

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole National Supérieur des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGÉNIEUR EN SCIENCES DE LA MER**

Spécialité : AMÉNAGEMENT DU LITTORAL

Sujet :

**Mise en place d'une base de données sédimentologiques dans le domaine
côtier de la grande baie de Zemmouri**

(Etablissement de la carte morpho-sédimentaire)

Présenté par :

- ❖ **GUIDOU Ouiza.**
- ❖ **TOUZI Walid Ibrahim.**

Soutenu le 14/07/2016 devant le jury suivant :

M.OTMANI.H	Maître de Conférences A	(ENSSMAL)	Président
M.GUERFL.M	Professeur	(ENSSMAL)	Promoteur
M.HEMDANE.Y	Maître de Conférences A	(U.S.T.H.B)	Examineur
M.MEZOUAR.K	Maître de Conférences A	(ENSSMAL)	Examineur

Promotion : 2016

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole National Supérieur des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGÉNIEUR EN SCIENCES DE LA MER**

Spécialité : AMÉNAGEMENT DU LITTORAL

Sujet :

**Mise en place d'une base de données sédimentologiques dans le domaine
côtier de la grande baie de Zemmouri
(Etablissement de la carte morpho-sédimentaire)**

Présenté par :

- ❖ **GUIDOU Ouiza.**
- ❖ **TOUZI Walid Ibrahim.**

Soutenu le 14/07/2016 devant le jury suivant :

M.OTMANI.H	Maître de Conférences A	(ENSSMAL)	Président
M.GUERFL.M	Professeur	(ENSSMAL)	Promoteur
M.HEMDANE.Y	Maître de Conférences A	(U.S.T.H.B)	Examineur
M.MEZOUAR.K	Maître de Conférences A	(ENSSMAL)	Examineur

Promotion : 2016

Remerciement

Au terme de ce travail, nous remercions **DIEU** le tout puissant pour nous avoir donné le courage, la force, et la patience dans les moments difficiles afin de rédiger ce modeste mémoire.

Nous tenons à exprimer nos plus vives reconnaissances à tous ceux qui, par leur aide, leurs conseils, leurs compétences et leurs intérêts, ont contribué à la réalisation de ce travail, ces quelques pages sont l'occasion pour nous de leur adresser nos remerciements.

Nous exprimons notre profonde gratitude et adresse nos chaleureux remerciements à Monsieur GEURFI.M pour nous avoir guidés, pour sa patience et son entière disponibilité dans la réalisation de ce travail ainsi que son suivi. Nous sommes profondément reconnaissant pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail, puisse-t-il trouver ici la marque de notre profond respect ainsi que nos remerciements les plus sincères.

Nous remercions vivement Madame MEHDID.S pour son aide et son soutien.

Nous tenons à remercier Monsieur BOUHAMADOUCHE.M pour ses compétences, sa gentillesse, ainsi que pour toutes les discussions scientifiques que nous avons pu avoir qui nous ont permis d'aboutir à nos objectifs.

Nous remercions Monsieur OTMANI d'avoir accepté de présider le jury de notre soutenance.

Nous tenons à remercions tous les membres du jury : Monsieur HEMDANE et Monsieur MEZOUAR de nous avoir honoré par leurs présence et d'avoir accepté d'examiner ce travail, dont les critiques nos seront constructifs.

N'oublions pas de remercier nos enseignants, qui tout au long du cycle d'étude nous ont transmis leur savoir.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnels de l'ENSSMAL (Professeurs, Bibliothécaires, Administrateurs.....) qui nous ont apporté leurs aides et leurs encouragements.

Nous remercions tous nos amis qui nous ont soutenues, nous tenons à les remercier aussi pour leur présence, leurs conseils et leurs encouragements.

C'est un grand plaisir d'exprimer notre gratitude et notre reconnaissance à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail avec toute mon affection:

A la mémoire de ma très chère et adorable mère qui n'es plus de ce monde, elle a toujours été présente dans mon cœur, je lui dois tout... qu'ils reposent en paix. Je t'aime très fort maman.

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

A mon très cher frère Ali, mes sœurs Ablem et Hind qui m'ont beaucoup soutenu et encouragé dans l'élaboration de ce mémoire.

A Sou Merci...c'est un mot trop simple. Ce que je souhaiterai exprimer est au-dessus de cela.

A ma binôme..., tu m'as énormément aidé et j'apprécie beaucoup ton soutien. Merci.

Don

Je dédié ce modeste travail à :

Ma chère mère qui ma soutenue depuis ma naissance, merci pour toutes tes sacrifices, que dieu te blesse et te guérie pour nous

Dédicace

Mon cher papa pour son amour son amitié, ses sacrifices, et son soutien, pour tout Que dieu te blesse et te laisse pour nous

Mes adorables sœurs SAIDA, FAHIMA, RACHIDA, FARIDA, et RITEDJ.

Mes frères SOFLANE, HAKIM, YACINE, MOUMOUH ET ROCHDI

Mes oncles et tantes DJAMEL, NACER, NAFFAA ET HOURLA.

Grand-mère et grand père ZAHOUA ET YUCEF

Mahdi pour son soutien moral et son aide et son bonheur.

Mon binôme pour sa patience, gentillesse et son aide

Tous mes amis amies camarades et ce qui m'a aidé et aimé de loin ou de près

OUIZA

A.F.N.O.R : Association Française de Normalisation.

A.N.R.H. : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

°C : Degré Celsius.

cm : Centimètre.

DGPS : Différentiel Global Positioning System.

ENSSMAL : Ecole National Supérieur des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.

G.P.S: Global Positioning System.

Hs : Hauteurs significative.

Liste des abréviations

I.N.C.T : Institut National de Cartographie et de Télédétection.

Km : Kilomètre.

LEM : Laboratoire d'Etudes Maritimes.

m² : Mètre carré.

m³ : Mètre cube.

mm : Millimètre.

m/ans : Mètre par ans.

m/s : Mètre par seconde.

m³/s : Mètre cube par seconde.

M.N.T : Modèle Numérique de Terrain.

ONM : Office National de la Météorologie.

s : Seconde.

S.H.F.N : Service Hydrographique des Force Navale.

SHOM : Service Hydraulique et Océanographique de la Marine.

SMF: Sondeur Multi-Faisceaux.

SSMO: Summary of Synoptic Meteorological Observations.

T : Période.

USTHB : Université des Sciences et Technologie Houari Boumediene.

U.T.M: Universal Transverse Mercator.

W.G.S: World Géoïde System.

Fig.1 : Situation géographique de La grande Baie de Zémmouri.	18
Fig.2 : Position de différentes unités géologiques des Maghrébides (Domzig et al, 2006). 19	
Fig.3 : Coupe géologique montrant les relations entre les différentes unités des Maghrébides (Bracène, 2001).	20
Fig.4 : Bathymétrie et topographie de la région Algéroise (Source MARADJA 2003).	26
Fig.5 : Roses annuelle et saisonnières des vents au large de la grande baie de Zémmouri (Source MEDATLAS 1999-2004).	29
Fig.6 : Rose annuelle et saisonnières des vents à proximité de la côte (Source ONM 1994- 2013).	31
Fig.7 : Moyennes mensuelles des températures à la station marine de Dellys (Source ONM 1996-2014).	32
Fig.8 : Moyennes annuelles des températures (Source ONM 1996-2014).	33

Liste des figures

Fig.9 : Moyennes mensuelles des précipitations à la station marine de Dellys (Source ONM 1996-2014).	34
Fig.10 : Diagrammes ombrothermique de Gauss de la station marine de Dellys.	34
Fig.11 : Réseaux hydrographique de la grande baie de Zemmouri (Source TOUZI.W)	36
Fig.12 : Rose annuelle des houles au large de la grande baie de Zémouri (Source MEDATLAS).....	38
Fig.13 : Roses saisonnières des houles au large de la grande baie de Zemmouri (Source MEDATLAS).....	39
Fig.14 : Profil d'un courant de dérive littoral.....	43
Fig.15 : Profil d'un courant de retour.....	44
Fig.16 : Schéma de l'hydrodynamisme de la grande baie de Zémouri.	45
Fig.17 : Nature de la couverture sédimentaire dans la grande baie de Zémouri (Leclaire,1972) modifiée).....	46
Fig.18 : Carte bathymétrique de la grande baie de Zémouri (leclaire 1972).	48
Fig.19 : Création des cartes à l'aide de SURFER 11 [®]	50
Fig.20 : Carte bathymétrique de la grande baie de Zémouri (Données extraites de la carte marine du S.H.F.N 1992).	51
Fig.21 : Carte bathymétrique en 3D de la grande baie de Zémouri (données extraites de la carte marine du S.H.F.N 1992).	51
Fig.22 : Profils sous-marins tracés dans la grande baie de Zémouri.....	53
Fig.23 : Tracé du profil sous-marin N°1 dans la zone d'El-Mersa.	53
Fig.24 : Modalité de l'analyse granulométrique	56
Fig.25 : Représentation des sables et graviers normes du B.R.G.M.	58
Fig.26 : Légendes des cartes sédimentologiques (BRGM, 2007).	59
Fig.27 : Carte de positionnement des prélèvements côtiers superficiels.....	60
Fig.28 : Carte des facies sédimentaires de la grande baie de Zémouri.	62
Fig.29 : Distribution des carbonates.....	64
Fig.30 : Analyse modale : histogramme de fréquence des sédiments superficiels Zone occidentale.....	65
Fig.31 : Carte de répartition (en fréquence) de la classe modale I.....	66
Fig.32 : Exemple d'échantillon classe modale I.	66
Fig.33 : Carte de répartition (en fréquence) de la classe modale II.	67
Fig.34 : Exemple d'échantillon classe modale II.	68
Fig.35 : Carte de répartition (en fréquence) de la classe modale III.	68
Fig.36 : Exemple d'échantillon classe modale III.....	69
Fig.37 : Rapport Indice de classement S_0 /médiane.	70
Fig.38 : Analyse modale : histogramme de fréquence des sédiments superficiels de la Zone orientale du plateau continental de Zemmouri.	71
Fig.39 : Carte de répartition de la classe modale A (<250 μ m) zone orientale.....	72
Fig.40 : Exemple d'échantillon classe modale A.....	72
Fig.41 : Carte de répartition de la classe modale B (250-630 μ m) zone orientale.....	73
Fig.42 : Exemple d'échantillon classe modale B.	74
Fig.43 : Carte de répartition de la classe modale C (630-1250 μ m).	74
Fig.44 : Exemple d'échantillon classe modale C.	75
Fig.45 : Carte de répartition de la classe modale (D> 1250 μ m).	76

Liste des figures

Fig.46 : Exemple d'échantillon de la classe modale D.	76
Fig.47 : Carte de distribution des lutites dans la grande baie de Zémmouri.	77
Fig.48 : Carte morpho-sédimentaire de la grande baie de Zémmouri.	80
Fig.49 : Approche méthodologique adoptée pour de la modélisation intégrée du transport de sédiments non cohésifs.	86
Fig.50 : Plan de propagation de la houle (1m-6s-360°N).	90
Fig.51 : Plan de propagation de la houle (2,67m-8s-360°N).	91
Fig.52 : Plan de propagation de la houle (4,92m-10s-360°N).	91
Fig.53 : Plan de propagation de la houle (1,09m-6s-45°N).	92
Fig.54 : Plan de propagation de la houle (2,56m-8s-45°N).	92
Fig.55 : Plan de propagation de la houle (5,05-10s-45°N).	93
Fig.56 : Plan de propagation de la houle (1,1m-6s-315°N).	94
Fig.57 : Plan de propagation de la houle (2,64-8s-315°N).	94
Fig.58 : Plan de propagation de la houle (4,53-10s- 315°N).	94
Fig.59 : Courants engendres par les houles 45°N T8 Zone Est.	98
Fig.60 : Courants engendres par les houles 315°N T8 Zone Est.	99
Fig.61 : Courants engendres par les houles 45°N T8 Zone Ouest.	100
Fig.62 : Courants engendres par les houles 315°N T8 Zone Ouest.	100
Fig.63 : Transport sédimentaire engendré par les houles N45 T8 Zone Est.	104
Fig.64 : Transport sédimentaire engendré par les houles N315 T8 Zone Est.	105
Fig.65 : Transport sédimentaire engendré par les houles N45 T8 Zone Ouest.	106
Fig.66 : Transport sédimentaire engendré par les houles N315 T8 Zone Ouest.	106
Tab.1 : Fréquences d'apparition des vents au large par direction.	28
Tab.2 : Moyennes mensuelles des Températures à la station marine de Dellys période (1996-2014).	32
Tab.3 : Moyennes mensuelles des précipitations à la station marine de Dellys période (1996-2014).	33
Tab.4 : Estimation des apports solides des Oueds.	35
Tab.5 : Fréquence annuelle et saisonnière des houles au large par direction.	37
Tab.6 : Fréquences des classes de hauteurs significatives en fonction des directions dominantes au large.	40
Tab.7 : Les fréquences d'apparition des états de la mer.	41
Tab.8 : Conditions de houles retenues dans le cadre de cette étude.	88
Tab.9 : Sortants du modèle SW.	89

Liste des tableaux

Liste des abréviations	I
Liste des figures	II
Liste des tableaux	III
Introduction	15

Chapitre I : « PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE »

1. SITUATION GEOGRAPHIQUE	18
2. ASPECT GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE.....	19
2.1 Cadre géologique.....	19

2.1.1	Cadre géologique régionale	19
a.	Domaine interne	20
b.	Domaine externe	20
2.1.2	Les principales formations géologiques	21
a.	Le socle Kabyle.....	21
b.	Les intrusions magmatiques.....	21
c.	Les formations mio-plio-quadernaire	21
2.1.3	Synthèse géologique	23
2.2	Cadre géomorphologique	23
2.2.1	La géomorphologie continentale	23
a.	Les falaises.....	23
b.	Les plages sableuses	24
2.2.2	La géomorphologie sous-marine :	24
3.	ASPECT HYDRO-CLIMATOLOGIQUE	27
3.1	Contexte climatique.....	27
3.1.1	Les vents	27
a.	Régime général des vents au large :.....	27
b.	Régime général des vents à la côte :	30
3.1.2	La température	32
3.1.3	Les précipitations.....	33
3.2	Contexte hydrologique	35
3.2.1	Réseau hydrographique	35
4.	FACTEUR HYDRODYNAMIQUE	37
4.1	Les houles.....	37
4.1.1	Les directions au large	37
4.1.2	Les hauteurs significatives au large.....	40
4.1.3	L'état de la mer.....	41
4.2	Les courants.....	41
4.2.1	Courants océaniques	42
4.2.2	Courants côtiers	42
a.	Les courants de dérive littorale	42
b.	Les courants de retour	43
c.	La marée :	44
5.	SEDIMENTOLOGIE	45

5.1	Sédiment calcaires.....	45
5.2	Sédiment siliceux	45
5.3	Sédiment argileux.....	46

Chapitre II : « Aspect Bathy-sédimentaire »

1.	ETUDE BATHYMETRIQUE	48
1.1	Données disponibles.....	48
1.2	Exploitation des données obtenues.....	49
1.2.1	Description du logiciel.....	49
a.	Manipulation sur Surfer®	49
1.2.2	Levé bathymétrique	50
a.	La carte bathymétrique.....	50
b.	Les profile sous-marins :.....	52
2.	ETUDE SEDIMENTAIRE	54
2.1	Analyses au laboratoire :	55
2.1.1	Analyse granulométrique :.....	55
a.	Principe :	55
2.1.2	Représentation cartographique	57
a.	Légende des cartes	57
b.	Faciès sédimentaires	57
2.2	Données disponibles.....	59
2.3	Interprétation des résultats obtenus	61
2.3.1	Caractères sédimentologique et répartition des facies de la fraction grossiers	61
a.	Domaine côtier	63
b.	Domaine médian	63
c.	Domaine distal	63
d.	Description des facies et leurs origines :.....	63
a.	Analyse granulométrique de la zone occidentale.....	64
b.	Analyse granulométrique de la zone orientale	70
2.3.2	Caractères sédimentologiques de la fraction fine	76
a.	Le secteur occidental :.....	78
b.	Le secteur oriental :.....	79
2.4	Etablissement de la carte morph-sédimentaire :.....	79
2.4.1	Analyse morpho-sédimentaire :.....	81

2.4.2 Unités morpho-sédimentaires	81
a. Le pôle silico-clastique rocheux de la partie occidentale caractérisé par un paysage sédimentaire varié et hétérogène :/	82
b. Le pôle bioclastique sableux de la partie orientale présentant des faciès plus homogènes modélisés en nombreuses figures sédimentaires :	82
2.4.3 Interactions bio-sédimentologiques :	82
Chapitre III: « ASPECT HYDRO-SEDIMENTAIRE »	
1. APPROCHE METHODOLOGIQUE :	84
1.2 Modélisation de la propagation de la houle du large vers la côte :	86
1.2.1 Simulation de la propagation de la houle du large vers la côte à grande échelle au moyen du Module SW	87
a. Conditions aux limites	87
b. Configuration du module SW :	88
c. Résultats des simulations et interprétations :	89
1.2.2 Modélisation des champs de courants générés par la houle :	95
a. ModèleHD	95
b. Configuration des paramètres du modèle	96
c. Configuration des paramètres du modèle	96
d. Résultats des simulations HD et interprétations :	96
1.2.3 Modélisation du transport sédimentaire sous l'effet de houle et de courant :	101
a. Modèle ST description et configuration :	101
b. Résultats des simulations ST set interprétations :	102
BIBLIOGRAPHIE	112
ANNEXE	115

Introduction générale

Le domaine littoral constitue une interface complexe entre l'océan et le continent, du fait, cette complexité est due essentiellement aux différents agents et facteurs qui interviennent dans l'évolution de cet espace. Ce dernier reste jusqu'à l'heure actuelle mal connu et difficile à comprendre.

Problématique :

Le linéaire sableux de la grande baie de Zémmouri est un système vulnérable aux risques d'érosion et de submersion. Cette zone côtière qui s'étend de Cap Matifou à Cap Djinet est

Introduction générale

devenu un territoire à risques subissant des évolutions intenses qui ont pu promouvoir de lourdes conséquences du point de vue sédimentaire, ce qui influe directement sur la morphologie des unités littorales au niveau de cette baie.

A l'heure actuelle, la prédiction de l'évolution de ces zones littorales devient indispensable en vue d'une gestion des risques.

Afin de répondre à cette problématique et prévoir cette évolution il est incontournable de connaître la dynamique sédimentaire côtière et de comprendre les interactions entre les facteurs marins et terrestres.

La dynamique côtière est contrôlée par de nombreux facteurs qui agissent à différentes échelles de temps et d'espace. A court terme, L'évolution d'un système côtier micro tidal est influencée par l'action de la houle, des tempêtes, des interactions houle/courant et par la morpho-dynamique des corps sédimentaires littoraux (barres sableuses, cordons littoraux etc.). A plus long terme, la dynamique côtière dépend des variations du niveau marin, de la morphologie héritée et de l'hydrodynamique globale du système.

Objectifs et démarche de l'étude :

Notre travail constitue un thème de recherche orienté vers la détermination des phénomènes géologiques géomorphologiques et sédimentologique en zone côtière au niveau du plateau continentale de la grande baie de Zémmouri.

L'objectif de notre étude est, dans un premier temps, de compléter les connaissances des systèmes littoraux de la grande baie de Zémmouri qui s'étend en termes d'entité géomorphologique du Cap-Matifou jusqu'au Cap Djinet. Dans un deuxième temps, c'est l'acquisition et la création d'une base de données géographique relative aux données sédimentologique et à l'étude de la répartition et de la structuration spatiale des Différentes unités sédimentaires ainsi que leur évolution par le SIG (Système d'Information Géographique).

Organisation du mémoire :

Nous avons adopté une démarche simplifiée qui se résume en trois grands chapitres :

- ❖ Dans le premier chapitre, nous avons abordé les généralités concernant notre zone d'étude où les différents aspects (géologique, géomorphologique, hydro-climatique, hydrodynamique ainsi que sédimentologique) ont été abordé, cela permet de placer la

Introduction générale

grande baie de Zémmouridans son contexte physique général. Et de déterminer la nature et la position des formations géologiques pouvant influencer sur les dépôts marins meubles.

- ❖ Le deuxième chapitre est consacré à l'aspect bathy-sédimentaire où nous avons expliqué les différentes méthodes de prospection des fonds marins qui ont pour finalité, l'obtention de données bathymétrique et sédimentologique ainsi que pour avoir une description des reliefs sous-marins, identifier les processus sédimentaires, les milieux de sédimentation sur le plateau continental dans la grande baie de Zémmouri et déduire toute la dynamique régissant cette zone. Dans le but de l'élaboration d'une carte qui synthétise et présente les formes morphologiques et les sédiments qu'on trouve à leurs niveaux.
- ❖ Le troisième chapitre est réservé pour l'aspect hydro-sédimentaire. Ce chapitre a fait l'objet d'une étude modélisée des phénomènes hydrodynamiques et des transferts sédimentaires conséquents à l'aide du logiciel MIKE21[®] permettra une meilleure appréciation du fonctionnement hydro-sédimentaire (schéma des mouvements sédimentaires, magnitude des transports).

Chapitre I :
**« PRÉSENTATION DE LA
ZONE D'ÉTUDE »**

1. Situation géographique

La grande baie de Zémouri (ex. baie de courbet) se situe à une quarantaine de km à l'Est d'Alger (fig.1). C'est une baie largement ouverte vers le nord d'environ 45 km, dont le linéaire côtier s'étale sur une cinquantaine de kilomètre (51 km).

Le rivage prend une orientation nord-est, sud-ouest, et ses coordonnées Lambert sont :

- ❖ $3^{\circ}13'18''$ et $3^{\circ}43'24''$ de longitude Est.
- ❖ $36^{\circ}52'45''$ et $36^{\circ}48'48''$ de latitude Nord.

La grande baie de Zémouri 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.

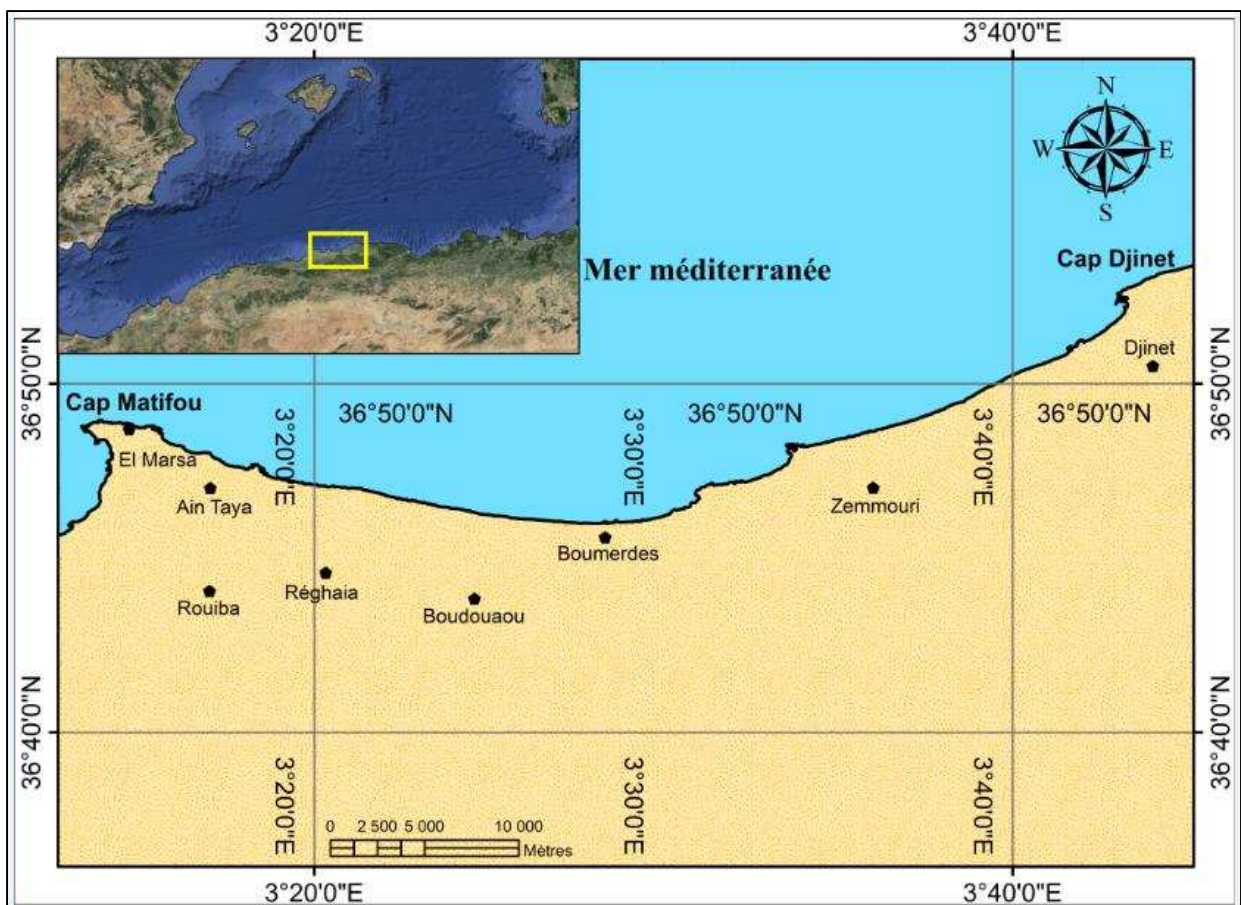


Fig.1 : Situation géographique de La grande Baie de Zémouri.

2. Aspect géologique et géomorphologique

La connaissance de la géologie et de la géomorphologie locale d'un site est désormais nécessaire, elle apporte un complément indispensable dans le diagnostic de la zone d'étude

Cela permet de définir la sensibilité du site face aux agressions marines qui contrôlent d'une manière ou d'une autre les quantités sédimentaires rejetées en mer ainsi que leur nature.

2.1 Cadre géologique

De point de vue géologique, la région de la grande baie de Zémouri appartient aux zones Internes des Maghrébides (fig.2), segment orogénique de la branche dinarique de l'orogène alpin périméditerranéen (Durand Delga 1969, Fontbote 1980).

La structure des Maghrébides résulte de l'affrontement des plaques Africaine et Européenne. Cette collision est précédée d'une subduction de l'Afrique sous l'Europe (Durand, et al. 1980; Wildi, 1983).

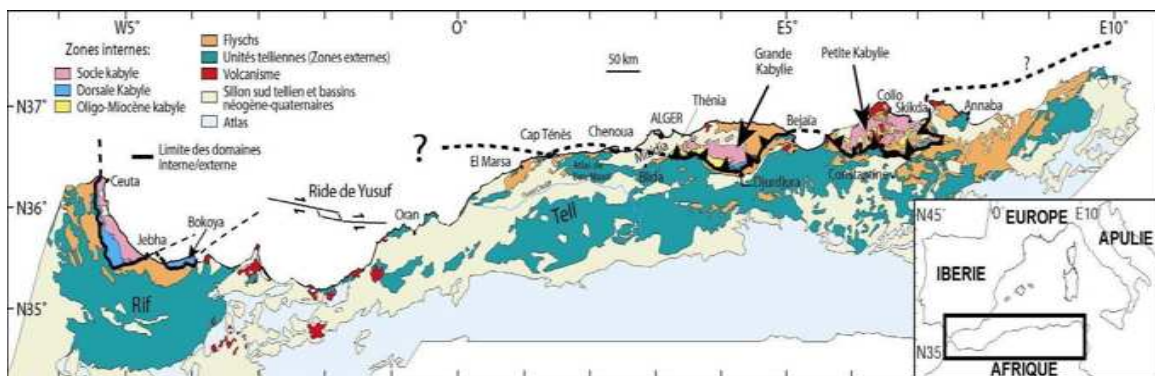


Fig.2 : Position de différentes unités géologiques des Maghrébides (Domzig et al, 2006).

2.1.1 Cadre géologique régionale

En Algérie du Nord, la chaîne alpine comprend des unités internes constituées par des nappes allochtones. Certaines de ces unités comportent un socle et sa couverture méso-cénozoïque, d'autres ne comportent que des flyschs. Ces ensembles sont charriés sur d'autres unités, dites externes, qui se rattachent paléo-géographiquement au craton Africain (Belanteur, 2001).

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

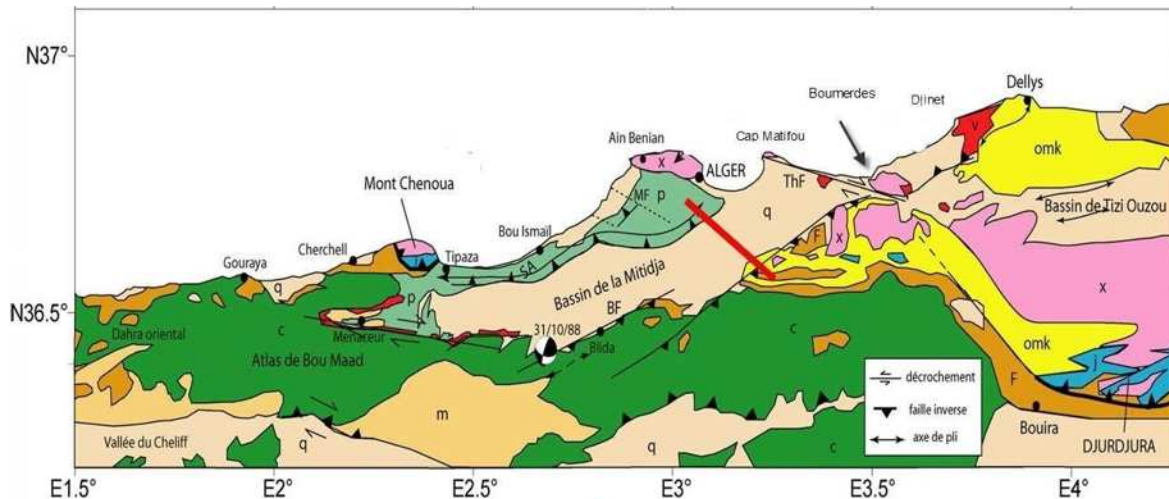


Fig.3 : Coupe géologique montrant les relations entre les différentes unités des Maghrébides (Bracène, 2001).

a. Domaine interne

- **le massif de la grande Kabylie :** on distingue un socle cristallophyllien (Socle Kabyle), un paléozoïque non métamorphique et une couverture méso- cénozoïque appelée selon les auteurs, dorsale kabyle ou chaîne calcaire et les flyschs.

- **la couverture Nord kabyle :** Le socle kabyle est composé de massifs cristallophylliens métamorphiques (Gneiss, Marbres, Amphibolites, Micaschistes et Schistes) et d'un ensemble sédimentaire écaillé allant du Paléozoïque peu métamorphique (Ordovicien à Carbonifère) au Tertiaire (Saadallah, 1992).

- **la dorsale kabyle :** La dorsale kabyle se présente sous forme d'écaillés d'âge Permo-triasiques à Eocène moyen (Lutétien). Du point de vue lithologique, ces formations comprennent des calcaires du Lias et de l'Eocène, des dolomies du Trias au Lias inférieur et des grès du Permo-Trias

b. Domaine externe

Ou domaine tellien, les unités du domaine externe sont structurellement les unités les plus basses qui sont développées au Sud de la bande discontinue que forment les unités internes.

Les unités externes sont représentées par un ensemble de nappes allochtones pelliculaires constituées principalement de marnes d'âge Crétacé moyen à Néogène et qui s'étalent sur une centaine de km vers le Sud.

Les deux domaines externe et interne se sont affrontés suite au rapprochement des plaques africaine et européenne. Ceci a conduit à la fermeture du bassin des flyschs, et celle du sillon tellien, l'écaillage de la dorsale kabyle et le déplacement des flyschs et des unités telliennes en nappes pelliculaires loin vers le sud.

2.1.2 Les principales formations géologiques

a. Le socle Kabyle

Il est formé de terrains métamorphiques, c'est un socle qui constitue les massifs anciens et formant les pointements de Rocher noir à Boumerdès et de cap Matifou à Alger. Les principaux faciès qui les composent sont des schistes et des micaschistes.

b. Les intrusions magmatiques

Se rencontrent au Cap de Matifou, elles englobent les andésites quartzitiques du Burdigalien et le socle rhyolithique du Vindobonien qui affleurent au niveau de Ain Taya.

c. Les formations mio-plio-quadernaire

▪ Le Miocène :

Cette formation est constituée de granite, granodiorite et l'andésite dont quelques pointements sont visibles dans les reliefs de Thénia et du cap Djenet.

- Burdigalien

Les dépôts burdigaliens sont formés de faciès argileux et des éléments conglomératiques pris dans une matrice gréseuse. Ces formations reposent en discordance sur le socle cristallophyllien.

- Vindobonien

Il fait partie du Miocène moyen, il est constitué de terrains marno-argileux et marno-calcaires, ses formations sont abondantes sur le long des falaises de Boudouaou El Bahri.

▪ Le Pliocène

En Algérie, le Pliocène est subdivisé selon deux faciès successifs : le Plaisancien et l'Astien (Bouhamadouche, 1993).

- Le Plaisancien

Formé d'une série de marnes bleues qui affleurent sur les rives de Oued Réghaia et au niveau de la plage de Ain Taya.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

- L'Astien

Il s'observe sur l'Oued Corso et sur les falaises d'AinTaya, les formations astiennes correspondent à des grés carbonatés.

▪ Le quaternaire

Il recouvre la majeure partie de la zone d'étude, il constitue les dépôts de la plaine alluviale de l'oued Isser, ainsi qu'une grande partie des versants de deux rives, mais dans la partie nord, on trouve que les dépôts marins anciens.

Les dépôts de quaternaires sont représentés par des sédiments marins alluviaux et éoliens, des sables grossiers, des grés caillouteux.

- Les dépôts de plage

Les plages qui forment tout le rivage sont sableuses, contenant des débris d'organismes marins actuels. En plus des dépôts marins l'alimentation de ces plages est sans doute liée aux sables rubéfiés provenant des reliefs environnants (tel que les falaises et des Oueds Boumerdès et Tatreg).

Ces dépôts sont caractérisés aussi par des anciennes accumulations qui affleurent aux pieds des falaises, ces dunes de couleur beige étaient constituées d'un sable consolidé lité et renfermant de coquilles. A Boumerdès et à Boudouaou El bahri ces dunes n'existent plus. Actuellement, elles sont enlevées à cause de la construction du boulevard Front de mer à Boumerdès et le mur de soutènement de la falaise à Boudouaou El Bahri.

- Les sables rouges

Ils reposent sur les terrains plus anciens, constituent ainsi des terrasses marines très élevées et très étendues, ces sables sont limoneux, rubéfiés. Ils se distinguent par des alluvions plus anciennes et par leur grande homogénéité.

- Les alluvions récentes

Elles sont distribuées le long de oueds Réghaia, Tatrag et Boumerdès. Elles sont composées essentiellement de sables et de graviers.

- Les alluvions anciennes

Elles forment les dépôts de vallée de l'oued de Boumerdès. Elles forment ainsi des terrasses horizontales dont la puissance maximale est de l'ordre de 15m.

Les différents affleurements sont concentrés généralement au Sud de la partie amont de l'oued Boumerdès, ces alluvions sont constituées de sables roux, de galets et par endroits de gros blocs conglomératiques. Ces éléments dont la taille varie des graviers centimétriques aux blocs métriques, sont emballés dans une matrice argileuse. Ces dépôts correspondent à une sédimentation continentale torrentielle, recouvrant les marnes Plaisanciens.

2.1.3 Synthèse géologique

Les formations géologiques résistantes contribuent très peu dans l'alimentation du stock sédimentaire côtier actuel. Les sédiments sableux qui se présentent sur les plages de la baie proviennent essentiellement de l'érosion des formations quaternaires. Le stock sédimentaire actuel localisé sur une bande étroite le long de la côte, est très varié. La variabilité spatiale des caractères granulométriques des sédiments influence beaucoup sur la magnitude des transferts sédimentaires qui s'opèrent au niveau de cette côte. De ce fait, la connaissance des transports sédimentaires long-shore et cross-shore vers l'avant côte entre cap Matifou et cap djinet s'avère nécessaire pour comprendre la morphodynamique de cette portion côtière.

2.2 Cadre géomorphologique

La géomorphologie du littoral s'intéresse à l'étude de l'évolution des formes littorales face au processus hydrodynamiques (vagues, houles et courants) et d'autres divers processus.

La zone de Zémmouri présente une diversité de formes littorales, ils se développent plusieurs systèmes morphologiques qui sont le produit d'interaction entre les processus morphodynamique et la géologie complexe du site. La mise en place de ces derniers ainsi que leurs évolutions se correspondent à des âges Mio-Plio-Quaternaire à l'exception du Cap Matifou, où, on assiste à l'affleurement du socle primaire.

2.2.1 La géomorphologie continentale

a. Les falaises

Le long de la baie de Zémmouri, les traits géologiques et géomorphologiques laissent apparaître deux types de falaises qui se succèdent :

- Les falaises entaillées en formation meuble.
- Les falaises édifiées en roches dures

b. Les plages sableuses

Une plage est une accumulation sur le bord de mer de sédiments libres dont la taille va des sables fins aux blocs, elles résultent du transfert et de l'accumulation de sédiments. Une position d'abri est favorable (anses, fonds de baie) à leur genèse et lorsque le littoral est rectiligne, ce type de rivage a naturellement tendance à la régularisation en développant d'immenses plages.

La grande baie de Zémmouri est une baie largement ouverte est donc elle subit de fortes houles des différentes directions, elle est caractérisée par des plages composant la plus grande partie du littoral et des falaises formant seulement 5% de la côte

- ❖ **Les criques sableuses** : elles sont caractérisées par des longueurs de quelques dizaines de mètres et des largeurs très étroites. Elles se développent devant des falaises, généralement, entaillées dans des roches du socle. D'après Leclaire (1972), ces criques sont formées des sables et graviers Bryozoaires et coquilles de Lamellibranche dont quelques pétoncles sont intensément perforés. Comme on y trouve encore des radioles d'Oursins et de quelques Foraminifères comme les Miliolés et les Globigérines.

- ❖ **Les systèmes sablonneux** : la zone d'étude est caractérisée par la présence d'un important système sablonneux ininterrompu, de couleur dorée, sur une longueur de 5km environ, il commence au niveau de la plage de Surcouf (Ain Taya) et se continue jusqu'au cap djinet, puis il reprend à nouveau vers Boudouaou El Bahri. Sur ce système, on peut distinguer des plages importantes ayant des aspects topographiques, morphologiques et morpho dynamiques différents.

2.2.2 La géomorphologie sous-marine :

La baie est caractérisée par l'étroitesse de son plateau continental : 1.5 km (Leclaire, 1972), il se rétrécit au niveau du mont de Thénia où la tectonique est active, sa largeur ne dépasse pas les 3 km, par ailleurs, en face de la zone basse d'Isser, la largeur du plateau peut atteindre de 15 km (fig.4).

