

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

التعليم

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

تهيئة

الوطنية العليا

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



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

Spécialité : AMÉNAGEMENT DU LITTORAL

Sujet :

**Etude géomorpho-sédimentaire de la zone côtière  
du Parc National de TAZA (wilaya de Jijel)**

Présenté par :

- NECHENACHE Farid

Soutenu le 17/06 /2015 à 11:00 h devant le jury suivant :

Mme. BOUBCHICHE.Z	Maître Assistante A	(ENSSMAL)	Président
Mme. MEHDID. S	Maître Assistante A	(ENSSMAL)	Promotrice
Mr MEZOUAR. K	Maître de Conférences B	(ENSSMAL)	Co-promoteur
Mr HEMDANE. Y	Maître de conférences A	(ENSSMAL)	Examineur
Mr GUERFI. M	Maitre de Conférences A	(ENSSMAL)	Examineur

Promotion : 2015



**REMERCIEMENTS**



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

*Je suis très reconnaissant envers Mme. MEHDID et M. MEZOVAR d'avoir proposés un sujet si intéressant et de m'avoir permis d'apporter mon modeste contribution à un sujet si sensible, ainsi que de m'avoir si bien encadrés, orientés, éclairés et de suivre constamment le progrès de ce travail, par ses suggestions et ses critiques constructives, dont la patience et la sympathie m'ont fait aimer le domaine de l'aménagement et pour mener à bien mon travail.*

*A cet effet, je tiens à remercier Mme. BOUBCHICHE d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance, ainsi que M. GUERFI et M. HEMDANE d'avoir accepté d'examiner ce travail et dont les critiques me serviront sûrement.*

*Je n'oublie pas de remercier mes enseignants, qui tout au long du cycle d'étude m'ont transmis leur savoir que je considère «l'or de la vie».*

*Je remercie aussi tout le staff du Parc National e TAZA et le département de géologie de l'université de Jijel pour leur précieuse aide.*

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

**TABLE DES MATIÈRES**

# TABLE DES MATIÈRES

Table des matières.....	i
Liste des acronymes.....	ii
Liste des figures.....	iii
Liste des photos.....	iii
Liste des tableaux.....	iiii
Introduction générale.....	17

## Chapitre I : PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

1. La situation géographique.....	21
2. Contexte géologique.....	23
3. Contexte géomorphologique.....	23
4. Contexte hydrographique.....	24
5. Contexte climatique.....	25
5.1. Les facteurs climatiques.....	25
5.1.1. Les précipitations.....	26
5.1.2. Les températures.....	28
5.1.3. Synthèse climatique.....	28
a. Diagramme pluviothermique.....	29
b. Le climagramme d'Emberger.....	29
5.1.4. Les vents.....	30
5.2. Les facteurs Hydrodynamiques.....	31
5.2.1. Les courants.....	31
5.2.1.1. Les courants généraux.....	31
a. Les courants côtiers.....	31
b. Le courant de retour.....	31
c. Le courant de dérive littorale.....	32
5.2.2. La marée.....	32
5.2.3. La houle (les données de L'O.N.S.M).....	33

## Chapitre II : ÉTUDE GRANULOMÉTRIQUE DE LA PARTIE AÉRIENNE

Introduction.....	35
1. Le prélèvement des sédiments.....	35
2. Travaux au laboratoire.....	35
2.1. L'étude granulométrique.....	35
2.2. Principe de la méthode.....	36
2.3. Mode opératoire.....	36
2.4. Les paramètres et indices granulométrique.....	37
2.4.1. Les paramètres de position.....	37
a. Les quantiles.....	37
b. Le mode granulométrique.....	38
2.4.2. Les indices granulométriques.....	38
2.4.2.1. Les indices de dispersion ou de classement.....	38

## TABLE DES MATIÈRES

2.4.2.2. Les coefficients d'asymétrie.....	38
3. Résultats et discussion.....	39
3.1. Analyse de la fraction fine.....	39
3.2. Analyse de la fraction grossière.....	39
3.2.1. Les courbes granulométriques.....	39
3.2.2. Les quantiles.....	40
3.2.2.1. Le décile inférieur (D10) .....	40
3.2.2.2. Le quartile inférieur (Q25) .....	41
3.2.2.3. La médiane (Q50) .....	41
3.2.2.4. Le quartile supérieur (Q75) .....	41
3.2.2.5. Le décile supérieur (D90) .....	41
3.2.3. Les indices granulométriques.....	41
3.2.3.1. Indice de classement.....	42
3.2.3.2. Le coefficient d'asymétrie.....	42
Conclusion.....	43

### Chapitre III : ÉTUDE BATHY-SÉDIMENTAIRE

Introduction.....	45
1. Etude bathymétrique.....	45
1.1 le levé bathymétrique.....	45
1.2 Exploitation des données obtenues.....	45
a. Description du logiciel.....	45
b. Manipulation sur surfer.....	46
1.3 La carte bathymétrique.....	46
1.4 Réalisation des profils topographiques.....	47
1.5 Interprétation des profils.....	48
2. Etude sédimentologique.....	48
2.1 Les principaux types des sédiments.....	48
2.1.1 Sédiments calcaires.....	48
2.1.2 Sédiment siliceux.....	48
2.2 Travaux en mer.....	49
2.3 Résultats et interprétations.....	49
2.3.1 La répartition spatiale des dépôts sédimentaires.....	49
2.3.2 Répartition des pélites.....	50
2.3.3 Le décile inférieur (D10) .....	50
2.3.4 Le quartile inférieur (Q25) .....	51
2.3.5 La médiane (Q50) .....	51
2.3.6 Le quartile supérieur (Q75) .....	52
2.3.7 Le décile supérieur (D90) .....	52
2.3.8 Indice de classement .....	53
2.3.9 Le coefficient d'asymétrie.....	53
3. La dynamique sédimentaire dans la partie marine Est de TAZA.....	54

3.1 Analyse de la dynamique sédimentaire entre le port d'El Aouana et Ras El Afia avec le modèle Mc Laren / Gao et Collins.....	55
3.1.1 Principe du modèle.....	56
3.1.2 Procédure analytique.....	57
a. Préparation des données d'entrée.....	57
b. Application du GSTA.....	57
c. Exploitation des données de sortie.....	57
3.1.3. Les résultats de la modélisation.....	57
3.1.4. Interprétation des résultats.....	58
Conclusion.....	58

## **Chapitre IV : Analyse calcimétrique**

Introduction .....	60
1. Principe de la méthode.....	60
2. Mode opératoire.....	61
3. Calculs.....	61
4. Résultats et interprétations.....	61
4.1.L'île de Cavallo.....	61
4.2. La partie marine.....	62
Conclusion.....	63

## **Chapitre V : Traçage du trait de côte par le théodolite**

Introduction.....	65
1. Le théodolite.....	65
2. Principes de fonctionnement.....	66
3. Caractéristique d'un théodolite.....	67
4. Principe de la méthode.....	68
5. Mode opératoire.....	68
5.1. L'installation de l'instrument sur le trépied.....	68
5.2. Mise à niveau.....	68
5.3. Visée et mise au point.....	69
5.4. Mesure de la distance.....	69
5.5.Mesure d'angles horizontaux et verticaux.....	69
6. Calculs et résultats.....	70
Conclusion.....	73

## **Chapitre VI : MORPHODYNAMIQUE CÔTIÈRE   UNE MACRO ÉCHELLE SPATIO-TEMPORELLE**

Introduction.....	75
1. Évolution historique du trait de côte.....	75
1.1. Echelle spatio-temporelle de l'évolution morphologique des systèmes côtiers... 75	

## TABLE DES MATIÈRES

1.2. Récolte des données.....	76
1.3. Moyens et procédure.....	76
1.3.1. Aperçu du logiciel ArcGis 10.....	76
1.3.2. Procédure et discussion.....	79
1.4. Résultats et interprétations.....	79
Conclusion.....	82
<b>Chapitre VII : SIMULATION DE LA RÉFRACTION DE LA HOULE À LA CÔTE</b>	
Introduction.....	84
1. Données de base.....	84
1.1. Bathymétrie.....	84
1.2. La houle au large.....	84
2. Application du modèle SWAN.....	84
2.1. Description du modèle SWAN.....	85
2.2. Les étapes à suivre.....	86
3. Résultats et interprétations .....	87
3.1. La réfraction de la houle de direction Nord-Ouest.....	87
3.2. La réfraction de la houle de direction Nord-Est .....	88
3.3. La réfraction de la houle de direction Nord.....	88
Conclusion.....	89
Conclusion générale.....	90
Références bibliographiques.....	92
Annexe.....	98

**LISTE DES ACRONYMES**

## LISTE DES ACRONYMES

<b>A.F.N.O.R</b>	Association Française de Normalisation.
<b>A.N.A.T</b>	Agence Nationale d'Aménagement du Tourisme.
<b>A.N.R.H</b>	Agence Nationale des Ressources Hydriques.
<b>°C</b>	Degré Celsius
<b>C.N.L</b>	Commissariat National du Littoral.
<b>E.N.M</b>	Elévation du Niveau de la Mer.
<b>ENSSMAL</b> Littoral	Ecole National Supérieur des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral
<b>G.P.S</b>	Global Positioning System.
<b>G.S.T.A</b>	Grain Size Trend Analysis.
<b>Hs</b>	Hauteurs significative
<b>Km</b>	Kilomètres.
<b>I.N.C.T</b>	Institut National de Cartographie et de Télédétection.
<b>L.E.M</b>	Laboratoire des Études Maritimes.
<b>L.C.H.F</b>	Laboratoire Central Hydraulique de France.
<b>m</b>	Mètres.
<b>M.N.T</b>	Modèle Numérique de Terrain.
<b>O.N.M</b>	Office National de Météorologie.
<b>PAC</b>	Plan d'Aménagement Côtier.
<b>P.N.T</b>	Parc National de Taza.
<b>P.A.T.W</b>	Plan d'Aménagement du Territoire de la Wilaya
<b>SHOM</b>	Service hydraulique et océanographique de la marine.
<b>S.S.M.O</b>	Summary of Synoptic Meteorological Observation.
<b>SWAN</b>	Simulating WAVes Nearshore
<b>Tz</b>	Période significative
<b>U.T.M</b>	Universal Transverse Mercator.
<b>ZET</b>	Zone d'Extension Touristique.
<b>W.G.S</b>	World Géoïde System.

