	-5,4
563528	4080850	0,09058	291	6,9384	9,3353	-5,1
563451	4080526	0,08608	293	7,1481	9,3353	-4,1
563093	4080407	0,08815	293	7,5164	9,3353	-5,1
562726	4079895	0,07914	292	6,0392	9,3353	-9,1
563084	4080901	0,08234	294	7,148	9,3353	-8,0
563647	4081950	0,09523	280	6,3819	9,3353	-10,4
562198	4079887	0,08091	293	5,9666	9,3353	-11,1
561788	4079904	0,08569	293	6,0334	9,3353	-13,1
561618	4080049	0,08792	290	6,098	9,3353	-15,0
561882	4080765	0,07061	292	7,1678	9,3353	-19,2
562019	4081293	0,0867	297	6,7248	9,3353	-26,2
561371	4081259	0,06738	315	7,0848	9,3353	-31,3
561993	4081882	0,1501	278	5,9314	9,3353	-36,2
562795	4082683	0,08796	266	7,1556	10,2821	-41,0
563025	4082206	0,06817	273	6,2402	10,2821	-30,0
563485	4082854	0,07395	266	7,2731	10,2821	-30,1
561541	4082121	0,13003	276	6,4366	9,3353	-44,0
562658	4080978	0,07588	298	7,2228	9,3353	-14,3
562581	4081532	0,10994	285	6,1605	9,3353	-25,2
562317	4082393	0,08341	267	6,3749	10,2821	-42,1

Tableau n°07 : Calcul de la réfraction de la houle du secteur 360°/6s.

Xp [m]	Yp [m]	Hsig [m]	Dir [degr]	Period [sec]	Tpeak [sec]	Depth [m]
563383	4079980	0,00023	344	6,2662	6,1953	-3,1
563946	4080756	0,00018	326	5,7831	6,1953	-3,2
564679	4082291	0,00164	1	5,8463	6,1953	-3,0
564491	4082240	0,00038	28	4,0394	6,1953	-5,1
563587	4081498	0,00035	6	6,1553	6,1953	-5,4
563528	4080850	0,00026	353	6,338	6,1953	-5,1
563451	4080526	0,00025	351	6,3146	6,1953	-4,1
563093	4080407	0,00018	359	6,157	6,1953	-5,1
562726	4079895	0,0001	3	6,1102	6,1953	-9,1
563084	4080901	0,00017	7	5,9625	6,1953	-8,0
563647	4081950	0,00041	30	5,6437	6,1953	-10,4
562198	4079887	0,00015	18	6,2046	6,1953	-11,1
561788	4079904	0,00016	28	6,0615	6,1953	-13,1
561618	4080049	0,00017	34	5,867	6,1953	-15,0
561882	4080765	0,00025	44	5,7861	6,1953	-19,2
562019	4081293	0,00033	53	5,2704	6,1953	-26,2
561371	4081259	0,0003	57	4,9652	6,1953	-31,3
561993	4081882	0,00026	57	5,1221	6,1953	-36,2
562795	4082683	0,0002	58	5,4646	6,1953	-41,0
563025	4082206	0,00038	54	5,5115	6,1953	-30,0
563485	4082854	0,0003	55	5,7879	6,1953	-30,1
561541	4082121	0,00013	63	4,6261	6,1953	-44,0
562658	4080978	0,00021	31	5,7563	6,1953	-14,3
562581	4081532	0,00035	50	5,3745	6,1953	-25,2
562317	4082393	0,00019	59	5,1793	6,1953	-42,1

Tableau n°08: Calcul de la réfraction de la houle du secteur 360°/8s.

Xp [m]	Yp [m]	Hsig [m]	Dir [degr]	Period [sec]	Tpeak [sec]	Depth [m]
563383	4079980	0,00023	344	6,2662	6,1953	-3,1
563946	4080756	0,00018	326	5,7831	6,1953	-3,2
564679	4082291	0,00164	1	5,8463	6,1953	-3,0
564491	4082240	0,00038	28	4,0394	6,1953	-5,1
563587	4081498	0,00035	6	6,1553	6,1953	-5,4
563528	4080850	0,00026	353	6,338	6,1953	-5,1
563451	4080526	0,00025	351	6,3146	6,1953	-4,1
563093	4080407	0,00018	359	6,157	6,1953	-5,1
562726	4079895	0,0001	3	6,1102	6,1953	-9,1
563084	4080901	0,00017	7	5,9625	6,1953	-8,0
563647	4081950	0,00041	30	5,6437	6,1953	-10,4
562198	4079887	0,00015	18	6,2046	6,1953	-11,1
561788	4079904	0,00016	28	6,0615	6,1953	-13,1
561618	4080049	0,00017	34	5,867	6,1953	-15,0
561882	4080765	0,00025	44	5,7861	6,1953	-19,2
562019	4081293	0,00033	53	5,2704	6,1953	-26,2
561371	4081259	0,0003	57	4,9652	6,1953	-31,3
561993	4081882	0,00026	57	5,1221	6,1953	-36,2
562795	4082683	0,0002	58	5,4646	6,1953	-41,0
563025	4082206	0,00038	54	5,5115	6,1953	-30,0
563485	4082854	0,0003	55	5,7879	6,1953	-30,1
561541	4082121	0,00013	63	4,6261	6,1953	-44,0
562658	4080978	0,00021	31	5,7563	6,1953	-14,3
562581	4081532	0,00035	50	5,3745	6,1953	-25,2
562317	4082393	0,00019	59	5,1793	6,1953	-42,1

Tableau n°09 : Calcul de la réfraction de la houle du secteur 360°/10s.