- ❖ Une succession des dunes sous-marines atteignant la zone de cap blanc et le rocher noir : sous l'effet de la houle, les sédiments forment de grands amas dunaires sous-marins qu'on retrouve seulement au niveau de Cap Djinet et Cap blanc.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

- ❖ Un platier rocheux contournant le patrimoine de cap Matifou pour apparaître sous forme de lambeaux formant ainsi le platier de l'île Agueli et l'île Sanjas.
- ❖ Le reste du fonds est constitué de sédiments meubles avec parfois une végétation clairsemée.
- ❖ Le talus continental est intensément buriné par un réseau de canyons (vallée sous-marine de Zémmouri) qui perturbe la régularité du plateau ainsi que l'évolution du trait de côte

Les canyons de cap blanc et de Zémmouri sont parfaitement nets, en entaillant le rebord de ce talus.

Ces deux ravins sous-marins, considérés comme étant le plus bel exemple et le plus important sur le plateau continental algérien, ne montrent aucun lien apparent, ni avec le réseau hydrographique (O. Isser) ni avec le prolongement sous-marin deux vallées de l'Oued Isser et de l'Oued Sébaou.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

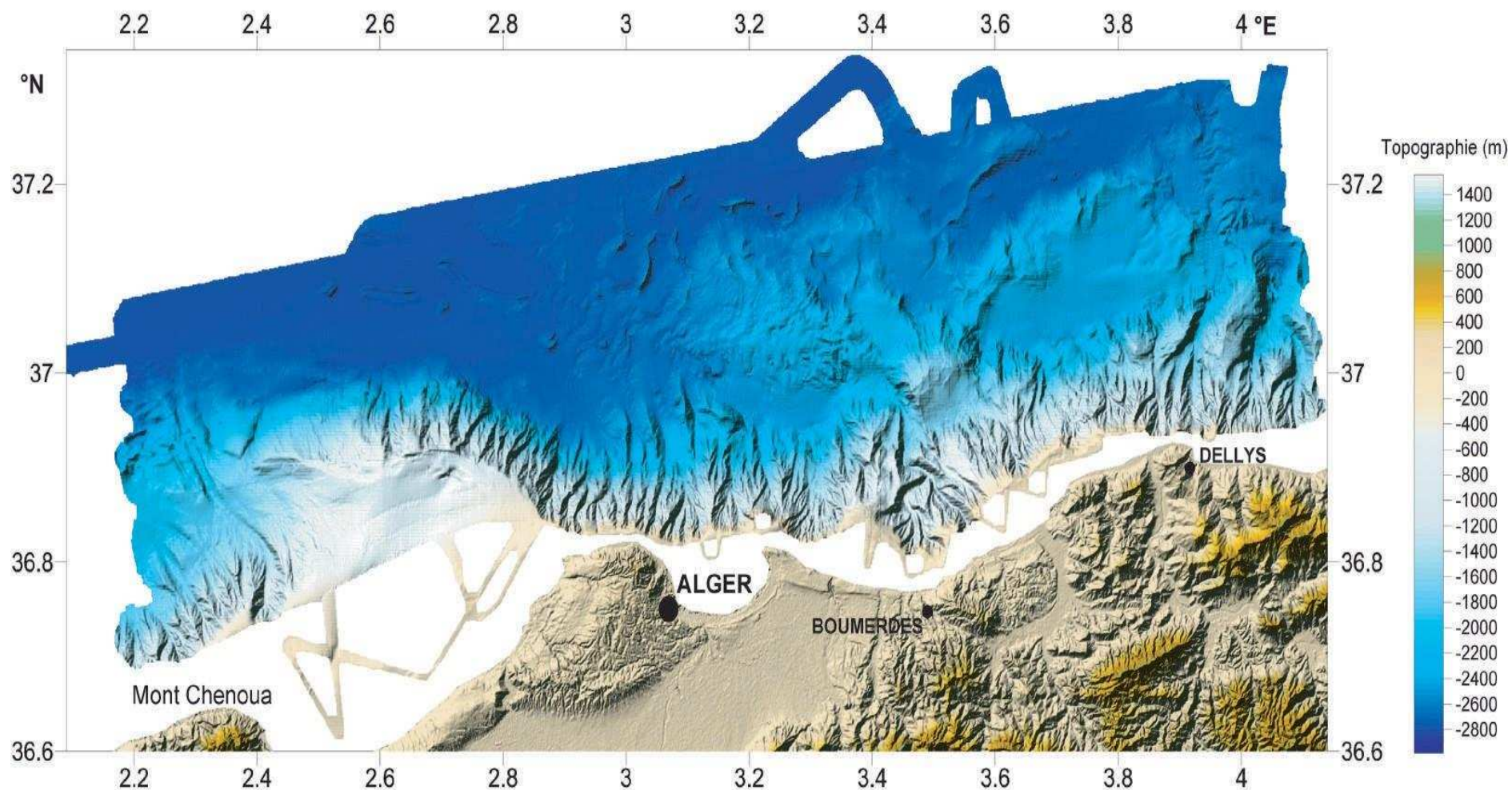


Fig.4 : Bathymétrie et topographie de la région Algéroise (Source MARADJA 2003).

3. Aspect hydro-climatologique

3.1 Contexte climatique

L'étude des paramètres climatiques nous permet de mieux comprendre les transferts sédimentaires le long des côtes qui participent activement dans l'évolution morpho-dynamique du littoral.

La grande baie de Zémouri est caractérisée par un climat de type méditerranéen, relativement froid et humide en hiver, chaud et sèche en été.

3.1.1 Les vents

Pour une région côtière, la connaissance des régimes des vents a une extrême importance. En effet ils sont des générateurs de vagues et de courants superficiels, leur impact croît avec leur vitesse (Moulin 1978). Ils jouent donc un rôle important dans l'évolution géomorphologique des milieux littoraux d'une part, surtout les côtes basses d'accumulations des régions à climat sec (Boutiba, 2006) et d'autre part dans l'évolution des forçages hydro-météorologiques responsables de la mobilité des sédiments le long des côtes (Boutiba, 2006).

Ce facteur joue un rôle considérable dans les transferts sédimentaires directement sur la partie aérienne et par les différents agents hydrodynamiques générés par celui-ci sur la partie immergée.

Deux bases de données sont utilisées pour décrire le régime général des vents :

- ❖ La première au large (Données du MEDATLAS 1999-2004).
- ❖ La seconde à la côte du site d'étude (Données de l'ONM 1994-2013).

a. Régime général des vents au large :

Dans ce présent travail, nous avons exploité les données de la campagne MEDATLAS (1999-2004) présenté 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.

L'analyse statistique des données au large nous a permis de déterminer la fréquence d'apparition du vent par direction à deux échelles ; annuelle et saisonnières et de tracer les roses de vents associés (tab.1, fig.5). On distingue deux régimes dominants :

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

En période estivale : les vents dominants proviennent des secteurs Est à Nord-Est avec une fréquence d'apparition de 61,61%.

En période hivernale : Les vents dominants proviennent des secteurs Ouest à Sud-Ouest avec une fréquence de 48,04 %.

La rose annuelle : fait apparaître 3 directions essentielles des vents dominants : est, nord-est et ouest avec des fréquences d'apparition respectives de 29%, 17% et 21 %.

Tab.1 : Fréquences d'apparition des vents au large par direction.

	Annuelle	Hiver	Printemps	Eté	Automne
N ($0^\circ \pm 15^\circ$)	4,47	5,49	4,85	5,48	3,72
NE ($45^\circ \pm 15^\circ$)	17,19	7,69	17,51	29,21	14,97
E ($90^\circ \pm 15^\circ$)	21,05	9,99	21,65	32,4	20,2
SE ($135^\circ \pm 15^\circ$)	7,01	7,19	8,198	7,27	6,43
S ($180^\circ \pm 15^\circ$)	5,9	9,79	5,97	2,59	5,72
SW ($225^\circ \pm 15^\circ$)	13,42	21,47	10,22	5,08	13,56
W ($270^\circ \pm 15^\circ$)	21,05	26,57	21,35	9,57	25,32
NW ($315^\circ \pm 15^\circ$)	7,32	9,19	7,186	5,78	6,93

(Source MEDATLAS 1999-2004)

Conclusion

L'analyse des données statistiques des vents montre que notre site d'étude est caractérisé par des vents provenant principalement des secteurs Ouest à Nord-Ouest pendant la saison hivernale de secteurs Est à Nord-Est pendant la saison estivale.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

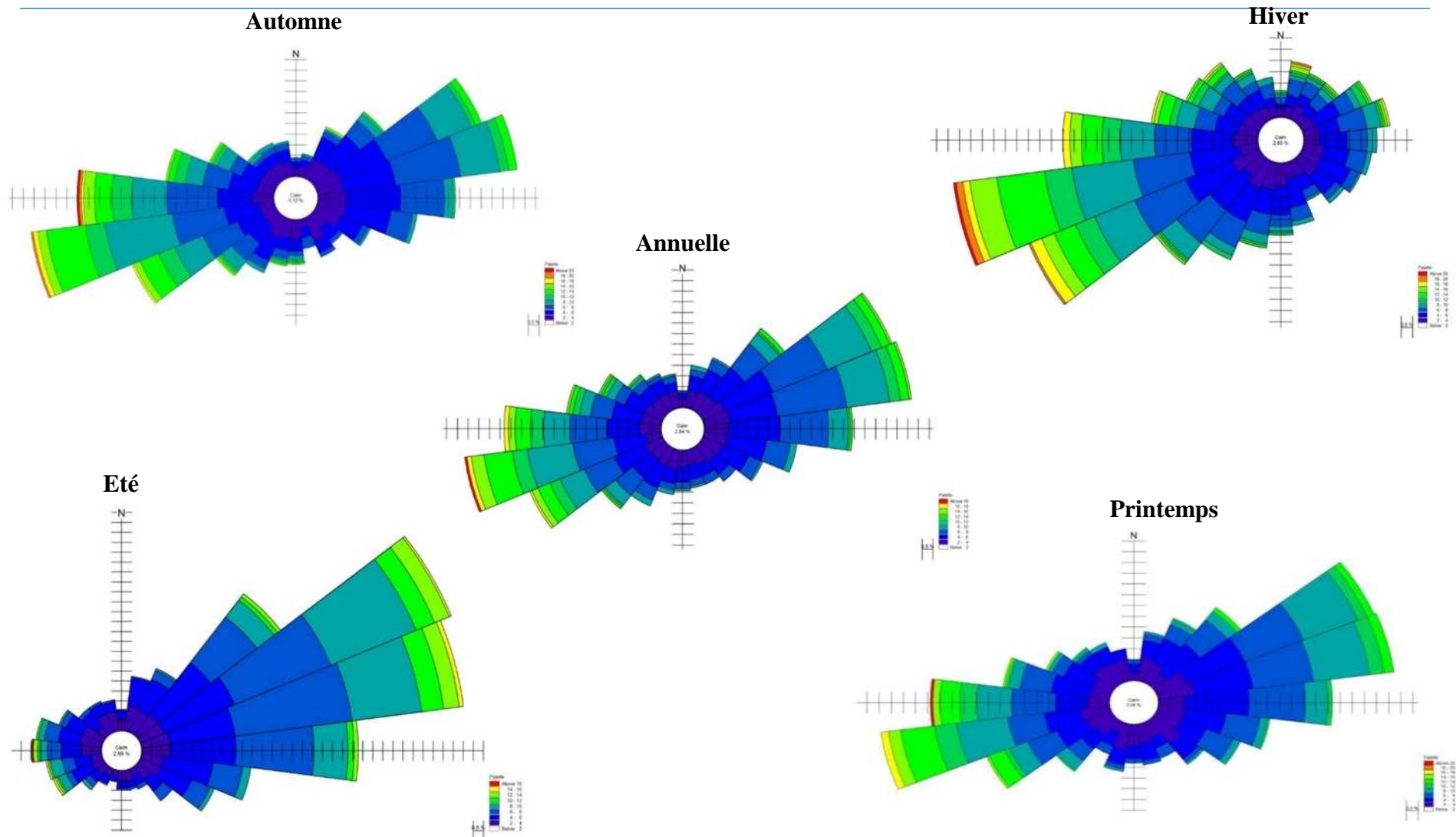


Fig.5 : Roses annuelle et saisonnières des vents au large de la grande baie de Zémouri (Source MEDATLAS 1999-2004).

b. Régime général des vents à la côte :

L'analyse du régime des vents à la côte a été réalisée par l'ONM nous avons exploité les enregistrements de la station marine de Dellys durant la période (1994-2013). L'analyse statistique de ces données a permis de tracer les roses annuelle et saisonnières des vents (fig.6).

Ces données démontrent une répartition similaire pour la rose annuelle et les quatre saisons. Les vents dominants proviennent du secteur Nord Est avec des fréquences d'apparition respectives de 65% annuellement, 75% durant l'hiver et 54% durant l'été.

- ❖ Les vents forts avec des vitesses maximales $> 20\text{m/s}$ sont rares ($< 0.1\%$).
- ❖ Les vents avec des vitesses pouvant atteindre les 20m/s apparaissent pendant l'hiver.
- ❖ Les vents avec des vitesses qui ne dépassent pas les 15m/s sont rares et apparaissent surtout pendant les trois autres saisons (Automne, Printemps et Eté).
- ❖ Les vents avec des vitesses qui oscillent entre 2 et 5 m/s sont dominants avec des fréquences d'apparition de 50% durant toute la période annuelle, 59% en période hivernale, et 40% en période estivale.
- ❖ Le pourcentage calme pour toutes directions confondues est faible durant l'hiver (21.68%) et plus important durant l'été (41.37%).

Les valeurs affichées sur les mouvements de sable selon (Bagnold, 1954) sont généralement supérieures aux seuils admis pour le début d'entraînement des particules sableuses par le vent fixées respectivement à 6.25 m/s et 6.17 m/s . ces valeurs attestent également une dynamique éolienne efficace dans la région (Boutiba, 2006).

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

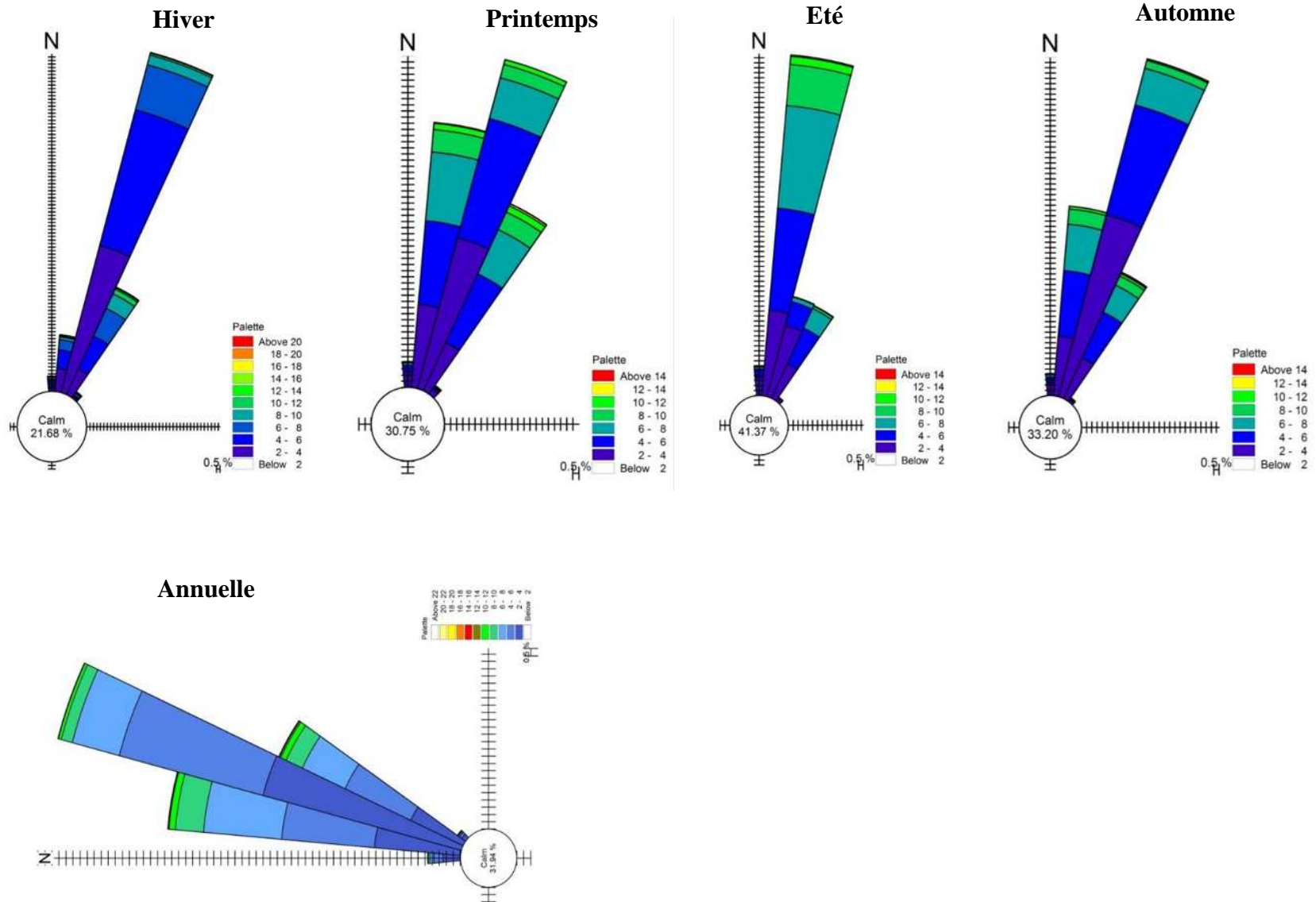


Fig.6 : Rose annuelle et saisonnières des vents à proximité de la côte (Source ONM 1994-2013).

3.1.2 La température

L'étude de la variation des températures s'est effectuée par l'analyse des moyennes mensuelles calculées à partir des enregistrements établies au niveau de la station la plus proche de la zone d'étude située à Dellys AFIR, ces enregistrements couvrent une période de 19 ans allant de 1996 à 2014. Cette analyse confirme que la zone d'étude est soumise à l'influence du climat méditerranéen avec une alternance de deux saisons :

- ❖ Une saison froide et humide.
- ❖ Une saison chaude et sèche.

L'analyse des températures moyennes mensuelles de la grande baie de Zemmouri (fig.7, fig.8) démontre que la saison estivale qui s'étale du mois de mai jusqu'au mois de octobre est caractérisé par des températures relativement élevées qui atteint leur maxima en mois d'Août 25°C. Tandis que la saison hivernale connaît son mois le plus froid en février avec un minima de 12°C (tab.2). Les écarts thermiques restent généralement faibles.

Tab.2 : Moyennes mensuelles des Températures à la station marine de Dellys période (1996-2014).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Moy (°C)	12.9	12.5	14.1	16.1	18.3	21.3	24.4	25.3	23.4	21.1	16.6	13.8
Min (°C)	9.3	8.8	10.4	12.3	14.8	18.0	20.8	21.7	19.8	17.2	13.0	13.8
Max (°C)	16.4	16.3	17.8	19.8	21.9	25.1	28	28.9	27.0	24.9	20.2	17.3

(Source

ONM)

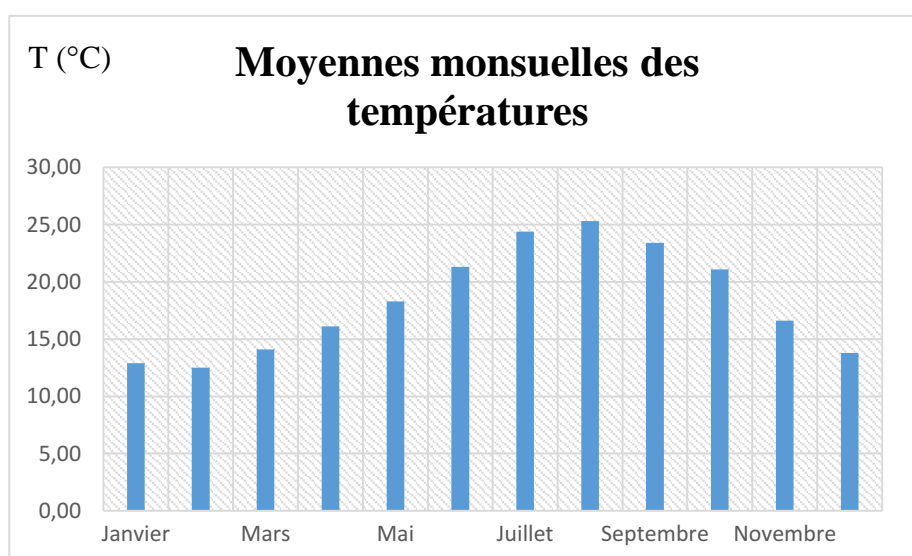


Fig.7 : Moyennes mensuelles des températures à la station marine de Dellys (Source ONM 1996-2014).

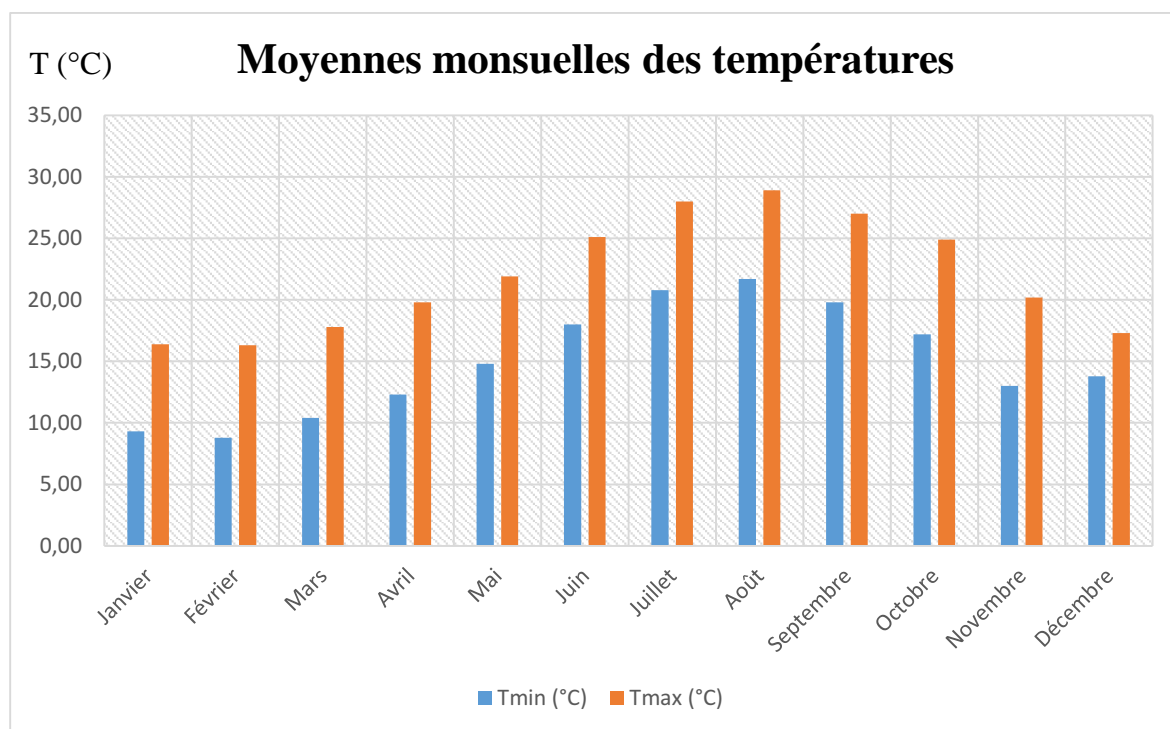


Fig.8 : Moyennes annuelles des températures (Source ONM 1996-2014).

3.1.3 Les précipitations

En se basant sur la même série de données, nous constatant que la zone d'étude est caractérisée par une pluviométrie relativement importante la saison hivernale, cependant elles sont irrégulières et relativement faibles pour le reste des saisons.

A partir de l'analyse statistique de ces données on peut distinguer deux saisons

- ❖ L'une humide qui s'étale du mois de novembre au mois de février où la moyenne mensuelle maximale atteint 142,6 mm.
- ❖ Une saison sèche allant du mois de juin jusqu'au mois d'octobre avec un minimum de 2,5 mm (fig.9), cependant il existe une période transitoire entre mars et mai où les précipitations moyennes varient entre 45 et 64 mm.

Tab.3 : Moyennes mensuelles des précipitations à la station marine de Dellys période (1996-2014).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
P (mm)	92.9	90.9	74.3	66.9	64.8	12.2	2.5	11.0	44.9	67.3	142.6	130.7

(Source ONM)

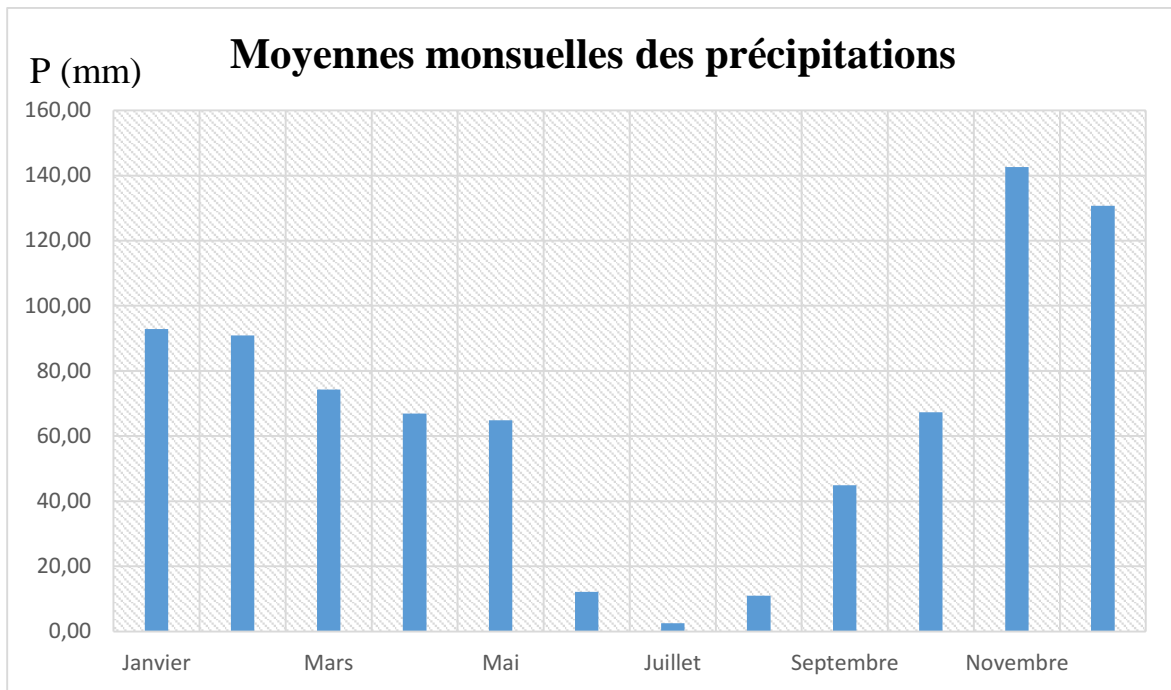


Fig.9 : Moyennes mensuelles des précipitations à la station marine de Dellys (Source ONM 1996-2014).

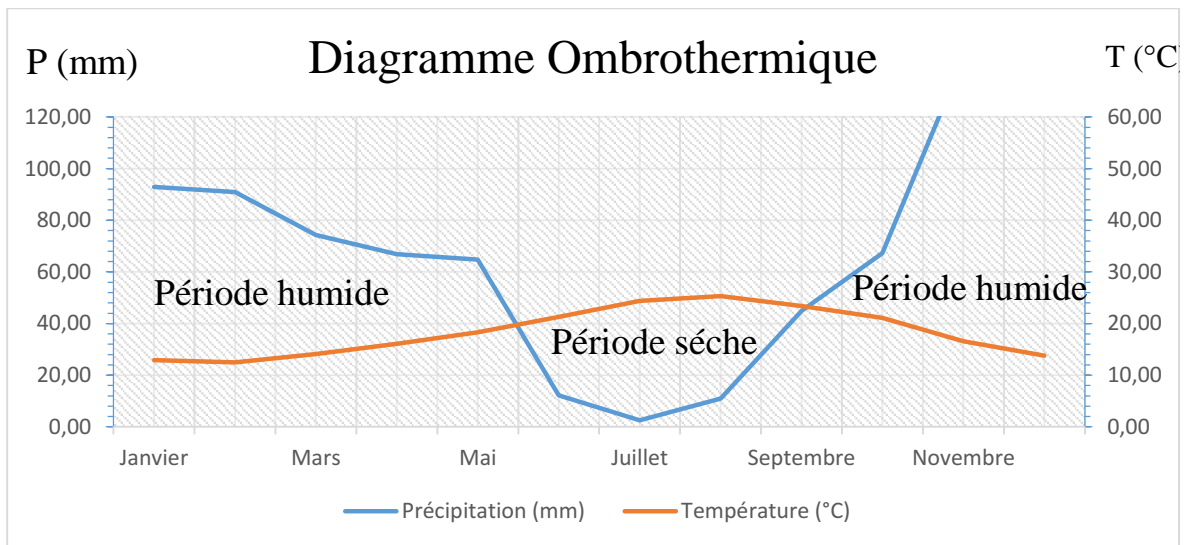


Fig.10 : Diagrammes ombrothermique de Gauss de la station marine de Dellys.

Conclusion

Le climat de la région est soumis à l'influence du climat méditerranéen de type subhumide, caractérisé par deux saisons distinctes : une humide et froide en hiver, et l'autre sèche et chaude en été. (fig.10)

3.2 Contexte hydrologique

3.2.1 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la grande baie de Zémouri est caractérisé par son importance de point de vue densité hydrographique. Ce réseau d'oueds prend source dans l'Atlas blidéen (piémont) et se déverse en mer. Contribuent ainsi efficacement à l'évolution de la morphologie littorale en général.

La grande baie de Zémouri est caractérisée par un réseau hydrographique constitué d'Est en Ouest par les oueds Ammara, Isser, Merdja, Safsaf, Boumerdès, Corso, Boudouaou et Réghaia (fig.11).

Tab.4 : Estimation des apports solides des Oueds.

les Oueds	Taux d'abrasion moy (m^3/km^2)	volume du transport solide (Mm^3/ans)
Oued Réghaia	210	0,02
Oued Boudouaou	1380	0,21
Oued Corso	1150	0,11
Oued Boumerdes	550	0,02
Oued Isser	1200	4,96

(Source ANRH 1986-1992)

Dans le secteur d'étude, les deux oueds considérés comme importants sont les oueds Isser et Boudouaou. Actuellement, ces derniers sont "fermés" respectivement en amont par les barrages de Keddara et Beni Amrane, réduisant ainsi considérablement les 2 apports sédimentaires majeurs vers le milieu marin.

Conclusion :

Les conditions climatiques et pédologiques des bassins versants des oueds facilitent l'érosion et le ruissellement. En été, les lits des oueds sont réduits à de minces filets d'eau, alors qu'en hiver leurs crues peuvent être violentes.

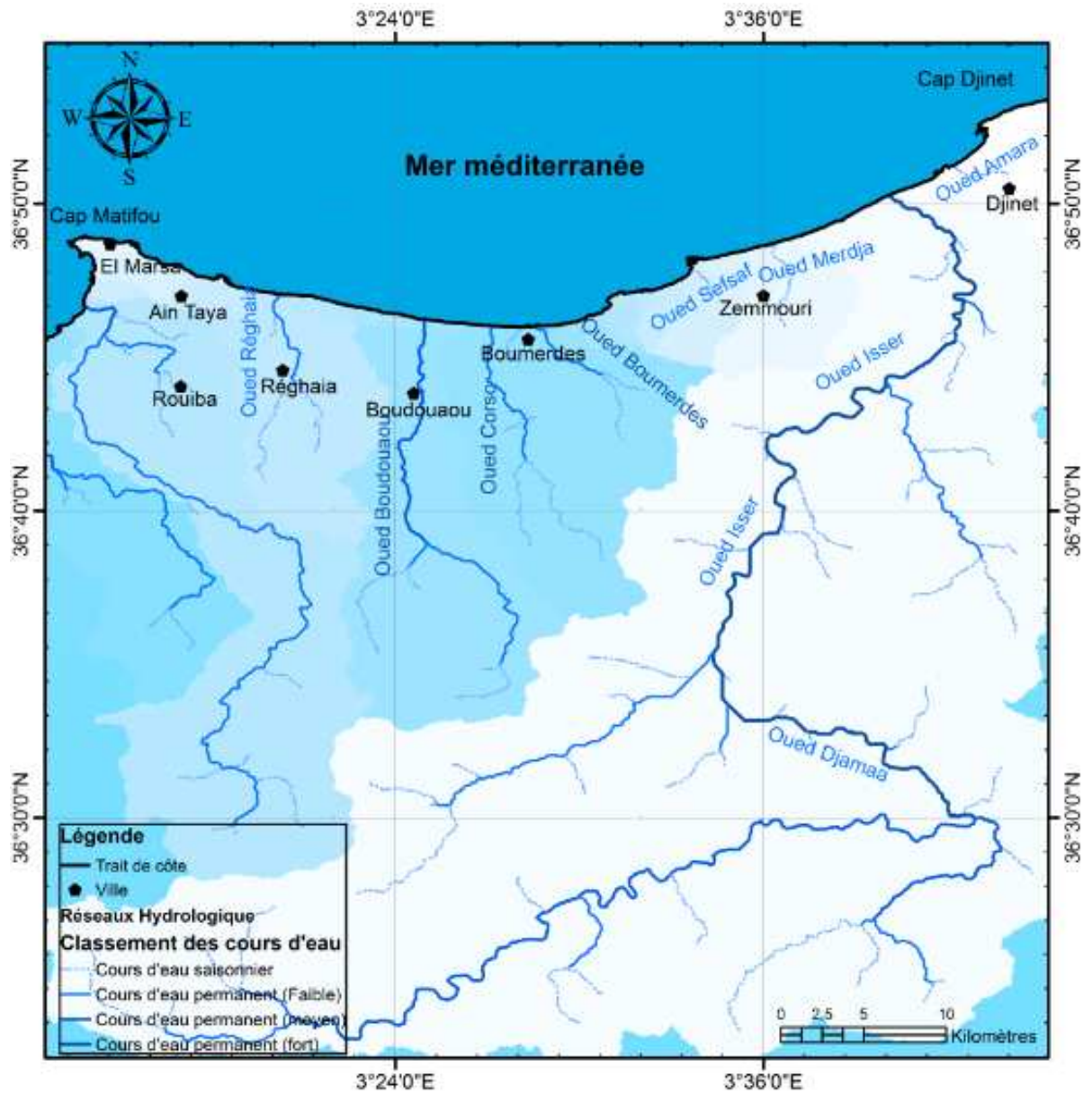


Fig.11 : Réseaux hydrographique de la grande baie de Zemmouri (Source TOUZI.W)

4. Facteur hydrodynamique

La dynamique sédimentaire littorale est étroitement liée à l'hydrodynamisme ainsi qu'à l'environnement hydrographique. Une connaissance approfondie des facteurs majeurs à savoir les houles, les courants et les débits sont donc nécessaires, pour déterminer leurs actions et leurs interventions dans le remaniement des sédiments.

4.1 Les houles

La houle est une oscillation de la partie superficielle du plan d'eau, celle-ci étant générée initialement par le vent. Elle se propage plus ou moins régulièrement jusqu'à l'approche des côtes où elle subit des modifications par réfraction, diffraction et déferlement. (Guilcher, 1979)

La détermination des caractéristiques de la houle au large permet de :

- ❖ Mieux analyser les constatations faites à l'évolution du littoral.
- ❖ Déterminer les dimensions des ouvrages de protection.
- ❖ Estimer le transit sédimentaire.

Les données utilisées pour étudier les houles et l'état de la mer de la grande baie de Zémouri sont issues des mesures des observations qui ont été effectuées au large des côtes algéroises lors de la campagne MEDATLAS dans une période de cinq ans (1999-2004).

4.1.1 Les directions au large

Le tableau (tab.5) représente les fréquences d'apparition annuelle et saisonnières des houles par directions.

Tab.5 : Fréquence annuelle et saisonnière des houles au large par direction.

	Annuelle	Hiver	Printemps	Eté	Automne
N ($0^\circ \pm 15^\circ$)	13,57	19,5	11,93	7,2	15,16
NE ($45^\circ \pm 15^\circ$)	42,95	25,8	45,09	65,48	37,95
E ($90^\circ \pm 15^\circ$)	5,47	2,9	6,26	10,02	3,79
SE ($135^\circ \pm 15^\circ$)	0,4	0,9	0,3	0,3	0,5
S ($180^\circ \pm 15^\circ$)	0,4	1,4	0,1	0,2	0,6
SW ($225^\circ \pm 15^\circ$)	0,8	2,2	0,4	0	1,4
W ($270^\circ \pm 15^\circ$)	27,3	33,7	28,16	12,92	31,1
NW ($315^\circ \pm 15^\circ$)	7,7	11,7	6,28	3,5	8,29

(Source MEDATLAS 1999-2004)

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

L'analyse des roses de houle (fig.12, fig.13) nous a permis de constater 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%).

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.

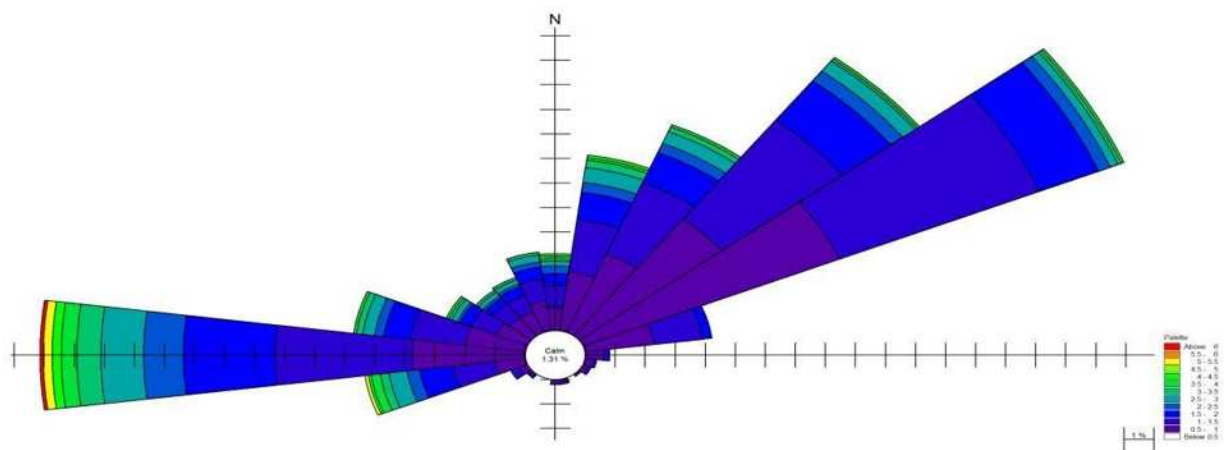


Fig.12 : Rose annuelle des houles au large de la grande baie de Zémmouri (Source MEDATLAS).