# LISTE DES FIGURES

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b>	Situation géographique de la wilaya de Jijel	21
<b>Figure 2</b>	Carte de la situation géographique du Parc national de Taza et délimitation de sa côte	21
<b>Figure 3</b>	Carte montrant la délimitation de la zone littorale de la Wilaya de Jijel	22
<b>Figure 4</b>	Cadre géologique de la Petite Kabylie (D'après Andieux et Djellit; 1987)	23
<b>Figure 5</b>	Esquisse morphologique ( Boutiba M. Comm.pers.)	24
<b>Figure 6</b>	Variation des précipitations moyennes mensuelles aux stations de Erraguène (période 1987-2008)	25
<b>Figure 7</b>	Régime saisonnier des précipitations	26
<b>Figure 8</b>	Carte des précipitations annuelles moyennes	27
<b>Figure 9</b>	Variation des températures moyennes mensuelles à la station de l'Achouat (Période : 1987-2008)	27
<b>Figure 10</b>	Diagramme pluviométrique de la station D'Erraguène (1987-2008)	28
<b>Figure 11</b>	Diagramme pluviométrique de la station d'Achouat (1987- 2008)	28
<b>Figure 12</b>	Climagramme pluviométrique d'Emberger	14
<b>Figure 13</b>	Prélèvement et étiquetage des échantillons	35
<b>Figure 14</b>	Série des tamis AFNOR	37
<b>Figure 15</b>	Les sédiments à tamiser	37
<b>Figure 16</b>	Courbe unimodal	37
<b>Figure 17</b>	Histogramme unimodal	37
<b>Figure 18</b>	Courbe bimodale	40
<b>Figure 19</b>	Histogramme bimodal	40
<b>Figure 20</b>	Courbe plurimodale	40
<b>Figure 21</b>	Histogramme plurimodal	40
<b>Figure 22</b>	Relation entre l'indice de classement et la médiane	42
<b>Figure 23</b>	Relation entre le coefficient d'asymétrie et la médiane	42
<b>Figure 26</b>	L'embarcation TAZA	45
<b>Figure 27</b>	Création des cartes à l'aide de SURFER 11	46
<b>Figure 28</b>	Relief du fond détaillé de la future AMP de Taza (image logiciel Mac-Sea)	47
<b>Figure 29</b>	Carte bathymétrique du littoral Ouest de Jijel	47
<b>Figure 30</b>	Prélèvement des sédiments à l'aide d'une benne de type Van Veen	49
<b>Figure 31</b>	Carte de la répartition spatiale des sédiments superficiels entre Port d'El Aouana et Ras El Afia	50
<b>Figure 32</b>	Carte de la répartition des pélites dans la partie marine	50
<b>Figure 33</b>	Carte de la répartition du décile inférieur (D10) dans la partie marine	51
<b>Figure 34</b>	Carte de la répartition du quartile inférieur (Q25) dans la partie marine	51

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 35</b>	Carte de la répartition de la médiane (Q50) dans la partie marine	52
<b>Figure 36</b>	Carte de la répartition du quartile supérieur (Q75) dans la partie marine	52
<b>Figure 37</b>	Carte de la répartition du décile supérieur (D90) dans la partie marine	53
<b>Figure 38</b>	Relation entre l'indice de classement et la médiane	53
<b>Figure 39</b>	Relation entre le coefficient d'asymétrie et la médiane	53
<b>Figure 40</b>	Schéma probable de la dynamique sédimentaire entre le Port d'El Aouana et Ras El Afia	54
<b>Figure 41</b>	Modélisation du transport sédimentaire dans la partie marine Est du Parc National de Taza	57
<b>Figure 42</b>	Calcimètre de Bernard	60
<b>Figure 43</b>	Carte de la distribution spatiale des taux de CaCO <sub>3</sub> dans les sédiments de l'Ile Cavallo	62
<b>Figure 44</b>	Carte de la distribution spatiale des taux de CaCO <sub>3</sub> dans les sédiments de la partie marine	62
<b>Figure 45</b>	Utilisation d'un théodolite pour le traçage du trait de côte	65
<b>Figure 46</b>	Le schéma de principe du fonctionnement d'un théodolite.	56
<b>Figure 47</b>	Le schéma détaillé d'un théodolite	57
<b>Figure 48</b>	Mise à niveau d'un théodolite	58
<b>Figure 49</b>	Schéma explicatif de mesure des distances par un théodolite	59
<b>Figure 50</b>	Schéma explicatif de mesure des angles par un théodolite	59
<b>Figure 51</b>	L'affichage d'un théodolite	70
<b>Figure 5</b>	Dessin scannée de la plage El Aouana	70
<b>Figure 53</b>	Limite et trait de côte 2015 de la plage El Aouana	71
<b>Figure 54</b>	Limite et trait de côte 2015 de la plage Ondreu 1	71
<b>Figure 55</b>	Limite et trait de côte 2015 de la plage Ondreu 2	72
<b>Figure 56</b>	Limite et trait de côte 2015 de la plage Les Aftis	72
<b>Figure 57</b>	Représentation des différentes échelles spatio-temporelles associées à l'analyse en géomorphologie littorale	76
<b>Figure 58</b>	Création des couches sous ArcMap 10	78
<b>Figure 59</b>	Digitalisation du trait de côte sous ArcMap 10	78
<b>Figure 60</b>	Carte de l'évolution historique du trait de côte du littoral Ouest de Jijel entre 2008 et 2015	80
<b>Figure 61</b>	Carte de l'évolution historique du trait de côte de la plage El Aouana entre 2008 et 2015	81
<b>Figure 62</b>	Carte de l'évolution historique du trait au niveau de l'emboucheur d'Oued Kissir entre 2008 et 2015	82

## LISTE DES FIGURES

---

<b>Figure 63</b>	Roses trimestrielle et annuelle de la houle, (L.E.M, 1998)	85
<b>Figure 64</b>	Réfraction de la houle pour une direction N-W $315^\circ$ et une période de 10 s	87
<b>Figure 65</b>	Réfraction de la houle pour une direction N-E $45^\circ$ et une période de 10 s	88
<b>Figure 66</b>	Réfraction de la houle pour une direction N $360^\circ$ et une période de 10 s	89

**LISTE DES TABLEAUX**

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b>	Caractéristiques du réseau hydrographique de la côte du Parc National de Taza	<b>24</b>
<b>Tableau 2</b>	Précipitations moyennes mensuelles (mm) aux stations d'Achouat et Erraguéne (Période : 1987-2008)	<b>25</b>
<b>Tableau 3</b>	Températures moyennes mensuelles à la station d'Achouat (Période : 1987-2008)	<b>27</b>
<b>Tableau 4</b>	directions et vitesses du vent dans la région de jijèl	<b>30</b>
<b>Tableau 5</b>	Moyennes mensuelles de Hs et Tz (2000-2001).	<b>32</b>
<b>Tableau 6</b>	Classification des grains de sable (Folk et Ward., 1957)	<b>38</b>
<b>Tableau 7</b>	Les valeurs adoptées de $S_0$ pour le classement	<b>38</b>
<b>Tableau 8</b>	Les valeurs adoptées de $S_k$ pour l'asymétrie.	<b>23</b>
<b>Tableau 9</b>	Relations entre les paramètres granulométriques (en unité ) de deux stations A et B, pour un transport sédimentaire de A vers B, de type FB- et CB+.	<b>56</b>
<b>Tableau 10</b>	Les caractéristiques des houles annuelles	<b>85</b>

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

Le littoral est un lieu de rencontre, où s'expriment avec la plus grande diversité des écosystèmes façonnés par l'action des houles, du vent et des embruns (Paskoff. R, 2001).

Les côtes qui constituent des franges étroites, où la terre, la mer et l'air se rencontrent, sont caractérisées par une haute énergie mécanique et une grande diversité biologique et paysagère, qui attirent chaque jour d'avantage la convoitise des hommes, ignorants malheureusement dans leur grande majorité de la véritable nature des espaces littoraux. Des activités multiformes, parfois conflictuelles entre elles, s'y développent, ce qui a souvent pour résultat de déstabiliser gravement ces milieux dynamiques et précaires. On recourt alors à des solutions d'ingénierie, dans la plupart des cas coûteuses, pas toujours efficaces, pour tenter remédier à des dégradations qui peuvent être parfois irréversibles, et qu'une meilleure connaissance de l'environnement côtier aurait sans doute permis d'éviter.

Une protection raisonnée des littoraux (aménagement adéquats contre l'érosion marine, gestion de sédiments dragués) nécessite donc une compréhension préalable des processus qui interagissent dans la zone littorale. Les connaissances acquises visent à élaborer des outils fiables de prédiction de l'évolution morphologique d'un site afin d'obtenir les éléments d'expertise indispensables pour aider les acteurs locaux dans une gestion éclairée du littoral.

L'importance socio-économique et écologique de la zone côtière Jijelienne en général et des littoraux sableux en particulier dans un contexte de crise environnementale justifie de mener une réflexion sur le fonctionnement, l'évolution ainsi que la gestion de l'utilisation des ressources de l'espace littoral.

Le linéaire côtier du littoral Ouest de Jijel s'étend sur une quarantaine de km, aujourd'hui fortement investi, cet espace devient un territoire à risque, subissant une dégradation côtière intense. Le danger de voir ses plages perdre de leur biodiversité et disparaître est très réel et inquiétant.

L'une des raisons qui m'a motivé à choisir comme sujet de mémoire la région de Jijel est l'importance touristique et économique de cette zone à l'échelle nationale. A travers ce travail, on va dresser un bilan général sur le fonctionnement morphodynamique de la côte Jijelienne et calculer les taux nets d'évolution du trait de côte sur une période de 7 ans. On abordera également les mécanismes d'érosion et de transfert de sédiment.

Pour atteindre ces objectifs, on adoptera une démarche simplifiée et concrète. Elle se résume en ces sept chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à l'étude des différentes caractéristiques de notre zone d'étude à savoir : sa topographie, sa géologie, sa géomorphologie et son environnement bioclimatique ;
- Le deuxième chapitre est réservé à l'étude granulométrique de la partie aérienne du littoral Ouest de Jijel ;
- Le troisième chapitre est une étude bathy-sédimentaire de la partie marine de la zone ;
- Le quatrième chapitre est une étude calcimétrique des sédiments de la partie marine et de la plage d'île le Grand Cavallo ;

- Le cinquième chapitre est consacré à l'utilisation de théodolite pour le traçage du linge de cote et les limites des plages ;
- Le sixième chapitre porte sur l'étude de la variation de la ligne de côte avant et après la construction du port d'El Aouana et le barrage de Kissir ;
- Enfin le septième chapitre est réservé à l'application du modèle « SWAN » afin de réaliser une simulation de propagation des vagues sur les côtes de la zone.

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



La côte du Parc nationale de Taza, qui s'ouvre sur la mer Méditerranée sur une longueur de 09 km, représente sensiblement 7.26 % de la côte de la wilaya de Jijel qui est de l'ordre de **123,90 km**, soit **10,32 %** du linéaire côtier Algérie.

La côte du Parc nationale de Taza, traverse d'Ouest vers L'Est, les communes de Ziama Mansouria, d'El Aouana, et de Jijel. (fig. 2). Se sont trois communes littorales des treize communes littorales de la wilaya de Jijel. (fig.3).



**Figure 3 :** Carte montrant la délimitation de la zone littorale de la Wilaya de Jijel (PATW)

## 2. Contexte géologique

La zone d'étude, la côte du Parc National de Taza est façonnée sur roches de types et d'âges différents.

De l'Ouest vers l'Est, on a des roches sédimentaires de nature carbonatées essentiellement des calcaires, d'âge Jurassique (période qui s'étend d'environ -200 à -145 millions d'années), qui appartiennent aux unités Tellienne de la chaîne de montagnes des Babors qui domine le golfe de Béjaïa.(Fig.4).

Au niveau d'El Aouana, l'extrémité orientale du golf de Bejaia, c'est plutôt des roches magmatiques, essentiellement des granites d'âge Miocène (période qui s'étend d'environ  $23,03 \pm 0,05$  à  $5,332 \pm 0,005$  millions d'années), qui affleurent. (Fig.4).

La partie la plus à l'Est de la côte du Parc National de Taza, par contre les roches qui affleurent sont sédimentaires de nature siliceuses, essentiellement une alternance des grés et d'argile d'âge Miocène (période qui s'étend d'environ  $23,03 \pm 0,05$  à  $5,332 \pm 0,005$  millions d'années) et qui appartiennent L'Oligo Miocène Kabyle et aux unités supra kabyle. (Fig.4).