Xp [m]	Yp [m]	Hsig [m]	Dir [degr]	Period [sec]	Tpeak [sec]	Depth [m]
563383	4079980	0,00122	336	8,0438	9,3353	-3,1
563946	4080756	0,00131	321	8,5447	9,3353	-3,2
564679	4082291	0,01093	357	9,7164	10,2821	-3,0
564491	4082240	0,00308	10	9,0513	9,3353	-5,1
563587	4081498	0,00211	356	8,159	9,3353	-5,4
563528	4080850	0,00151	346	8,2216	9,3353	-5,1
563451	4080526	0,00136	345	8,1115	9,3353	-4,1
563093	4080407	0,00093	349	7,5128	9,3353	-5,1
562726	4079895	0,00073	356	8,2466	9,3353	-9,1
563084	4080901	0,00096	358	7,6764	9,3353	-8,0
563647	4081950	0,00226	17	7,7335	9,3353	-10,4
562198	4079887	0,00081	10	8,0801	9,3353	-11,1
561788	4079904	0,00075	20	7,724	9,3353	-13,1
561618	4080049	0,00078	26	7,5064	9,3353	-15,0
561882	4080765	0,00101	38	6,9387	9,3353	-19,2
562019	4081293	0,00121	48	6,0147	9,3353	-26,2
561371	4081259	0,00106	58	4,9741	9,3353	-31,3
561993	4081882	0,00118	59	5,48	9,3353	-36,2
562795	4082683	0,00104	58	6,654	9,3353	-41,0
563025	4082206	0,00171	50	6,3404	9,3353	-30,0
563485	4082854	0,00159	51	7,259	9,3353	-30,1
561541	4082121	0,00078	64	5,8392	9,3353	-44,0
562658	4080978	0,00113	19	7,8166	9,3353	-14,3
562581	4081532	0,00143	42	6,5192	9,3353	-25,2
562317	4082393	0,00097	61	6,1119	9,3353	-42,1

Annexe 07

Tableau n °10: paramètres granulométriques mesurés et interpolés

échantillon	X	Y	5	16	50	84	95	Mz	S _o	S _k
p1	564138	4080681	3,26	2,9	2,23	1,52	0,9	2,22	-0,7	0,08
p2	563573	4080847	2,1	1,67	0,95	0,8	-0,9	1,14	-0,67	-0,21
p3	563170	4081088	3,87	3,42	2,81	2,17	1,59	2,8	-0,66	0,05
p4	563924	4080915	1,8	1,46	1	0,7	0,44	1,05	-0,4	-0,19
p5	563655	4081080	2,11	1,39	-0,3	-1,52	-3,23	-0,14	-1,54	-0,03
p6	564162	4081025	2,46	1,2	0,73	0,32	0,09	0,75	-0,58	-0,26
p7	563430	4081310	2,69	2,29	1,68	1,03	0,67	1,67	-0,62	0,02
p8	563795	4081435	0,61	0,05	-0,88	-3,14	-3,26	-1,32	-1,38	0,32
p9	563570	4081497	2,38	2,1	1,63	1,1	0,78	1,61	-0,49	0,06
p10	563807	4081622	2,11	0,86	-0,1	-1,48	-3,21	-0,24	-1,39	0,17
p11	563906	4081478	0,33	0	-0,44	-0,89	-1,25	-0,44	-0,46	0,02
p12	563706	4081722	2,88	1,98	1,4	0,82	0,3	1,4	-0,68	-0,07
p13	563550	4081831	3,3	3	2,5	1,9	1,4	2,47	-0,56	0,12
P14	563943,7	4080708,9	2,384	1,94	1,346	0,891	0,313	1,392	-0,576	-0,068
P15	563744,5	4080759,7	1,968	1,546	0,833	0,498	-0,563	0,959	-0,645	-0,128
P16	563363	4080949,4	2,743	2,212	1,214	0,503	-0,716	1,309	-0,951	-0,026
P17	564116,6	4080846,1	2,507	1,853	1,32	0,847	0,477	1,34	-0,559	-0,114
P18	563752	4080923,1	2,003	1,507	0,55	-0,007	-1,23	0,683	-0,868	-0,082
P19	563413,7	4081133,6	2,89	2,367	1,397	0,56	-0,323	1,441	-0,939	-0,002
P20	563648,6	4081276,5	1,948	1,458	0,533	-0,633	-1,26	0,453	-1,008	0,116
P21	563909,8	4081079,1	2,384	1,94	1,346	0,891	0,313	1,392	-0,576	-0,068

Annexe 07