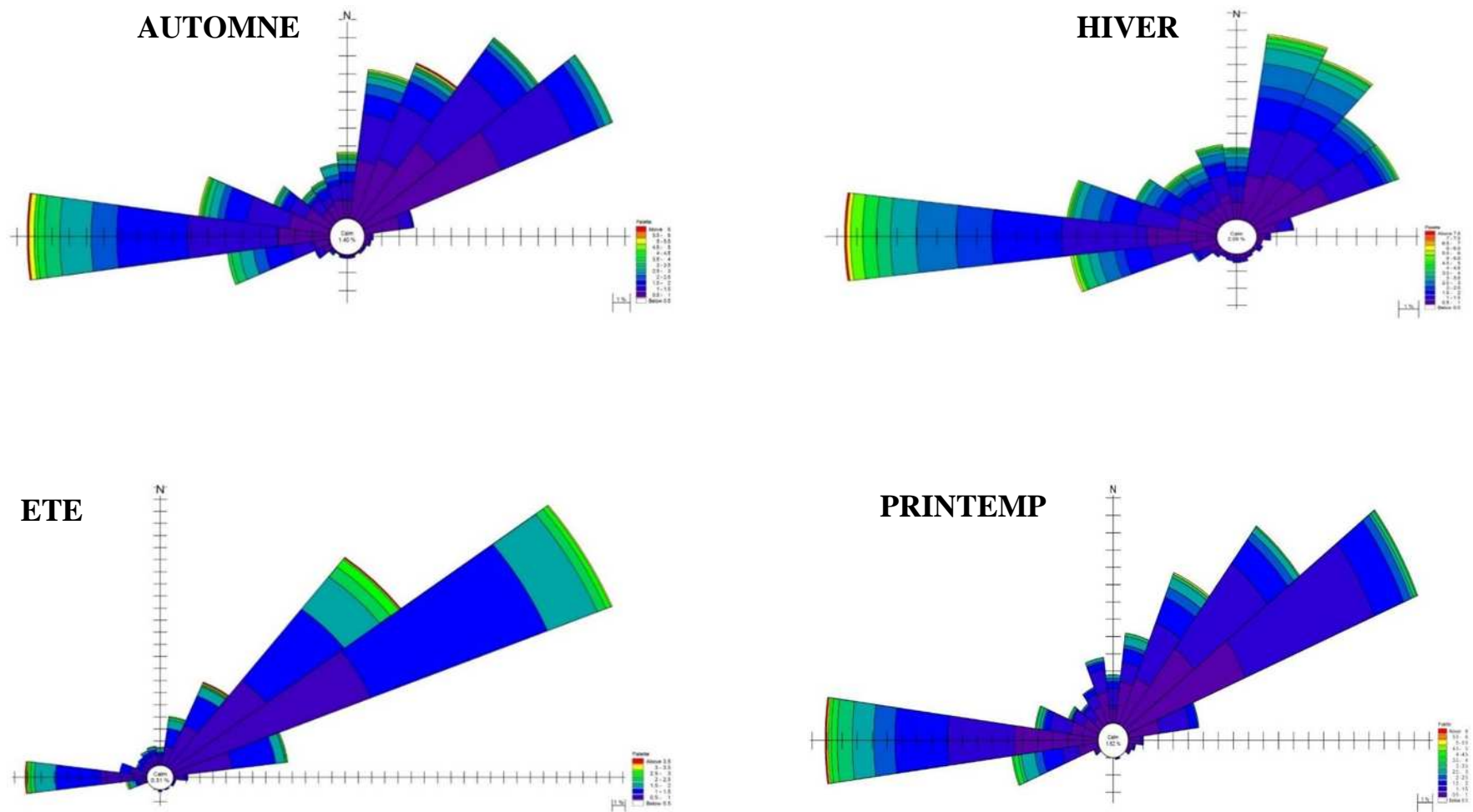


Fig.13 : Roses saisonnières des houles au large de la grande baie de Zemmouri (Source MEDATLAS).

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

4.1.2 Les hauteurs significatives au large

Les fréquences d'apparition des classes de hauteurs significatives en fonction des directions dominantes sont résumées dans le tableau (Tab.6)

Tab.6 : Fréquences des classes de hauteurs significatives en fonction des directions dominantes au large.

	Annuelle		Hiver		Printemps		Eté		Automne	
	NE	W	NE	W	NE	W	NE	W	NE	W
0,00 - 0,25	0,8	0,1	1,1	0,4	0,7	0,3	0,2	0	1	0,1
0,25 - 0,5	7,21	2,64	4,3	2,8	6,16	3,54	10,33	1,5	7,64	2,48
0,5 - 0,75	11,47	4,17	6	4	11,02	5,15	18,76	3,91	10,23	3,78
0,75 - 1	9,14	4,27	3,9	4,5	11,12	3,44	14,44	2,81	7,94	4,86
1 - 1,25	6,3	3,55	3,3	4	7,79	3,53	10,03	1,7	4,77	4,27
1,25 - 1,5	3,45	2,95	2,2	3,3	3,74	2,42	5,42	1,6	2,67	3,96
1,5 - 1,75	2,03	2,13	1,3	2,8	1,72	2,83	2,9	0,5	1,9	2,89
1,75 - 2	1,33	2,03	1,1	2,9	1,63	2,02	1,8	0,4	1,1	2,59
2 - 2,5	1,32	2,44	1,8	3,7	1,21	2,52	1,3	0,2	1	3,08
2,5 - 3	0,4	1,31	1	2,2	0,4	1,41	0,3	0,2	0,2	1,69
3 - 3,5	0,3	0,91	0,6	1,3	0,2	0,8	0,2	0,1	0,3	0,7
3,5 - 4	0	0,4	0,1	0,9	0	0,3	0	0	0	0,3
04-mai	0	0,4	0,1	0,9	0,1	0,1	0	0	0,1	0,4
05-juin	0	0,1	0,11	0,3	0	0,1	0	0	0,1	0,1
6 - 7,5	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0

(Source MEDATLAS 1999-2004)

D'après le tableau (tab.6) le Nord-Est et l'Ouest sont les deux secteurs dont les agitations sont les plus fréquentes.

- ❖ Les houles dominantes sont caractérisées par des Hs oscillant généralement entre 0.25m et 2.5m
- ❖ Les houles de tempêtes sont rares et sont caractérisées par des Hs fluctuant généralement entre 3.5 et 7.5m
- ❖ Les fortes agitations proviennent de l'ouest avec des Hs de houles pouvant atteindre un maximum de 7.5m en hiver, 6m annuellement, au printemps, et en automne et 3.5m en été.

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

- ❖ Les agitations qui proviennent du Nord-Est sont beaucoup plus faibles que celles provenant de l'Ouest avec des Hs pouvant atteindre un maximum de 3.5m annuellement.

4.1.3 L'état de la mer

Le tableau (tab.7) résume des résultats de calcul de pourcentage d'apparition des hauteurs significatives selon les classes de l'état de la mer fixées par l'échelle de Douglas (1917).

Tab.7 : Les fréquences d'apparition des états de la mer.

Etat de la mer	Belle	Peuagitée	Agitée	Forte	Très Forte	Grosse
Classes de Hs	0,1 - 0,5	0,5 - 1,25	1,25 -	2,5 - 4	4 – 6	06-sept
Annuel (%)	15,41	55,24	24,12	4,62	0,5	0
Hiver (%)	14	43,8	30,6	9,8	1,9	0,1
Printemps (%)	15,65	57,95	22,61	3,51	0,3	0
Eté (%)	15,93	66,17	17,02	0,8	0	0
Automne (%)	15,81	52,9	26,09	4,49	0,9	0

(Source MADATLAS 1999-2004)

D'après le tableau ci-dessus, nous constatons que l'état de la mer qui domine au large est peu agité avec des pourcentages d'apparition assez importants qui dépassent les 50% du temps. (Hs entre 0.5 et 1.25m)

Des états de forte et très forte mer sont enregistrés durant toute l'année mais avec des pourcentages moins importants durant l'hiver ne dépassant pas les 10%

Un état de grosse mer est enregistré en hiver avec un pourcentage très faible (0.1%), cet état correspond peut être à un épisode de forte tempête durant laquelle les hauteurs significatives dépassaient les 6m.

Conclusion :

Les houles les plus fréquentes proviennent des deux secteurs Ouest et Nord-Est avec des Hs comprises entre 0.25 et 2.5m. Les fortes agitations proviennent fréquemment de l'ouest avec des Hs de houles pouvant atteindre un maximum de 7.5m en hiver.

4.2 Les courants

Dans les régions côtières, les courants sont d'une autre nature que ceux qui se développent en pleine mer. Les grands courants océaniques agissent peu dans les faibles profondeurs

qui caractérisent les abords des continents où les courants sont surtout engendrés par la marée ou les vagues.

4.2.1 Courants océaniques

▪ Les courants généraux

Le courant atlantique pénétrant par le détroit de Gibraltar forme des tourbillons anticycloniques de 100km de diamètre, se déplaçant vers l'est à une vitesse moins de 7 nœuds. A son arrivé à la côte de Boumerdès, il a une vitesse de 0.5 à 2.5 nœuds. Il crée alors des courants résiduels se dirigeant vers la côte dont la vitesse est inférieure à 0.5 nœud (Milot, 1985).

4.2.2 Courants côtiers

Plusieurs types de courants qui agissent à proximité des côtes sont engendré par les vagues qui représentent la principale source d'énergie transmise à la zone littorale. Ces derniers engendrent un courant orbital qui se transmet de la surface vers le fond tout en perdant de son intensité. A l'approche des côtes, ces courants orbitaux finissent par atteindre le fond au niveau duquel ils induisent un mouvement de va-et-vient, et qui représentent la principale source d'agitation des fonds meubles et de mise en mouvement des sédiments dans les petits-fonds, on peut en distinguer deux

a. Les courants de dérive littorale

Le courant de dérive littorale est un déplacement parallèle au rivage de masse d'eau sous l'effet des vagues qui atteignent le rivage avec une certaine obliquité (fig.14), il prend naissance au niveau de la zone de déferlement et se perpétue jusqu'au trait de côte. Permettant ainsi la mise en suspension et le transport latéral des sédiments tout au long des côtes.

Les vents de secteur Ouest et Nord-Ouest d'hiver et les houles induites Nord-Ouest provoquent une dérive littorale Ouest-Est, alors que les houles du Nord-Est provoquent une dérive littorale Est-Ouest.

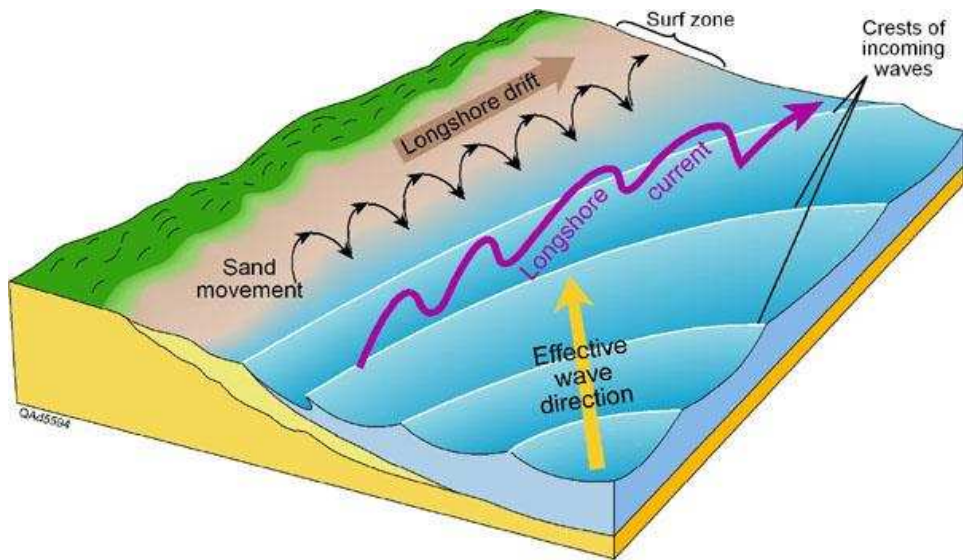


Fig.14 : Profil d'un courant de dérive littoral.

b. Les courants de retour

Le courants de retour communément appelé « *Rip current* » est un courants induit par les vagues, il se manifeste lors du déferlement de ces derniers au contact du rivage qui poussent l'eau vers le haut de la plage puis coule directement dans la rive en coupant à travers les lignes de vagues (fig.15). Leurs vitesses dépendent de l'énergie des vagues ainsi que de la pente de la plage.

Il existe également un autre type de courant de retour dans la zone littorale appelé « *Undertow* » qui est également un courant dirigé vers le large, mais qui se manifeste près du fond contrairement au « *Rip current* » qui agit surtout en surface.

Les sédiments de la plage et des falaises ainsi arraché sont entraînés par ces courants en direction du large.

Ces courants sont induits par les houles frontales du Nord et du NNE le long des côtes de la grande baie de Zémouri. En période hivernale, ces houles arrivent de manière frontale, le déferlement se produit directement contre le pied des falaises ainsi que sur les plages, il s'en suit alors une érosion par affouillement prononcé les sédiments arrachés sont repris par ces courants puis transportés vers le large.

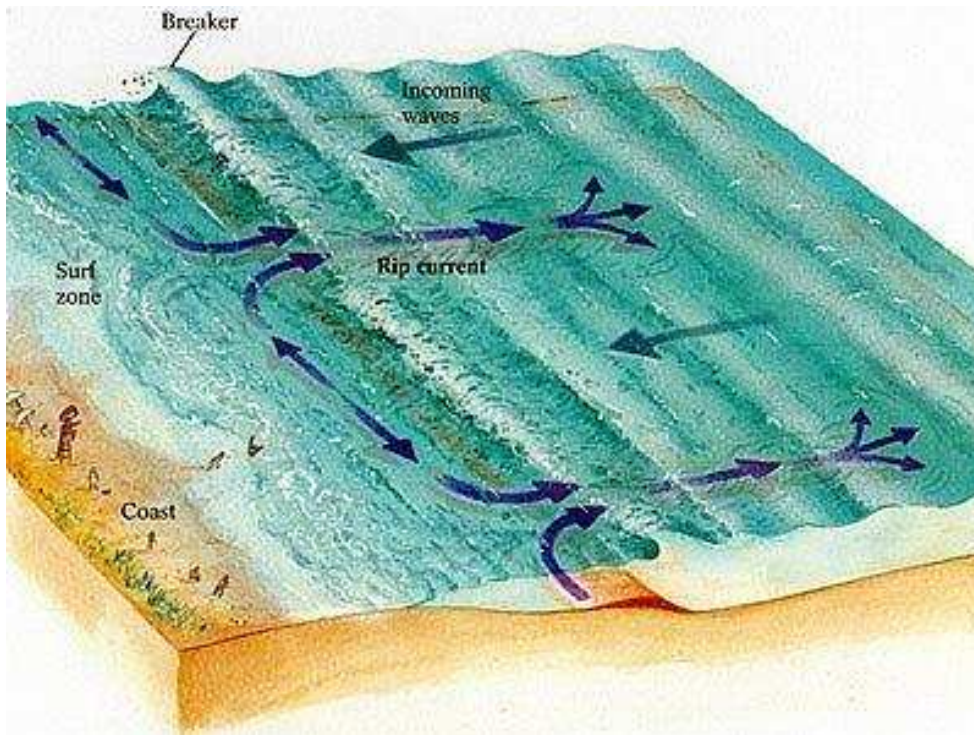


Fig.15 : Profil d'un courant de retour.

c. La marée :

Les côtes au niveau de la méditerranée sont connues par un marnage faible d'où la nomination des côtes micro-tidales, généralement au niveau des côtes algériennes, on distingue deux types de marées :

- ❖ La marée barométrique qui est le résultat des phénomènes climatiques (vents et pression) effet de la pression conduit à une variation moyenne du plan d'eau de 5,3cm, cependant l'effet du vent est plus important puisque la variation du niveau d'eau peut atteindre 10 à 12 cm et plus rarement 20cm.
- ❖ La marée astronomique due à l'action des différents astres (lune et soleil) et qui est d'un marnage d'ordre de 0.35 m pendant 12 à 24 heures.

L'action de la marée combinée avec l'action des grands vents qui viennent du large doivent être prise en considération car ils pourront entraîner des seiches et même des météo tsunamis qui engendrent des catastrophes humaines et économiques.

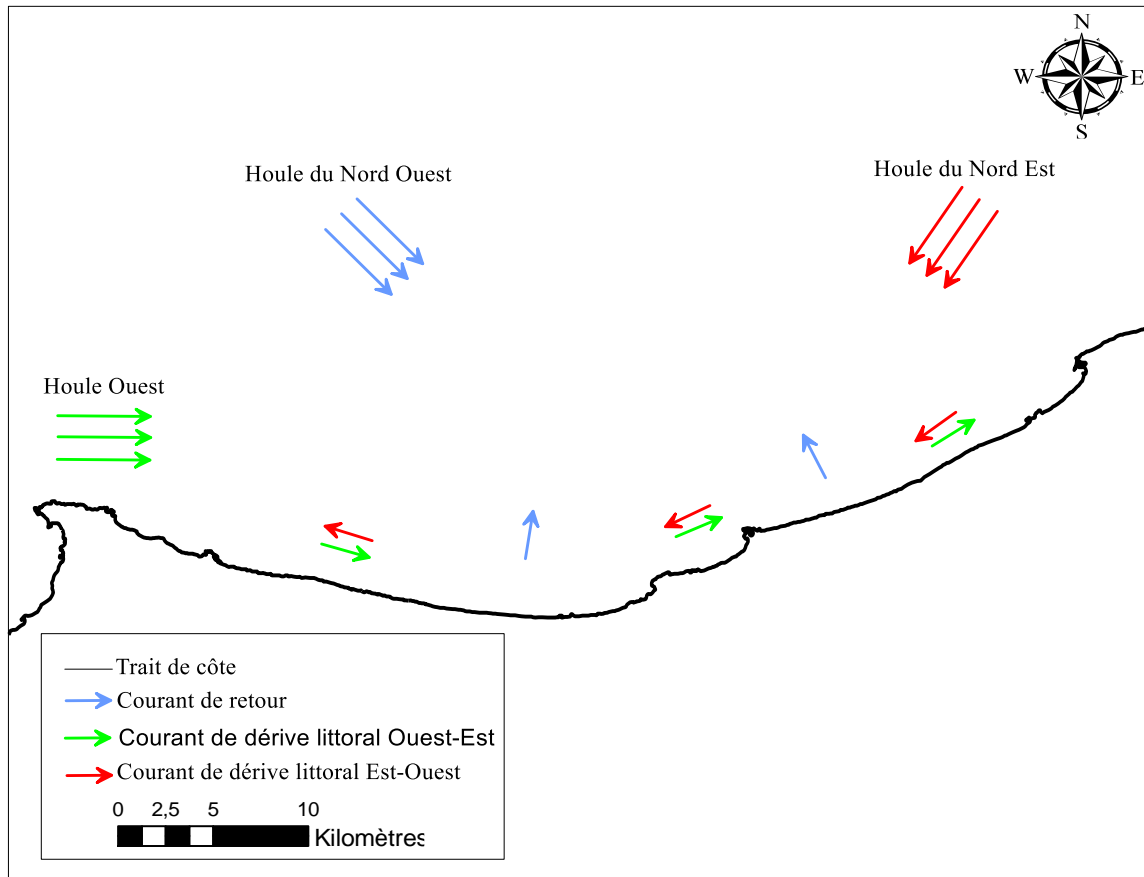


Fig.16 : Schéma de l'hydrodynamisme de la grande baie de Zémouri.

5. Sédimentologie

L'étude sédimentologique permet de répartir uniformément les sédiments superficiels cette étude a été effectuée par Leclair (1972). D'après les résultats qu'il on obtenus (fig.17), le site est constitué de sédiments calcaires, sédiments siliceux et sédiments argileux, leurs répartitions et leurs déplacements obéit à la dynamique sédimentaire et à l'hydrodynamique locale.

5.1 Sédiment calcaires

Les îles de Sanja à l'île Aguéli, le substratum affleure e plusieurs points et constitue autant de « fond vifs » sur lequel se développent différentes espèces dont leur débris calcaires s'accumulent sur place ou à proximité formant des sables et graviers, il en est de même sur la bordure rocheuse du Cap Matifou (Ferrani et Chehaima, 1998).

5.2 Sédiment siliceux

Aux abords de Cap Matifou jusqu'à Cap Djinet un important système sablonneux se développe occupant les premières profondeurs de plateau (- 20 m de profondeur)

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

quasiment ininterrompu, à l'exception de la partie Est de la baie, entre L'oued Isser et Cap Djenet où ce système diminue pour apparaître à - 10 m de profondeur, au de-là de ce système se sont les boues silico-argileuses qui se déposent composées de sablons siliceux, 30 % d'argiles et 20 % de calcaires (Ferrani et Chehaima, 1998).

5.3 Sédiment argileux

Les boues argilo-siliceuses recouvrent le rebord et le début de la pente continentale de 40% à 50% d'argiles, cette fraction de sédiment est formée de quelques quartz et de débris végétaux.

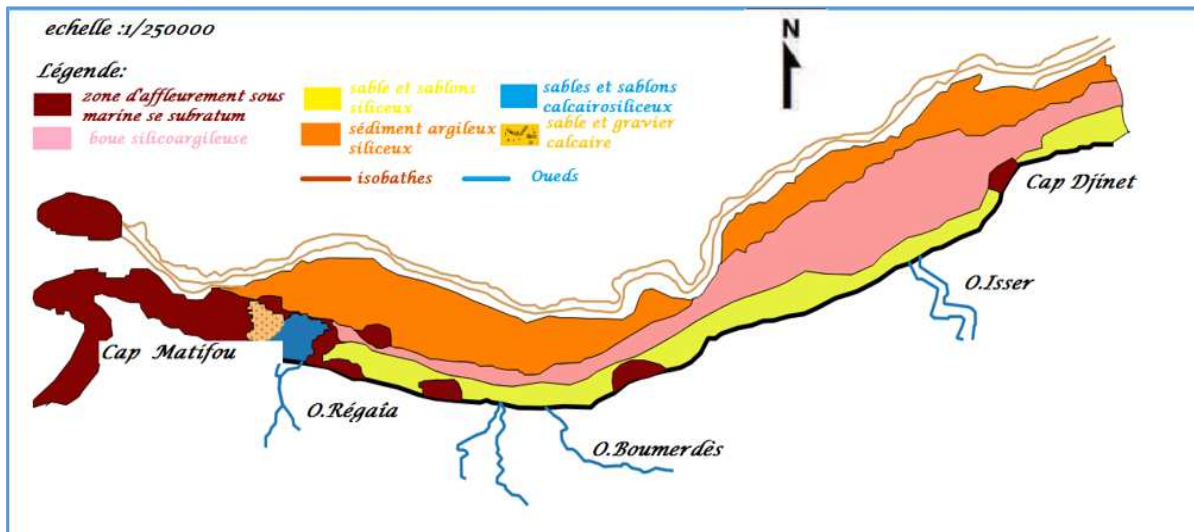


Fig.17 :Nature de la couverture sédimentaire dans la grande baie de Zémouri (Leclaire,1972) modifiée).

Chapitre II :
« Aspect Bathy-sédimentaire »

1. Etude bathymétrique

La bathymétrie est la science qui consiste à mesurer les profondeurs et le relief de l'océan, en vue de déterminer la configuration des fonds marins.

Les fonds marins constituent généralement le prolongement naturel des structures terrestres, il y'a donc une relation étroite entre la géomorphologie littorale et la topographie sous-marine. Cette dernière est soumise à l'influence de plusieurs facteurs hydrodynamiques, qui entraîne des modifications parfois significatives dans l'ensemble du système littoral sableux. Ainsi l'évolution des fonds marins résulte des échanges transversaux et longitudinaux des différentes unités morphologiques de la côte.

L'étude bathymétrique est une étape primordiale dans l'inspection, le diagnostic et la résolution d'éventuel problème d'ensablement des ports ou de sécurité maritime. Elle peut aussi être pratique dans la sélection de l'emplacement ainsi que du type de structure à implanter afin de protéger le rivage contre les agressions marines.

La carte bathymétrique est une donnée de base essentielle pour la reconnaissance de la morphologie sous-marine ainsi que pour la modélisation de l'hydrodynamisme dans la zone côtière (Near-Short).

1.1 Données disponibles

Des cartes bathymétriques anciennes de la marge algérienne existaient (fig.18) et avaient été réalisées avec des sondeurs monofaisceaux (Leclaire, 1972).

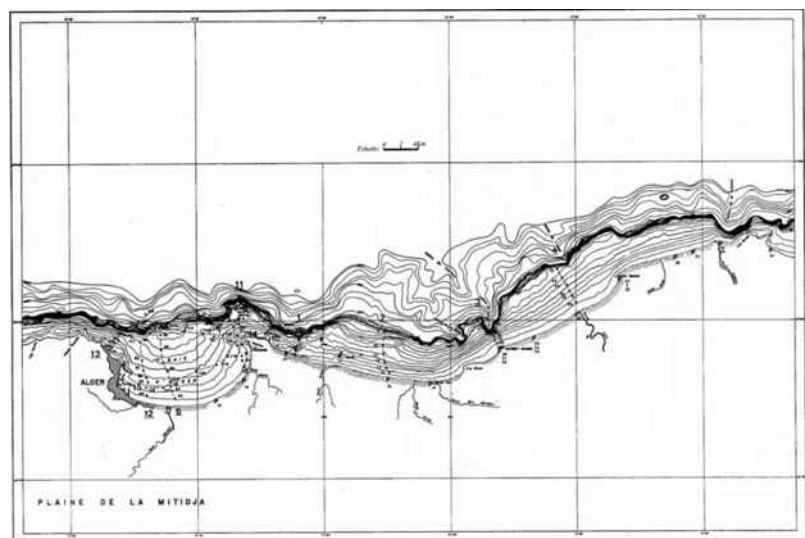


Fig.18 : Carte bathymétrique de la grande baie de Zémouri (leclaire 1972).

Ces données n'étaient pas disponibles sous forme numérique, mais seulement sur d'anciennes cartes papier en courbes de niveau (au 1/150000), l'acquisition des données bathymétrique de la grande baie de Zémouri fut extraite par digitalisation à partir d'une carte marine ([Annexe.1](#)) établis par le Service Hydrographique des Force Navale(S.H.F.N), ces données seront ensuite utiliser dans l'étude de la réfraction de la houle.

L'ensemble de ces données obtenues à partir d'anciennes cartes digitalisées seront utiliser avec grande précaution, à cause de leur faible résolution spatiale, et seront essentiellement utiles pour la reconnaissance des traits structuraux généraux de la zone côtière.

1.2 Exploitation des données obtenues

Les données bathymétriques extraites à partir de la carte marine sont exploitées pour l'élaboration des cartes bathymétriques en 2D et en 3D et pour avoir des profils de la plage sous-marine cela est effectué à l'aide du logiciel Surfer 11[®].

1.2.1 Description du logiciel

Le logiciel Surfer[®], conçu par Golden Software permet de réaliser des cartes à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT) issus des données récoltées sur le terrain via GPS, DGPS...etc.

Ce logiciel permet de créer des grilles pour interpoler les données irrégulières des points (X, Y, Z) afin de les ordonne. Les grilles peuvent être importées depuis plusieurs sources pour produire plusieurs types de cartes : Base map, contour map, 3D surface, vector et bien d'autres..., incluant des contours, des vecteurs, des images ainsi que des cartes superficielles.

a. Manipulation sur Surfer[®]

- ❖ Préparer les données bathymétriques et topographiques dans une feuille d'Excel (respecter les valeurs négatives pour la bathymétrie et positives pour la topographie, ainsi que le format mettre des virgules non pas des points).
- ❖ Créer une grille en allant dans : **Grid=>Data** et parcourir le fichier Excel puis cliquer sur **ok**
- ❖ Une fois la grille est créée, aller dans « **Toolbar Options** ».
- ❖ Pour l'obtention des cartes des isobathes en 2D cliqué sur **Map =>New =>Contour Map** et parcourir la grille crée, et pour les cartes bathymétriques en 3D cliquer sur **Map=>New =>3DWireframe**.

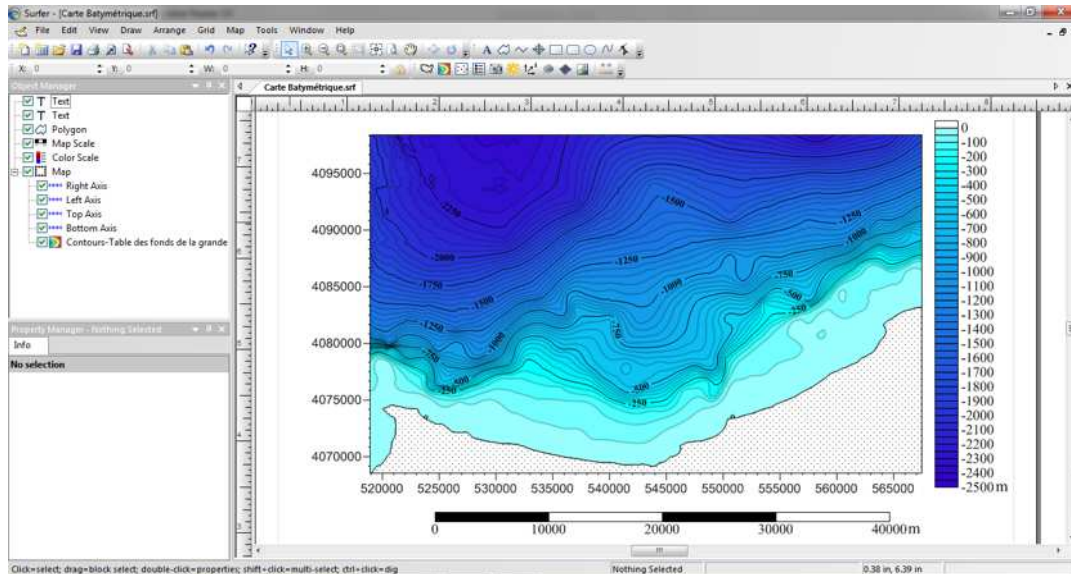


Fig.19 :Création des cartes à l'aide de SURFER 11®.

1.2.2 Levé bathymétrique

a. La carte bathymétrique

La carte bathymétrique constitue un document de base nécessaire pour la reconnaissance de la morphologie sous-marine offrant ainsi une garantie pour la navigation, c'est aussi un moyen de perception de la dynamique sédimentaire.

Pour mieux visualiser l'état du relief sous-marin de la zone d'étude, nous avons présenté deux illustrations de relevés bathymétriques, l'une est une carte en 2D, et l'autre est une carte en 3D, c'est le résultant des données bathymétriques extraites de la carte marine du (S.H.F.N, 1992) traitée par le logiciel SURFER 11®. (fig.20, fig.21).

Les chutes de fond (pentes) très franches et canyons escarpés caractérisent la partie marine de la grande baie de Zémmouri (fig.21).

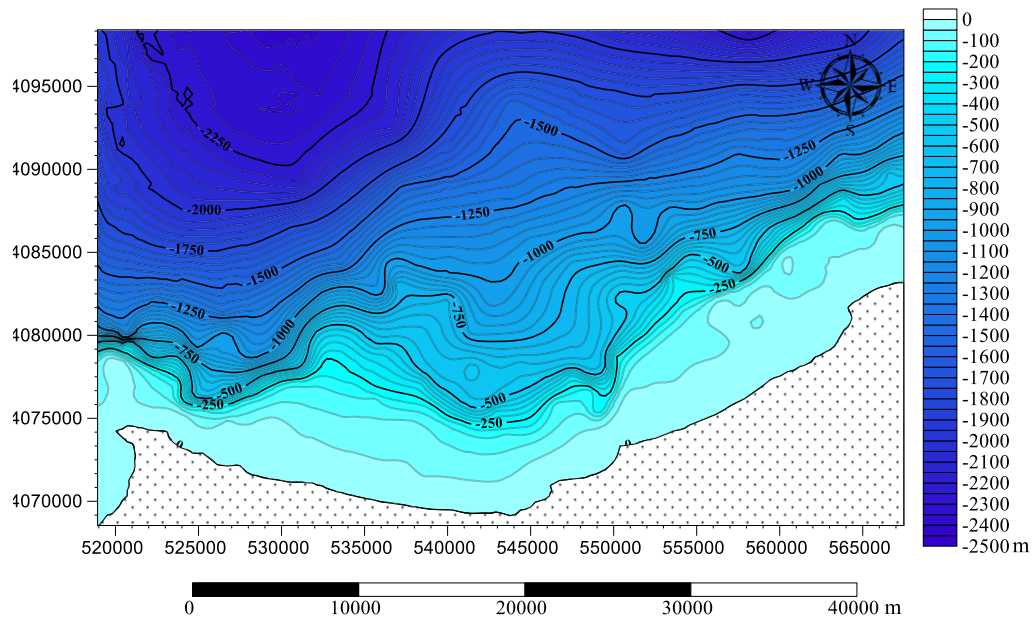


Fig.20 : Carte bathymétrique de la grande baie de Zémouri (Données extraites de la carte marine du S.H.F.N 1992).

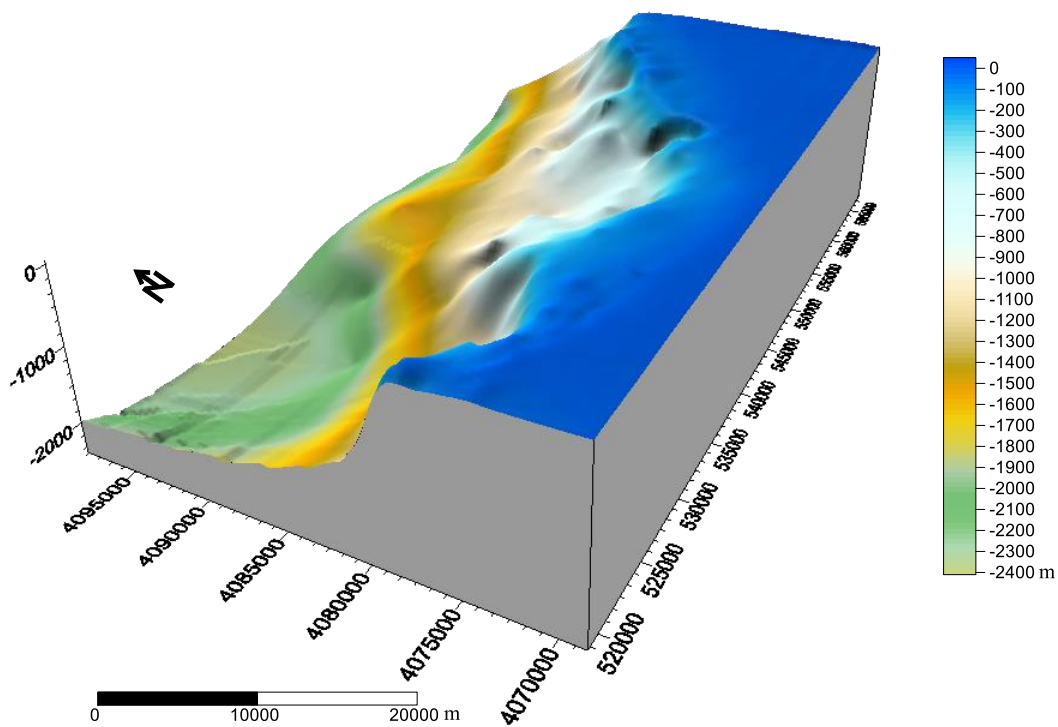


Fig.21 : Carte bathymétrique en 3D de la grande baie de Zémouri (données extraites de la carte marine du S.H.F.N 1992).

▪ Analyse et commentaire :

Après avoir conçu les cartes bathymétriques de notre zone d'études, nous avons pu faire les constatations suivantes :

Chapitre II : Aspect bathy-sédimentaire

Deux zones morphologiques bien distinctes sont mises en évidence :

- ❖ **La zone côtière** : montre des isobathes généralement perturbées (entre 4 à 5 m) et une morphologie particulière caractérisée par la présence de rides d'avant côte discontinue (séparés par un sillon), bien développée à l'approche de la côte et par des fosses de lévignations.

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.

- ❖ **La zone au large** : présence 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 %.(Otmani, 2014)

b. Les profile 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).

L'étude et l'analyse des profils transversaux et longitudinaux ont permis de déceler la morphologie du fond marin. Huit profils sont tracés sur la carte bathymétrique (fig.22) afin d'étudier la morphologie sous-marine et comprendre l'évolution du fond.

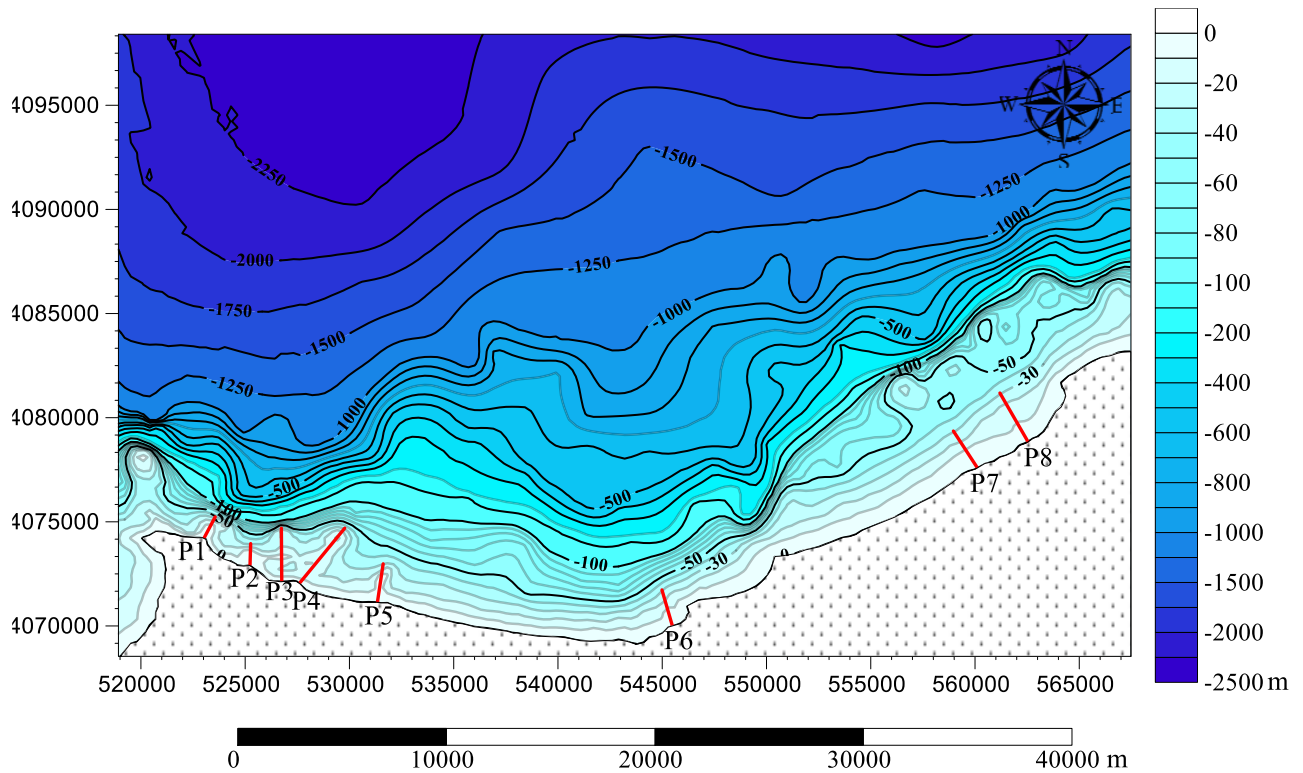


Fig.22 : Profils sous-marins tracés dans la grande baie de Zémouri.