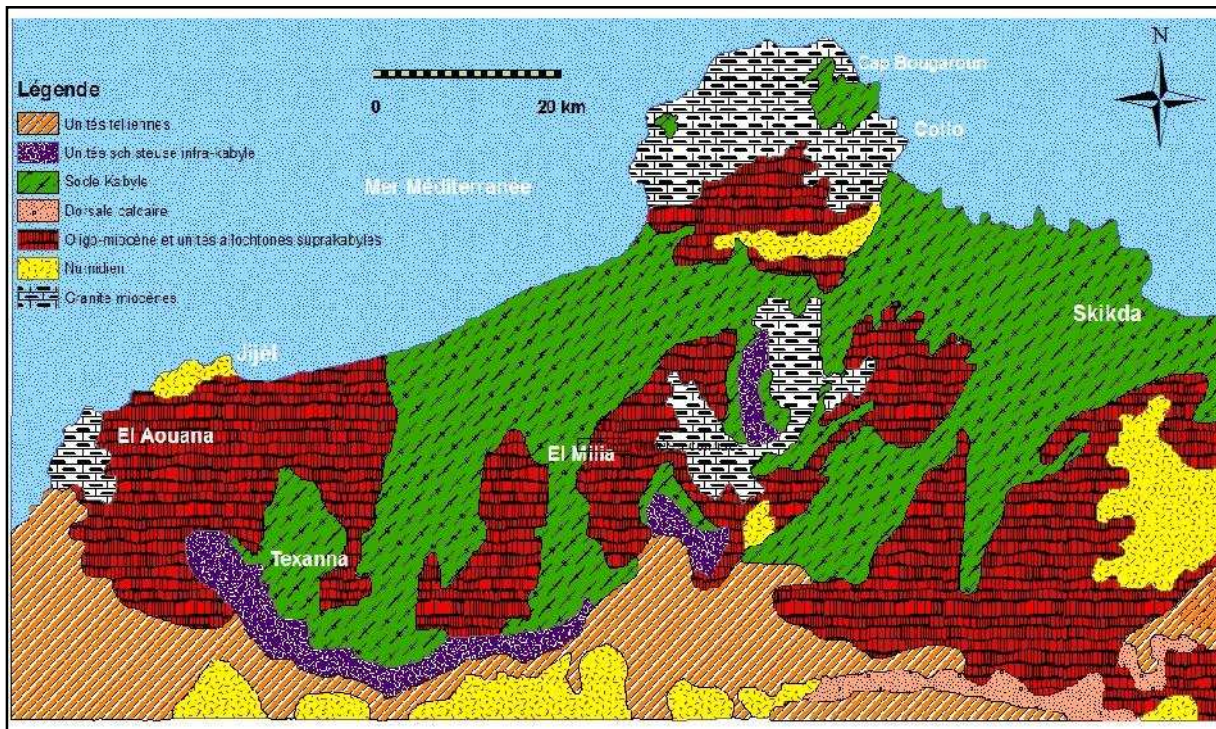


Figure 4 : Cadre géologique de la Petite Kabylie (D'après Andieux et Djellit; 1987)

### 3. Contexte géomorphologique

La côte du Parc National de Taza est tout simplement la partie Est du golf de Bougie. (Fig.5).

Cette côte dans sa partie Ouest entre Ziama Mansouria jusqu'à El Aouana, est de type rocheuses, à falaises abruptes, taillée soit dans :

- des roches sédimentaires dont les quelles on observe de la géomorphologie karstique, qui a crée de merveilleuses grottes, comme cette Oued Dar Oued ou de Ghar El Bas.
- des roches magmatiques comme celle qui longent le massif d'El Aouana.

Dans sa partie Est, entre El Aouana et Ras El Afia , cette côte est plutôt basse et elle taillée dans une roche sédimentaire.

Cette côte est aussi jalonnée de nombreuses plages essentiellement sableuses, sauf une qui est de type graveleuse (plage de Challat).

Cette côte montre également des formes de baies comme la baie d'El Aouana , la baie des Aftis , la baie de Taza , la baie des grottes merveilleuses ) et aussi des criques

Dans la partie marine on retrouve des îlots tels que, l'îlot d'El Aouana, ect...

Selon Leclair (1972), le plateau continental de notre zone d'étude est peu étendu réduit, avec une largeur moyenne de 1,5 km.

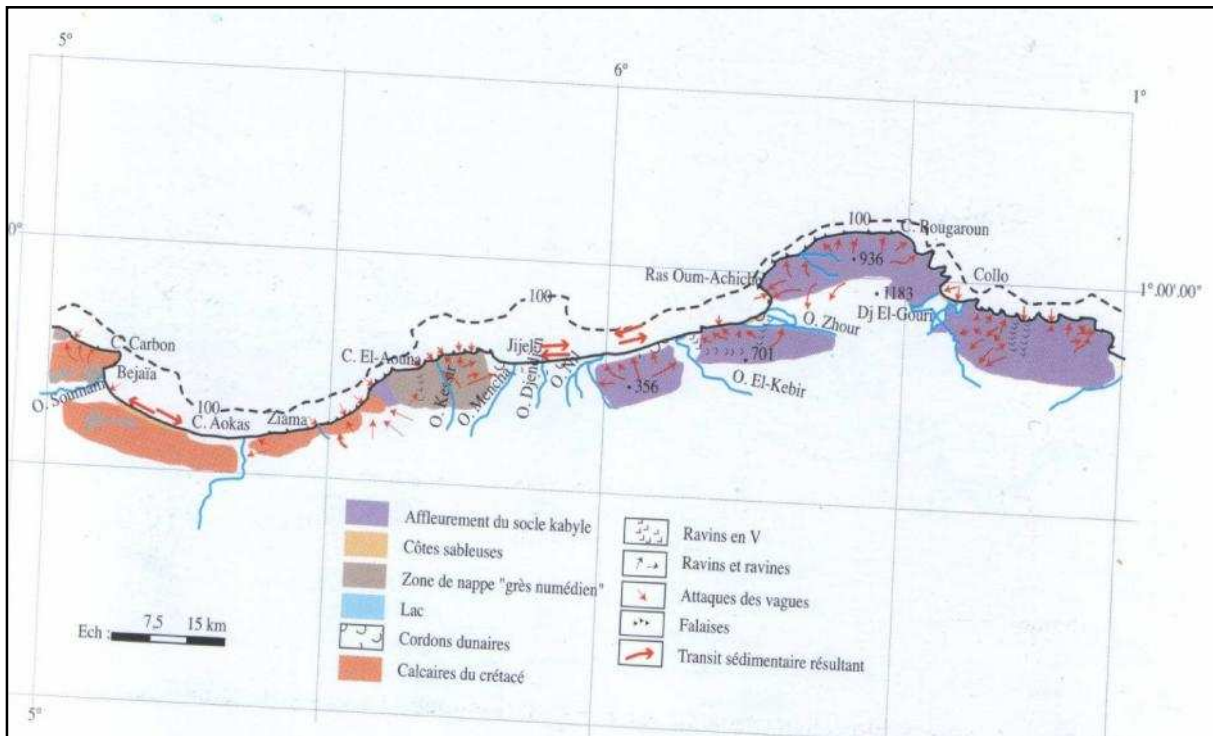


Figure 5 : Esquisse morphologique ( Boutiba M. Comm.pers.).

#### 4. Contexte hydrographique

Le réseau hydrographique de la côte du Parc National de Taza est constitué essentiellement de quatre oueds principaux.

Ces oueds qui jouent un rôle très important dans l'érosion et le transport de sédiments vers la mer contribuent ainsi à l'alimentation des plages par ces formations détritiques.

D'Est vers l'ouest notre zone d'étude est traversée par ces quatre oueds Oued Kissir, Oued Bourchaid, Oued Taza, Oued Dar El oued.

Tableau 1 : Caractéristiques du réseau hydrographique de la côte du Parc National de Taza.

Nom de l'oued	S. Bassin versant (Km <sup>2</sup> )	Longueur Km	Ecoulement moyen annuel Hm <sup>3</sup> /An	Situation par rapport aux agglomérations
<b>Kessir</b>	868	-	27,3	8 Km Ouest Agglomération Jijel
<b>Bourchaid</b>	26,8	-	-	4,5 Km Agglomération El Aouana
<b>Taza</b>	68,4	-	-	7 Km Est Agglomération Ziama
<b>Oued Dar El Oued</b>	49,2	60	-	3 Km Ouest Agglomération Ziama

## 5. Contexte climatique

### 5.1. Les facteurs climatiques

L'analyse du climat se fera sur plusieurs paramètres, notamment les précipitations et les températures qui représentent les paramètres les plus importants, de part leur quantité annuelle, et leur répartition dans l'espace et dans le temps.

Pour analyser les paramètres climatiques, deux stations ont été choisies :

La station climatique de l'ONM (Office National Météorologique) d'Erraguène et de l'Achouat.

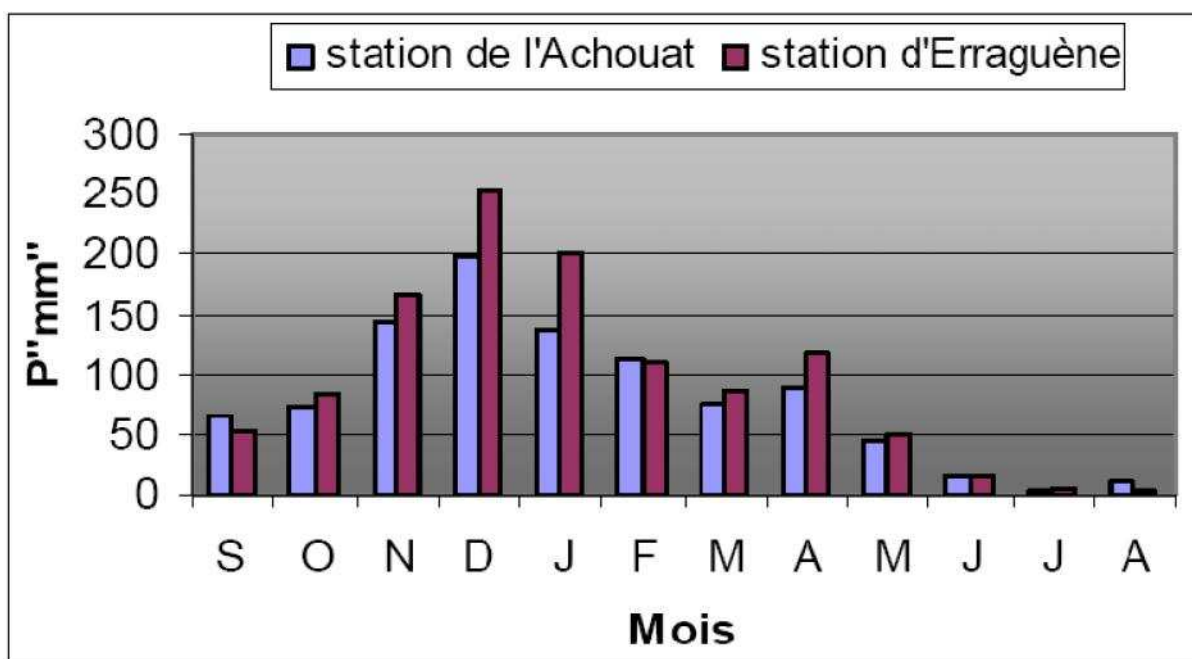
Les données sont enregistrées durant une période de 22 ans (1987-2008)

#### 5.1.1. Les précipitations

La région d'étude est l'une des plus arrosées de l'Algérie, l'étude pluviométrique sert à l'évaluation globale de la lame d'eau tombée qui a une influence sur la variation du niveau d'eau de surface et souterraine.

**Tableau 2 :** Précipitations moyennes mensuelles (mm) aux stations d'Achouat et Erraguène (Période : 1987-2008)

Mois Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
Erraguène	52,61	83,13	166,83	252,65	199,84	109,88	85,57	116,25	49,33	16,15	5,52	3,09	1141,21
L'achouat	64,14	72,59	142,31	199,45	135,9	113,47	64,37	87,48	44,5	14,77	3,2	11,68	953,86



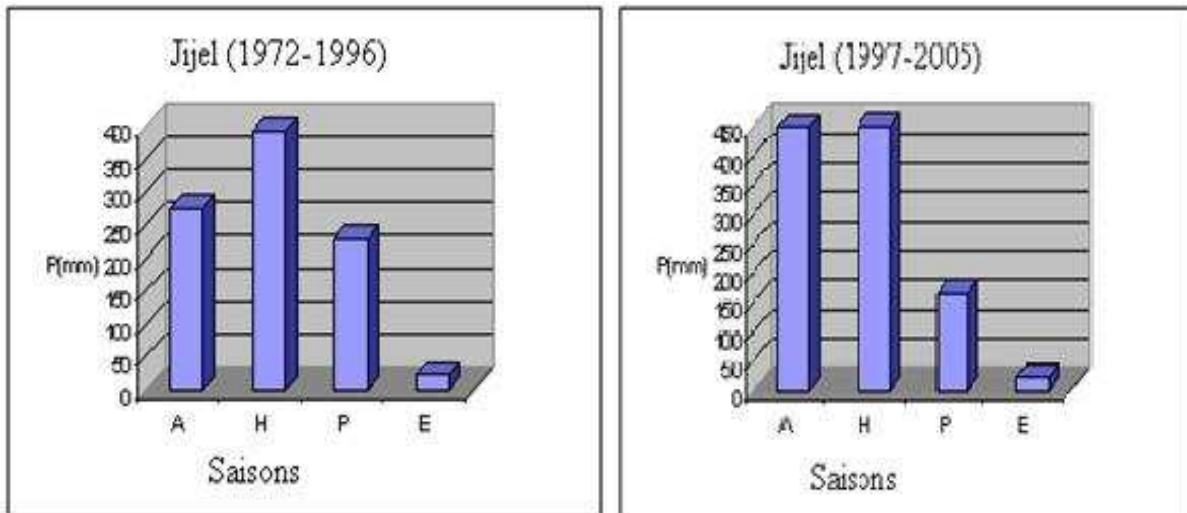
**Figure 6 :** Variation des précipitations moyennes mensuelles aux stations de Erraguène (période : 1987-2008)

L'histogramme de répartition des moyennes mensuelles (Figure 6) montre que :

### Station d'Erraguène :

La pluviométrie maximale est de l'ordre de 252.65 mm pendant le mois de décembre, et le minimum est de l'ordre de 3.09 mm observée pendant le mois d'août, la moyenne annuelle est 1141.21 mm.