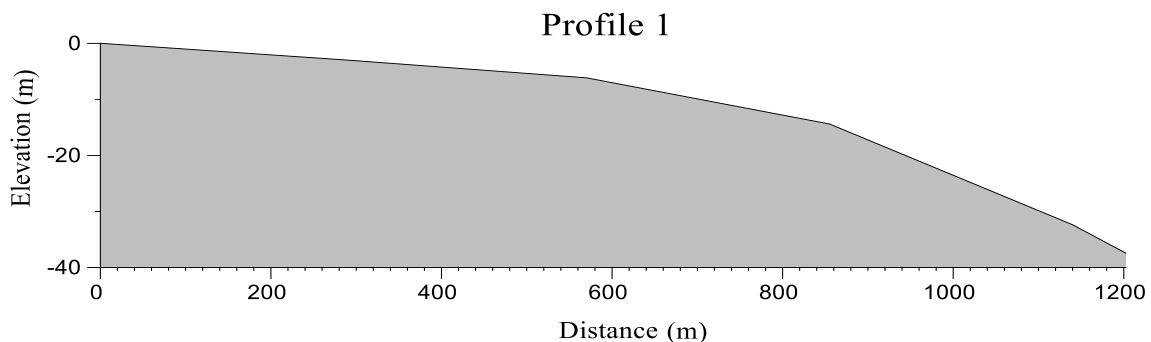


Fig.23 : Tracé du profil sous-marin N°1 dans la zone d'El-Mersa.

▪ Interprétation des profils :

Profil N°1 : Le tracé du premier profil descend en pente douce jusqu'à 5 m de profondeur, là où il subit une rupture de pente jusqu'à -13 m, puis entame une descente abrupte qui atteignant 40 m de profondeur (fig.23).

Profil N°2 : Le tracé du deuxième profil descend en pente douce jusqu'à 4 m de profondeur, puis en pente abruptes atteignant 30 m de profondeur a une distance de 1000 m de la côte (Annexe.2).

Profil N°3 : le profil chute brutalement jusqu'à 22 m de profondeur pour former une fausse de lévigation suivie d'une barre de lévigation, vers le large, le profil ne présentent aucune morphologie particulière ; il descend en pente douce jusqu'à 20 m puis la pente se rompt est connait une descente abrupte jusqu'à 35 m de profondeur ([Annexe.2](#)).

Profil N°4 : le profil chute d'une façon brutale jusqu'à 14 m de profondeur pour former une fausse de lévigation suivie d'une barre de déferlement, vers le large, on distingue une cavité étroite à 1000 m de la côte avec une pente assez douce puis elle reprend en pente abrupte jusqu'à 30 mètre de profondeur ([Annexe.2](#)).

Profil N°5 : le profil évolue normalement en pente douce jusqu'à 8 m de profondeur, là où une cavité est observée à une distance de 500 m de la côte, puis la pente s'accroît en poursuivant une descente abrupte vers le large ([Annexe.2](#)).

Profil N°6 : Le profil descend en pente douce jusqu'à 10 m de profondeur, puis en pente modérée jusqu'à -30 m ([Annexe.2](#)).

Profil N°7 : Le profil descend en pente douce jusqu'à 3 m de profondeur, puis entame une décente en pente abrupts jusqu'à -30 m ([Annexe.2](#)).

Profil N°8 : Le profil descend en pente douce jusqu'à 5 m de profondeur, replonge jusqu'à -13 m, puis entame une évolution vers le large en pente modérée jusqu'à -30 m de profondeur ([Annexe 3](#)).

▪ Conclusion sur l'étude bathymétrique

D'une manière générale, le fond marin de la grande baie de Zémouri se caractérise par un relief monotone et étagé par endroits. L'étude des profils a mis la lumière sur une morphologie particulière caractérisée par l'existence de fosse de lévigation et des barres sous-marine. Durant leur création et/ou leurs migrations cycliques ou événementielles (mobilité Cross-short). Vers le large, à partir de -8 m de profondeur, les isobathes sont généralement parallèles à la côte, la pente générale du fond est de l'ordre de 1%.

2. Etude sédimentaire

La connaissance de la nature des sédiments superficiels est un élément indispensable à une bonne gestion du domaine côtier, elle aide à prédire l'évolution future de la côte proche (Héquette et al, 2005 in Layoune et al 2011) car les sédiments de la plate-forme participent au budget général du domaine marin incluant le trait de côte. La taille des particules est la propriété la plus fondamentale des sédiments qui les soumettent aux phénomènes

d'érosion, de transport et de dépôt (Cordier, 2007) et reflète globalement l'énergie du milieu dans lequel il se trouve (Trentesaux, 2005).

Dans cette partie, l'étude des paramètres sédimentologiques aura pour finalité de renseigner sur les transferts des sédiments ainsi que leur répartition le long de la côte et ce, dans le but de déterminer les mouvements sédimentaires et leur influence sur la frange côtière de manière globale.

2.1 Analyses au laboratoire :

Une fois les échantillons nécessaires aux déroulements des travaux obtenus, ils seront traités et classés au laboratoire, déposés dans des boîtes de pétries libellées, sur lesquelles, on utilisera pour chaque analyse, la quantité de sédiments nécessaires.

2.1.1 Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique permet de déterminer la distribution dimensionnelle des grains qui constituent un granulat. Pour cela l'analyse consiste à séparer et classer à l'aide de tamis ces grains selon leur diamètre. Les manipulations et les conditions de manipulation sont soumises à des normes strictes.

Ces derniers ainsi isolés peuvent être pesés pour déterminer leurs proportions dans le granulat. Ainsi la représentation graphique de l'analyse permet d'observer et d'exploiter ces informations très simplement.

a. Principe :

Ce procédé consiste à passer l'échantillon par une série de tamis de mailles décroissantes et de récolter ensuite le poids partiel de chaque quantité dans le tamis et le peser.

Pour l'opération de tamisage, une série de tamis dont l'écartement des tailles se fait selon la norme AFNOR est utilisé. L'ordre des tamis par ordre de diamètre décroissant est le suivant : 2000 μm , 1600 μm , 1400 μm , 1000 μm , 800 μm , 630 μm , 500 μm , 400 μm , 315 μm , 250 μm , 200 μm , 180 μm , 160 μm , 140 μm , 125 μm , 100 μm , 80 μm , 63 μm , 50 μm et 40 μm .

Chapitre II : Aspect bathy-sédimentaire

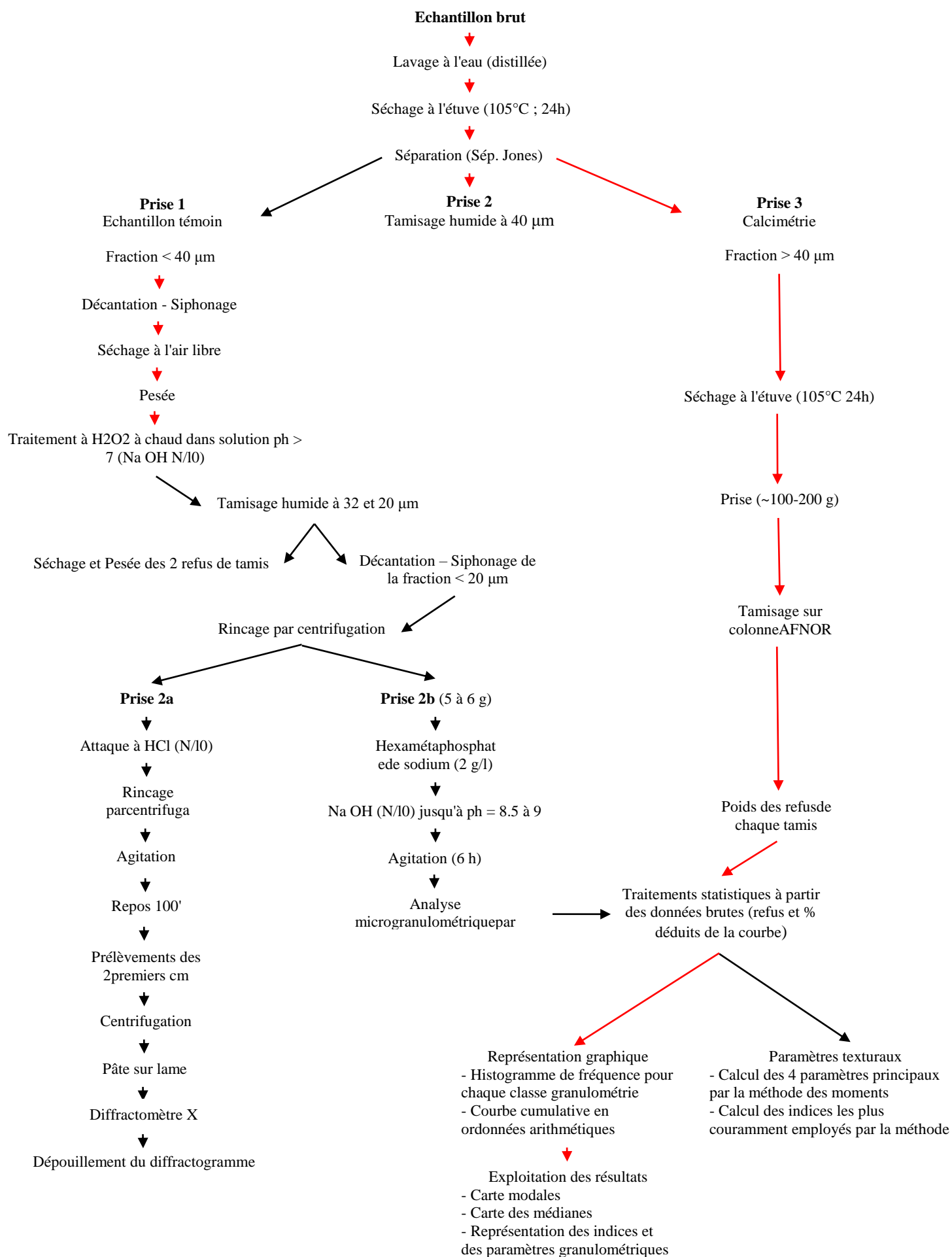


Fig.24 : Modalité de l'analyse granulométrique

2.1.2 Représentation cartographique

L'objectif d'une campagne d'échantillonnage de sédiment peut être la réalisation d'une carte sédimentologique et/ou morpho-sédimentologique. Ce type de carte peut représenter plusieurs informations superposables.

La couverture sédimentaire d'un secteur géographique peut être étudiée à travers l'analyse de sa surface (couverture superficielle) ou de sa sub-surface (épaisseur des dépôts). L'estimation de l'épaisseur des dépôts sédimentaires peut s'effectuer par réflexion sismique. Les sonogrammes produits permettent de connaître et de mesurer la structure interne et la puissance des sédiments meubles et d'étudier ainsi leur mise en place.

a. Légende des cartes

La légende de la carte représentera généralement les classes de tailles de grains selon une échelle existante (Blott et Pye, Folk et Ward.. .) ou à définir, les groupes texturaux, le pourcentage de carbonates mais aussi la teneur en eau ou la matière organique. Selon la nature des sédiments rencontrés sur la zone d'étude, l'échelle de la carte, les classes de tailles de grains devront être fusionnées (dans le cas d'un secteur très hétérogène) ou, au contraire, divisées (dans le cas d'un secteur très homogène). Les principaux types de cartes sont :

- ❖ Carte morpho-sédimentologique
- ❖ Carte des figures sédimentaires
- ❖ Carte des faciès sédimentaires
- ❖ Carte de distribution du calcaire
- ❖ Carte des formations superficielles
- ❖ Carte des groupes texturaux.

Les cartes peuvent être séparées en deux groupes : celles qui portent principalement sur la morphologie et la nature des fonds et celles qui portent sur la distribution des sédiments ou des carbonates.

b. Faciès sédimentaires

Les cartes de répartition des sédiments superficiels sont établies à partir de données granulométriques.

Ces données correspondent à l'analyse granulométrique du sédiment comprenant une phase lithogène détritique et une phase biogène carbonatée. On utilise ensuite les indices classiques pour déterminer la taille du grain moyen et identifier la phase granulométrique principale ou dominante et le classement du sédiment. Les faciès peuvent ainsi être définis.

Chapitre II : Aspect bathy-sédimentaire

Il est souhaitable d'indiquer systématiquement la classe de taille à laquelle se rapporte le faciès. Parfois, subdiviser les faciès selon la prédominance ou la dominance de chaque fraction granulométrique est inévitable lorsque le secteur d'étude est composé de sédiments pluri-modaux. Des faciès intermédiaires peuvent alors exister.

Certains sédiments sont encore plus hétérogènes et peuvent être composés de graviers, de sables grossiers et de vases. Il s'agit souvent de sédiments très riches d'un point de vue biologique.

Pour la détermination des faciès, nous avons utilisé une méthodologie cartographique suivant les normes du B.R.G.M qui exprime les rapports entre les diverses classes granulométriques en adoptant des coupures des tailles allant de 20mm à 40 μ m (fig.25). Les subdivisions principales sont les suivantes

- **S1** : Graviers de 20mm à 2000 μ m correspondant à plus de 60% de graviers.
- **S2** : Entre 40 et 60 % de graviers.
- **S3** : Entre 20 et 40% de graviers.
- **S4** : Sables grossiers et moyens de 2000 μ m à 500 μ m à moins de 20% de graviers.
- **S5.6.7** : Sables fins de 500 à 40 μ m ; cette dernière subdivision sera partagée à son tour à plusieurs fractions :
 - **S5**: de 500 à 250 μ m.
 - **S6**: de 250à 125 μ m.
 - **S7**: de 125 A 40 μ m.

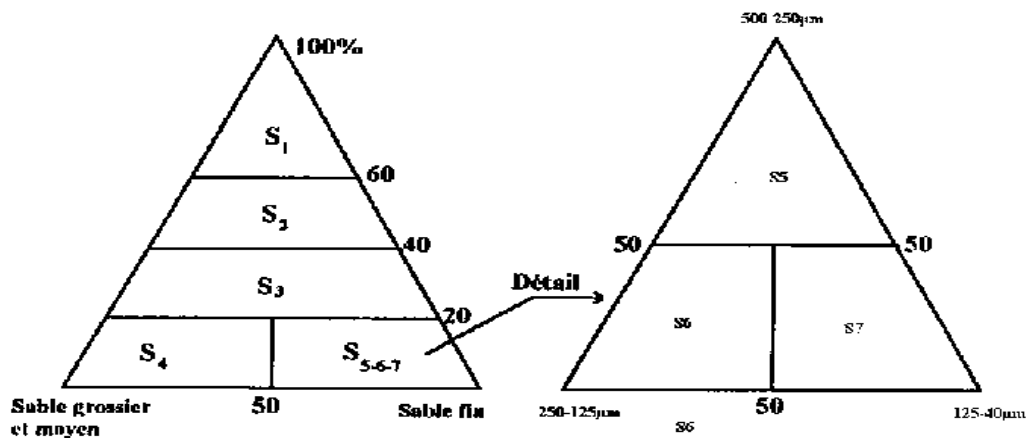


Fig.25 : Représentation des sables et graviers normes du B.R.G.M.

Cartographie morpho-sédimentaire	
BRGM (2007)	
1	Vase
2	Sable très fins à fins
3	sable fins à moyens
4	sable moyens à grossiers (ride cm)
5	sable moyens à grossiers (ride dm)
6	Gravier très fin
7	Fond rocheux envasés
8	Fond rocheux colonisés
9	Fond rocheux peu colonisés
10	Débris à galets non-consolidés
11	Fonds hétérogène

Fig.26 : Légendes des cartes sédimentologiques (BRGM, 2007).

2.2 Données disponibles

Le positionnement des prélèvements au large de la grande baie de Zémouri a été réalisé par le radar de bord du navire océanographique "M.S Benyahia". Les prélèvements côtiers ont été positionnés à l'aide de théodolites à partir de stations fixes à terre.

La couverture sédimentologique de la zone d'étude a été échantillonnée en deux étapes. Les prélèvements à la côte (0-2500 m côte-large) ont été effectués à l'aide d'une embarcation pneumatique. Pour ces derniers l'échantillonnage a été réparti sur 82 radiales (35 pour la zone occidentale et 47 pour la zone orientale) (fig.27).

De la côte vers le large, chaque radiale renferme 8 échantillons en moyenne, répartis selon une maille de 100 m pour les 5 premiers échantillons puis une maille de 500 m pour les 3 derniers. Au total 650 prélèvements côtiers ont été opérés, cet échantillonnage a été concrétisé au cours de la mission "Mediproduct V" à bord du navire océanographique "M.S.Benyahia". Ainsi 37 prélèvements ont été réalisés jusqu'à des profondeurs de l'ordre de 200 m.

Tous les prélèvements superficiels ont été exécutés à l'aide de deux modèles de bennes preneuses de type Van veen, avec une pénétration de l'ordre de 30 centimètres pour les sédiments à la côte et de 60 cm pour ceux du large. 5 carottes ont été prélevées pendant la mission "Médiproduct V", à l'aide d'un carottier gravitaire « Kullenberg » d'une longueur de lance de 150 cm et de 11 cm de diamètre. Le taux de récupération a été de l'ordre de 1mètre.

Chapitre II : Aspect bathy-sédimentaire

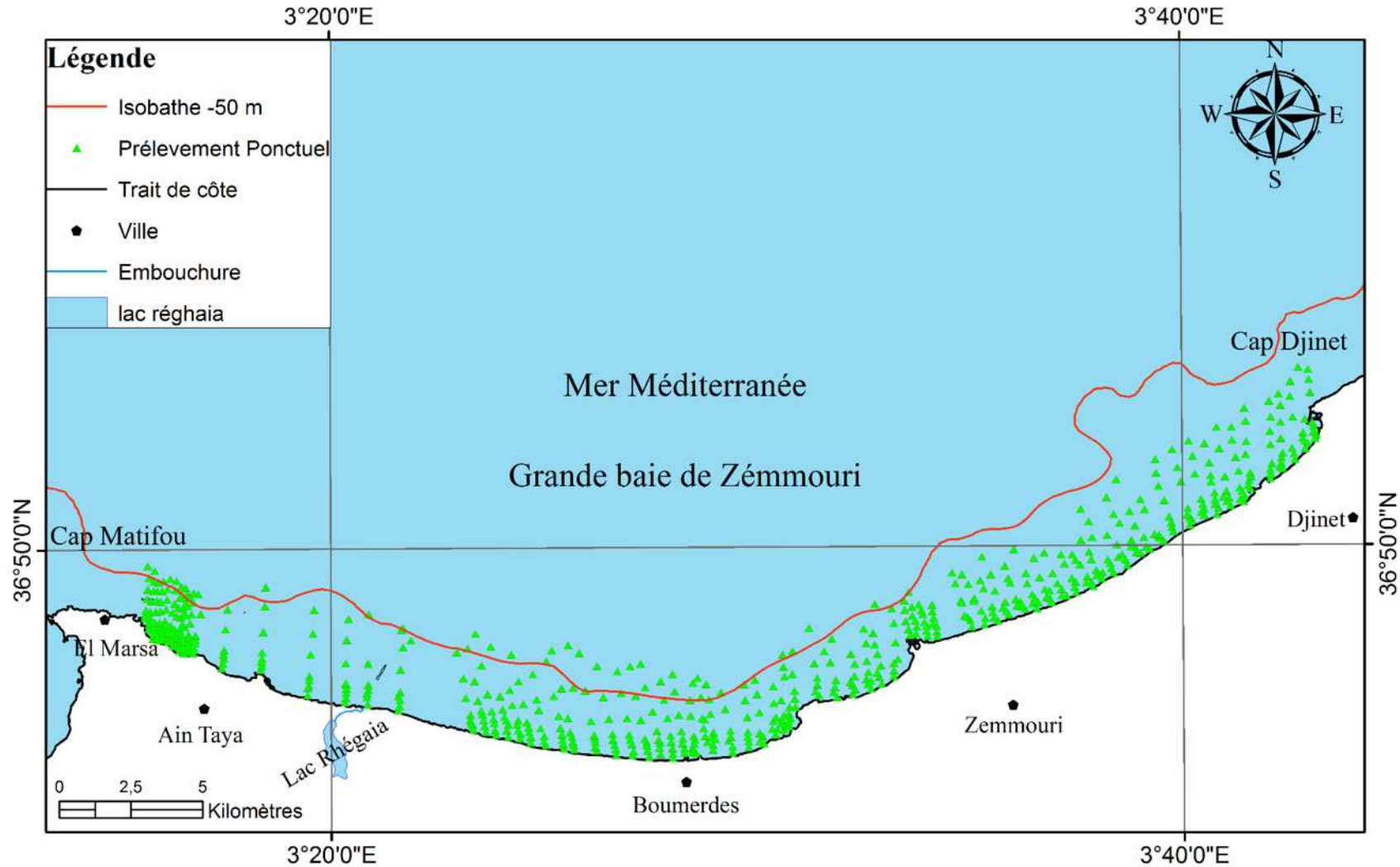


Fig.27 : Carte de positionnement des prélèvements côtiers superficiels.

2.3 Interprétation des résultats obtenus

2.3.1 Caractères sédimentologique et répartition des faciès de la fraction grossiers

C'est de l'inventaire et de la distribution des paramètres sédimentologiques sur le plateau continental qu'il est possible de reconstituer toute la dynamique du matériel détritique depuis les zones d'apport jusqu'aux milieux de dépôt.

Pour la répartition des faciès des sédiments meubles de la zone d'étude la méthode de classification des sédiments meubles du B.R.G.M. (France) a été adoptée pour une homogénéisation des données.

La méthode « B.R.G.M. » (1970) permet de définir et d'analyser des faciès, différentes coupures ont été déjà définies, les données granulométriques montrent que la majorité des points sont regroupés au pôle S5.6.7.

- ❖ **S5** : de 500 à 250 μ m
- ❖ **S6** : de 250 à 125 μ m
- ❖ **S7** : de 125 A 40 μ m

Signifiant une présence d'un sable essentiellement moyen dont la taille est comprise entre 500 et 40 μ m.

La carte de répartition de la fraction grossière supérieure à 40 μ m (Carte des faciès [fig.28](#)) fait apparaître de la côte vers le large trois domaines essentiels à caractéristiques granulométriques distinctes :

Chapitre II : Aspect bathy-sédimentaire

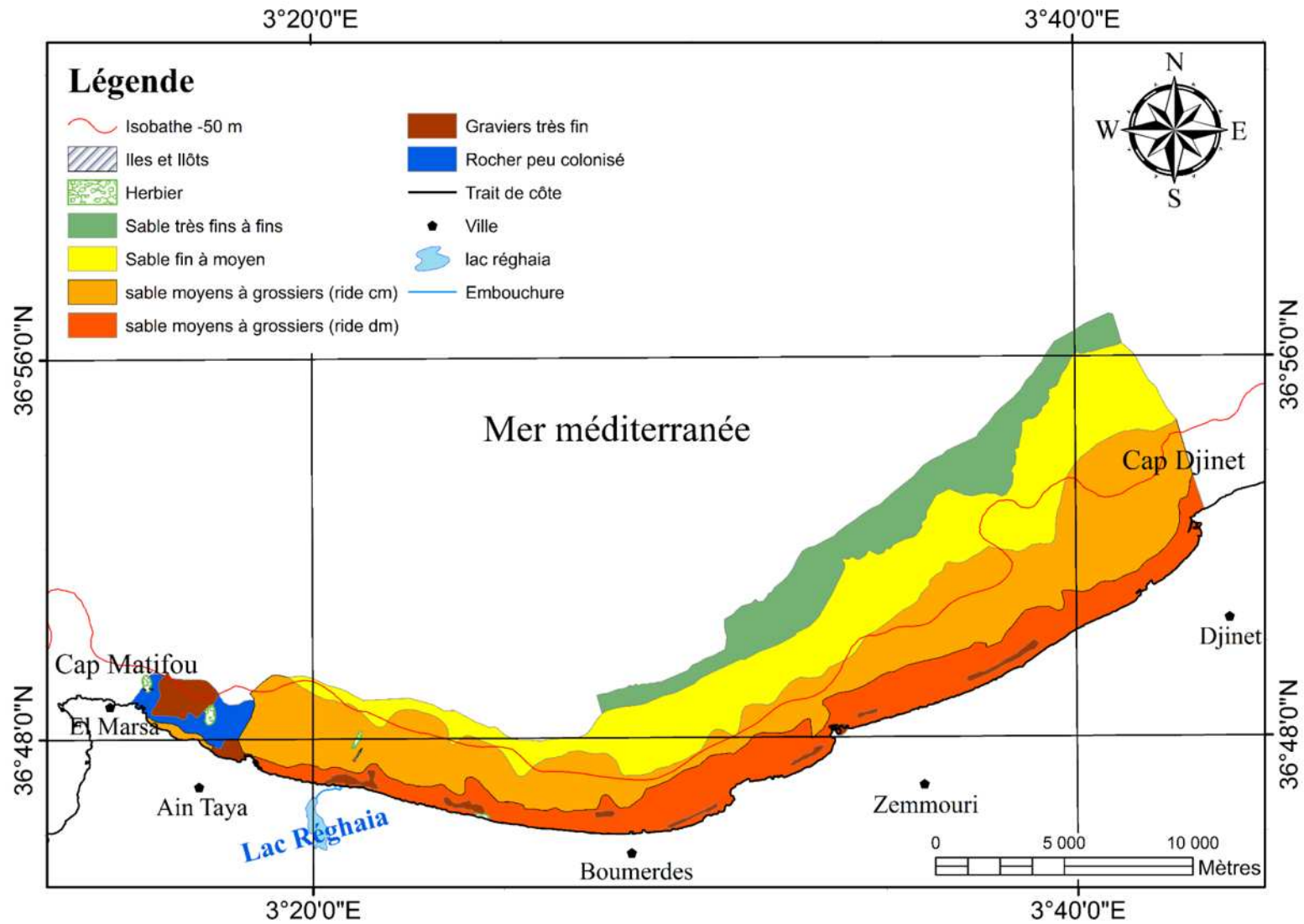


Fig.28 : Carte des faciès sédimentaires de la grande baie de Zémouri.

a. Domaine côtier

Il est le siège d'une dynamique côtière très active sur l'ensemble de la grande baie de Zemmouri. Il est caractérisé par le faciès S5 (250 à 500 μ m) qui se retrouve plaqué contre la côte dans la partie orientale et centrale par contre dans la zone occidentale ces dépôts se retrouvent en aval du substratum rocheux ne dépassant guère les 10 m de profondeur.

La mise en place de ces sables s'est effectuée par excès de charge, ils sont issus des apports fluviaux d'Oued Corso et Oued Boumerdès ainsi que de l'érosion des falaises entre Ain-Chorb, Réghaia et Boumerdès. On note devant Boumerdès et Boudouaou-el-Bahri une importante invagination vers le large qui soulignerait la persistance d'un courant de retour localisé à cet endroit. Le faciès S4 (>500 μ m) représenté sous forme de noyau de part et d'autre de oued Corso marque la présence d'une ride d'avant côte. Cette même ride n'est pas cartographiable à l'échelle de la carte des faciès.

b. Domaine médian

Le faciès S6 (125 à 250 μ m] est très important en superficie, il occupe l'ensemble de la zone d'étude. Ce domaine est le siège d'une dynamique sédimentaire relativement active. Il ne dépasse guère les 40 m de profondeur.

c. Domaine distal

Il est caractérisé par le faciès S7 (40 à 125 μ m) ce domaine calme est le siège d'une sédimentation fine.

d. Description des faciès et leurs origines :

- ❖ Le faciès **S5, 6,7** est représenté par des grains de Quartz, calcite et séricite.
- ❖ Le faciès **S4** est constitué de **55%** de matériel détritique associé à un matériel bioclastique.
- ❖ Le faciès **S3** est essentiellement détritique (Quartz, mica, grenat).
- ❖ Les faciès **S1** et **S2** contiennent essentiellement de débris de lamellibranches et de gastéropodes non cartographiables: faciès réduit.

▪ Les carbonates :

L'étude de la fraction grossière a mis en évidence une fraction carbonatée de teneur variable dans les dépôts meubles superficiels. Leur distribution met en évidence trois ensembles distincts.

De la côte vers le large, nous remarquons une croissance du pourcentage en carbonates. La plage des plus faibles teneurs (inférieur à **10%**) est localisée collée à la côte (**fig.29**), caractérisant les sables grossiers. On notera toutefois deux discontinuités de cette surface

Chapitre II : Aspect bathy-sédimentaire

au débouché d'oued Boudouaou ou les valeurs sont supérieures à **15%**, et devant oued Boumerdes pour des valeurs identiques.

Les teneurs maximales s'observent dans les sédiments vaseux. Elles atteignent des valeurs de **37 à 40%**. La limite « côtière » de cette plage épouse bien la forme des chenaux.

L'observation des échantillons à la loupe binoculaire a montré que ces derniers ne comportent peu ou pas de phase biogène telle que Bou-Ismail (Braik, 1989), où les teneurs en carbonates sont très élevées (supérieurs à **85%**). Les dépôts superficiels de Boumerdes sont donc très pauvres en carbonates du fait de la faible représentativité de la phase biogène. De ce fait, nous avons jugé inutile de faire une analyse plus approfondie de cette fraction.

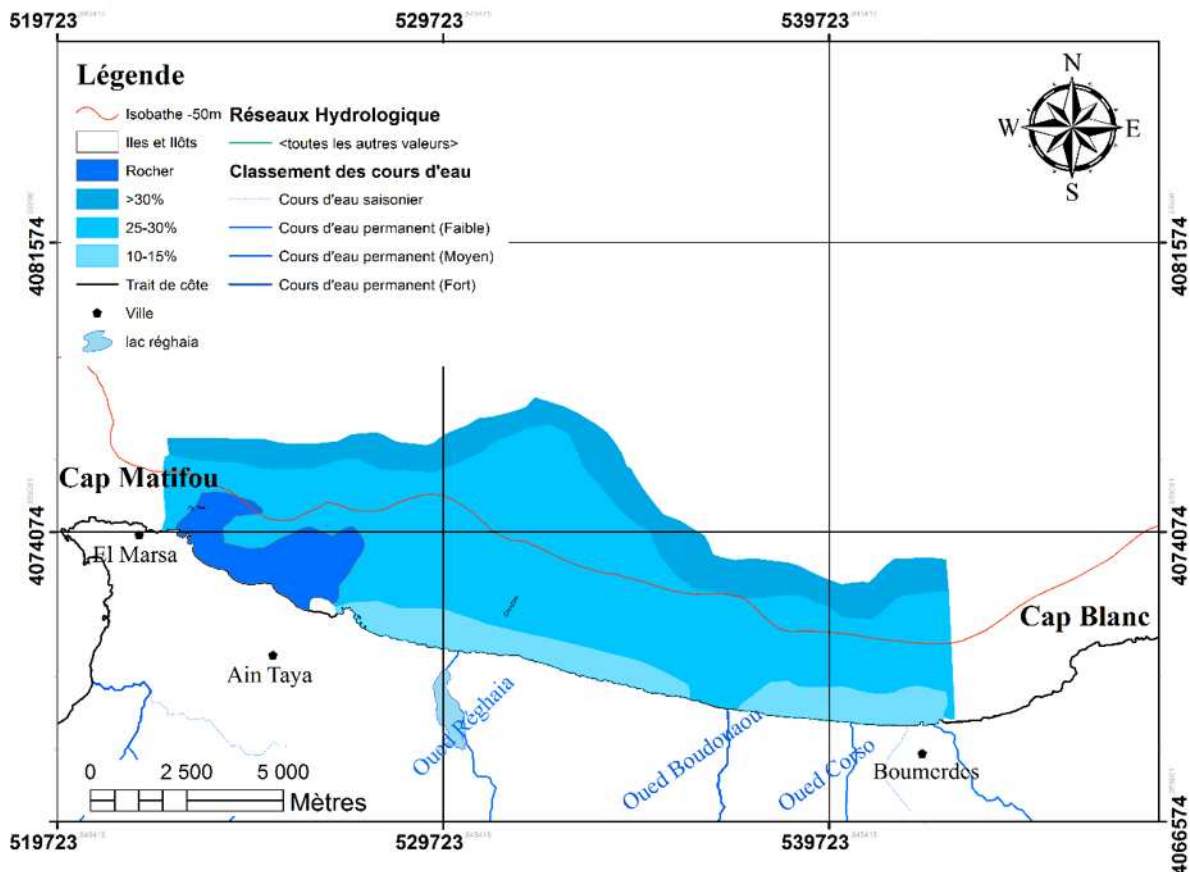


Fig.29 : Distribution des carbonates.

a. Analyse granulométrique de la zone occidentale

Dans l'analyse granulométrique des sédiments grossiers ($>40\mu\text{m}$) de la zone Cap Matifou-Boumerdes, le relevé systématique des modes et leurs statistiques montrent une individualisation satisfaisante des stocks consécutifs. De ce fait, l'exploitation de l'analyse modale a permis de déterminer 3 classes modales (fig.30) :

Chapitre II : Aspect bathy-sédimentaire

- ❖ Mode 1 [40-160 μm] avec une fréquence maximale de 80-100 μm .
- ❖ Mode 2 [160-400 μm] avec des fréquences maximales de 200-250 μm .
- ❖ Mode 3 [400-6300 μm] avec des fréquences maximales à 500-630 μm , 800-1000 μm , 1250-1600 μm et 2000-2500 μm .

L'analyse des différents modes granulométriques, a permis d'établir les cartes de répartition et de dispersion, de chacun des modes, ainsi que leur nature.

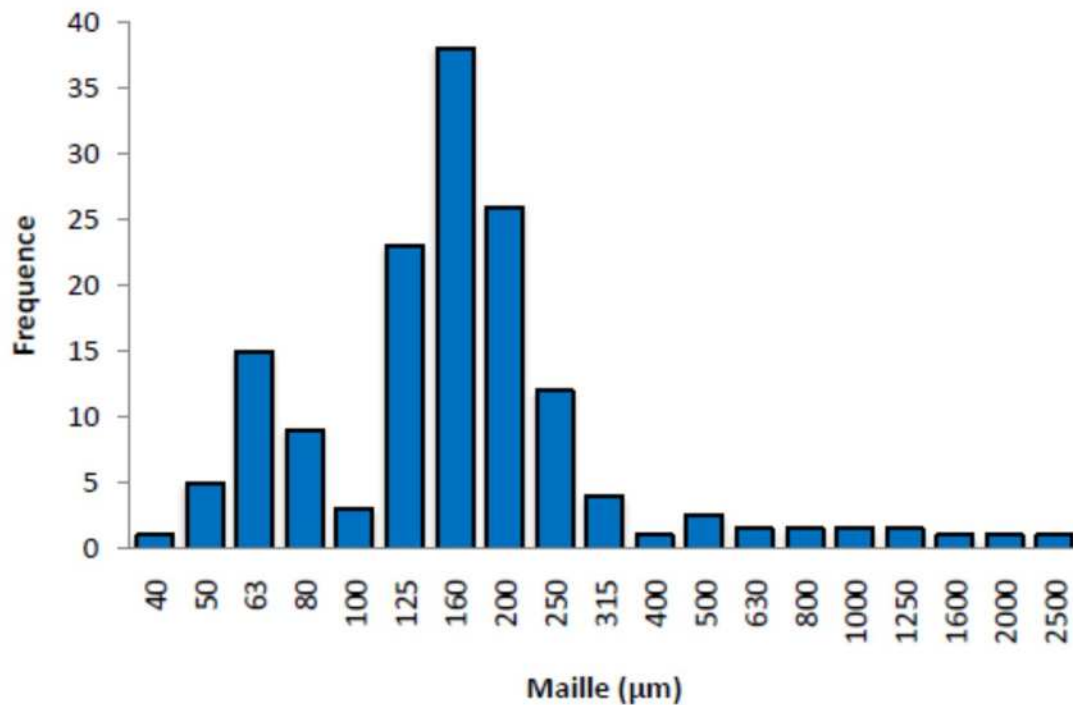


Fig.30 : Analyse modale : histogramme de fréquence des sédiments superficiels Zone occidentale.

▪ Classe modale I (40-160 μm) :

L'observation à la loupe binoculaire de la phase détritique a permis de déterminer la nature de ce sable fin. On notera la présence du quartz ainsi que des paillettes de micas ses grains ont une forme arrondie à subarrondie. La phase biogène est essentiellement constituée de spicules de spongiaire (bryzoaire) et de débris de lamellibranche et de gastéropodes, dont la forme est subanguleuse, on notera une phase terrigène plus importante.

La prédominance de la fraction **5-15%** reste très visible dans la carte représentant la taille 40-160 μm (fig.31). Elle s'étend jusqu'à 30 m de profondeur à l'est où elle se retrouve enveloppée par la plage des **15-40%**.

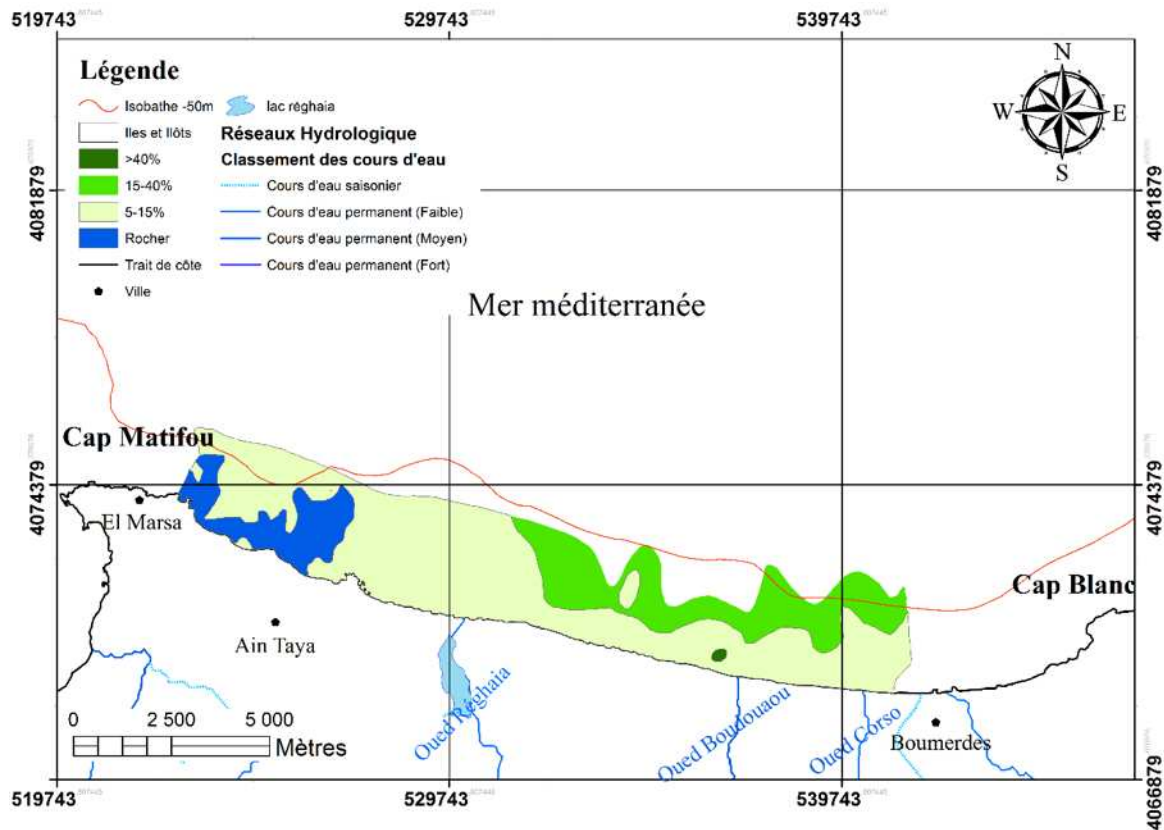


Fig.31 : Carte de répartition (en fréquence) de la classe modale I.

La fraction **15-40 %** se répartit parallèlement à la côte à partir de l'isobathe -25 m dans lequel baigne un noyau de la fraction **5-10 %** au large de la radiale 8 station I. On note toutefois un noyau a fort taux (>40%) face à oued Boudouaou. Les sédiments de cette classe sont généralement unimodaux. Ils comportent pour plus de 90% de la fraction comprise entre 40 et 80 μm (fig.32).

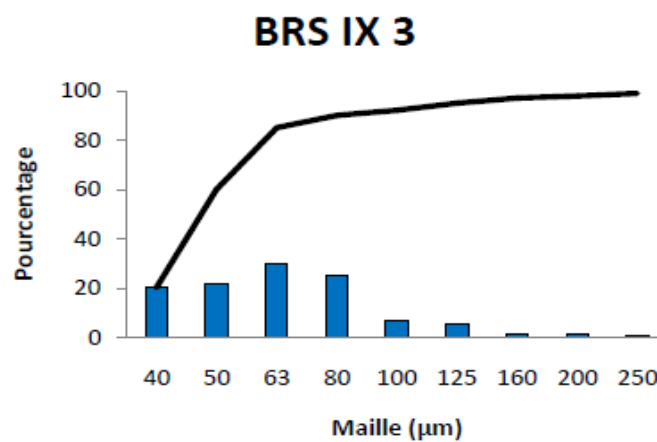


Fig.32 : Exemple d'échantillon classe modale I.

▪ Classe modale II (160-400 μm) :

On note la présence de grains de Quartz arrondis à subarrondies et des paillettes de micas dans la phase terrigène alors que la phase biogène contient des débris de coquilles de lamellibranche, épine, d'oursin, Gastéropodes et de reste végétale (posidonie) et enfin des débris de foraminifères.

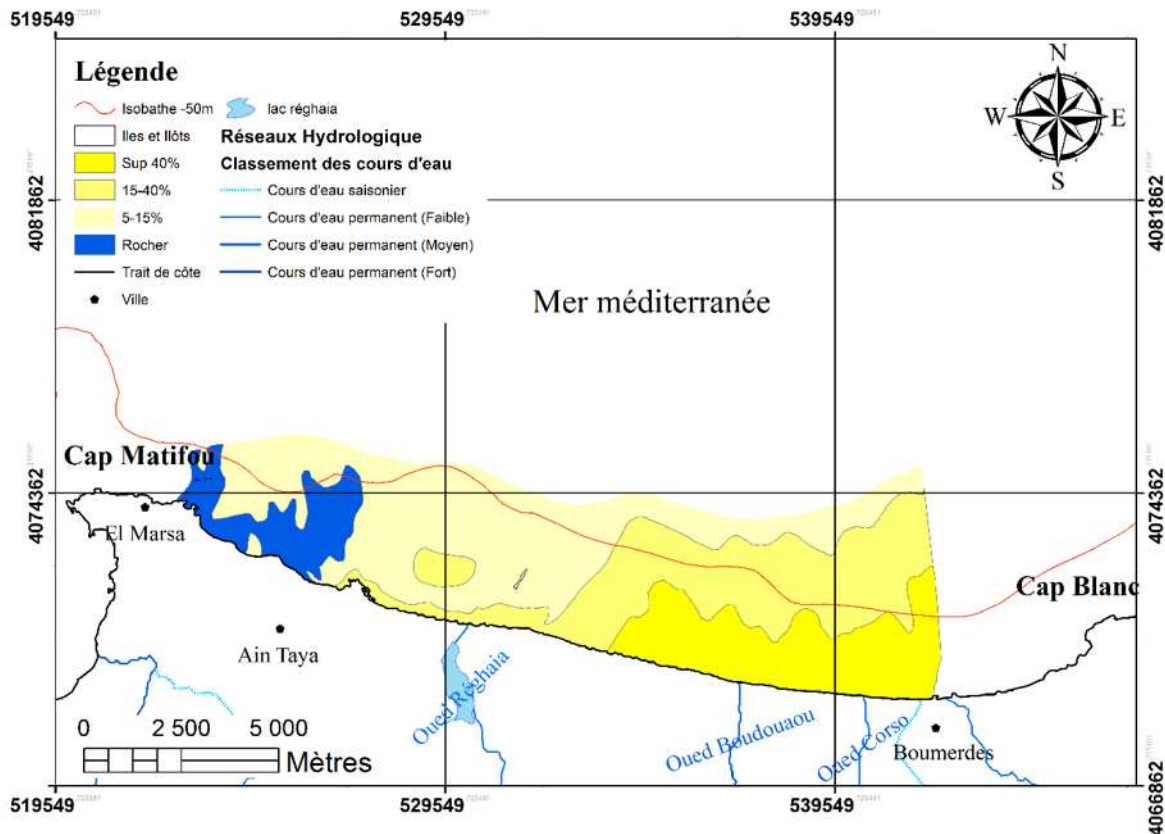


Fig.33 : Carte de répartition (en fréquence) de la classe modale II.

Aux embouchures d'Oued Boudouaou jusqu'à Oued Boumerdes la fraction 160-400 μm présente une forte concentration de la partie $> 40 \%$. Celle-ci s'étend de la côte jusqu'à 15 m de profondeur (fig.33).

Le pourcentage 15- 40% s'étale de AIN-Chorb à la côte jusqu'à 40m de profondeur et s'étend jusqu'à l'extrémité orientale de notre terrain d'étude, cette fraction est enveloppée par la partie 5-15% qui va de 50 m de profondeur à l'Est jusqu'à 10m de profondeur à l'Ouest où baigne un noyau de la partie inférieure au droit de la radiale 4 station I.

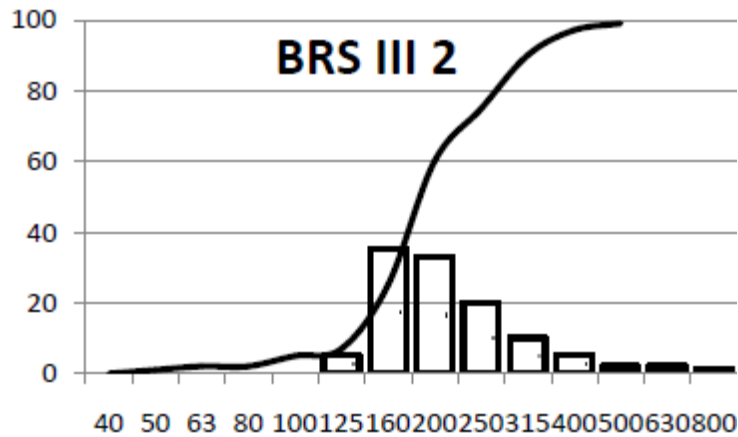


Fig.34 : Exemple d'échantillon classe modale II.

▪ **Classe modale III (400-6300) μm :**

La phase détritique est représentée essentiellement par des grains arrondie à sub-arrondis, de quartz laiteux, de paillettes de micas et de galets gréseux arrondis, amas de grains consolidés alors que la phase biogène contient des valves de lamellibranches complètes à incomplète ainsi que des gastéropodes actuels et des débris de Bryozoaires, et d'épines d'oursins.

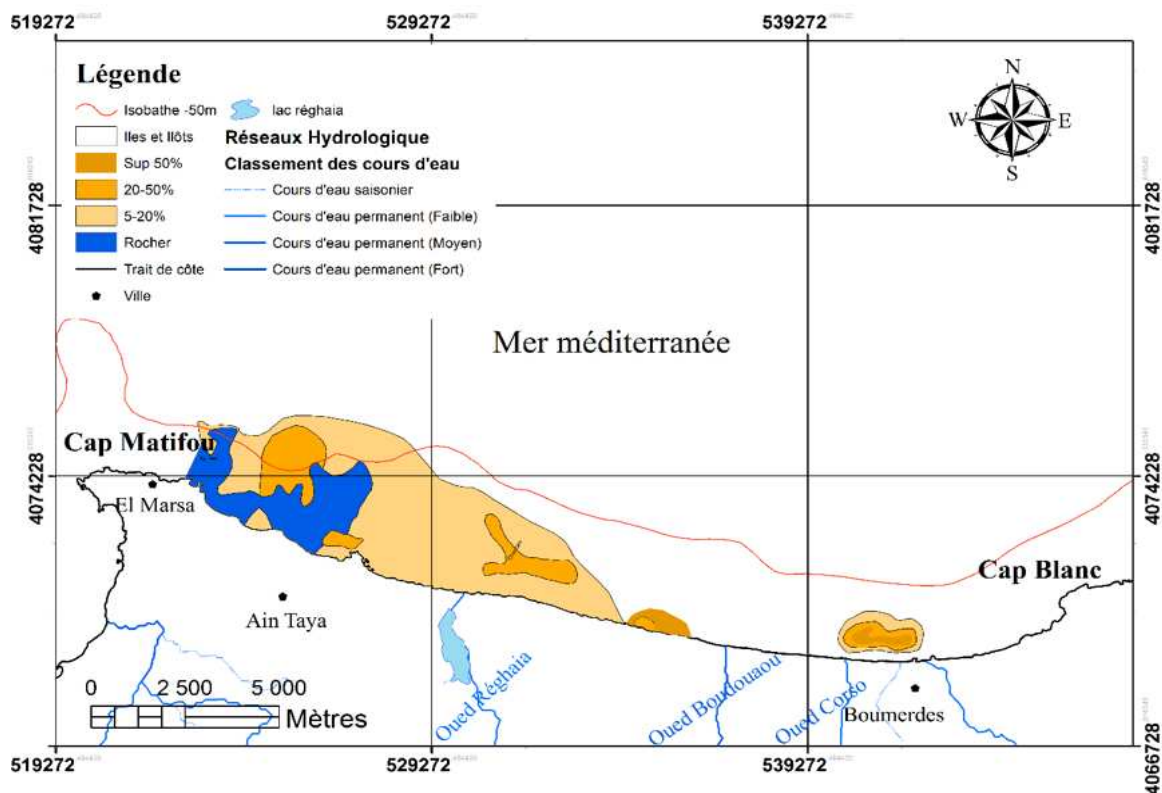


Fig.35 : Carte de répartition (en fréquence) de la classe modale III.

Chapitre II : Aspect bathy-sédimentaire

Cette carte (fig.35) présentant la taille 400-6300 μm , montre la prédominance des sables de la fraction 5-20 % dans la zone occidentale de notre terrain d'étude, d'Ain Beida jusqu'au voisinage d'Oued Réghaia. Elle s'étale de la côte jusqu'à 45m de profondeur au large. Dans cette fraction on retrouve quelques noyaux xénomorphes de la fraction 20-50 % entre Ain-Taya et Ain-Chorb (collé au substratum rocheux) ainsi que face à Oued Réghaia.

A l'ouest immédiat de Boudouaou-el-Bahri, à la côte et ne dépassant guère 10 m profondeur on retrouve la fraction >50 % enveloppant la fraction 20-50 % qui résulte du démantèlement de ses falaises.

Vers l'est cette classe se répartit de manière générale au niveau des lisses des eaux et sur la ride d'avant-côte ; d'ailleurs ceci est bien illustré par le noyau concentré à Boumerdes. Les sables grossiers de cette zone illustrés par l'histogramme et la courbe cumulée (fig.36) de la sont bimodaux à plurimodaux (lisse des eaux).

Il n'existe pas de mode principal dans cette classe mais plutôt plusieurs modes dans les tailles 500, 600 voire même 2000 μm .

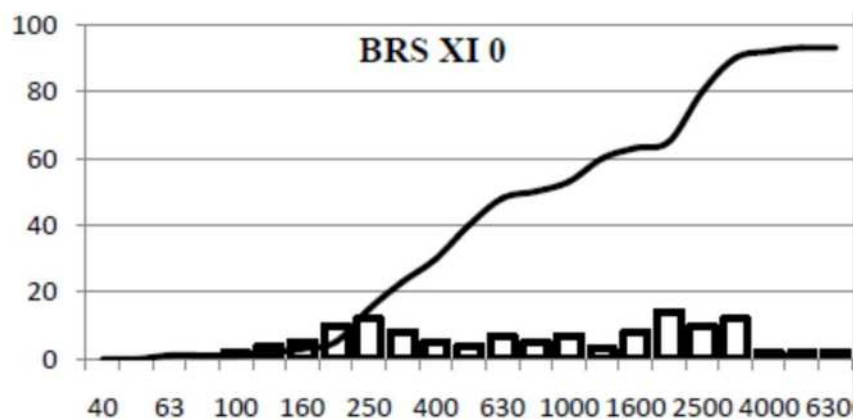


Fig.36 : Exemple d'échantillon classe modale III.

▪ Analyse et interprétation des paramètres et indices granulométriques

Dans cette partie nous nous intéresserons surtout aux paramètres et indices pouvant nous guider dans l'interprétation des mécanismes de sédimentation et le mode de mise en place des dépôts superficiels.

▪ Diagramme de répartition de l'indice de classement S_0 :

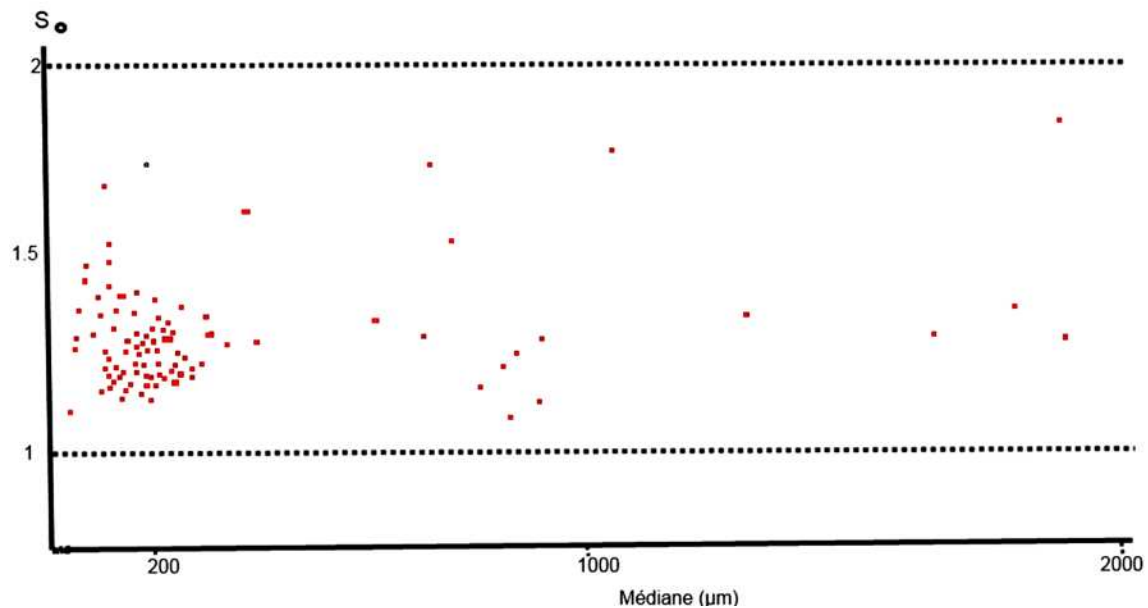


Fig.37 : Rapport Indice de classement S_0 /médiane.

La distribution de l'indice S_0 montre 2 ensembles différenciés :

- ❖ Un ensemble proportionnel au rapport S_0 /médiane où les valeurs oscillent autour de 1,25 traduisant un bon classement des sédiments (fig.37).
- ❖ Un ensemble très fin avec des valeurs relativement fortes signifiant ainsi que le quartile supérieur se trouve dans les grossiers dans un échantillon à très fort pourcentage de fines comme le montre la position de la médiane. Ces échantillons montrent donc des courbes granulométriques étalées dans les grandes tailles. Ces échantillons sont positionnés dans des zones de sédiments fins mais où l'hydrodynamisme marin est toujours considérable.

▪ Indice d'asymétrie de Skewness :

Le calcul de cet indice a montré que les points expérimentaux sont très proches de la valeur 1 (entre 0,8 et 1,2). A l'échelle de la région étudiée, l'indice calculé sur les parties occidentales et orientales traduit un tri régulier des sédiments.

b. Analyse granulométrique de la zone orientale

L'analyse granulométrique a porté sur l'ensemble des échantillons répartis sur la totalité de la zone étudiée (Boumerdes-Cap Djinet). Les sables côtiers présentent des courbes granulométriques plurimodales alors que les courbes unimodales caractérisent les dépôts au-delà de 20 m de profondeur. La répartition des différents stocks granulométriques relatifs à cette fraction rend compte de leur dynamique et de leur mobilisation. L'analyse

Chapitre II : Aspect bathy-sédimentaire

des différents constituants du matériel grossier a permis de différencier les sources d'apports.

La statistique des modes fait apparaître quatre ensembles dimensionnels correspondant à quatre classes modales (fig.38) :

La classe modale

- ❖ A <250 μm .
- ❖ B 250-630 μm .
- ❖ C 630-1250 μm .
- ❖ D >1250 μm .

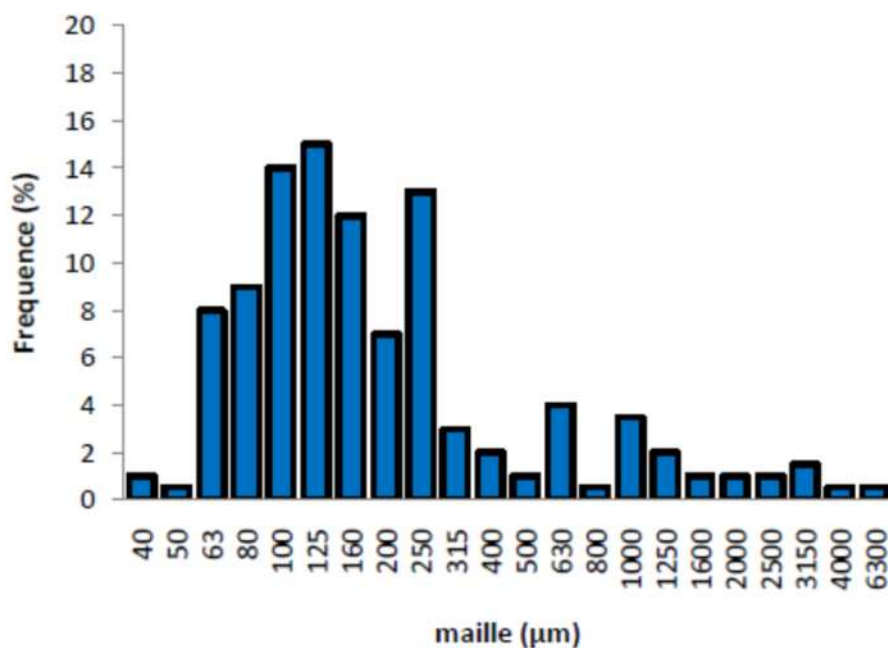


Fig.38 : Analyse modale : histogramme de fréquence des sédiments superficiels de la Zone orientale du plateau continental de Zemmouri.

▪ **Classe modale A (< 250 μm) :**

Les échantillons caractérisés par cette classe, sont associés à de fortes teneurs en fraction lutitique, inférieure à 40 μm . La classe modale A est présente dans la totalité de la baie sauf sur les rides d'avant côte où l'hydrodynamisme est trop fort (fig.39).

Sa composition est un mélange de sable micacé et schiste, avec des proportions notables en quartz.

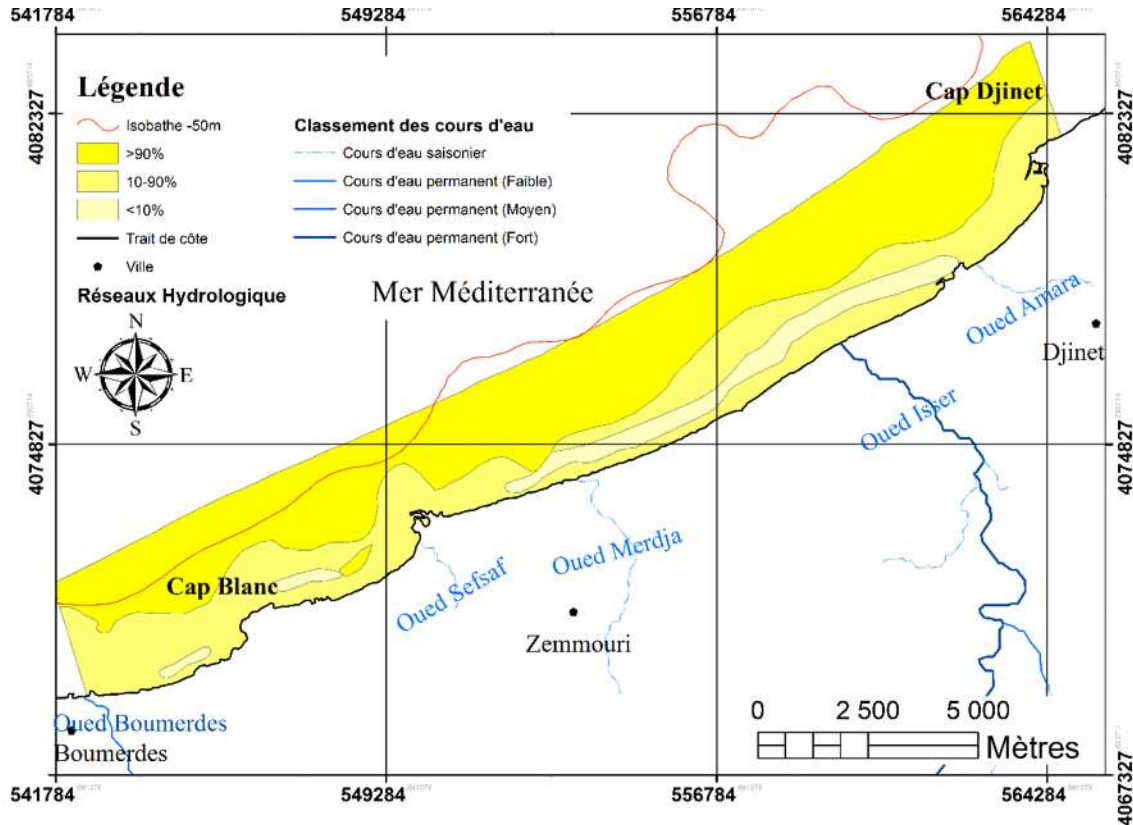


Fig.39 : Carte de répartition de la classe modale A (<250µm) zone orientale.

Comme celles de la zone occidentale Les courbes granulométriques de ces échantillons sont unimodales (fig.40). Ce sable est caractérisé par un bon classement car l'indice de classement de Trask S_0 pour les courbes (Zr II-7, Zr VIII-7, ZrVIII-8 et Zr 0-7) est compris entre 1.5 et 2.

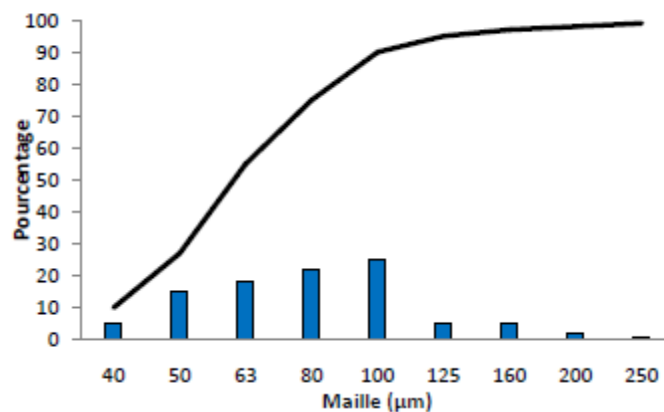


Fig.40 : Exemple d'échantillon classe modale A.

▪ La classe modale B (250-630 μ m) :

Cette classe est caractérisée par des sédiments, dont les bornes granulométriques s'étalent de 250 μ m à 630 μ m.

Sa répartition suit un gradient décroissant de la côte vers le large à l'inverse de la classe modale A. Les teneurs relativement élevées se localisent à la côte, jusqu'à la profondeur de 10m. Dans la partie occidentale, les faibles teneurs semblent souligner la morphologie des canyons de Zemmouri et du Cap Blanc (fig.41, H. Benslama).

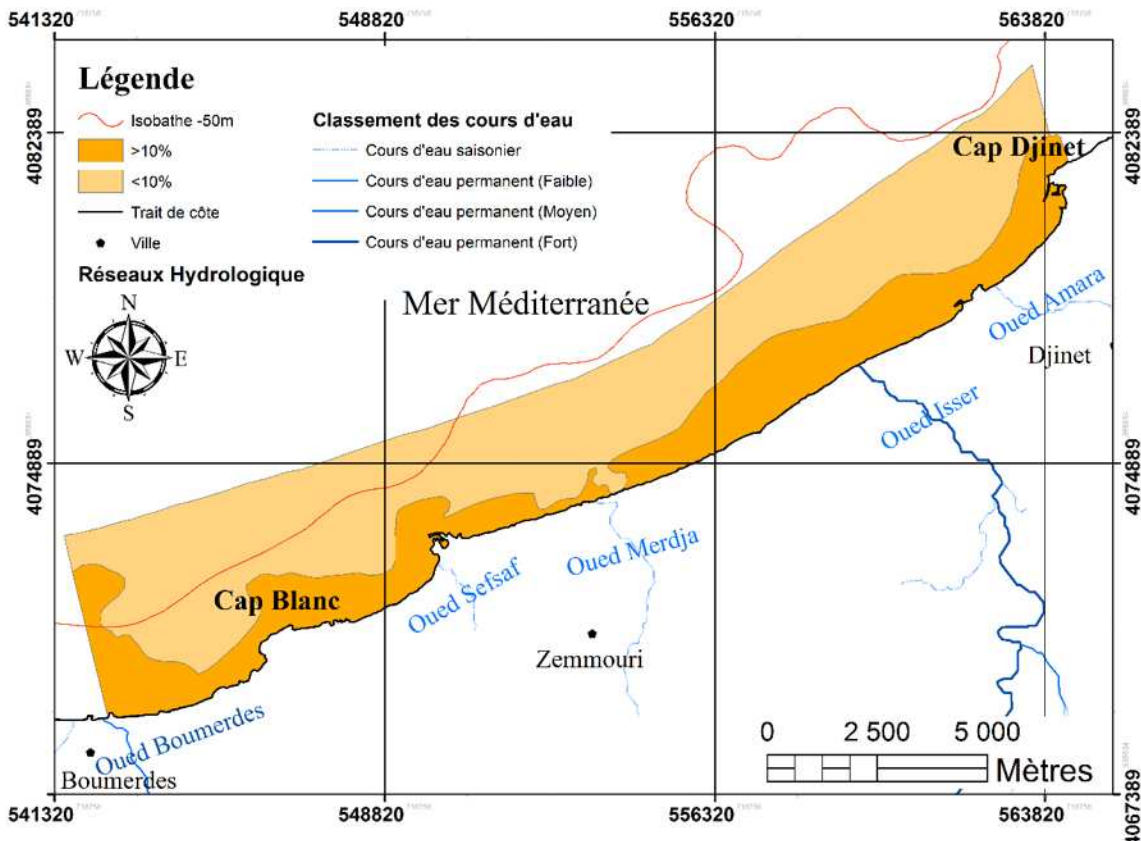


Fig.41 : Carte de répartition de la classe modale B (250-630 μ m) zone orientale.

Ce sable de couleur grise, à gris brunâtre, renferme des débris de roches (gneiss, micaschistes) du calcaire bioclastique et des foraminifères glauconieux ou pseudomorphosés par la calcite et la silice (Leclaire, 1972).

Les courbes granulométriques sont assez redressées, avec une légère dissymétrie des parties grossières. Elles sont unimodales à bimodales (fig.42).

Le sédiment caractérisant cette classe, est assez bien classé $S_0=2,5$ à 3 pour toutes les courbes. Le paramètre de forme marqué par l'asymétrie, montre une symétrie, respectivement pour les courbes. On notera toutefois une asymétrie vers les grandes tailles pour le prélèvement Zr XIII-3.

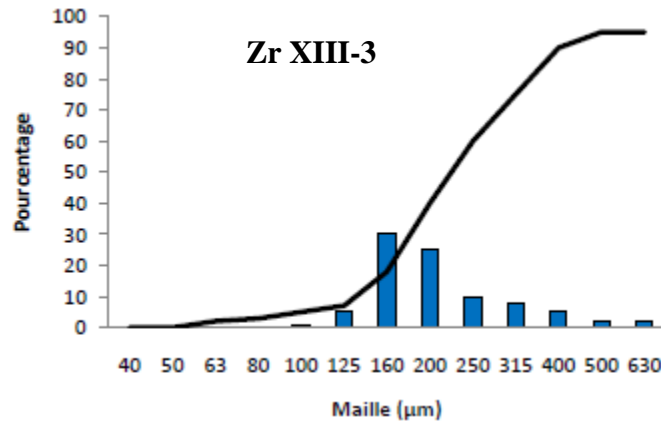


Fig.42 : Exemple d'échantillon classe modale B.

▪ **Classe modale C (630 μm - 1250 μm) :**

Ce mode est très peu représenté (fig.43) et matérialise un sable grossier, renfermant des dragées de quartz (provenant des formations de grés du Numidien) et des débris de roches métamorphiques. Il est disposé en auréoles alignées tout au long de la côte à des profondeurs n'excédant pas les 10 m.

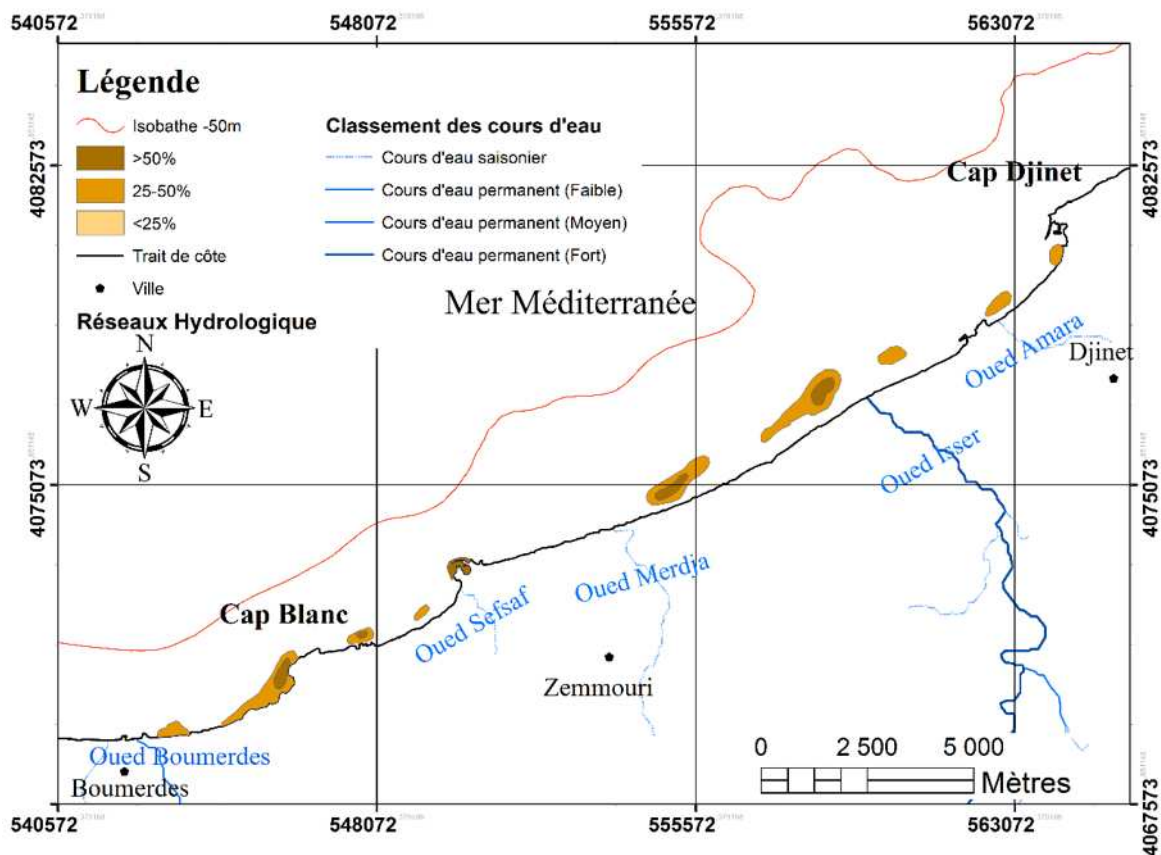


Fig.43 : Carte de répartition de la classe modale C (630-1250 μm).

Les teneurs les plus fortes à plus de 50% sont localisées entre l'oued Isser et Zemmouri El-Bahri, et de part et d'autre du cap Blanc (fig.43). Ce sédiment grossier occupe le sommet des rides d'avant-côte. Les faibles pourcentages s'étalent dans la zone infralittorale et côtière (fig.43).

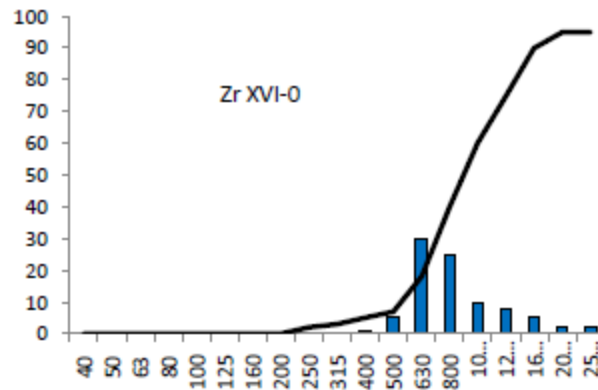


Fig.44 : Exemple d'échantillon classe modale C.

Les sédiments de cette classe se situent à la côte confrontés à une énergie puissante, sous l'influence de la dérive littorale et du déferlement des vagues. Ces deux phénomènes entraînent un fort classement et une usure importante des sédiments rencontrés le long de cette zone côtière.

Les courbes granulométriques (fig.44) représentant cette classe, sont assez redressées. Les sédiments de ce mode sont moyennement classés dans la zone côtière à moins de 10 m de profondeur ($3,5 < S_k < 4,5$).

▪ Classe modale D (>1250µm) :

Les tailles granulométriques de cette classe sont supérieures à 1250µm. Sa répartition, très discontinue, se matérialise au niveau du jet de rive et des fonds rocheux (fig.45). Il s'agit d'un sable très grossier hérité des platiers rocheux et du démantèlement sur place des différents caps (Cap Djinet, éperon de Zemmouri et du Cap Blanc). Ce sable est constitué d'un mélange de roches volcaniques et métamorphiques et de composants organogènes. Représentés par des lamellibranches et des gastéropodes et de leur débris.

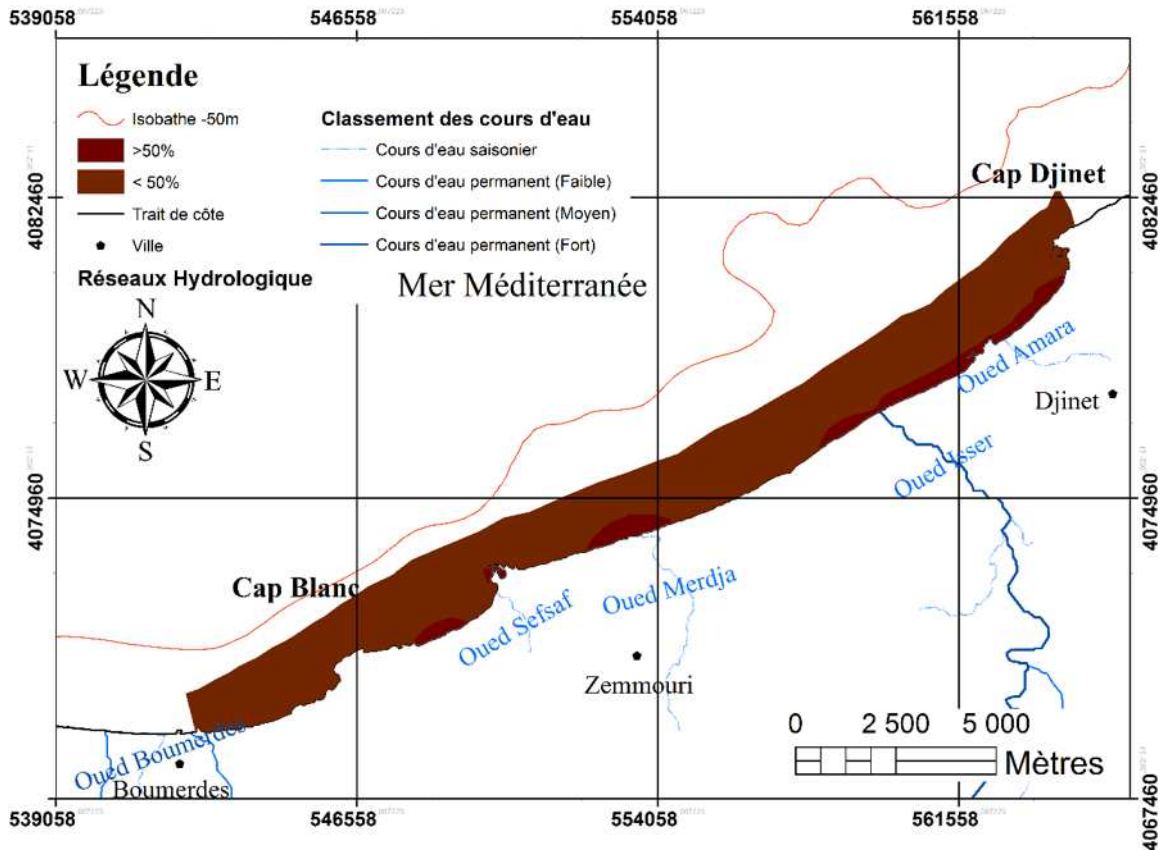


Fig.45 : Carte de répartition de la classe modale ($D > 1250 \mu\text{m}$).