La répartition des pluies dans le cycle annuel est très inégale. Elle est fortement influencée par le facteur saisonnier. Le régime saisonnier des précipitations est comme suit : -Automne : 31.79%. -Hiver : 44.08%. -Printemps : 20.97%. -Eté : 3.16%.



**Figure 7 :** Régime saisonnier des précipitations.

On a deux types de régime saisonnier; le type HAPE et le type HPAE. L'hiver est donc toujours la saison la plus arrosée, alors que l'été reste la saison la plus sèche.

Par ailleurs, la comparaison des deux cartes des précipitations, l'une réalisée sur la base des données de P. Seltzer (1913/1938) et l'autre réalisée par l'ANRH en 1994 (Figure 8), montre une baisse importante du volume moyen annuel des pluies enregistré au cours des dernières décennies. Bien que l'impact de ce dernier soit peu visible, vu les volumes précipités qui restent encore importants, des répercussions sont à pressentir (assèchement d'oueds et sources, dégradation des subérais, etc.).

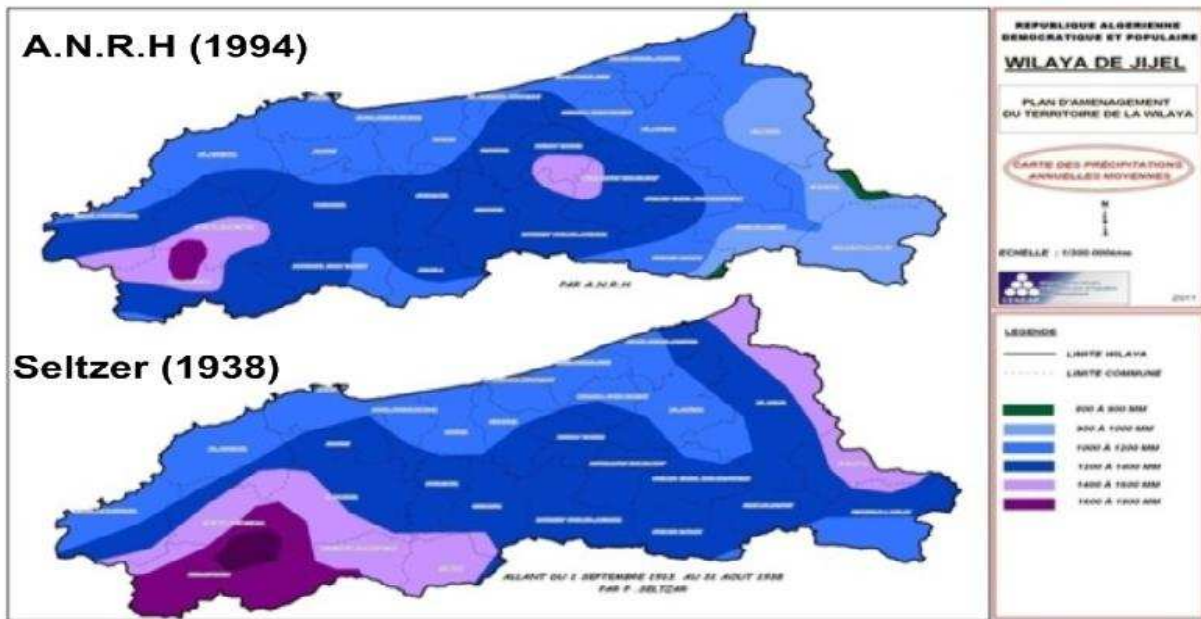


Figure 8 : Carte des précipitations annuelles moyennes, A.N.R.H (1994) et P. Seltzer (1938)

### 5.1.2. Les températures

La température est le second facteur constitutif du climat influant l'environnement en général, c'est un élément primordial pour caractériser le climat régional.

Tableau 3 : Températures moyennes mensuelles à la station d'Achouat (Période : 1987-2008)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	"T" moy
L'Achouat	24,16	21,1	14,96	12,5	11,7	11,46	13,62	15,23	18,47	21,61	24,83	25,56	17,93

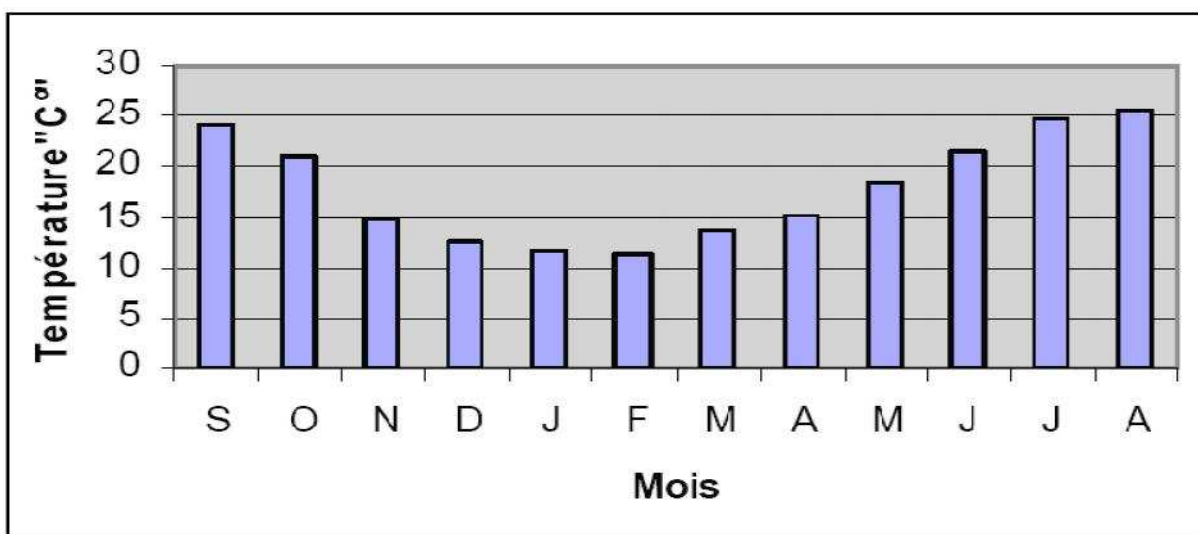


Figure 9 : Variation des températures moyennes mensuelles à la station de l'Achouat (Période : 1987-2008)

La période qui s'étale du mois de novembre au mois d'avril correspond à la période relativement froide avec un minimum durant le mois de février (11.46 °C), alors que la période chaude commence à partir du mois mai jusqu'au mois de septembre avec un maximum marqué durant le mois d'Aout (25.56 °C). La moyenne annuelle est de l'ordre de 17.93°C.

### 5.1.3. Synthèse climatique

La combinaison des données des précipitations et celles des températures permet de mettre en évidence :

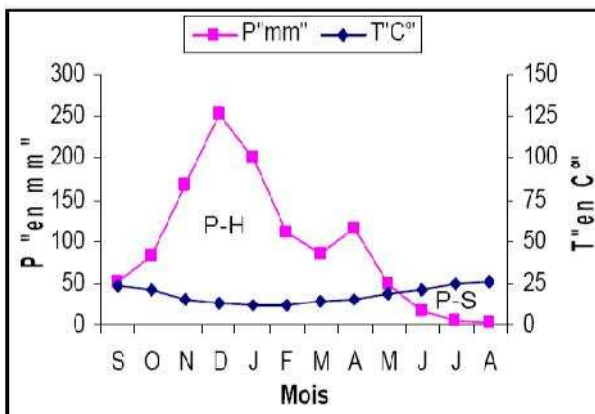
- Les périodes sèches et humides au cours de l'année grâce au diagramme pluviométrique de Gausson.
- Le domaine climatique ou le type de climat suivant la méthode d'Emberger (climagramme d'Emberger) et/ou le calcul de l'indice d'aridité.

#### a. Diagramme pluviométrique

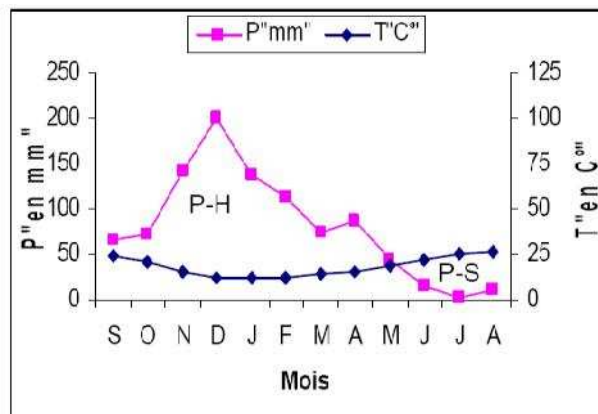
En se basant sur les données des précipitations et des températures mensuelles sur la même période d'observation, on peut établir le diagramme pluviométrique dont le but est de déterminer la saison Sèche et celle humide.

- Un mois sec est celui où le total des précipitations (mm) est inférieur ou égal au double de la température moyenne (°C) du même mois. Cette relation permet d'établir un diagramme pluviométrique sur lequel les températures sont portées à une échelle double des précipitations.
- Lorsque les températures passent au dessus de la courbe des précipitations, la saison correspondante est déficitaire en eau ; et lorsque la courbe des précipitations passe au dessus de celle des températures, la saison correspondante est humide.

A partir de ces deux diagrammes, on constate que l'année hydrologique de cette région est caractérisé par deux saisons bien distinctes (Figure 10 et 11) : L'une humide s'étale du mois de septembre jusqu'au mois de mai, et l'autre saison sèche s'étale du mois de juin au mois d'août.



**Figure 10 :** Diagramme pluviométrique de la station D'Erraguéne (1987-2008)



**Figure 11 :** Diagramme pluviométrique de la station d'Achouat (1987-2008)

-P-H : période humide -P-S : période sèche

### b. Le climagramme d'Emberger

Pour classer et caractériser les climats des régions méditerranéennes, Emberger a défini en 1955 le quotient pluviométrique noté (Q), qui s'exprime par la formule suivante :

$$Q = 2000 P / (M_2 - m_2)$$

Où P: moyenne des précipitations annuelles en mm;

M: moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en degrés Kelvin (°K);

m: la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en degrés Kelvin.

Cette formule a été simplifiée par STEWART en 1969 et est devenue:

$$Q_2 = 3.43 P / (M - m) \text{ Où } M \text{ et } m \text{ sont exprimés en degré Celsius.}$$

Sur la base de Q, la région de Jijel est caractérisée par un bioclimat humide à hiver chaud (figure 12).

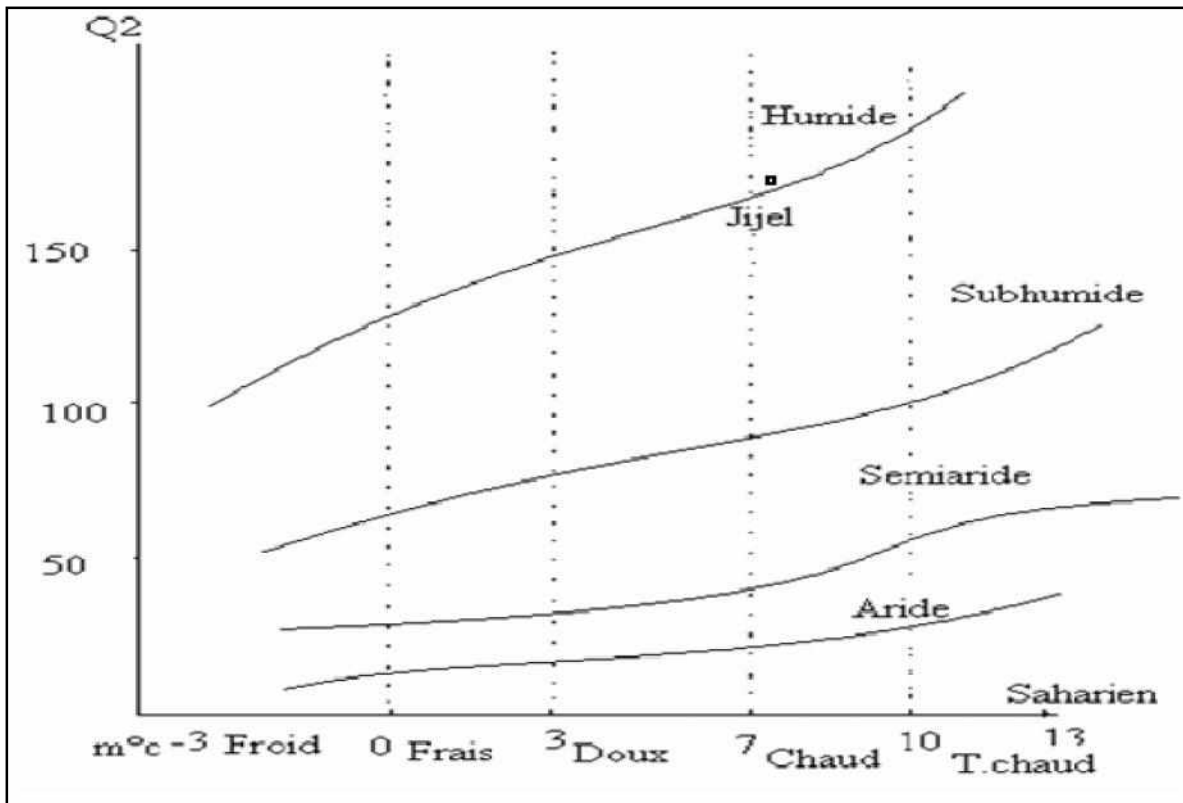


Figure 12 : Climagramme pluviométrique d'Emberger

#### 5.1.4. Les vents

Le vent constitue un élément primordial à prendre en considération dans toute étude relative à la zone côtière car il provoque non seulement l'agitation de la mer qui est elle-même génératrice de certains phénomènes tels que les houles et les courants de surface, mais aussi le déplacement d'importantes quantités de sable le long de la côte dans les régions à climat sec.

Les statistiques basent sur les observations entre 04/2010 et 03/2015 au niveau de la station d'Achouat :

**Tableau 4 :** directions et vitesses du vent dans la région de Jijel (entre 04/2010 et 03/2015)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	An
Direction du Vent dominant	→	→	→	→	↘	↘	↘	↘	↘	↘	→	→	↘
Vitesse du vent (m/s)	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Dans la région de Jijel et durant le premier 1<sup>er</sup> et le 4<sup>ème</sup> trimestre de l'année, les vents de l'ouest sont dominants (plus de 25% du temps) et une grande partie de ces vents a une vitesse supérieure à 8 m/s. Dans le 2<sup>ème</sup> et le 3<sup>ème</sup> trimestre, ce sont les vents du Nord Est et Est qui prédominent (plus de 20% du temps).

Les vents dominants dans la région d'étude sont ceux du Nord-Ouest et Nord-Est. Ils sont plus fréquents durant la période Novembre-Mai.

### 5.2. Les facteurs Hydrodynamiques

#### 5.2.1. Les courants

##### 5.2.1.1. Les courants généraux

Les courants circulant au large des côtes algériennes, sont généralement faibles et résultent, d'un écoulement des eaux atlantiques à travers le détroit de Gibraltar.

Les travaux de Millot (1985) ont aboutit à un nouveau modèle de la dynamique des eaux atlantiques dans le bassin algérien.

Cet auteur considère le courant comme un flux turbulent qui génère par des processus advectifs des tourbillons cycloniques et anticycloniques.

Le courant se déplace de l'Ouest vers l'Est en décrivant des tourbillons de 100 km de diamètre et de 200 m d'épaisseur dans la couche de surface.

En période hivernale ce courant reste près des côtes jusqu'au méridien (à proximité d'Oran) allant vers l'Est, il s'étale en direction du large. Une branche secondaire se détache et s'incurve vers le fond dans la partie orientale de la baie et semble donner naissance à un contre courant Atlantique (Ouest-Est) et tend à rejoindre la branche atlantique dans la partie occidentale de la baie, formant ainsi une branche à mouvement tourbillonnaire. La vitesse de ce courant varie entre 0,5 et 2,5 nœuds.

#### a. Les courants côtiers

Les phénomènes hydrodynamiques qui régissent les transferts sédimentaires sur la plage sous-marine et dans la zone de ressac sont nombreux et parfois très complexes. La dynamique de sables le long des rivages est fonction de l'action de la dérive littorale, elle-même liée aux paramètres physiques de la houle. Au contact de la remontée du fond, les houles donnent lieu à des rouleaux qui, en provoquant la mise en suspension des particules, favorisent leur

déplacement. Le sens et l'intensité de ce courant sont fonction de l'amplitude et de l'incidence de la houle par rapport à la côte, mais également de la topographie de la plage sous-marine et de la granulométrie des sédiments.

### **b. Le courant de retour**

D'après SHEPARD et AL (1941), MUNK (1949), SHEPARD et INMAN (1950) in BRAIK (1986), le courant de retour correspond à une zone de flot de retour à partir du lieu de déferlement de la houle contre la ligne du rivage ; leur effet est remarquable, surtout par gros temps généralement en hiver.

Dans la zone de Jiel, les courants de retour sont produits par les houles frontales venant du Nord et Nord-Ouest, ces courants interviennent dans le transport des sédiments perpendiculairement à la cote.

### **c. Le courant de dérive littorale**

De nombreux auteurs (ECKMAN (1923) ; MUNK (1949) ; SHEPARD et INMAD (1950) in BRAIK, 1986) ont noté que les vents et les houles interviennent dans la création des courants parallèles à la cote ; par conséquent dans le transit littoral des sédiments selon les travaux de LARAS (1957), la dérive littorale n'est présente que lorsque la houle atteint la côte avec une certaine obliquité, la vitesse de courant est maximale pour un angle d'incidence de 50° à 60°. Ils assurent le transport latérale (fonds de -10 m). Les houles de fortes amplitudes peuvent agir jusqu'à des fond de -40 à -60 m.

Selon le L.C.H.F, des mesures de courant concernant une partie de la côte jijelienne, ont été effectuées entre décembre 1975 et avril 1976 suivant la direction Ouest, Nord et Est, comme suit :

- Observation de dérive des flotteurs lestés qui mettent en évidence les trajectoires des courants.
- Des mesures au courantomètre qui complètent les observations de dérive des flotteurs, en permettant une exploitation de vitesse et des directions sur une verticale en un certain nombre de stations. A l'aide du courantomètre des mesures de courant à poste fixe ont été effectuées, ainsi que des mesures de courants dans les fosses de lévigation située entre la cote et les barres littorales. Après des résultats, le L.C.H.F a déduit que :
  - Par régime de vent de secteur Ouest, les courants ont une tendance générale à porter vers l'Est.
  - Les mesures des courants classées dans le secteur nord ont eu lieu, le plus souvent, pendant des périodes où la direction des vents étaient instables.
  - Par régime de vent de secteur Est, les trajectoires de courants sont portées à l'Ouest soit à l'Est, soit vers la cote.
  - Les mesures faites à postes fixes indiquent des courants portant généralement à l'Ouest.

### 5.2.2. La marée

La marée est un phénomène périodique, prévisible entraînant des variations connues du niveau de l'eau.

La marée en mer Méditerranée et en particulier sur les côtes Algériennes est relativement faible. Elle est de type semi-diurne avec inégalité entre pleine et basse mer, observées chaque jour. L'amplitude en eau-vive ne dépasse pas 0.40m.

### 5.2.3. La houle (les données de L'O.N.S.M)

Les enregistrements réguliers de l'amplitude et de la période des houles au large du cap Ras El Afia ont été obtenus à la bouée non directionnelle (DATAWELL) durant les années 2000 et 2001.

Les résultats obtenus après dépouillement des enregistrements sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 5 : Moyennes mensuelles de Hs et Tz (2000-2001).**

Enregistrement	Hauteurs significative (cm)	période significative (seconde)	Terme descriptif
02.2000	158.47	5.5	Agitée
03.2000	142.65	5.6	Agitée
04.2000	209.85	5.2	Agitée
05.2000	55.45	4.1	Peu agitée
10.2000	71.20	4.5	peu agitée
11.2000	139.67	5.1	Agitée
12.2000	112.16	4.77	Peu agitée
01.2001	124.20	5.1	Peu agitée
02.2001	163.27	5.9	Agitée
03.2001	135.30	5.1	Agitée
04.2001	193.65	6.2	Agitée

- **Pour l'année 2000**

La hauteur significative  $H_s$  des houles atteint ces valeurs les plus élevées entre le mois de novembre et le mois d'avril avec des amplitudes qui varient de 125 cm à 250 cm pour des périodes de 5 s à 6 s. Les valeurs minimales de  $H_s$  sont enregistrées entre le mois de mars et celui d'octobre avec une amplitude qui varie entre 50 cm et 125 cm pour des périodes de 4 à 5 seconds.

- **Pour l'année 2001**

Pour l'enregistrement des mois janvier, février, mars et avril la hauteur significative varie entre 125 cm à 250 cm pour les périodes respectives de 5 s et 6 s.

**Chapitre II :**  
**ÉTUDE GRANULOMÉTRIQUE DE**  
**LA PARTIE AÉRIENNE**

### Introduction

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) car les sédiments de la plate-forme participent au budget général du domaine marin incluant le trait de côte. La taille de particules est la propriété la plus fondamentale des sédiments qui les soumettent aux phénomènes d'érosion, de transport et de dépôt (Blott et Pye, 2001 *in* Cordier, 2007) et reflète globalement l'énergie du milieu dans lequel il se trouve (Trentesaux, 2005).

Dans ce chapitre nous étudions la répartition granulométrique des différents grains de sédiments de la partie aérienne de notre zone d'étude. La campagne sédimentologique a eu lieu le 15, 16 et 17 Mars 2015. Le nombre d'échantillons prélevés est 80, répartis sur 6 plages qui recouvrent entièrement la zone d'étude ;

#### 1. Le prélèvement des sédiments

Le prélèvement des sédiments a été réalisé par la méthode directe, c'est-à-dire qu'on prélève avec la main. Et pour le conditionnement des sachets de congélation étiquetés suffisent.



Figure 13 : prélèvement et étiquetage des échantillons

#### 2. Travaux au laboratoire

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

Les travaux se sont déroulés au sein du laboratoire de géologie de l'université de JJEL, et le laboratoire de géologie de l'ENSSMAL.

##### 2.1. L'étude granulométrique

La granulométrie consiste à évaluer le pourcentage de la masse totale correspondant à la dimension de particules (Riviere., 1977).

L'analyse granulométrique des sédiments meubles a pour but de connaître la répartition quantitative pour chaque classe dimensionnelle des particules élémentaires constituant l'échantillon.

### 2.2. Principe de la méthode

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.

Cependant, il existe de très nombreuses normes de tamisage, dans lesquelles les mailles varient selon une progression géométrique décroissante permettant un espacement régulier des abscisses dans l'échelle logarithmique, ainsi qu'une représentation étendue sur un graphique.