Les courbes granulométriques sont bimodales à plurimodales (fig.46), et représentatives des classes B et C. Les sédiments de ce mode sont caractérisés par un mauvais classement, ($S_0 > 4.5$). Ceci s'explique par un mélange de population de nature et de tailles différentes. La distribution de ce mode est observée à l'est du Cap Blanc et aux abords d'Oued Isser ainsi que devant l'embouchure d'Oued Merdja.

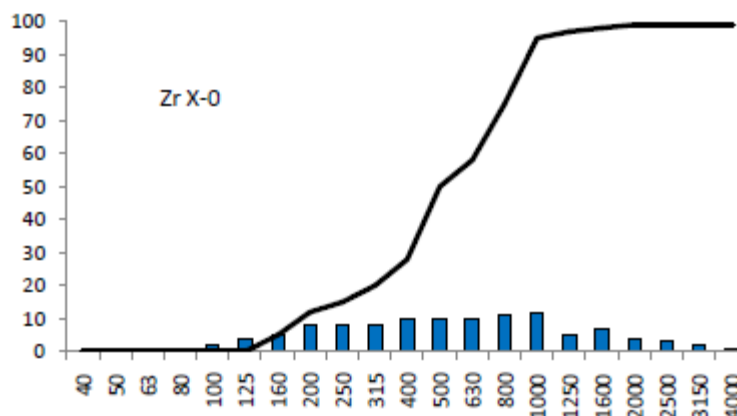


Fig.46 : Exemple d'échantillon de la classe modale D.

2.3.2 Caractères sédimentologiques de la fraction fine

Chapitre II : Aspect bathy-sédimentaire

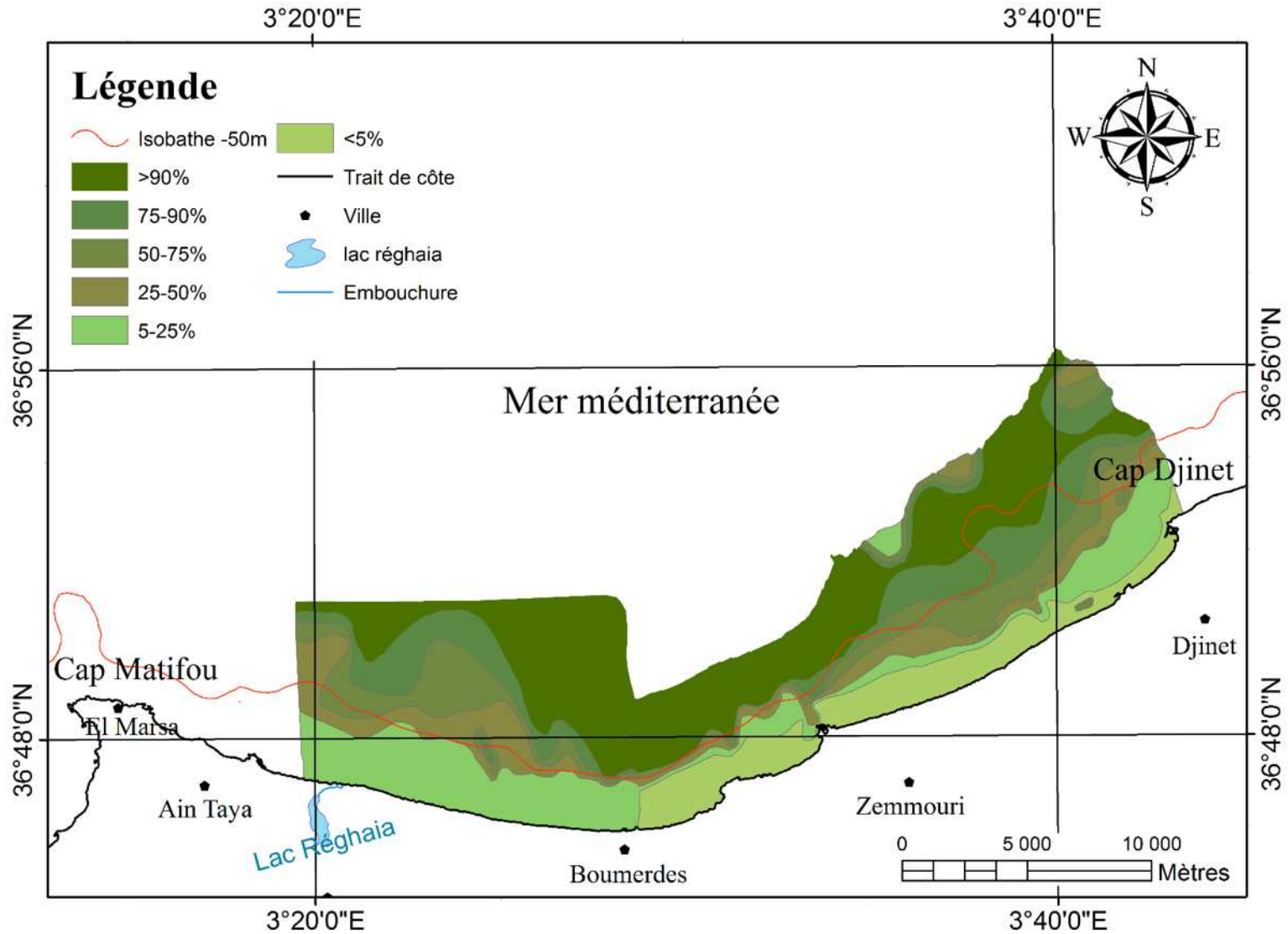


Fig.47 : Carte de distribution des lutites dans la grande baie de Zémouri.

Chapitre II : Aspect bathy-sédimentaire

Les dépôts des particules silto-argileuses débutent à partir des profondeurs de 20m. Au-delà les proportions en lutites augmentent avec la profondeur dans le cas général, ce schéma est perturbé par l'existence du coquillier du large. La limite d'envasement à 25 % se trouve pratiquement parallèle à la côte, à l'inverse des autres limites. Ceci serait lié à l'influence de la dynamique locale des petits fonds, où l'énergie hydrodynamique est encore puissante et aussi par la granulométrie des sédiments où les zones de mélange des classes modales sont assez restreintes expliquant ainsi le passage d'une zone à haute énergie vers une zone relativement plus calme, zone préférentielle des sédiments fins.

La carte de répartition des teneurs en lutites (fig.47) fait ressortir d'une manière générale deux secteurs bien distincts par la dissymétrie des gradients de distribution des isoteneurs en lutites : un secteur occidental de Zemmouri vers le Cap Blanc et un secteur oriental de Zemmouri vers le Cap Djinet :

a. Le secteur occidental :

La frange côtière pauvre en lutites (< à 5%) est bien développée notamment à l'Ouest du Cap Blanc. Les isoteneurs en lutites intermédiaires sont représentées par des liserés plus ou moins marqués qui traduisent un gradient rapide vers l'envasement total (> à 90% de teneurs en lutites). Ce dernier débute à - 50 m et même à de moindres profondeurs dans l'axe du canyon d'Alger et face au Cap Blanc. L'isobathe -50 m marque le début de l'envasement circalittoral (H. Benslama).

La fraction fine des dépôts superficiels de la région de Boumerdès, suit un gradient naturellement croissant de la côte vers le large. Les teneurs sont assez faibles dans les petits fonds entre 0 et 15 m à 1500 m du rivage dans la zone Est. Les teneurs varient de 0 à 25%.

On remarque également que certains envasements locaux (60 à 90 % de lutites) se produisent notamment, face à l'oued Boudouaou et face à l'oued Boumerdes mais trop éparpillés pour souligner un quelconque envasement précoce comparés à l'Isser.

Ces dépôts lutitiques, les plus importants et les plus proches de la côte sont donc localisés dans des petits chenaux où les lignes d'isoteneurs en lutites suivent fidèlement le tracé des vallées.

Le long des parois du chenal Est, les pourcentages sont compris entre 50 et 75 %. Au centre de ce même chenal, les teneurs augmentent jusqu'à dépasser les 90 % à des profondeurs de 35 m.

Chapitre II : Aspect bathy-sédimentaire

Dans le chenal Ouest, face à oued Boudouaou, on n'observe qu'un noyau lutitique à forte concentration (jusqu'à **80 %**) dans une aire où les teneurs ne dépassent guère les **50 %**.

Il semble que ce noyau soit une relique d'une crue d'Oued Boudouaou, ayant envahi un domaine granulométriquement grossier (>40µm). Dans le diagramme d'envasement, la concentration maximale (**88 %**) se trouve à des fonds variant de 40 à 50m.

b. Le secteur oriental :

Les teneurs en lutites sont marquées par un envasement très progressif sur tout le plateau. La carte des lutites fait ressortir un parallélisme des bandes d'isoteneurs plus larges à l'est entre le cap Djinet et le port de Zemmouri. Cet envasement est perturbé dans la frange côtière, près de l'embouchure de l'oued Isser par des auréoles de concentration supérieures à **50%** entre 10 et 30m de profondeur. Ce sont probablement des sédiments de crue fraîchement déposés. Cet envasement précoce résulte de la floculation électrochimique du matériel argilo-colloïdal à l'interface eau douce-eau salée à proximité des embouchures (H. Pauc 1980). Il en résulte à court terme la constitution d'une formation prodeltaïque; ce phénomène se retrouve au débouché de tous les émissaires autour de la Méditerranée (Aloisi et al. 1975; 1982). A proximité de l'isobathe 100 mètre, face à l'oued Isser et face au Cap Djinet. Des auréoles de concentrations à moins de **50%** de teneur en lutites ont été cartographiées. Cette répartition est due à la présence d'un matériel grossier constitué de coquilles (lamellibranches, gastéropodes, etc.) de nature carbonatée. Les teneurs sont assez faibles dans les petits fonds entre 0 et 15 m à 2000 m du rivage dans la zone Ouest. Les teneurs varient de **0 à 25%**.

2.4 Etablissement de la carte morph-sédimentaire :

L'objectif d'une campagne d'échantillonnage de sédiment peut être la réalisation d'une carte sédimentologique et/ou morpho-sédimentologique (fig.48). Ce type de carte peut représenter plusieurs informations superposables. La couverture sédimentaire d'un secteur géographique peut être étudiée à travers l'analyse de sa surface (couverture superficielle) ou de sa sub-surface (épaisseur des dépôts).

La distribution des formations superficielles de l'estran de la grande baie de Zemmouri a été établie à partir d'analyses granulométriques et calcimétriques d'échantillons sédimentaires prélevés sur l'ensemble du domaine intertidal et dans le proche domaine subtidal et de l'étude de la morphologie de l'estran et des petits fonds basée sur une carte associée à une campagne de prospection au sondeur bathymétrique mono-faisceau.

Chapitre II : Aspect bathy-sédimentaire

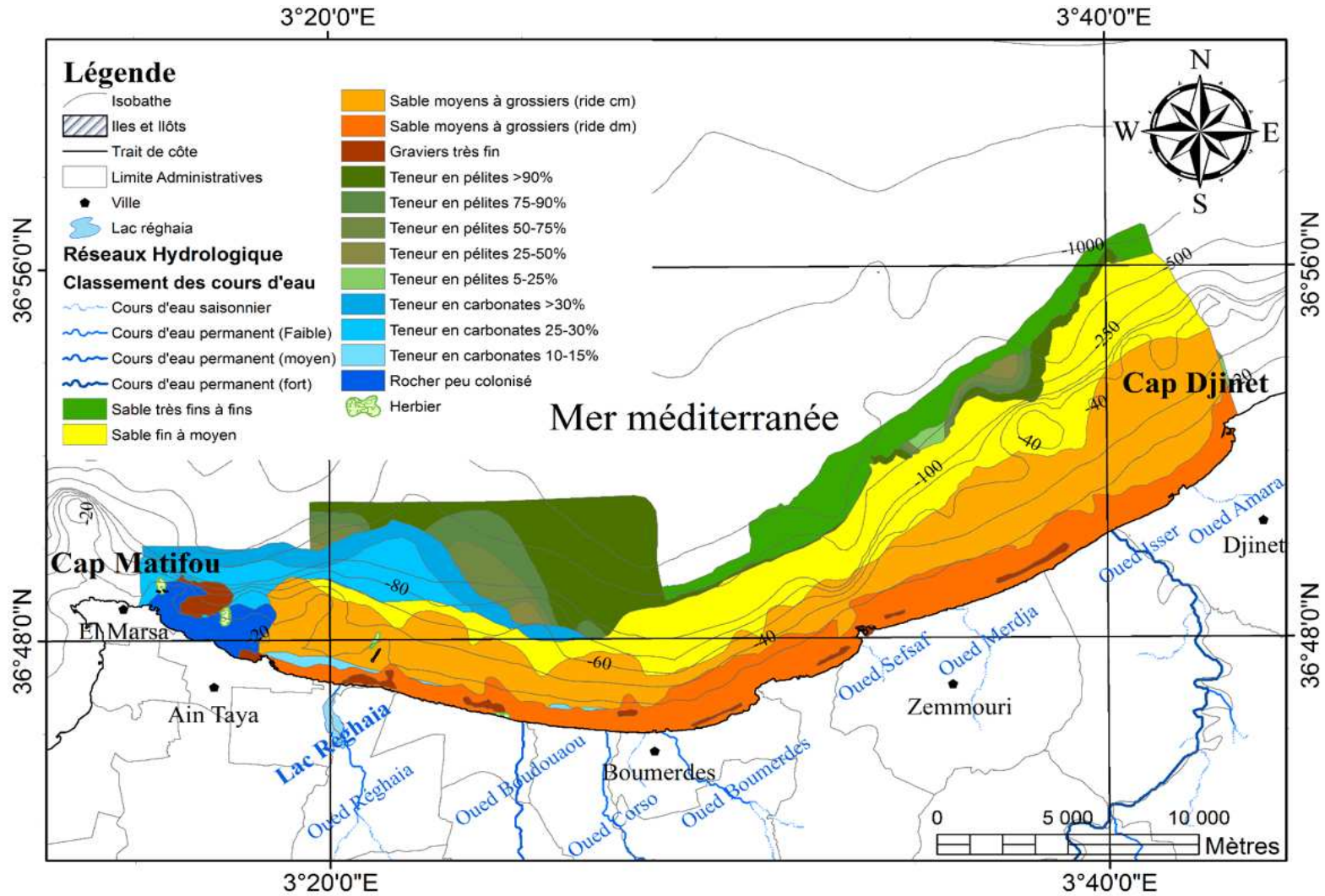


Fig.48 : Carte morpho-sédimentaire de la grande baie de Zémouri.

Chapitre II : Aspect bathy-sédimentaire

La synthèse des résultats sédimentologiques nous révèle deux secteurs :

- ❖ Le secteur occidental, qui compte très peu d'îlots et Trois classes modales qui présentent des sédiments très hétérogènes, allant des sables fins et sables moyens coquilliers jusqu'aux sables grossiers lithoclastiques.
- ❖ Le secteur oriental de la baie est composé de Quatre classes modales qui présentent des sables bioclastiques de granulométrie très variée et ne compte pas d'îlots.

La grande baie de Zémmouri se caractérise par la coexistence de deux systèmes de dépôts : l'un terrigène, d'origine proximale, l'autre carbonaté, d'origine distale mais aussi proximale, situé dans la partie occidentale. Les courants s'affaiblissent graduellement vers la grande baie de Zémmouri, amenant la mise en place de dépôts graveleux, puis sableux, voire vaseux selon un gradient granulométrique décroissant du nord au sud.

Le domaine infralittoral proche présente quelques accumulations de sables bioclastiques et terrigènes et de dépôts zoogènes qui se rencontrent entre 5 et 15 m de profondeur. La multitude d'affleurements rocheux isolés, et la prédominance de sédiments grossiers sur l'ensemble du secteur cartographié témoignent de la puissance des agents hydrodynamiques dans cette zone (courants engendrés par les houles).

L'objectif de cette étude est de décrire la nature et la morphologie de l'estran afin d'identifier les grandes structures morpho-sédimentaires qui caractérisent cette baie.

2.4.1 Analyse morpho-sédimentaire :

2.4.2 Unités morpho-sédimentaires

Les deux unités structurales de la baie contrôlent la distribution des sédiments superficiels de la zone intertidale et des petits fonds :

- ❖ Le bloc occidental, compte peu d'îlots et de platiers rocheux. Les sédiments sont le plus souvent grossiers (sable graveleux et sable grossier) et peu carbonates (< 30 %) ;
- ❖ Le bloc oriental, ne compte pas d'îlots et de platiers rocheux. Il est composé des sédiments les plus grossiers (sables grossiers et graviers).

La juxtaposition de ces deux unités morpho-sédimentaires correspond à une évolution progressive du paysage sédimentaire entre deux pôles :

a. Le pôle silico-clastique rocheux de la partie occidentale caractérise par un paysage sédimentaire varié et hétérogène :

- ❖ Large spectre granulométrique depuis les graviers jusqu'aux vases, mosaïque de petits corps sédimentaires.
- ❖ Signature autochtone des sédiments sableux majoritairement composent de minéraux (quartz et micas) provenant de l'érosion. présence discrète mais récurrente d'une fraction bioclastique composée principalement de gastéropodes et secondairement de bivalves.

b. Le pôle bioclastique sableux de la partie orientale présentant des facies plus homogènes modelés en nombreuses figures sédimentaires :

- ❖ Sédiments sableux moyens à grossiers, localement riches en coquilles entières de bivalves, un ensemble de bancs sableux de géométrie et taille variables localement développés, rubans de mégarides construits par les courants et remodelé superficiellement par la houle et les vagues de tempête. Formation locale de cordons sableux, signature allochtone des sédiments.

La distribution des sédiments de la grande baie de Zémmouri se caractérise par des gradients granulométriques directement guidés par la dynamique de la houle qui remodelle la morphologie et accentue le développement des bancs sableux.

2.4.3 Interactions bio-sédimentologiques :

Certaines biocénoses jouent un rôle sur la sédimentation intertidale, notamment les herbiers à posidonie (*Posidonia oceanica*) : ces végétaux jouent un rôle actif dans la sédimentation en favorisant les atterrissements puis le maintien en place des particules sableuses et argileuses.

Chapitre III

« ASPECT HYDRO-SEDIMENTAIRE »

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.

Le modèle numérique utilisé dans le cadre de cette étude est le MIKE 21[®] qui est un puissant système de modélisation numérique des phénomènes physiques (Houle, Courant et Transport sédimentaire).

L'objectif principal de cette partie consiste à reconstituer le climat hydro-sédimentaire afin d'aboutir à un modèle numérique calibré sur la base des enregistrements de courants et des déplacements de sable obtenus sur le terrain. Ce modèle superpose les processus hydro-sédimentaires (Houle, courant et transport sédimentaire).

Pour atteindre cet objectif nous avons divisé ce chapitre en trois parties :

- ❖ La première partie consiste à déterminer le climat de houle qui règne dans la zone de déferlement à travers la simulation de différents climats de houle au large des grandes et aux très faibles profondeurs.
- ❖ La seconde partie consiste à déterminer la courantologie générée par les houles dans la baie.
- ❖ La troisième partie consiste à estimer les taux de transports sédimentaires sous l'effet de la dérive littorale générée par les houles obliques approchant la zone d'étude.

1. Approche méthodologique :

La modélisation intégrée du transport de sédiments au niveau de la grande baie de Zémouri doit tenir compte des courants associés aux vagues. Dans ce cas, l'approche est plus complexe car elle doit faire appel à un système de modélisation intégrée comprenant trois modèles

Chapitre III : Aspect Hydro-sédimentaire

numériques(fig.49) : un modèle hydrodynamique, un modèle de vagues et un modèle de transport de sédiments non-cohésifs (sables) sous l'effet combiné des vagues et des courants.

Les modèles numériques choisis sont les modules :

- ❖ **SW** (*Spectral Waves model*)
- ❖ **HD** (*Hydrodynamic model*)
- ❖ **ST** (*Sand Transport model*)

Du système MIKE 21[®]. Ces modèles se prêtent bien à une approche intégrée car ils sont déjà intégrés dans un même environnement de calcul du système MIKE 21[®].

Les étapes successives de l'approche proposée pour l'étude du transport de sédiments non-cohésif sous l'effet combiné des vagues et des courants sont schématisées dans la fig.69.

Dans un premier temps, il s'agit de déterminer à l'aide du modèle SW le climat de houles dans la région d'intérêt (sur une grande échelle). Les sortants de ce module ainsi que les niveaux d'eau aux frontières ouvertes de la grille de calculs hydrodynamiques permettront de calculer les courants engendrés par les houles au moyen du module HD. Finalement, les courants générés par le module HD et les données de houles générées par le module SW seront pris en entrée par le modèle de transport de sédiment ST qui calcul alors le transport de sédiments à chaque pas temporel des simulations hydrodynamiques ainsi que le transport net de sédiments durant la période de simulation.

L'objectif du présent travail étant de reconstituer un modèle qui représente les conditions hydrodynamiques en se basant bien évidemment sur les enregistrements de courants et de transport sédimentaires effectués sur le terrain. Les conditions aux limites du modèle sont étudiées sur la base des statistiques des houles au large disponibles dans la base de données du SSMO (tab.8) recouvrant une période de 7 ans (1999-2014).

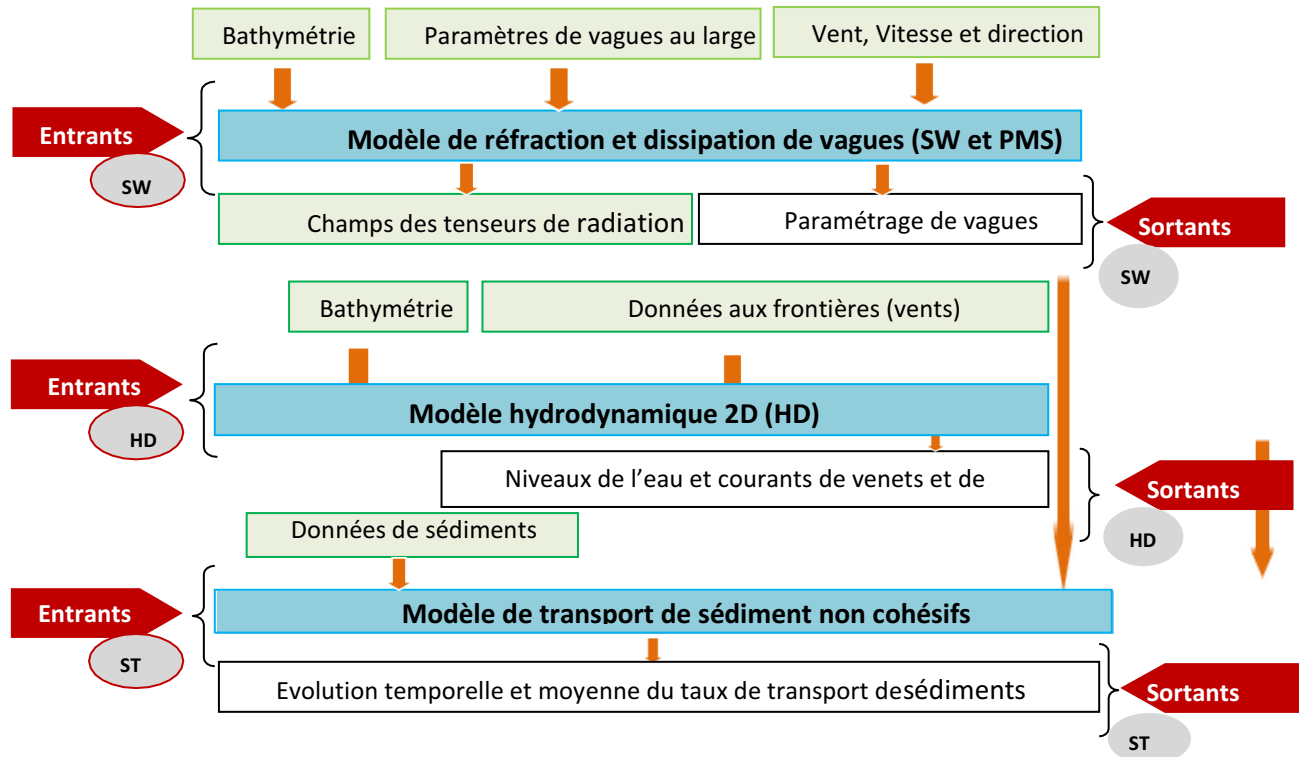


Fig.49 : Approche méthodologique adoptée pour de la modélisation intégrée du transport de sédiments non cohésifs.

1.2 Modélisation de la propagation de la houle du large vers la côte :

A son arrivée à la côte, la houle devient par deux mécanismes principaux un facteur prépondérant de transport sédimentaire :

- ❖ Elle peut d'une part remettre en suspension et déplacer les sédiments sur le fond
- ❖ D'autre part engendrer un courant littoral parallèle au rivage susceptible de déplacer des matériaux tout comme les courants de marée.

Leur représentation au sein d'un modèle morpho-dynamique peut être effectuée avec plus ou moins de précision, mais demeure dans tous les cas complexe pour maintes raisons.

La houle réelle n'étant pas monochromatique, il est de plus délicat, d'après les mesures, d'associer à une hauteur donnée une période unique correspondante ; Par ailleurs, l'alternance de périodes de calme et de tempêtes est primordiale pour le remodelage des bancs de sable (Van Overeem, et al., 1992); (Steijn, et al., 1992) : une succession rapprochée de houles fortes peut conduire à des modifications morphologiques irréversibles tandis qu'une répartition équilibrée entre tempêtes et calme peut maintenir une situation stable.

L'objectif de ce chapitre est d'étudier en la transformation du climat de houle en général à 70 m de profondeur au moyen du module SW.

1.2.1 Simulation de la propagation de la houle du large vers la côte à grande échelle au moyen du Module SW

Le module SW fait partie des modèles spectraux vague-vents de dernière génération, il est basé sur une grille de calcul non structurée (mobile). Le modèle simule la propagation, l'évolution et la transformation des vagues générées par les vents et des houles au large et dans les zones côtières. Il inclue deux types de formulations :

- ❖ Formules directionnelles (Discrétise le domaine géographique)
- ❖ Formules spectrales (Discrétise le domaine géographique et spectrale)

La première formule est basée sur la paramétrisation de l'équation de conservation de l'action des vagues. Cette paramétrisation est effectuée dans le domaine fréquentiel en introduisant le moment zéro et le premier moment du spectre d'action de la vague comme variable dépendante selon (Holthuijsen, et al.1989).

La seconde formule est basée sur l'équation de conservation de l'action des vagues, comme décrit dans Komen et al. (1994) and Young (1999) in (DHI-SW, 2007), où le spectre directionnel des fréquences de l'action des vagues est la variable dépendante.

Le modèle SW prend en considération la génération des vagues par les vents ; les interactions non linéaires vague-vague ; la Dissipation due au frottement sur le fond ; la Dissipation due au déferlement ; la Réfraction et le Shoaling due à la variation de la profondeur ; les Interactions vagues-courants et les effets de la variation temporelle de la profondeur et l'effet de sécheresse et inondation.

L'Objectif de cette étape est d'étudier la propagation de la houle du large vers la côte en tenant en considération d'un certain nombre de phénomènes tels que la réfraction et le shoaling.

- a. **Conditions aux limites**
 - **Données bathymétriques**

La bathymétrie utilisée pour cette étude de réfraction est celle issue de la digitalisation de la carte publiée par le service hydrographique des Forces Navales (S.H.F.N). Alger Publication

Chapitre III : Aspect Hydro-sédimentaire

1979 édition 1998 intitulée « Mer Méditerranée côte d'Algérie, de Ras Matifou à Ras Tedles échelle : 1/120000 ».

▪ 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 (tab.8).

Tab.8 : Conditions de houles retenues dans le cadre de cette étude.

Périodes	Direction de la houle au large		
	N 315°	N 360°	N 45°
6s	Hs =1,10m	Hs =1,00m	Hs =1,09m
8s	Hs =2,64m	Hs =2,67m	Hs =2,56m
10s	Hs =4,53m	Hs =4,92m	Hs =5,05m

(Source SSMO 1963-1970)

b. Configuration du module SW :

L'équation choisie pour étudier la propagation de la houle au large est la formule directionnelle dans le domaine spectral et la formule quasi-stationnaire dans le domaine temporel. L'algorithme d'itération Newton-Raphson avec les valeurs par défaut a été utilisé.

Les niveaux d'eau ont été considérés nuls et le forçage par les vents n'a pas été pris en considération, car on veut simuler la propagation d'une houle déjà formée indépendante du vent. L'effet de déferlement est pris en considération, il est basé sur la formulation de (Battjes, et al. 1978), qui exprime le taux de dissipation d'énergie due au déferlement par l'équation suivante :

$$\frac{dE}{dt} = \frac{-\alpha}{8\pi} Q_b \omega H_m^2$$

Ou Q_b est la fraction du déferlement donnée par :

$$\frac{1 - Q_b}{\ln(Q_b)} = \left(\frac{H_{ms}}{H_m} \right)^2$$

Et le H_m est la hauteur maximale calculée par :

$$H_{m=y_1} k^{-1} \tanh\left(\frac{y_2 kd}{y_1}\right)$$

- ❖ k : st le nombre de vagues
- ❖ d : Profondeur d'eau;
- ❖ et y_1 et y_2 sont les deux paramètres de déferlement y_1 contrôle les conditions de cambrure et y_2 contrôle les conditions de profondeur limite. Dans ce cas $y_1 = 1$, $y_2 = 0.8$ et $\alpha = 1$

L'effet de dissipation par le fond est pris en considération. Ce dernier est exprimé dans le modèle par la formule de Nikuradse qui considère le paramètre de rugosité du fond comme étant une constante égalant à 0.04.

Les limites ouvertes du modèle ont été alimentées par les paramètres de houle de type 1, ces derniers sont constants dans le temps et tout au long des limites ouvertes. Ils ont concerné : la Hauteur significative, la Période pique, la Direction et l'Indice d'étalement directionnel qui est largement supérieur à 10 pour la houle. Les scénarios simulés ont été choisis après traitement statistique des houles au large. Les données sortantes sélectionnées qui représentent le climat de houle à la côte sont les suivantes (tab.9) :

Tab.9 : Sortants du modèle SW.

Name	Symbole	unité
Hauteur Significative	H_{m0}	mètre
Période pique	T_p	seconde
Direction moyenne	MWD	degrés
Ecart-type	DSD	degrés
Contraintes de radiation	S_{xx}, S_{xy}, S_{yy}	m^3/s^2

c. Résultats des simulations et interprétations :

Les figures ci-après montrent les plans de propagation des houles à des profondeurs allant de 70 m jusqu'au rivage, venant de différentes directions avec différentes hauteurs significatives au moyen du modèle SW pour trois houles sélectionnées.

- **Houles provenant du secteur 360°Nord :**

Chapitre III : Aspect Hydro-sédimentaire

D'après les cartes, on remarque que les houles de secteur 360°N sont frontales, c'est dû d'une part au fait que ces houles se réfractent le moins avec des angles de déviation presque nul, toutefois, elles subissent des déformations au niveau des affleurements rocheux de Réghaia et Ain Taya, et d'autre part c'est liée à la configuration de la côte qui est pratiquement perpendiculaire à la direction des houles.

- ❖ Pour la houle de période (6s) (fig.50), on remarque du large à la côte, que leurs angles d'incidences à la côte varient peu. Les hauteurs significatives obtenues indiquant aussi que ces houles sont peu réfractées. Les hauteurs significatives dépassent 1,12 m au large mais au niveau des Caps Djinet jusqu'au Cap Matifou où nous remarquons des hauteurs comprises entre 0,32 à 0,80 m.
- ❖ Pour la houle de période (8s) (fig.51), les hauteurs significatives au large sont au-dessus de 2,6m mais en se propageant vers la côte, elles diminuent pour atteindre des hauteurs comprise entre 0 et 0,4m et cela au niveau du côté Est de la baie et au niveau du Cap Matifou où elles sont comprises entre 1,4et 1,8m.
- ❖ Pour la houle de période (10s) (fig.52), les hauteurs remarquée au large sont au-dessus de 4,8m alors qu'elles diminuent en s'approchant de la côte pour atteindre des hauteurs comprises entre 0,8-1,2m au niveau du côté Est, en revanche, elle est de 1,6 à 2,4 m au côté Ouest de la baie.

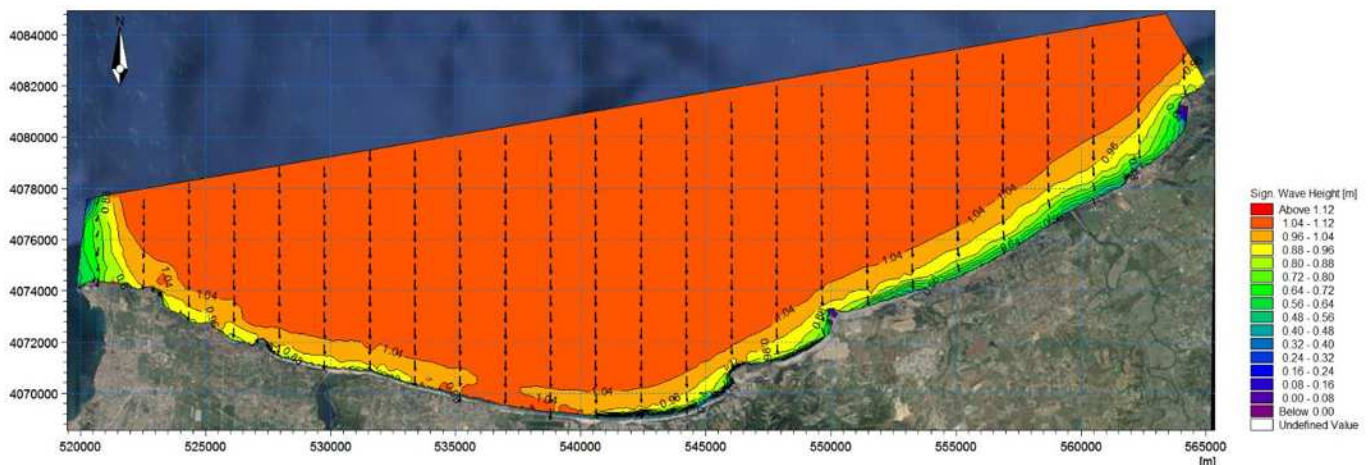


Fig.50 : Plan de propagation de la houle (1m-6s- 360°N).

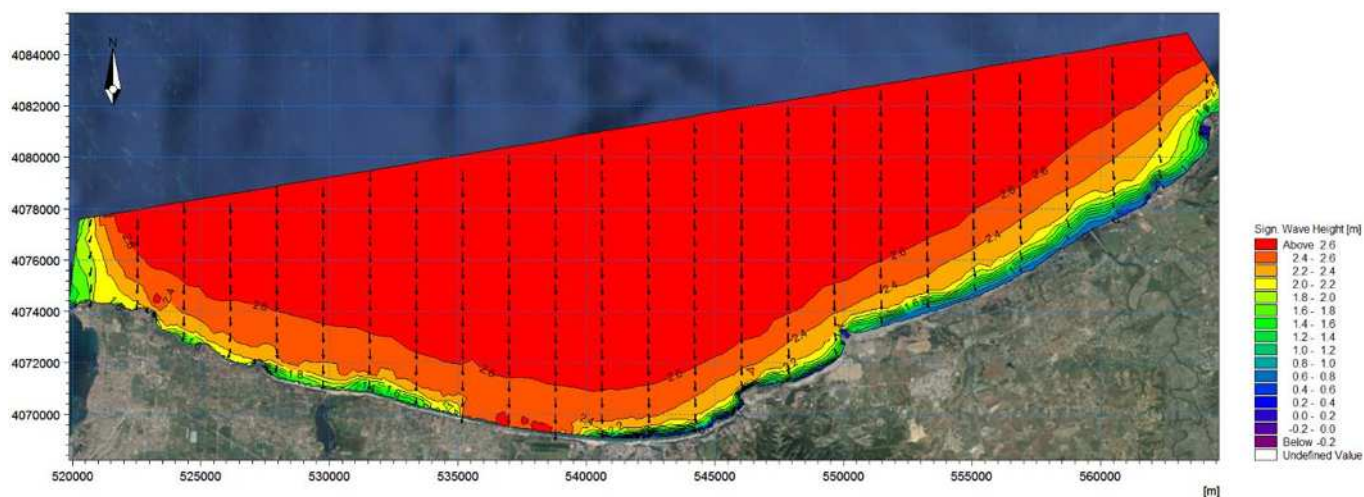


Fig.51 : Plan de propagation de la houle (2,67m-8s-360°N).

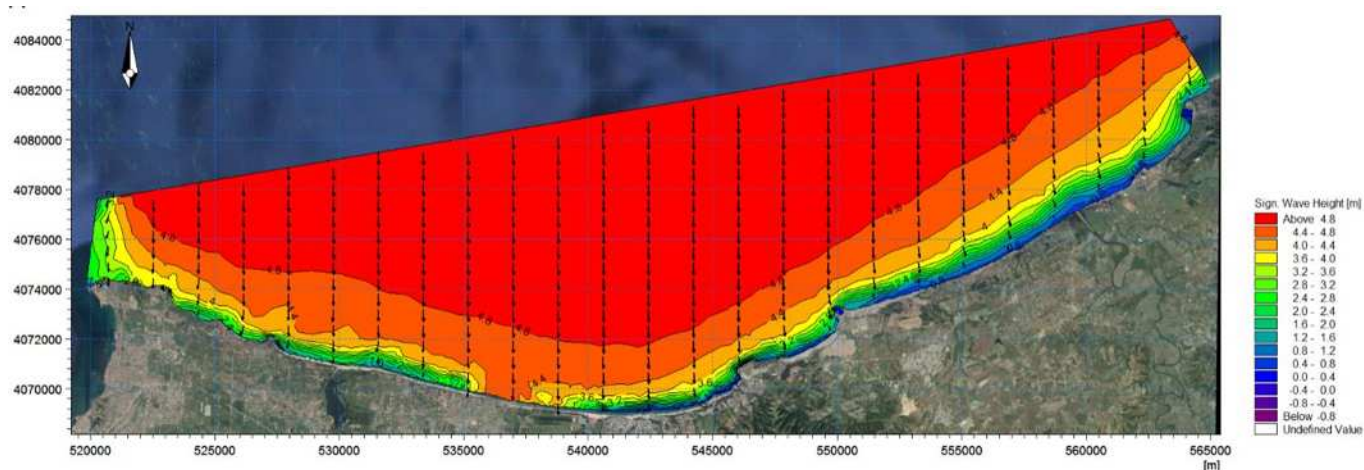


Fig.52 : Plan de propagation de la houle (4,92m-10s-360°N).