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

### 2.3. Mode opératoire

Cette phase conduit à l'évaluation en pourcentage de chaque dimension de particule à la masse totale du sédiment. Pour chaque échantillon, on procède de la manière suivante :

- Une fois arrivés au laboratoire, les échantillons sont disposés sur la paillasse selon leur ordre de prélèvement. Puis nous passons à la préparation et à l'étiquetage des boîtes de Pétri, où seront verser les 200 g de sédiment. Ensuite placer tous les échantillons à l'étuve pour un premier séchage pendant 24 h à une température de 105 °C.
- Une fois les 24 h sont passées, nous prélevons de chaque échantillon une quantité de 150 g, ensuite nous les faisons passer sous un filet d'eau à l'aide d'un tamis de 40  $\mu\text{m}$ . le but de cette opération est de débarrasser le sédiment des pélites. Les échantillons remis dans les boites de Pétri subiront un autre séchage à l'étuve pendant 24 h à 105 °C.
- Après ce deuxième séchage, chaque échantillon est pesé, la différence par rapport au poids initial représente la quantité des fractions pélitiques.
- La seconde étape de l'analyse granulométrique est le tamisage. Cette opération s'est faite à l'aide d'une table vibrante sur laquelle nous disposons la colonne de tamis, dans un ordre décroissant, mais la série de tamis est divisée en deux colonnes vue que la capacité de la tamiseuse est limitée. On utilise un fond étanche à la base de la colonne pour récupérer le refus. La durée d'un tamisage est de 10 minutes pour une fréquence de 100 Hz.
- Nous arrivons à présent à la dernière du tamisage, le sédiment être trié selon la taille des grains qui le compose. Ainsi chaque refus de tamis est alors versé délicatement dans une boîte de Pétri pour la pesée à l'aide d'une balance de précision. Un grand soin doit être apporté lorsque l'on enlève les derniers grains qui restent dans le tamis. On utilise généralement un pinceau.



**Figure 14** : série des tamis AFNOR



**Figure 15** : les sédiments à tamiser

### 2.4. Les paramètres et indices granulométriques

C'est la phase d'interprétation des résultats obtenus. Pour cela, on a procédé de la manière suivante :

- Traitement des résultats sous formes de fiches granulométriques ;
- Représentations graphiques en courbes cumulative ;
- Exploitation des résultats pour la répartition des cartes des différents indices et paramètres granulométriques

#### 2.4.1. Les paramètres de position

Les paramètres de positions sont extraits à partir de la courbe de fréquence cumulative (en ordonnée échelle arithmétique : le pourcentage des tamis cumulés, en abscisse échelle logarithmique : les diamètres des tamis) ; permettent de calculer les différents indices granulométriques.

##### a. Les quantiles

- $Q_{25}$  : Correspond au diamètre du grain représentant 25% en poids du sédiment, c'est le premier quartile.
- $Q_{50}$  ( $D_{50}$ ) : La médiane : C'est l'indice absolu (Rivière., 1977), correspond au diamètre du grain moyen dont l'ordonnée est à 50 % du poids total du sédiment, elle est déduite à partir de la courbe cumulative. (tableau 6).
- $Q_{75}$  : Correspond au diamètre du grain représentant 75% en poids du sédiment, c'est le second quartile.
- $D_{10}$  : diamètre du grain à l'ordonnée 10%, premier décile.
- $D_{90}$  : diamètre du grain à l'ordonnée 90%, second décile.

**Tableau 6** : Classification des grains de sable (Folk et Ward., 1957)

Diamètre du grain	Classification
< 110 µm	Sable très fin
110-150 µm	Sable fin
150-250 µm	Sable moyen
250-500 µm	Sable grossier
>500 µm	Sable très grossier

### b. Le mode granulométrique

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

#### 2.4.2. Les indices granulométriques

##### 2.4.2.1. Les indices de dispersion ou de classement

Ils donnent une idée sur l'étalement de la courbe au tour de son grain moyen, et nous renseignent sur le degré de classement du sédiment.

- Le sorting de Trask :  $S_0 = (Q_{75} / Q_{25})^{1/2}$
- Folk et Ward :  $S_0 = [(Q_{84} - Q_{16}) / 4] + [(Q_{95} - Q_5) / 6,6]$

**Tableau 7** : Les valeurs adoptées de  $S_0$  pour le classement

Les valeurs de $S_0$	Le classement
$S_0 < 1$	Très bien classé
$1 < S_0 < 2.5$	Bien classé
$2.5 < S_0 < 3$	Normalement classé
$3 < S_0 < 4$	Mal classé

##### 2.4.2.2. Les coefficients d'asymétrie

Il permet d'évaluer la tendance des sédiments vers le grossier, ou vers le fins. Plus le coefficient est loin de l'unité, plus le mode est loin du diamètre moyen. Ainsi, l'asymétrie reflète le milieu de dépôt que les conditions de transport.

Graphiquement, le Skewness exprime la partie bombée de la courbe qui suivant la position nous donne la valeur positive ou négative.

- Le Skewness de Trask:  $Sk = (Q_{25} * Q_{75}) / (D_{50})^2$
- Folk et Ward :  $Sk = ((Q_{16} + Q_{84} - 2 * Q_{50}) / 2 * (Q_{84} + Q_{16})) + ((Q_5 + Q_{95} - 2 * Q_{50}) / 2 * (Q_{95} + Q_5))$

Tableau 8 : Les valeurs adoptées de  $S_k$  pour l'asymétrie.

La valeur de $S_k$	L'asymétrie
$S_k < 1$	Classement maximum vers les fines
$S_k = 1$	La symétrie est parfaite
$S_k > 1$	Classement maximum vers les grossiers

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1. Analyse de la fraction fine

Les cartes d'isopélites, de la partie aérienne du littoral Ouest de Jijel, montre que la répartition spatiale des pélites est différente d'une plage a une autre, elle augmente de Ondreu 1 à El Aouana (Annexe.2), et diminue de Les Aftis vers Les Grottes (Annexe. 2). Les teneurs en pélites sont faibles, et dépassent à peine le 1% à Ondreu 2. Au niveau de la plage de le l'île Grand Cavalo, les teneurs en fraction fine varient entre 0,1 et 0,7, elles sont très faible (Annexe. 2), cela peut s'expliquer par le fort hydrodynamisme qui subit cette plage.

#### 3.2. Analyse de la fraction grossière

##### 3.2.1. Les courbes granulométriques

###### Ñ Aspect général des courbes cumulatives

Le refus de chaque tamis est pesé puis transformé en pourcentage cumulé, les résultats de ces analyses ont été présentés sous forme des courbes cumulatives réalisées sur papier semilogarithmique à l'aide d'un logiciel (MATLAB). En abscisses logarithmique, le diamètre des différentes fractions du sédiment, et en ordonnée, les pourcentages cumulés inférieurs à une taille donnée.

Les courbes cumulatives permettant de comparer les résultats des analyses des différents échantillons et de calculer les indices granulométriques.

###### - Courbes unimodales

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

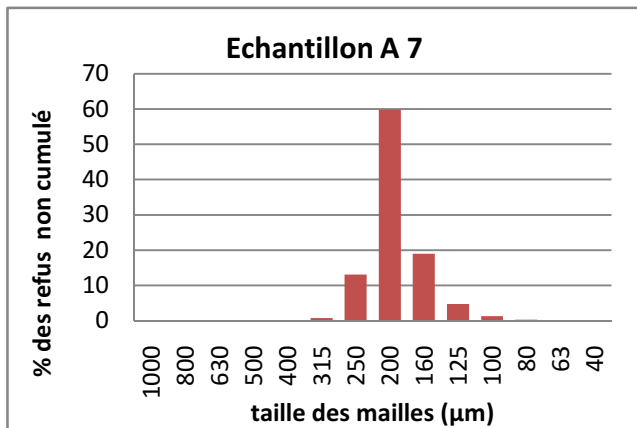


Figure 16 : Histogramme unimodal

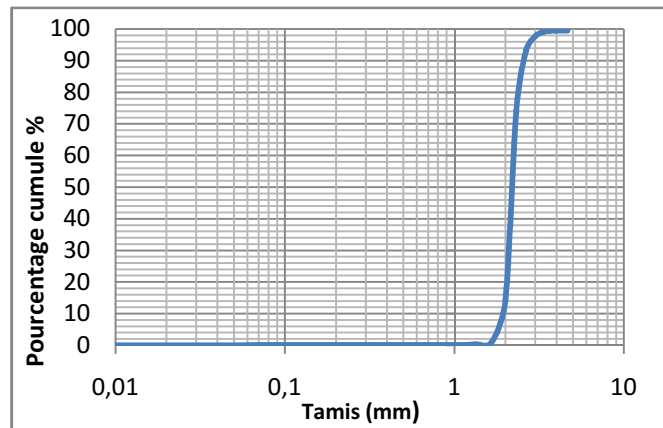


Figure 17: Courbe plurimodale

**- Courbes bimodales**

Indique la présence de deux stocks sédimentaires au sein d'une même population dynamique.

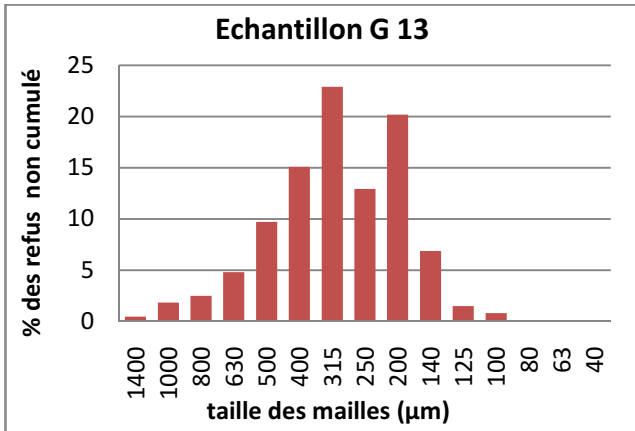


Figure 18 : Histogramme unimodal

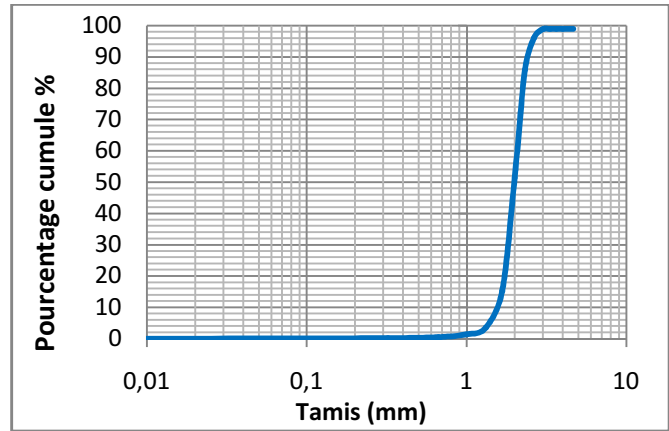


Figure 19 : Courbe plurimodale

**- Courbes plurimodales**

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

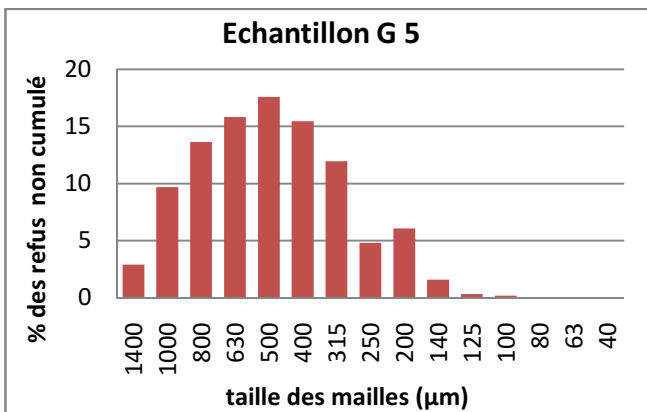


Figure 20 : Histogramme bimodal

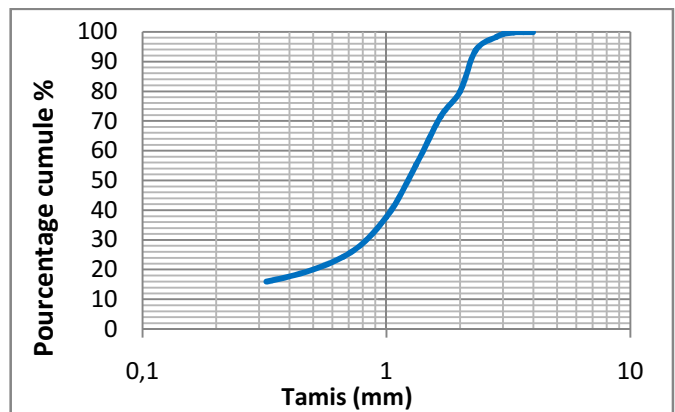


Figure 21 : Courbe plurimodale

**3.2.2. Les quantiles**

**3.2.2.1. Le décile inférieur (D10)**

La répartition du décile inférieur dégage trois faciès différents. Le premier faciès apparaît au niveau de la plage Ondreu 2, avec une forte dominance des diamètres inférieurs à 200 µm, les diamètres augmentent du rivage vers la dune. Dans la plage d'El Aouana, les diamètres des sédiments varient entre 170 et 225 µm. Les plages de Les Aftis et Les Grottes contiennent des sédiments plus gros que dans les autres, avec une forte proportion pour le diamètre supérieur à 250 µm (Annexe 2).

Les sédiments les plus grossiers sont localisés sur la plage de l'île Grand Cavallo, leur diamètre dépasse les 500 µm (Annexe 2).

### 3.2.2.2. Le quartile inférieur (Q25)

La distribution du quartile inférieur (Q25) est semblable à celle du décile inférieur (D10). Un premier faciès est localisé sur la plage Ondreu 2, les diamètres varient entre 190 et 230  $\mu\text{m}$ , ça augmente en remontant vers les dunes. Pour la plage d'El Aouana, les diamètres varient de 185 à 235  $\mu\text{m}$ , avec toujours une proportion de particules inférieures à 230  $\mu\text{m}$  près de la ligne de côte. Et au niveau des plages de Les Aftis et Les Grottes, la taille des sédiments est beaucoup plus importante, elle est supérieure à 320  $\mu\text{m}$  (Annexe 2).

Les sédiments les plus grossiers sont localisés sur la plage de l'île Grand Cavallo, leur diamètre dépasse les 700  $\mu\text{m}$  (Annexe 2).

### 3.2.2.3. La médiane (Q50)

A partir de la carte de répartition de la médiane tout au long de la partie Ouest du littoral de Jijel (Annexe 2), c'est-à-dire de Ras El Afia à Les Grottes, on peut départager la zone en deux parties : la partie Est de la zone, les plages Ondreu 1 et 2, Chalât et El Aouana, où le grain médian se situe entre 195 et 300  $\mu\text{m}$ , la partie Ouest où le diamètre médian est beaucoup plus important, compris entre 250 et 400  $\mu\text{m}$  (Annexe 2).

### 3.2.2.4. Le quartile supérieur (Q75)

La distribution des quartiles supérieurs dégage trois distingués : un premier entre 230 et 380  $\mu\text{m}$ , qui se distribue tout au long des plages Ondreu 2, Chalât et El Aouana, le second faciès entre 300 et 450  $\mu\text{m}$  au niveau des plages d'Ondreu 1 et les Aftis. Et le dernier faciès entre 400 et 800  $\mu\text{m}$ , qui se localise sur la plage de Les Grotte près de l'embouchure de l'Oued Dar El Oued (Annexe 2).

Les valeurs de Q75 au niveau de la plage d'île Grand Cavallo sont beaucoup plus importantes, elles atteignent 1000  $\mu\text{m}$  (Annexe 2).

### 3.2.2.5. Le décile supérieur (D90)

La distribution du décile supérieur à le même aspect que la distribution du quartile supérieur, et dégage trois faciès distincts : le premier entre 250 et 370  $\mu\text{m}$  vers la partie centre, le second à l'Est (Ondreu 1) et à Ouest (Les Aftis), avec des diamètres entre 380 et 580  $\mu\text{m}$ . Le troisième faciès se distingue au niveau de la plage Les Grotte, ou se trouve l'embouchure d'Oued Dar El Oued, les diamètres vont de 500 à 1100  $\mu\text{m}$  (Annexe 2).

Les sédiments les plus grossiers sont celles d'île Grand Cavallo, les valeurs de D90 dépassent 1000  $\mu\text{m}$  (Annexe 2).

## 3.2.3. Les indices granulométriques

### 3.2.3.1. Indice de classement

#### a- Les plages

Les valeurs de  $S_0$  obtenus dans la les plages varient entre 1 et 2. Donc les sédiments de la région sont bien classés.

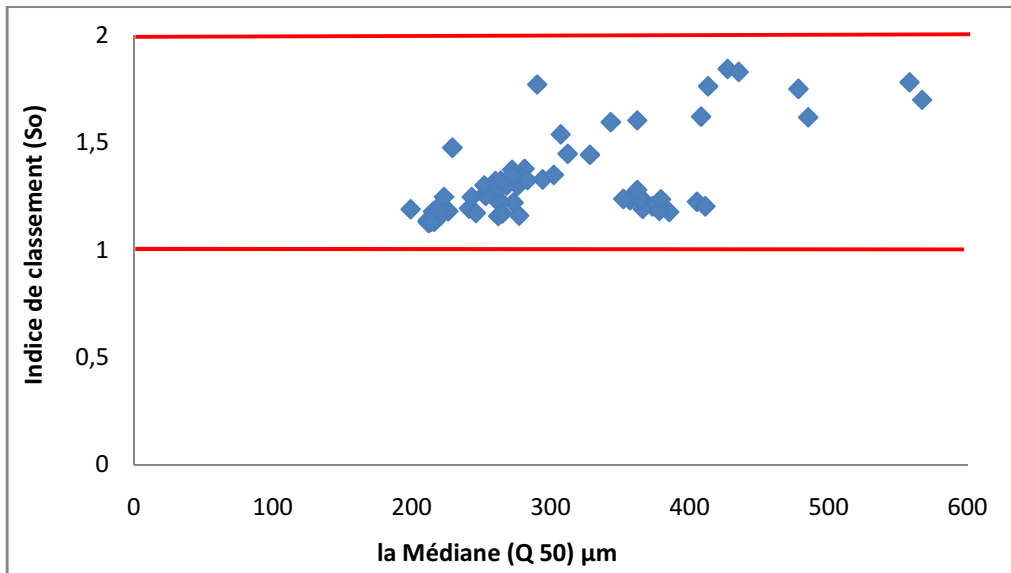


Figure 22 : Relation entre l'indice de classement et la médiane

**b- Ile du Grand Cavallo**

Les valeurs de  $S_0$  obtenus dans la plage de l'île de Cavallo varient entre 1 et 2 sauf le point L 2. Donc les sédiments de la région sont bien classés.

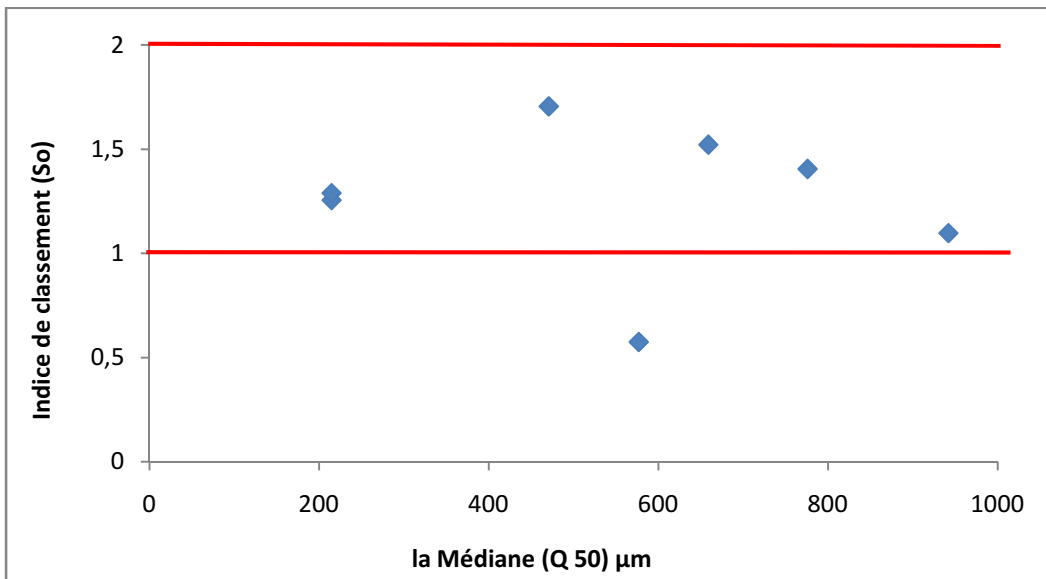


Figure 23 : Relation entre l'indice de classement et la médiane

**3.2.3.2. Le coefficient d'asymétrie**

**a- Les plages**

Les valeurs de l'indice d'asymétrie des échantillons prélevés varient autour de 1, une moitié avec des valeurs inférieures à 1 et l'autre moitié supérieures à 1. Donc cela traduit un tri maximum vers les fines dans certaines zones et dans d'autres zone le tri est maximum vers les grossiers.

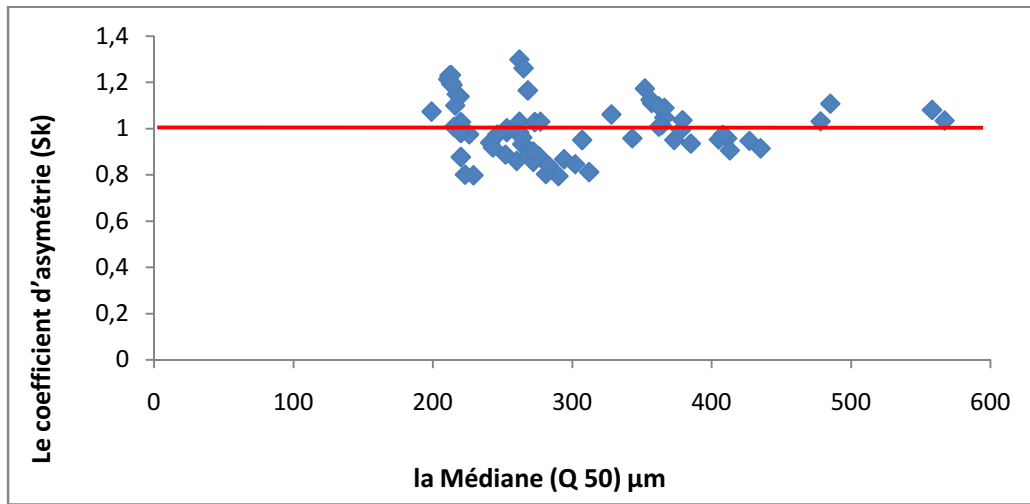


Figure 24 : Relation entre le coefficient d'asymétrie et la médiane

**b- Ile du Grand Cavalo**

Les valeurs de l'indice d'asymétrie des échantillons de la plage d'île Cavalo varient autour de 1, une moitié avec des valeurs inférieures à 1 et l'autre moitié supérieures à 1. Donc cela traduit un tri maximum vers les fines dans certaines zones et dans d'autres zone le tri est maximum vers les grossiers.