▪ Houles provenant du secteur 45°Nord

Les houles 45°N (fig.53, fig.54, fig.55) sont très fréquentes, elles apparaissent surtout lors des tempêtes printanière, elles arrivent avec une obliquité de 25 à 40° par rapport au rivage, en engendrant des courants de retours dans le sens opposé. Les cartes Montre que les orthogonales sont peu réfractées. Mais, elles se diffractent dans la partie Ouest au niveau de l'îlot de Réghaia (Hadjrat Bounatah). Dans la partie Est 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. Les orthogonales pivotent légèrement à l'approche du rivage vers les directions Nord et Nord-Est de la zone.

Nous remarquons que ces houles engendrent les courants de dérive littorale qui dirigent d'Est en Ouest en général.

❖ Les houles de période (6s) (fig.53), on remarque que les hauteurs significatives au large est

Chapitre III : Aspect Hydro-sédimentaire

supérieure à 1,04m, en dirigeant de l'Est à l'Ouest on remarque que les hauteurs sont croissantes au niveau des côtes du fait qu'elles sont inférieures à 0,2 m à l'Est mais comprise entre 0,96 et 1,04 m.

- ❖ Pour les houles de période (8s) (fig.54), nous remarquons que les hauteurs au large sont comprises entre 0,90-1,04m, et ces hauteurs diminuent en s'approchant de la côte où elles sont comprises entre 0,08m et 0,56m à l'Ouest du côté de Cap Djinnet, et vers l'Est où elles sont comprises entre 0,80-0,90m.
- ❖ Pour les houles de période (10s) (fig.55) montre qu'au large les hauteurs significatives est au-dessus de 4m, nous constatons aussi qu'au niveau du Cap Djinet jusqu'à la plage Ouest de Boumerdès où les hauteurs significatives sont comprises entre 0,4-1,2, m, et de la plage Ouest jusqu'à Cap Matifou, Hs est comprise entre 1,4-4,4m.

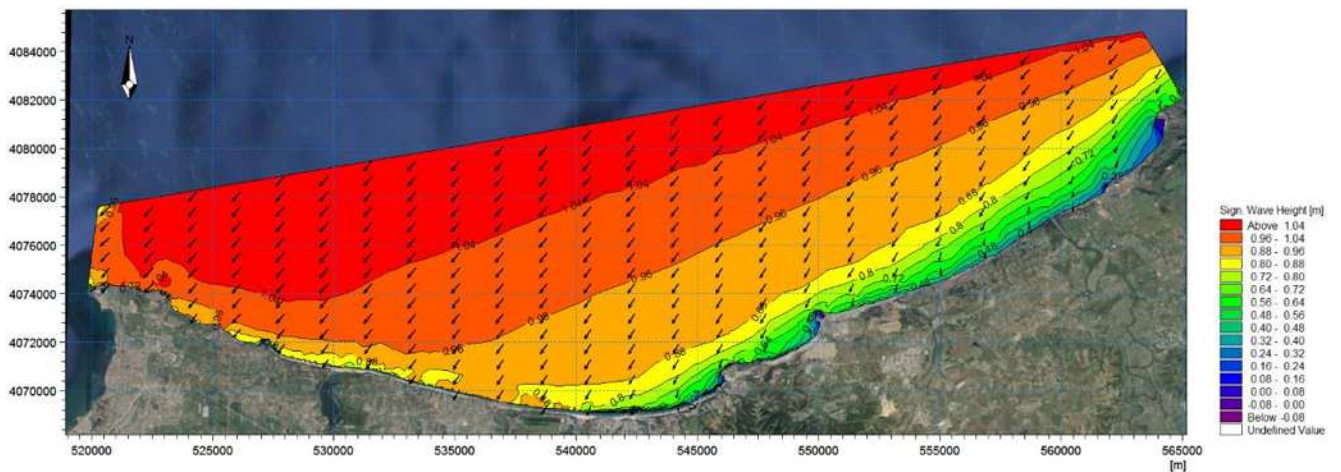


Fig.53 : Plan de propagation de la houle (1,09m-6s-45°N).

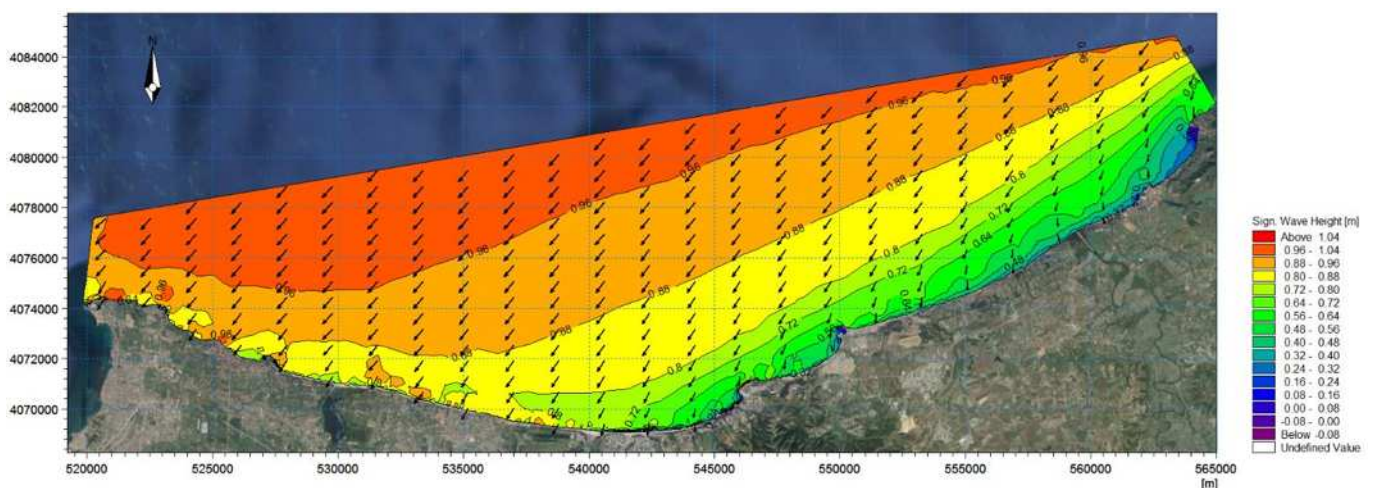


Fig.54 : Plan de propagation de la houle (2,56m-8s-45°N).

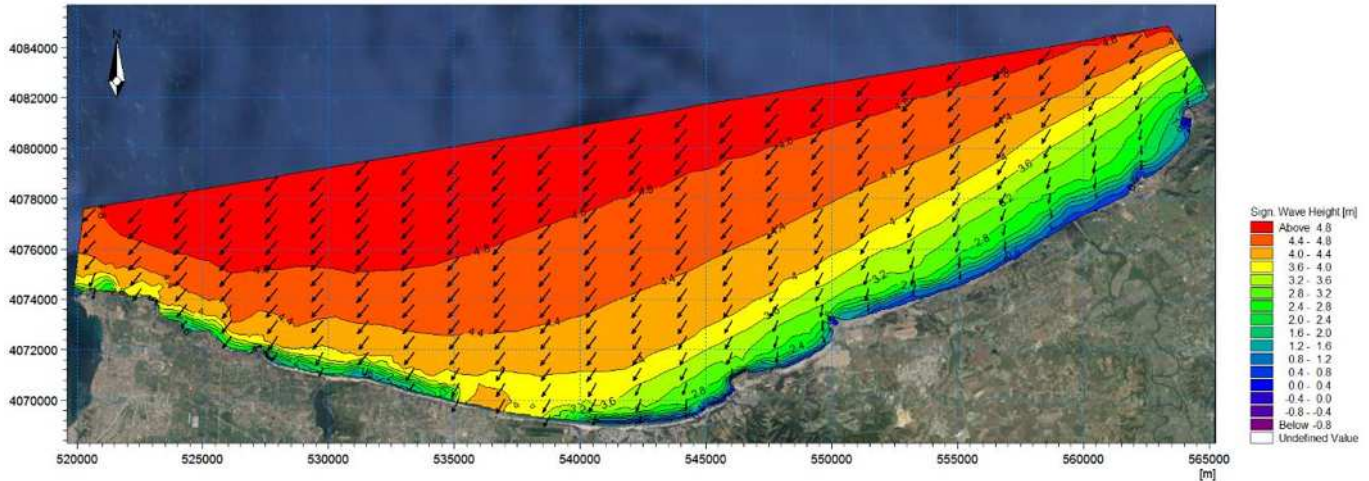


Fig.55 : Plan de propagation de la houle (5,05-10s-45°N).

▪ Houles provenant du secteur 315°Nord

Les houles issues de secteur 315°N, ce sont des houles hivernales, elles sont réfractées. Les orthogonales de la houle abordent la côte en subissant une rotation entre 3° et 10°. Ces houles engendrent une dérive littorale Ouest-Est le long de toute la côte sauf au niveau de Réghaia Plage qui est abritée par un îlot orienté dans le sens opposé des crêtes de houles. Par conséquent, le climat de houles reste modéré au niveau de cette plage. En effet dans cette localité les houles subissent une diffraction à 1 Km du rivage. Par contre, la propagation semble se faire de façon quasi frontale. 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.

- ❖ Les hauteurs significatives au large sont supérieures à 1.04 m pour des houles de période (6s) (fig.56), ces hauteurs diminuent du large vers la côte pour atteindre des valeurs de 0,64-0,80 m à l'Est et 0,06-0,80 m à l'Ouest de la baie.
- ❖ Pour la houle de période (8s) (fig.57), nous marquons que les hauteurs significatives est au-dessus de 2,6 m au large, en revanche, près des côtes nous avons des hauteurs plus faibles où elles sont comprises entre 0,2-0,8 m à l'Est et entre 1,0-2,0 m à l'Ouest. Au niveau du Cap Matifou, les hauteurs remarquées sont les plus faibles du fait qu'elles sont entre 0,2-0,8m
- ❖ D'après la carte (fig.58) nous avons remarqué la même chose pour les houles de période (10s) mais avec des valeurs de Hs supérieure à 4,4 m de hauteur au large et entre 0,0-0,4 m à la côte et au niveau du Cap Matifou, les hauteurs sont entre 0.4-0.8m

Chapitre III : Aspect Hydro-sédimentaire

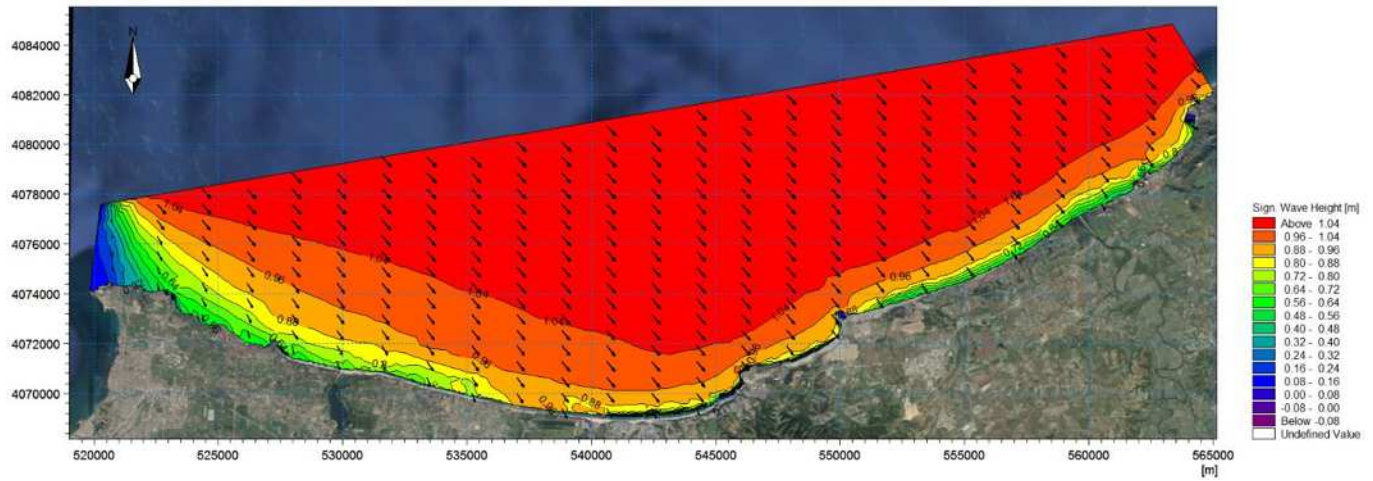


Fig.56 : Plan de propagation de la houle (1,1m-6s-315°N).

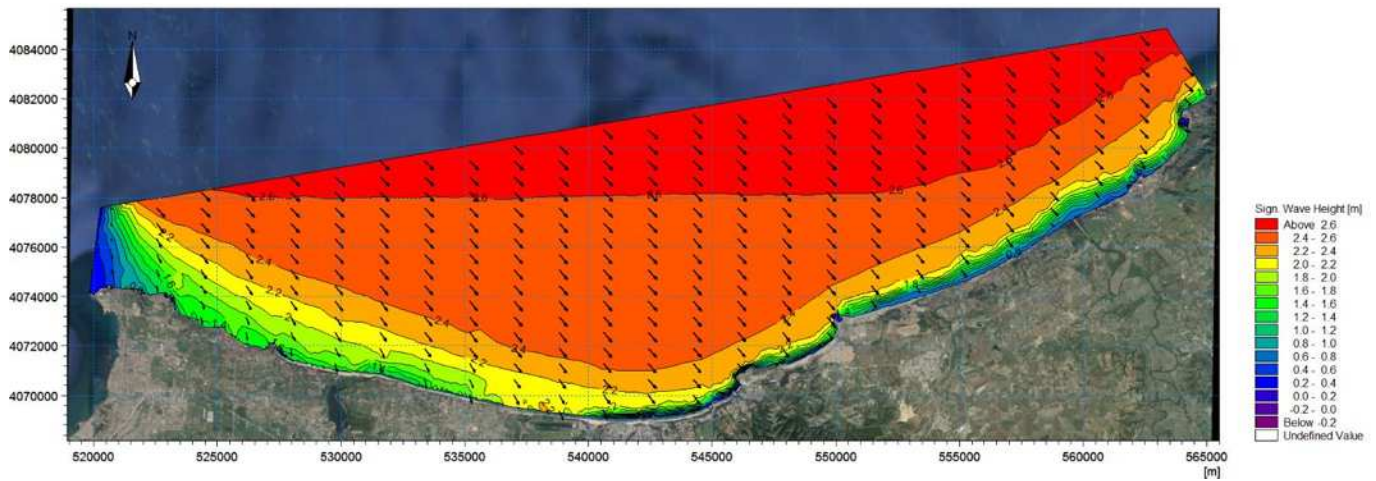


Fig.57 : Plan de propagation de la houle (2,64-8s-315°N).

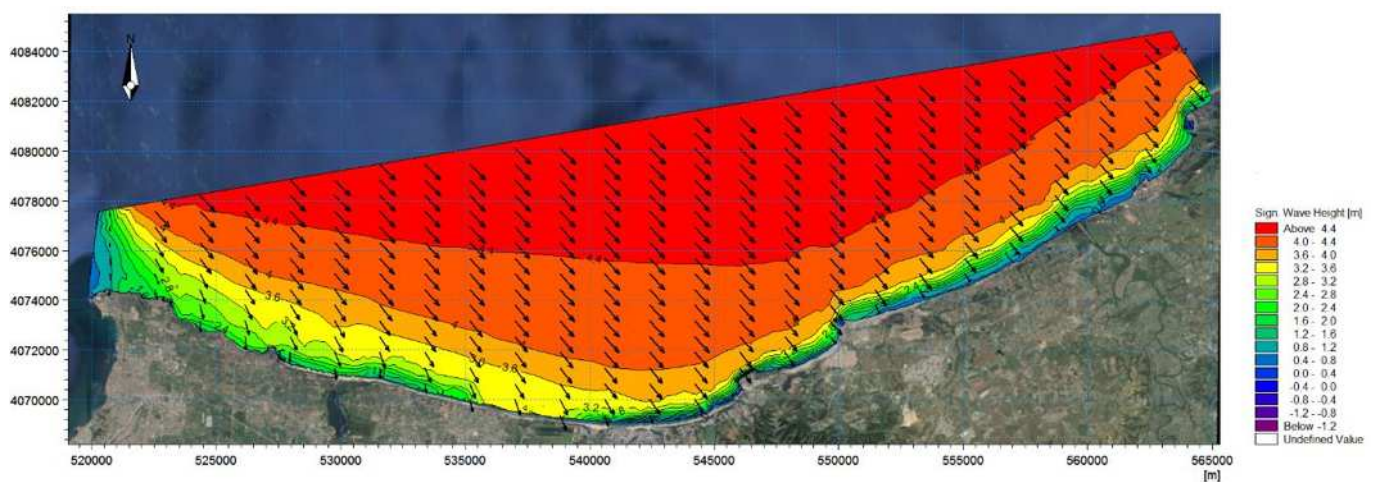


Fig.58 : Plan de propagation de la houle (4,53-10s- 315°N).

1.2.2 Modélisation des champs de courants générés par la houle :

Lorsqu'elle s'approche du rivage, la houle déferle et perd ainsi la majeure partie de son énergie qui se dissipe lors du moutonnement des brisants ou par frottement des particules d'eau. Cependant, une fraction de l'énergie demeure mécanique et transmet au fluide un courant de masse. L'énergie de ce courant de houle se dissipe quant à elle par frottement latéral et sur le fond. Un régime permanent est atteint lorsque la totalité de cette énergie a été dissipée. (Longuet-Higgins, et al. 1964) ont montré que les forces motrices du courant de houle étaient dues aux variations du flux des quantités de mouvement induites par la houle. Schématiquement, dans le cas d'une plage rectiligne, la composante de cette poussée parallèle à la côte engendre une dérive littorale tandis que sa composante normale induit une surélévation du niveau moyen. La définition des contraintes de radiation par (Longuet-Higgins, et al., 1964) marqua la naissance de la modélisation des courants littoraux et de leur répartition dans la zone de déferlement. (Bowen, 1969) montre que le long d'une plage de pente constante, une houle monochromatique ne crée une force motrice pour le courant qu'à l'intérieur de la zone de déferlement. C'est le mélange latéral qui permet l'extension de ce courant au large de la ligne de déferlement. Bowen montre par ailleurs que la largeur de la zone de déferlement et l'intensité du courant augmentent avec la hauteur de houle, et propose un profil de vitesse du courant littoral montrant une bonne correspondance avec les mesures.

L'objectif de cette partie est de modéliser les champs de courants générés par les houles approchant le rivage, au moyen du module HD. Les contraintes de radiation étant calculées par le module SW elles nous ont servi à modéliser la courantologie au niveau de la grande baie de Zemmouri.

a. Modèle HD

Le code de calcul MIKE 21 HD est un modèle bidimensionnel pour les calculs hydrodynamiques qui permet de simuler les variations du niveau de la surface libre de la mer et du courant moyenné sur la colonne d'eau, en fonction des paramètres de forçage des zones côtières et océaniques. Ce module est utilisé principalement pour simuler de nombreux phénomènes hydrauliques dont la marée, les courants induits par le vent et la houle ainsi que les surcotes.

Ce modèle prend en considération les effets suivants : Frottement sur le fond ; Frottement du vent à la surface de l'eau ; Gradients de pressions barométriques ; Force de Coriolis ;

Dispersion instantanée ; les apports terrigènes et les puits ; l'évaporation ; l'inondation et la sécheresse ; les contraintes de radiation des houles.

Pour les conditions aux limites qui ont dominé, les courants sont calculés à partir des contraintes de radiation issues du modèle SW. Le niveau d'eau aux frontières latérales est modifié localement afin de prendre en compte la surélévation du plan d'eau dans la zone de déferlement. Les gradients de contraintes de radiations vont être à l'origine de la surélévation du plan d'eau dans la zone de déferlement et des courants de dérive littorale.

b. Configuration des paramètres du modèle

- Conditions aux limites et paramètres

Le niveau de la mer est considéré constants (0.34m). Les flux tout au long des limites ouvertes sont considérés perpendiculaires par rapport aux limites. Par conséquent la surface initiale est considérée nulle aussi. La viscosité et la résistance sont considérées comme valeurs par défaut (0.5 et 32 m^{1/3}/s respectivement). Les contraintes de radiations incluses dans chaque grille de calcul sont calculées par le module SW.

c. Configuration des paramètres du modèle

- Conditions aux limites et autres paramètres :

Le niveau de la mer est considéré constants (0.34 m). Les flux tout au long des limites ouvertes sont considérés perpendiculaires par rapport aux limites. Par conséquent la surface initiale est considérée nulle aussi. La viscosité et la résistance sont considérées comme valeurs par défaut (0.5 et 32 m^{1/3}/s respectivement). Les contraintes de radiations incluses dans chaque grille de calcul sont calculées par le module SW.

d. Résultats des simulations HD et interprétations :

Les figures ci-après (Fig. 59, 60,61 et 62) montrent les champs de courants induits par les vagues calculées au moyen du modèle numérique MIKE21-HD pour les trois houles sélectionnées. Généralement, la direction de déplacement Sud-Nord du courant Longshore est générée par les houles approchant de l'ouest (285°N), le courant longshore de direction Nord - Sud est engendré par les houles provenant du nord (15°N).

Le long de la côte Est algéroise, les résultats du modèle montrent clairement que le flux d'énergie long-shore provient du secteur Ouest et s'oriente vers l'Est (Fig. 59, 60,61 et 62).

Chapitre III : Aspect Hydro-sédimentaire

Les vagues venant du secteur Nord-Est génèrent un courant de dérive littorale parallèle à la côte et orienté d'Est en Ouest.

Les vitesses sont plus élevées dans la zone Est de l'embouchure de l'oued Réghaia. Ces vitesses diminuent en allant vers l'ouest à cause de l'effet d'abri de l'île, Hadjrat Bounattah, et du léger changement dans l'orientation de la côte.

Plus à l'Ouest, le long de la plage, Deca Plage, les vitesses du courant long-shore augmentent de nouveau puis elles diminuent progressivement en allant vers la localité d'Ain Chorb où note un changement de la direction de la côte et la présence de hauts fonds à l'avant côte. L'effet de ces hauts fonds engendre localement un courant dans la direction opposée.

Avec des vagues venant de l'autre côté, ici en cours à des vitesses plus élevées, ce qui aura un effet visible sur le transport des sédiments et de l'évolution côtière.

Les houles issues du secteur Nord-Ouest donnent naissance près de la côte à un courant de dérive dirigé vers l'Est. Loin au large, ce courant prend une direction nettement opposée mais avec des vitesses nettement faibles.

Les vagues issues du secteur sont plus élevées et génèrent un modèle de courant plus complexe à cause de la présence des hauts fonds autour desquels les flux de courant donnent naissance à des mouvements tourbillonnaires dans le sens des aiguilles d'une montre.

Chapitre III : Aspect hydro-sédimentaire

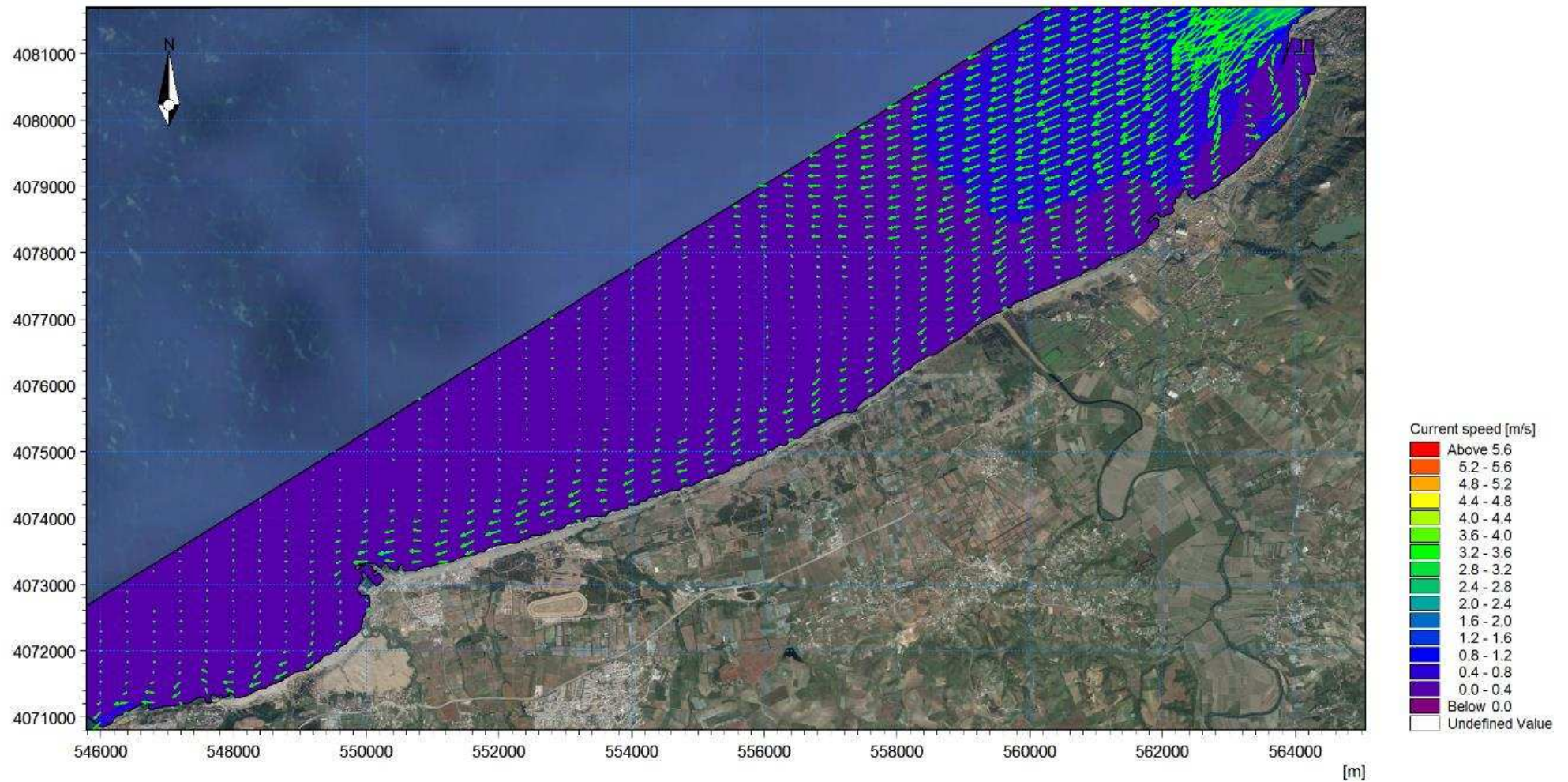


Fig.59 : Courants engendrés par les houles 45°N T8 Zone Est.

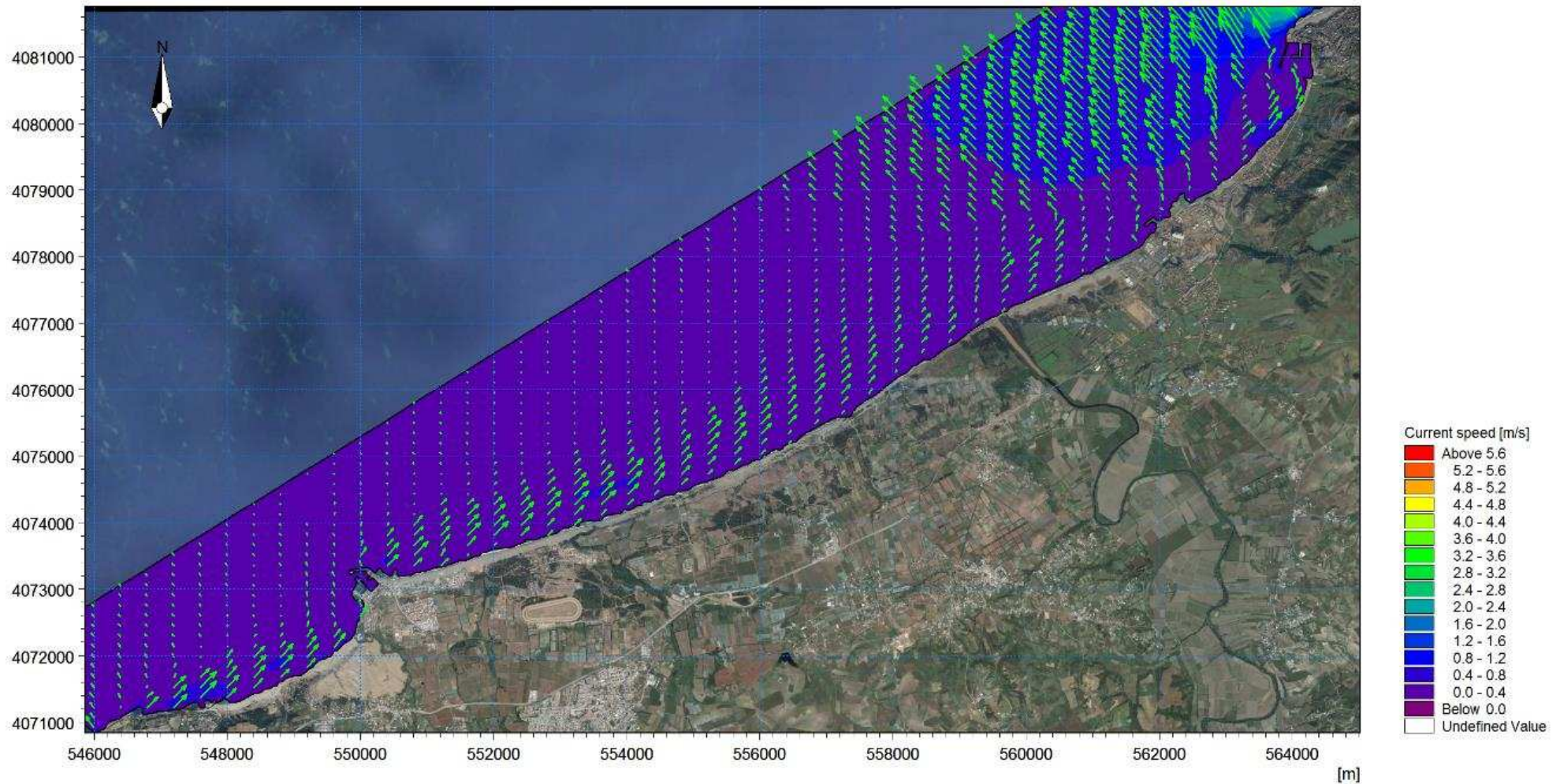


Fig.60 : Courants engendres par les houles 315°N T8 Zone Est.

Chapitre III : Aspect hydro-sédimentaire

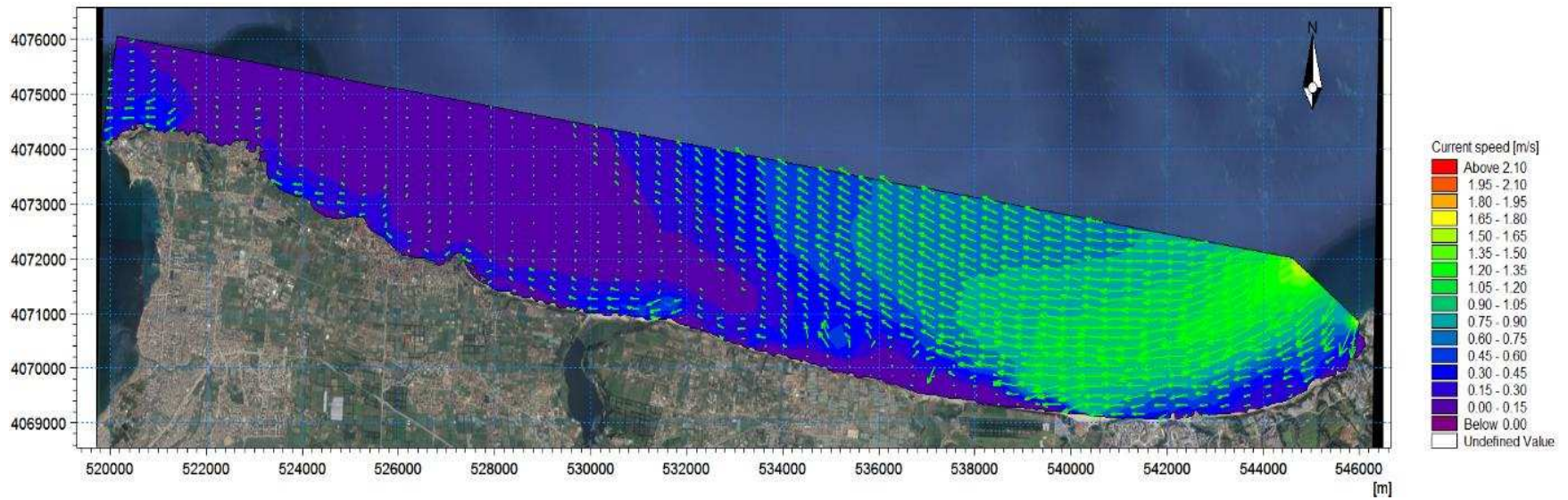


Fig.61 : Courants engendrés par les houles 45°N T8 Zone Ouest.

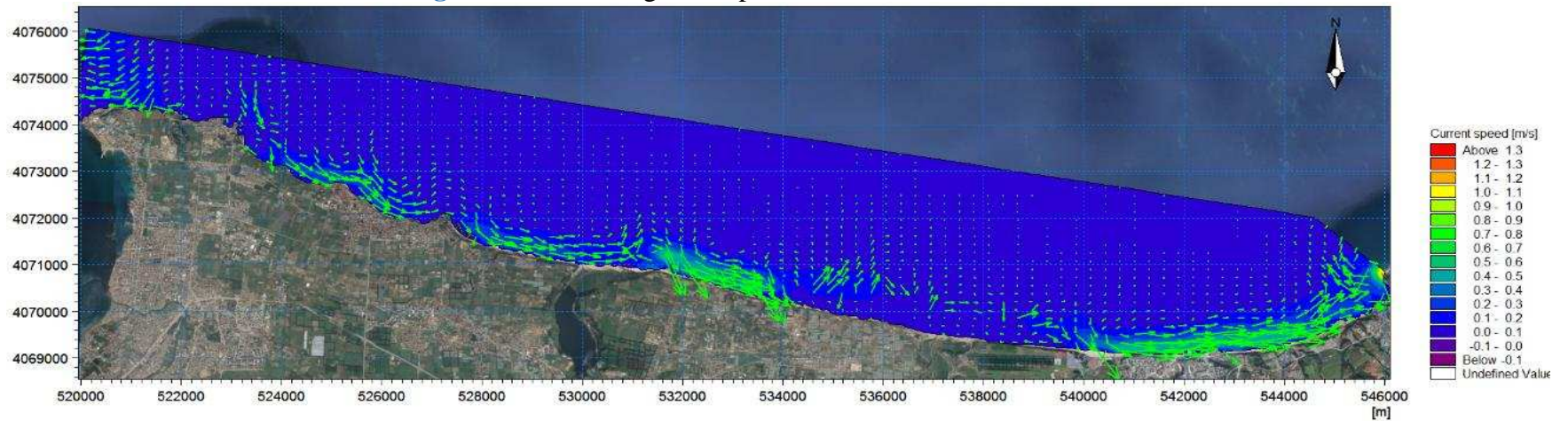


Fig.62 : Courants engendrés par les houles 315°N T8 Zone Ouest.

1.2.3 Modélisation du transport sédimentaire sous l'effet de houle et de courant :

La modélisation intégrée du transport de sédiments dans les alentours du port de Cap Djenet doit tenir compte à la fois des courants de vent et des courants associées aux vagues. Dans ce cas, l'approche est complexe et doit faire appel à un système de modélisation intégrée comprenant trois modèles numériques : un modèle hydrodynamique, un modèle de vagues et un modèle de transport de sédiments non-cohésifs (sables) sous l'effet combiné des vagues et des courants.

La détermination d'une houle représentative au regard du transport est en particulier complexe car les mécanismes de transport sédimentaire dû à la houle dans les alentours du port de Cap Djenet sont mal connus. La dérive littorale le long des côtes rectilignes est aujourd'hui mieux appréhendée. Le critère de choix pour la houle représentative concerne donc sa capacité à induire une dérive littorale conforme à la dérive mesurée ou estimée. Ce chapitre consiste à modéliser le transport sédimentaire induit par les courants et les houles simulés durant les trois périodes citées précédemment au moyen du module ST de la compilation MIKE21.

a. Modèle ST description et configuration :

Le module MIKE21 ST est un modèle numérique qui calcule les taux de transport de sédiments non cohésifs (sable) sous l'action combinée des courants et des vagues. Les sédiments étudiés peuvent initialement avoir des tailles différentes et une gradation spatiale. Les courants qui transportent les sédiments sont causés par les vents, les vagues ou une combinaison des deux. L'effet des vagues déferlantes et non déferlantes est inclus dans le calcul des taux de transport.

Les taux de transport de sédiments sont calculés à partir de données bathymétriques, des profondeurs instantanées de l'eau, les tailles et la gradation spatiale des sédiments et les variations spatio-temporelles des courants et des vagues dans la région étudiée.

L'érosion et la déposition des sédiments peuvent ensuite être calculées par l'utilisateur à partir des gradients spatiaux des taux de transport de sédiments fournis par le modèle ST. Dans la zone de déferlement, les courants de retour sont inclus. Le modèle est déterministe et demande un minimum de calage. Les taux initiaux de sédimentation/érosion sont calculés à l'aide de l'équation de conservation de la masse sédimentaire Deux formulations

du transport de sédiment en présence de courants et de vagues sont offertes par le module ST :

- ❖ La formulation de Bijker;
- ❖ La formulation de l'institut hydraulique Danois (DHI) appelée formulation STP.

C'est cette dernière a été adoptée dans la présente étude. Elle offre à son tour deux façons de calculer les taux de transport de sédiments. La première façon est basée sur une approche de plan bidimensionnel horizontal (2DH) dans lequel les taux sont calculés dans la direction du courant moyen, avec une composante transversale résultante de la pente du fond. La deuxième façon est basée sur une description quasi-tridimensionnelle (Q3D) de l'hydrodynamique et du transport de sédiment qui décompose le transport dans des directions perpendiculaire et parallèle au courant, et au rivage dans la zone de déferlement des vagues.

La méthode STP utilise des valeurs de transport de sédiment interpolées dans une « table de sédiment » avant la simulation à l'aide d'utilitaires de génération de table de sédiment offerts avec le module MIKE 21-ST. Les valeurs de transport interpolées au préalable sont utilisées au cours de la simulation numérique et évitent l'effort de calcul additionnel si les mêmes transports doivent être calculés chaque fois que les mêmes paramètres de grains de sable, de vagues et de courants se présentent aux différents pas temporels de calcul. Un sable de diamètre médian 0.2 mm, de gradation 1.4 et de porosité 0.4 est considéré sur l'ensemble du modèle. Les sortants du module SW ($H_{m0} - T_p - Dir$) et HD (Vitesses et directions des courants) simulés pour les trois périodes précédentes sont utilisés dans le module ST.

b. Résultats des simulations ST set interprétations :

Les transports des sédiments calculés dans la zone d'étude adoptent des unités de $m^3/s/m$ sous l'effet des vagues et des vents d'Est. L'interprétation de ces transports est basée sur le changement de l'intensité du transport d'une maille à l'autre. Par exemple, une diminution des vecteurs de transport d'une maille à l'autre indique une zone de convergence ou de dépôt potentiel des sédiments à cet endroit alors qu'une augmentation des vecteurs adjacents indique une divergence ou un potentiel d'érosion à cet endroit.

Le long de la zone Ouest de la grande baie de Zemmouri, les résultats du modèle montrent que le transport annuel significatif des sédiments est dirigé vers l'ouest (Fig.63)

Chapitre III : Aspect hydro-sédimentaire

Le transport littoral maximal est enregistré à l'avant plage de la zone située à l'Est de l'île Hadjrat Bounattah entre l'embouchure de l'oued Réghaia à l'ouest et Boudouaou El Bahri à l'Est. De l'embouchure de l'oued Réghaia jusqu'à Ain Chorb à l'ouest, le transit littoral dominant est dirigé vers l'Est cependant, au large de cette zone, ce même transit littoral est orienté de nouveau vers l'Ouest (Fig.64).

Du large vers la côte la figure (fig.65) 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 transit se dirigeant vers le Nord-Est est parallèle au trait de côte du cap, quant au second, 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.

La modélisation montre également un départ massif des sédiments de la plage adjacente au Port vers le large (fig.66). 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 une rencontre des deux transits de sens opposés (Formation d'un vortex) 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.

De façon générale, une tendance de dérive littorale de l'Est vers l'Ouest semble persister pour les houles de 45°N et Ouest vers Est pour les houles de 315°N.

Par contre, les houles en provenance de l'ouest génèrent un courant Sud-Nord qui entraîne les sables vers le nord, ce courant forme un vortex qui revient, en entraînant les sables vers le Sud malgré un régime de houle Ouest.

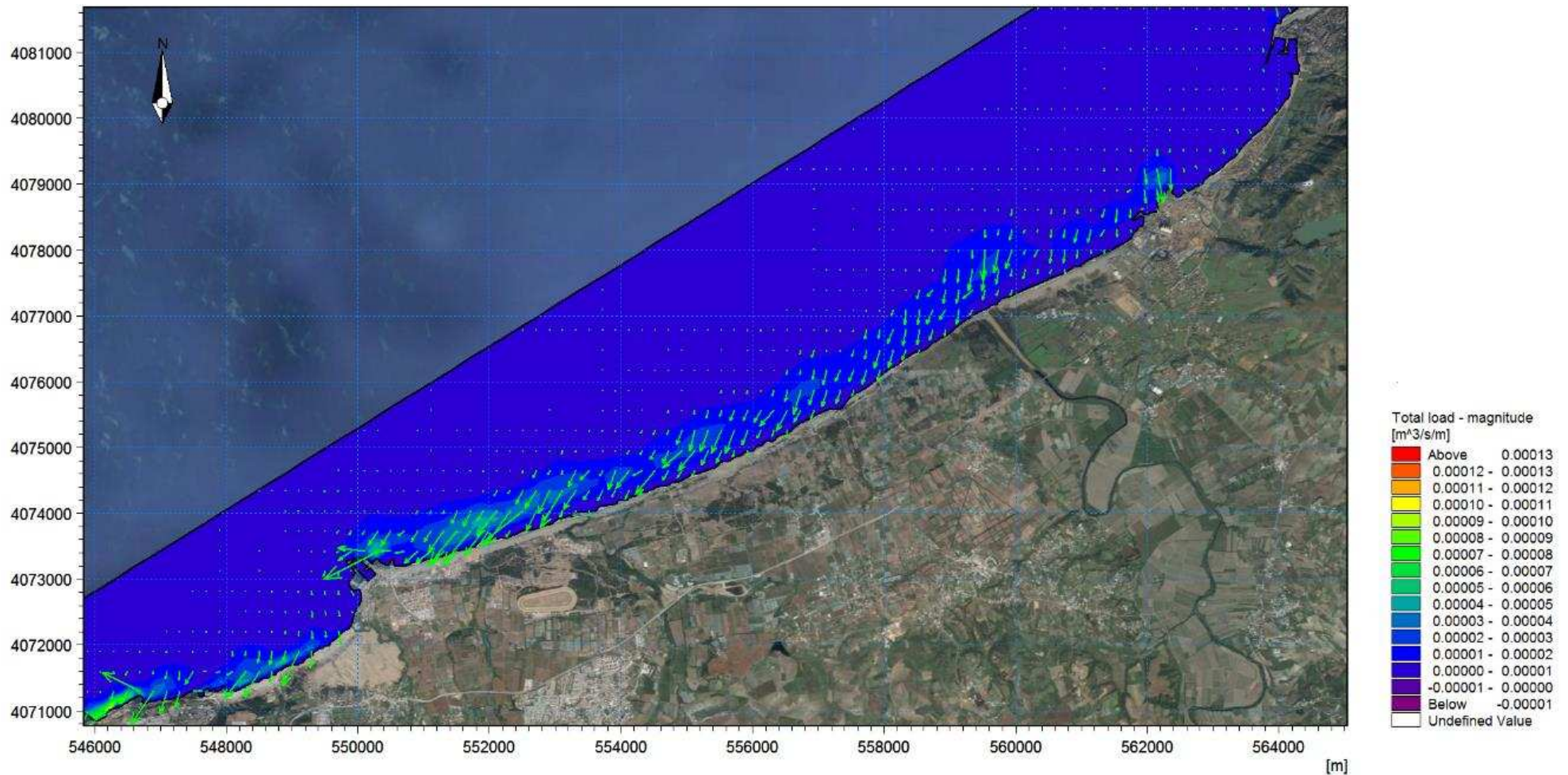


Fig.63 : Transport sédimentaire engendré par les houles N45 T8 Zone Est.

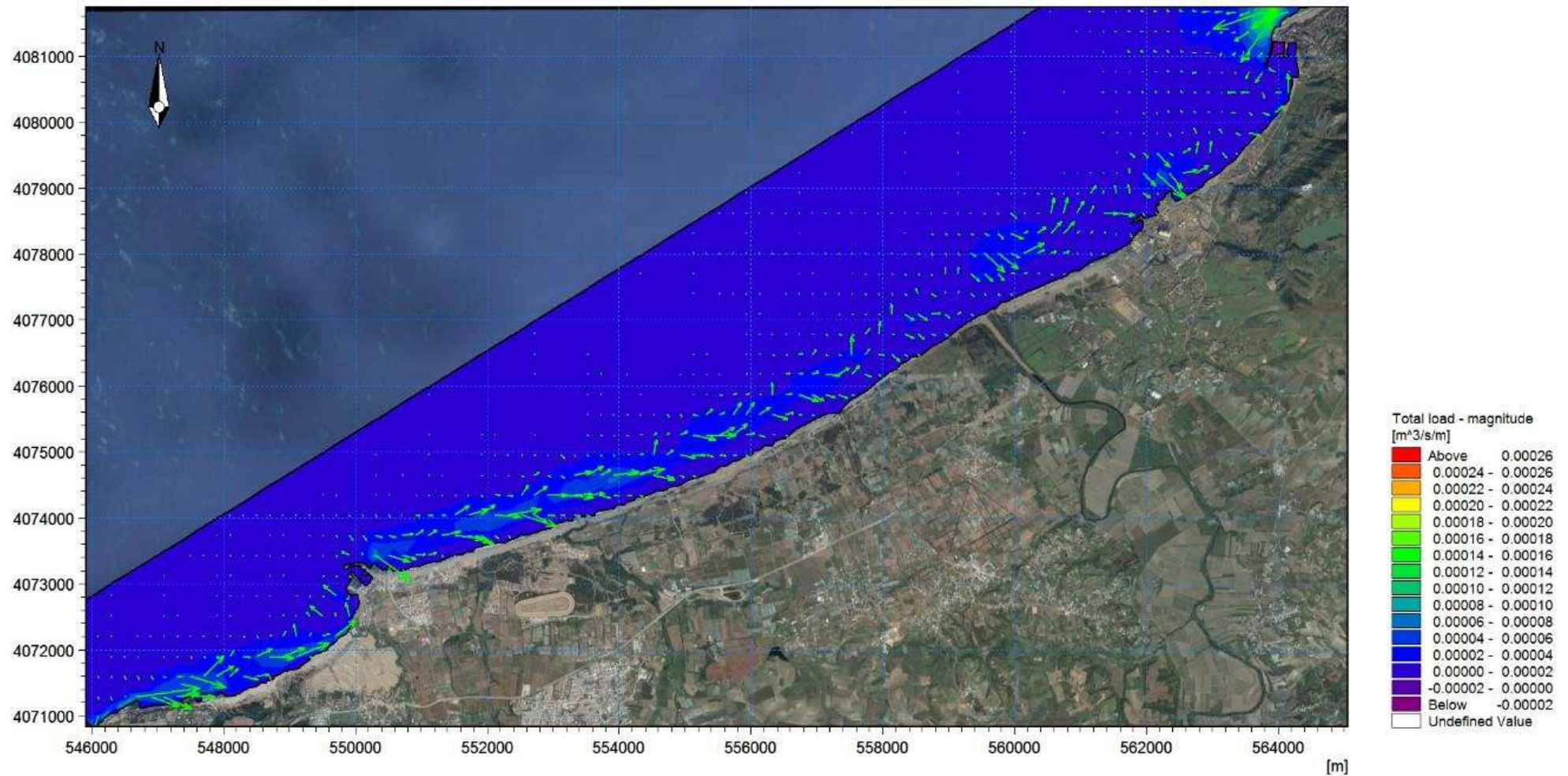


Fig.64 : Transport sédimentaire engendré par les houles N315 T8 Zone Est.

Chapitre III : Aspect hydro-sédimentaire

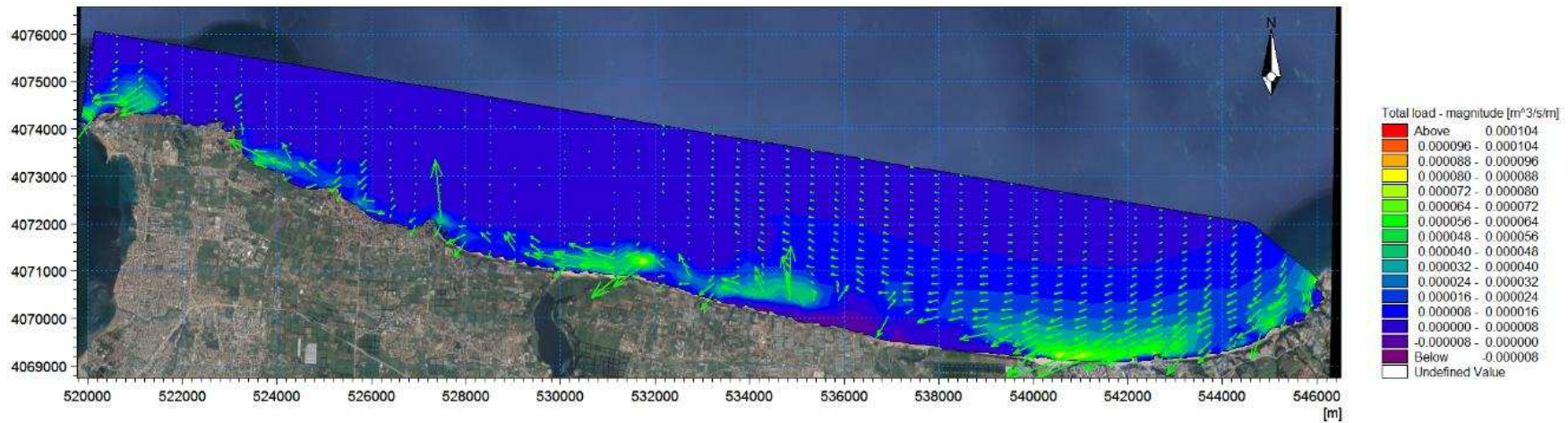


Fig.65 : Transport sédimentaire engendré par les houles N45 T8 Zone Ouest.

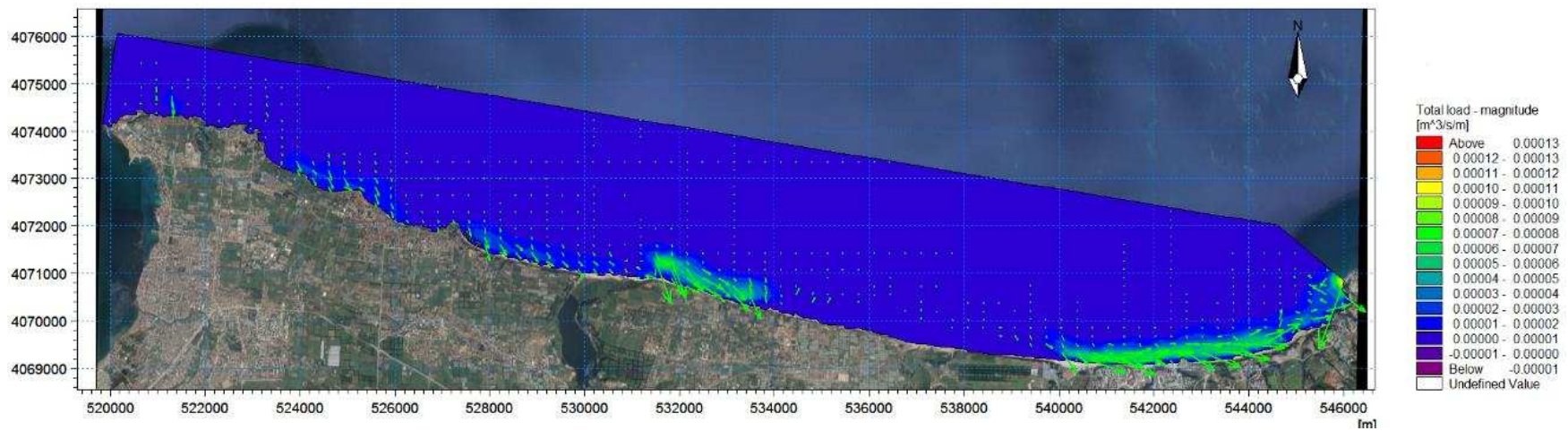


Fig.66 : Transport sédimentaire engendré par les houles N315 T8 Zone Ouest.

Conclusion:

La modélisation de la dynamique côtière à l'avant côte du littoral occidental de la grande baie de Zémouri a été effectuée par des modèles de calcul du MIKE 21[®], avec une analyse de la propagation des houles vers la côte avec tous les processus de transformation qui surviennent lors de cette dernière montre que les houles les plus énergétiques et qui peuvent influencer le littoral de la grande baie de Zémouri sont les houles Nord-Ouest.

Les résultats ont dévoilé un bilan sédimentaire qui indique que les plages de Réghaia et d'El Kadous affichent une tendance à l'érosion qui tend à diminuer rapidement. Cette tendance érosive s'inverse rapidement vers l'accrétion du côté ouest de la plage d'El Kadous et Déca plage. A l'inverse, Les profils de transport sédimentaires obtenus à l'Est de Hadjrat Bounathah et Boudouaou El Bahri montrent une diminution du transit littoral d'Est en Ouest engendrant une situation d'engraissement des plages de cette zone.

Ces résultats mettent en évidence une dynamique sédimentaire importante dans la zone d'étude et qui évolue dans deux sens :

- ❖ De l'Est vers l'Ouest pour un régime de houle en provenance du Nord-Est.
- ❖ De l'Ouest vers l'Est pour un régime de houle en provenance de Nord-Ouest.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Le présent travail s'intègre dans un thème de recherche orienté vers la définition des phénomènes morphostructuraux et sédimentologiques d'une zone côtière. Avec une principale finalité qui est l'élaboration d'une base de données sédimentologique au niveau de la grande baie de Zémmouri, avec une étude ciblée de la répartition spatiale des différentes unités sédimentaires.

Les caractéristiques géologiques de l'arrière-pays sont définies par plusieurs unités s'intégrant dans le contexte général du domaine tellien.

D'ouest en est, le plateau continental est relativement étendu avec des rétrécies au niveau des îles Sandja-Aguelli et des élargissements des isobathes à droite de oued Réghaia, La rupture de pente montrant le début du talus continental. Ce dernier est entaillé de canyons à Zemmouri-el-Bahri et au cap Blanc. De Zemmouri à Cap-Djinet le plateau a une largeur moyenne de 4 Km.

D'une manière générale, le fond marin de la grande baie de Zémmouri se caractérise par un relief monotone et étagé par endroits. L'étude des profils a mis la lumière sur une morphologie particulière caractérisée par l'existence de fosse de lévigation et des barres sous-marine séparés par un sillon. Celles-ci sont dues à un hydrodynamisme côtier intense.

Dans l'étude hydrologique la répartition des dépôts sédimentaires superficiels ainsi que les mécanismes de leur mise en place est intimement lié aux conditions météo-océanologiques.

De par sa position géographique, la grande baie de Zémmouri reste très ouverte et donc très exposée aux régimes hydrodynamiques régissant cette région. L'analyse des données statistiques des vents et des houles montre que le site d'étude est caractérisé par des vents et des houles provenant principalement des secteurs Nord à Nord-Ouest pendant la saison hivernale de secteurs Est à Nord-Est pendant la saison estivale.

La synthèse des résultats sédimentologiques nous révèle deux secteurs :

- ❖ Le secteur occidental, qui compte très peu d'ilots et Trois classes modales qui présentent des sédiments très hétérogènes, allant des sables fins et sables moyens coquilliers jusqu'aux sables grossiers lithoclastiques.

Conclusion générale

- ❖ Le secteur oriental de la baie est composé de quatre classes modales qui présentent des sables bioclastiques de granulométrie très variée et ne compte pas d'îlots.

Suivant leur nature et leur taille, les sédiments des dépôts superficiels de la baie de Zémmouri sont caractérisés par plusieurs types de faciès obéissant à la logique sédimentaire montrant une décroissance de la taille des éléments de la côte vers le large.

L'objectif de cette étude est de décrire la nature et la morphologie de l'estran afin d'identifier les grandes structures morpho-sédimentaires qui caractérisent cette baie.

L'étude sédimentologique de la fraction lutitique en zone occidentale (Inférieure à 40 μm) révèle que ces sédiments se sont déposés par excès de charge et par décantation.

La modélisation de la dynamique côtière à l'avant côte du littoral occidental de la baie de Zémmouri a été effectuée par des modèles de calcul du MIKE 21[®], avec une analyse de la propagation des houles vers la côte avec tous les processus de transformation qui surviennent lors de cette dernière.

Les résultats ont dévoilé un bilan sédimentaire qui indique que les plages de Réghaia et d'El Kadous affichent une tendance à l'érosion qui tend à diminuer rapidement. Cette tendance érosive s'inverse rapidement vers l'accrétion du côté ouest de la plage d'El Kadous et Déca plage. A l'inverse, Les profils de transport sédimentaires obtenus à l'Est de HadjratBounathah et Boudouaou El Bahri montrent une diminution du transit littoral d'Est en Ouest engendrant une situation d'engraissement des plages de cette zone

De toutes les cartes géologiques éditées nationales et internationales de la côte algérienne, de tous les articles édité, nous retrouvons toujours un blanc entre la zone continentale et la zone marine franche. Le problème a déjà été soulevé lors des discussions ou missions internationale (mission Spiral 2010...), il serait temps de se pencher sur cette lacune des petits fonds pour voir plus clair

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

AOUDJ,C., BOUAZIZ, T.(2014). *Fonctionnement et dynamique morpho-sédimentaire du littoral Est de Béjaïa.* Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, 147 p.

BONNOT-COURTOIS, C. (2012). *Analyse granulométriques principes et méthodes :* Rapport d'activité. Document non publié. Paris : Centre national de la recherche scientifique et école pratique des hautes études.

BOUAKLINE, S. (2009). *Variation historique de la ligne du rivage et érosion côtière le long de la côte Est algéroise entre Cap Matifou et l'embouchure de l'oued Réghaia.* Mémoire de magister. Géomorphologie. Alger : USTHB.177 p.

BOUAKLINE, S., CHERBI, F. (2012). *Evolution des plages de la côte Est algéroise entre Ain-Taya et Boumerdes (Evolution du trait de côte, bilan sédimentaire et impact des ouvrages côtiers).* Mémoire d'ingénieur. Alger : USTHB. 126 p.

BOUHAMADOUCHE, M. (2012). *Contribution à l'étude géologique, sédimentologique de la baie de Zemmouri (Cap-Matifou Cap-Djinet).*Thèse de doctorat. Alger: USTHB, 179 p.

BOUALIL,N.(2015). *Analyse statistique de l'évolution morphodynamique du littoral de Boumerdès.* Mémoire d'ingénieur. Alger : ENSSMAL, 131 p.

MEEDDAT (2002). *Le GPS différentiel (DGPS) et temps réel (GPS RTK) :* Rapport d'activité. Document non publié. Paris : Centre d'étude technique maritime et fluviale. 6 p.

MEEDDM (2010). *La gestion du trait de côte :* Rapport d'activité. Document non publié. Versailles : Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer.

GARLON, T. (2004). *Expression acoustique des caractéristiques sédimentaires :* Rapport d'activité. Document non publié. Paris : SHOM. 8 p.

KHALFANI, D.(2011). *L'étude hydro-sédimentaire de l'avant côte de Cap Djinet Willaya de Boumerdès.* Mémoire d'ingénieur. Alger : ENSSMAL, 216 p.

MESSOUAD, K. (2014). *Etude de protection de la plage Est de Boumerdès.* Mémoire de master. Alger : ENSSMAL, 63 p.

MEZOUAR, K. (2009). *Etude comparative entre les méthodes de protection des deux littoraux Algérien et Roumain.* Thèse de doctorat. Roumanie : Université Technique de construction de Bucarest, 404 p.

Bibliographie

NECHENACH, F. (2015). *Etude géomorpho-sédimentaire de la zone côtière du parc national de TAZA (wilaya de Jijel)*. Mémoire d'ingénieur. Alger : ENSSMAL, 137 p.

OTMANI, H. (2014). *Impact des infrastructures maritimes sur le littoral : cas du port de Cap Djinet*. Thèse de magister. Alger : ENSSMAL, 177 p.

MARONI, C.S. (1997). *Détermination automatique de la stratification des fonds sous-marins à l'aide d'un sondeur de sédiments* : Rapport d'activité. Document non publié. France : Université de Brest.

SOUDANI, K. (2006). *Initiation aux Systèmes d'informations géographiques sous ArcGis* : Rapport d'activité. Document non publié. France : SHOM.

THOMAS, H., MOLDER, C., FEZZANI, R. (2003). *Propriétés acoustiques du sous-sol marin mesurées à l'aide d'un sondeur de sédiments* : Rapport de Recherche. France : ENSIETA-SHOM.

Annexe

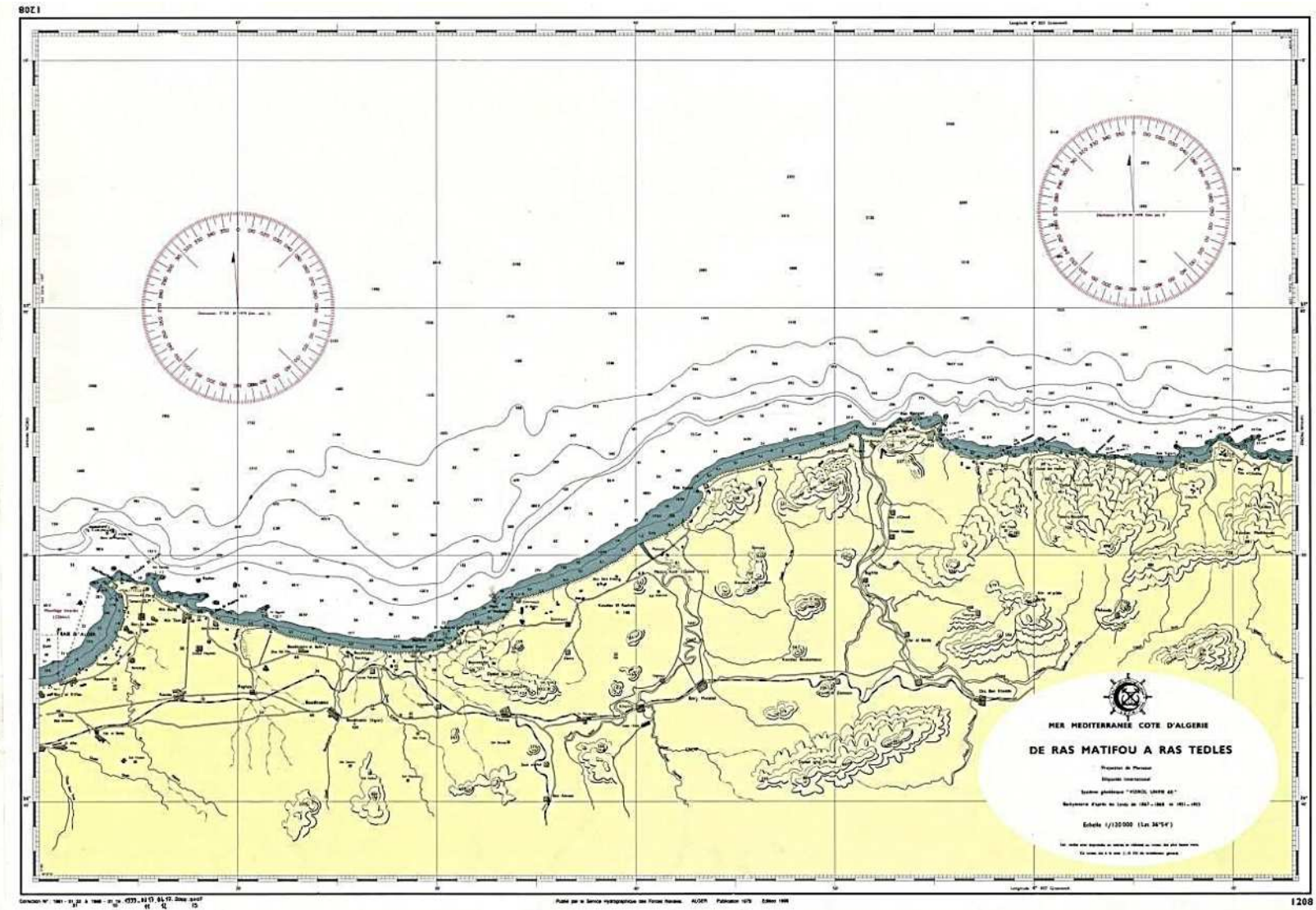


Fig.1 : Carte marine de Ras Matifou à Ras Tedles (S.H.F.N. 1992).

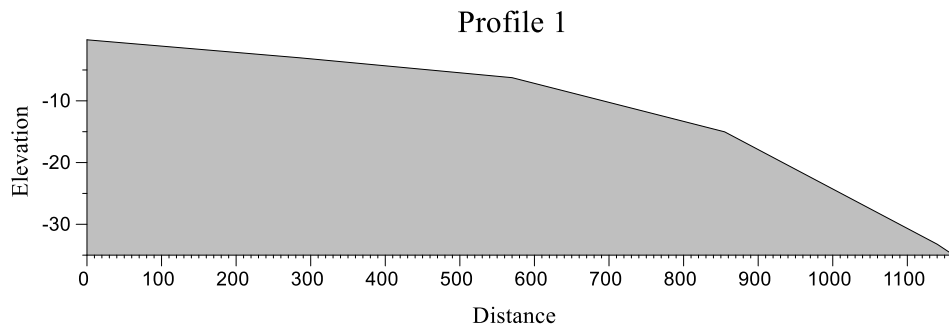


Fig.2 : Tracé du profil sous-marin N°1.

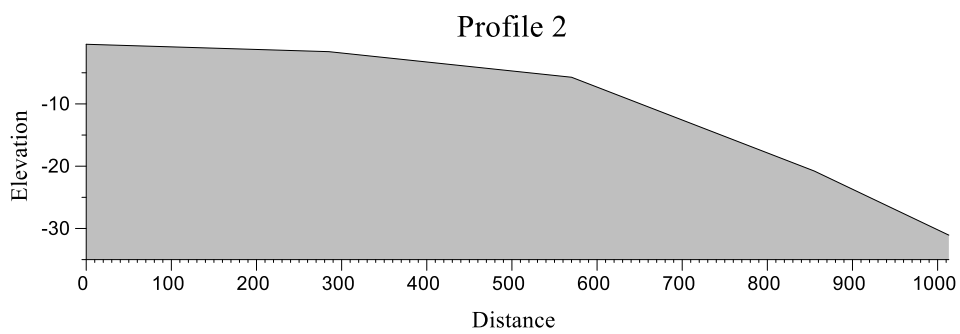


Fig.3 : Tracé du profil sous-marin N°2.

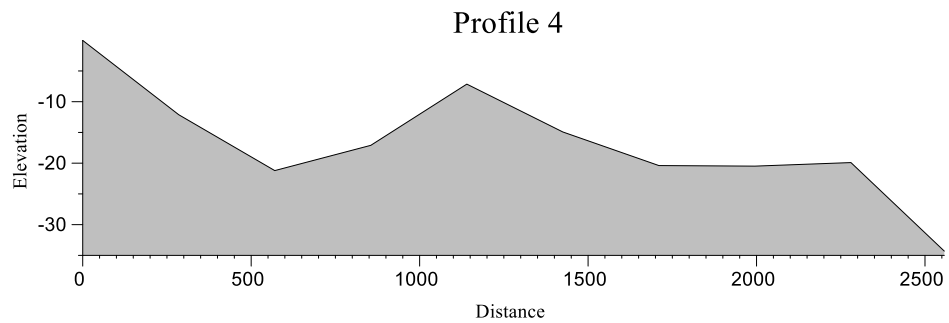


Fig.4:Tracé du profil sous-marin N°3.

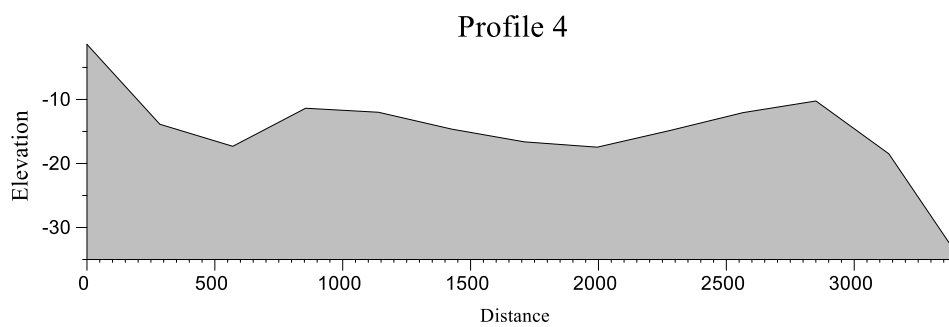


Fig.5 : Tracé du profil sous-marin N°4.



Fig.6 : Tracé du profil sous-marin N°5.

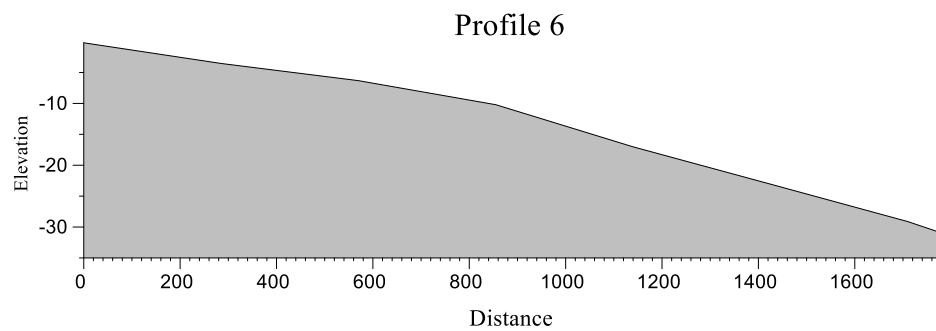


Fig.7 : Tracé du profil sous-marin N°6.

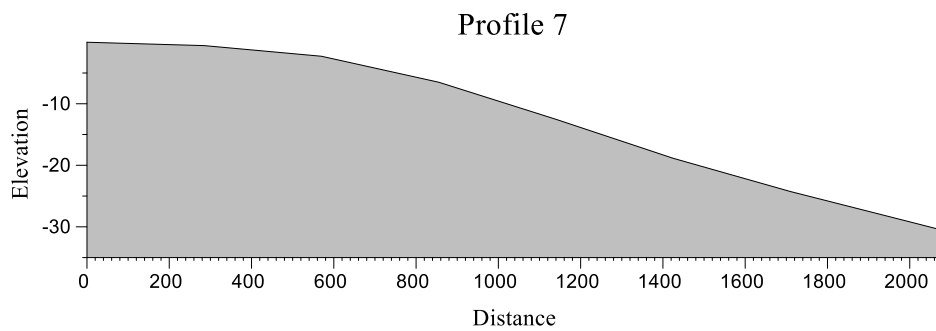


Fig.8 : Tracé du profil sous-marin N°7.

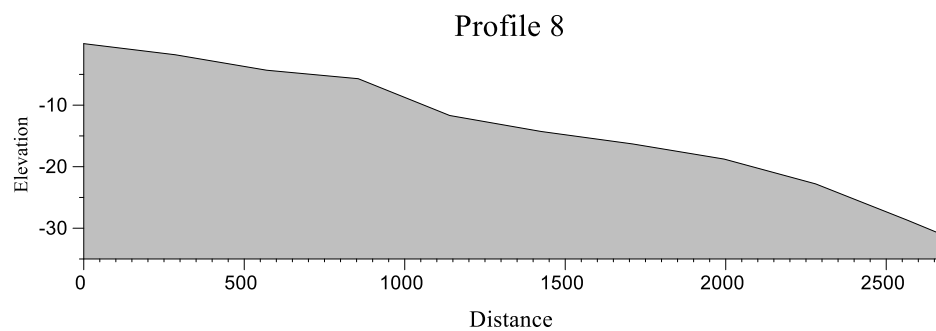


Fig.9 : Tracé du profil sous-marin N°8.

Mise en place d'une base de données sédimentologiques dans le domaine côtier de la grande baie de Zemmouri

(Etablissement de la carte morpho-sédimentaire)

Résumé :

La grande baie de Zemmouri (ex. baie de courbet) se situe à une quarantaine de km à l'Est d'Alger. C'est une baie largement ouverte vers le nord d'environ 45 km, dont le linéaire côtier s'étale sur une cinquantaine de kilomètre (51 km)

L'objectif de cette étude est de décrire la nature et la morphologie de l'estran afin d'identifier les grandes structures morpho-sédimentaires qui caractérisent cette baie.

Les résultats de la modélisation montrent que la côte de la baie de zemmouri est soumise aux houles de fortes amplitudes provenant du secteur Ouest. Le flux énergétique longshore provient du secteur Nord –Est et s'oriente vers le Sud-Ouest. Le courant longshore mis en évidence par la simulation est généré par les houles déferlantes. Ce courant prend une direction Nord-Sud lorsque les houles atteignent obliquement la côte en provenance du Nord Est, et une direction Sud-Nord pour des houles de l'ouest.

Concernant le transport sédimentaire, les résultats de la simulation ont dévoilé un bilan sédimentaire qui indique que certaines régions comme Réghaia plage tandis que d'autres zones représentent un engraissement l'exemple de Boudouaou Elbahri

Les mots-clés : Hydrodynamique, transport sédimentaire, sédiments, houle, courant, modélisation.

Abstract:

The large bay of Zemmouri (ex. Courbet Bay) is located forty kilometers east of Algiers. It is a wide-open bay to the north about 45 km, the coastline spans some fifty kilometers (51 km).

The objective of this study is to describe the nature and morphology of the foreshore in order to identify major morpho-sedimentary structures that characterize this bay.

The results of modelization show that the coast of the Bay zemmouri is submit to large amplitude from the westerly swells. The longshore energy flow comes from North -Is sector and is moving toward the southwest. The current longshore highlighted by the simulation is generated by breaking waves. This current is a north-south direction

obliquely when the swells hit the coast from the North East, and South-North direction to the West swells.

On sediment transport, the simulation results have revealed a sedimentary record indicating that some regions such Réghaia beach while other areas are an example of fattening Boudouaou Elbahri

Keywords: Hydrodynamic, sediment transport, sediments, bathymetry, swell, current, modelization.

الملخص:

يقع خليج زموري (خليج كوربيه سابقا) على بعد أربعين كيلومترا شرقي الجزائر العاصمة. انه خليج مفتوح إلى الشمال بحوالي 45 كم، ويمتد الشريط الساحلي على خمسين كيلومترا.

الهدف من هذه الدراسة هو وصف طبيعة ومورفولوجيا شواطئ المتواجدة في المنطقة بهدف لتحديد الهياكل مورفو-

الرسوبية الرئيسية التي تميز هذا الخليج

أظهرت نتائج النمذجة أن ساحل خليج زموري يخضع لسعة كبيرة من الأمواج العالية الآتية من الغرب. اندفق الطاقوي

القادم من الشمال الشرقي يتجه نحو الجنوب الغربي التيار البحري المتحصل عليه قد تسببت به الأمواج المنكسرة وذلك

حسب نتائج النمذجة. هذا التيار ذو اتجاه شمال-جنوب بالنسبة للأمواج الآتية من الشمال الشرقي وجنوب-شمال بالنسبة

للأمواج القادمة من الغرب.

فيما يخص نقل الرواسب، كشفت نتائج النمذجة إلى أن بعض المناطق مثل شاطئ رغاية تتعرض لظاهرة تآكل

شواطئها بينما مناطق أخرى عرفت تشكل شواطئها مثال بودواو البحري

المصطلحات: الهيدوديناميكية، نقل الرواسب، الرواسب، الأمواج، التيار، النمذج