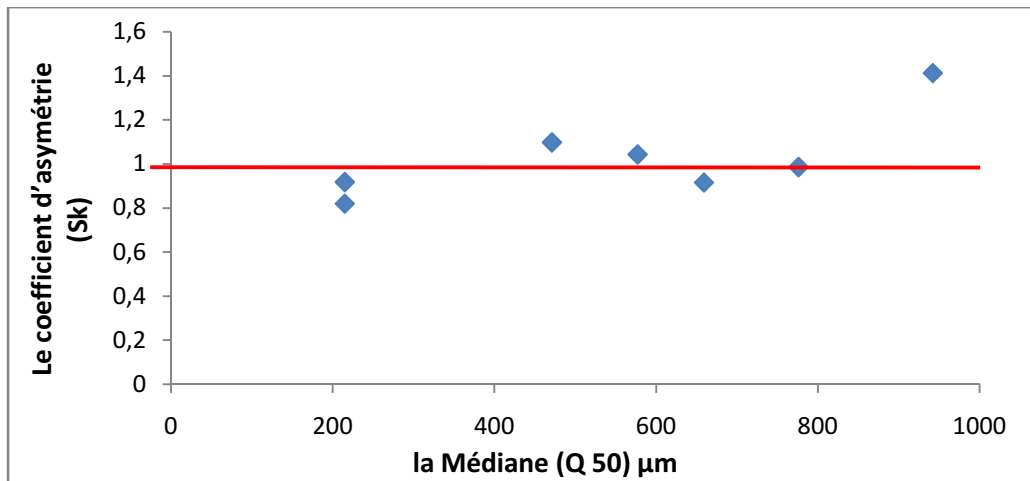


Figure 25 : Relation entre le coefficient d'asymétrie et la médiane

**Conclusion**

Nous concluons à partir de l'analyse granulométrique de la partie aérienne du littoral Ouest de la wilaya de Jijel, que les teneurs en fraction fine (pélites) sont très faibles, elles dépassent à peine le 1 %.

L'étude des autres paramètres (D10, Q25, Q50, Q75 et D90) fait apparaître un granoclassement de la ligne de côte (sable fin) vers la dune (sable moyen à grossier).

Au voisinage de l'embouchure d'Oued Dar El Oued, le sédiment est du sable grossier.

La plage d'île le Grand Cavalo est constituée du sable grossier, ce qui explique le fort hydrodynamisme dans cette zone.

**Chapitre III :**  
**ÉTUDE BATHY-SÉDIMENTAIRE**

### Introduction

Les fonds marins constituent généralement le prolongement naturel des structures terrestres, il y a souvent donc une relation étroite entre la géomorphologie du littoral et la topographie générale des fonds.

La morphologie des fonds marins est soumise à l'action des facteurs hydrodynamiques, qui entraîne des modifications dans l'ensemble du système littoral sableux. L'évolution des fonds est le résultat des échanges transversaux et longitudinaux entre les différentes unités morphologiques de la côte.

### 1. Etude bathymétrique

#### 1.1. Le levé bathymétrique

Le levé bathymétrique consiste à déterminer les coordonnées tridimensionnelles des points du fond marin dans le système géodésique WGS84. On a utilisé la méthode classique ; c'est-à-dire qu'on a mesuré la bathymétrie à l'aide d'un cordon gradué rattaché avec un poids ; les coordonnées géographiques ont été enregistrés à l'aide d'un GPS.

Les travaux en mer ont été effectués le 04 Avril 2015, A bord de l'embarcation TAZA. Les conditions météorologiques étant favorables ; le vent était faible, et la mer calme. Le nombre des stations mesurés est de 32 stations.



Figure 26 : L'embarcation TAZA

#### 1.2. Exploitation des données obtenues

Les résultats obtenus par les levés bathymétriques sont exploités dans l'élaboration des cartes bathymétriques en 2D ou en 3D ainsi que des profils de la plage (arrière plage et plage sous marine), ceci à l'aide du logiciel Surfer 11.

##### a- Description du logiciel

Le logiciel Surfer 11, conçu par Golden Software, permet de réaliser des modèles numériques de terrain (MNT) issus des données récoltées sur le terrain via GPS, théodolite...

Le principe de Surfer est le suivant :

Le logiciel crée des grilles qui interpolent les données irrégulières des points (X, Y, Z) afin de les ordonner, c'est à partir de ces grilles que l'on pourra obtenir plusieurs types de cartes : Base Map, Contour Map, 3D surface, Vector et bien d'autres.

### b- Manipulation sur surfer

- Préparer les données bathymétriques dans une feuille d'Excel (respecter les valeurs négatives pour la bathymétrie, ainsi que le forma ; mettre des virgules non pas des points).
- Créer une grille en allant dans : **Grid => Data** et parcourir le fichier Excel puis cliquer sur **ok**.

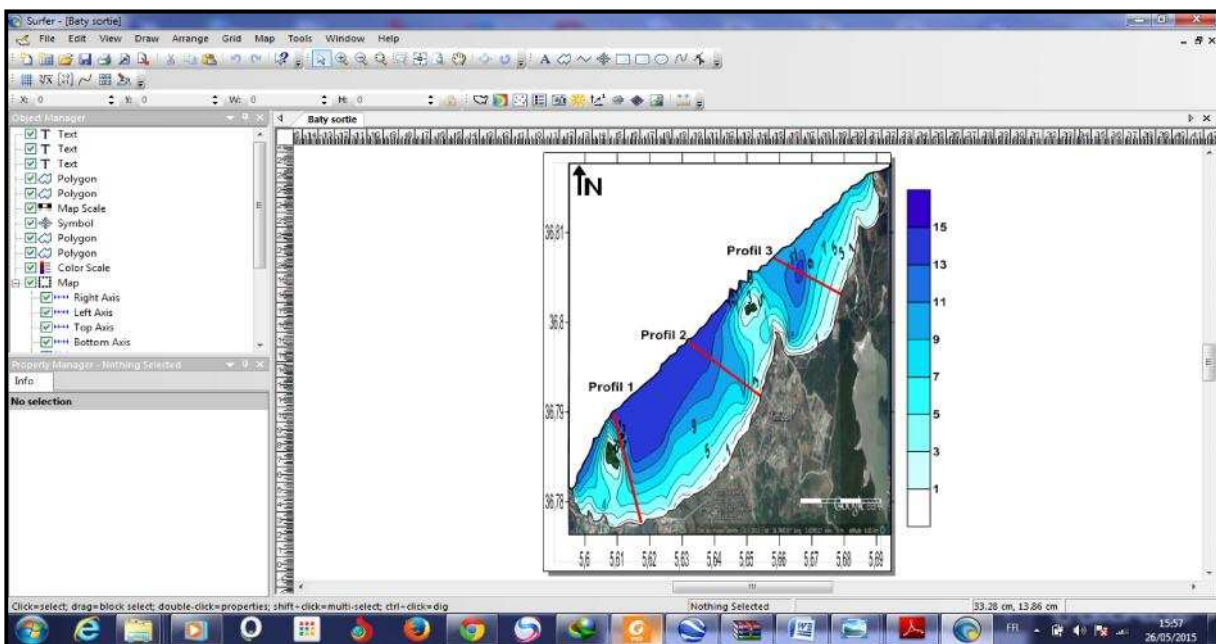


Figure 27 : création des cartes à l'aide de SURFER 11

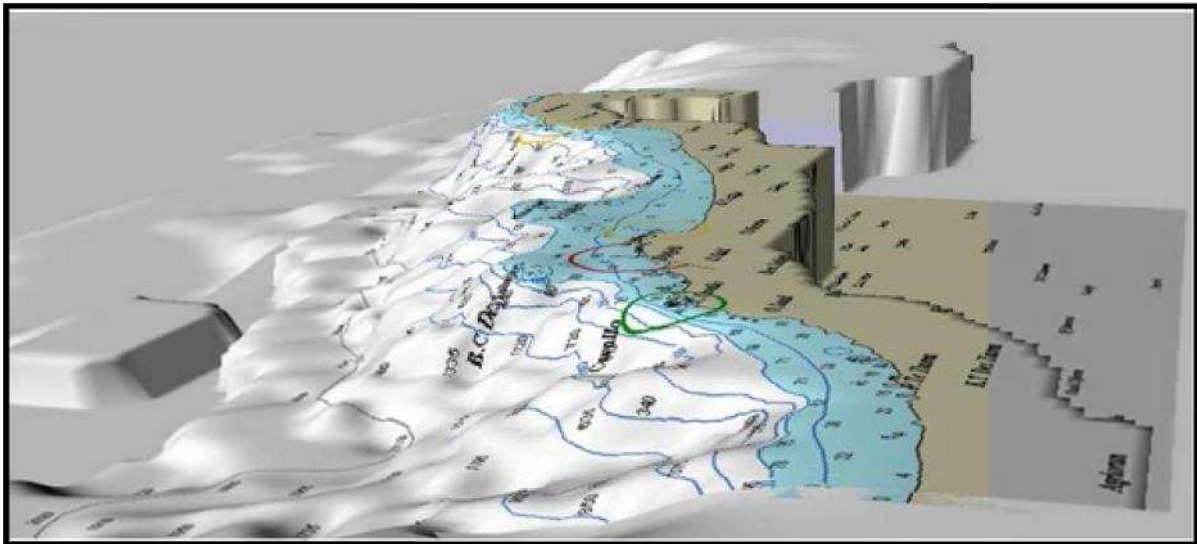
- Une fois la grille est créée, aller dans « **Toolbar Options** ».
- Pour l'obtention des cartes des isobathes en 2D cliquer sur **Map => New => Contour Map** et parcourir la grille créée, et pour les cartes bathymétriques en 3D cliquer sur **Map => New => 3DWireframe**.

### 1.3. La carte bathymétrique

La carte bathymétrique constitue un document de base nécessaire pour la reconnaissance de la morphologie sous-marine.

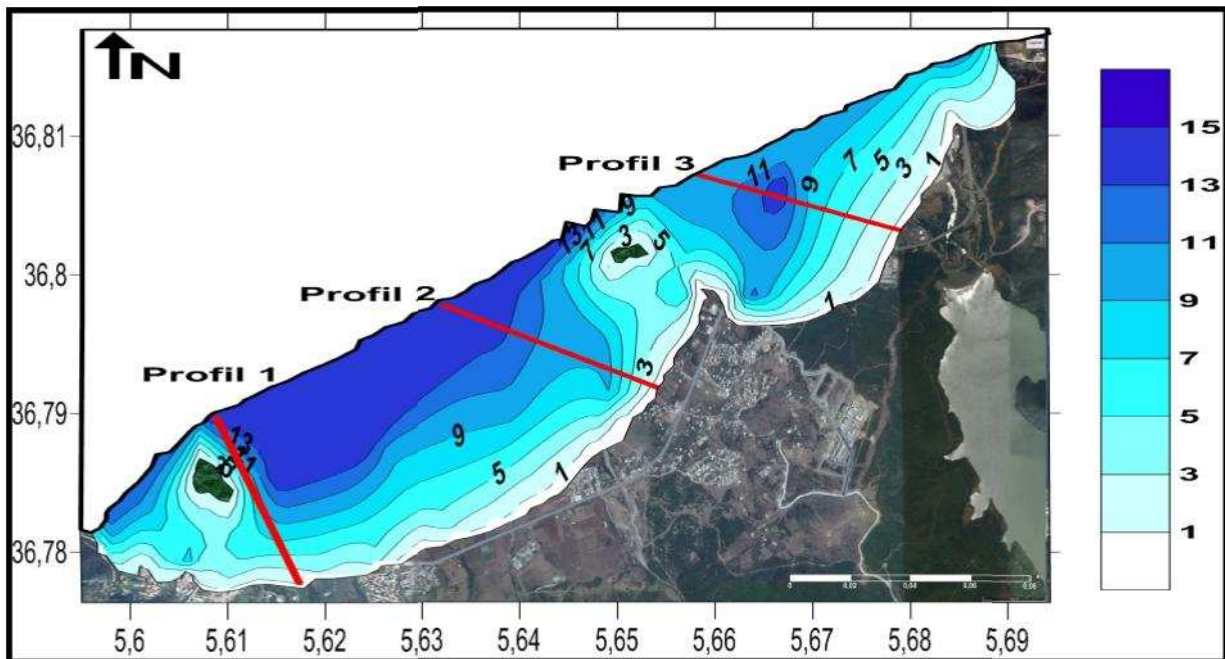
Pour mieux visualiser l'état du relief sous-marin de la zone d'étude, on a préféré présenter 2 illustrations de relevés bathymétriques, l'une est une carte (3D) obtenu sur le logiciel de pêche Mac-Sea (Figure 28), et l'autre est une carte (2D), c'est le résultant obtenu lors de notre levé bathymétrique traitée par un logiciel SURFER 11. (Figure 29).

Les chutes de fond (pentes) très franches et canyons escarpés caractérisent la partie marine de parc de Taza (Figure 28). Ainsi, face à oued El-kebir, on passe sur une courte distance, vers le large, de 14m, 40m, 255m à 500m de profondeur.



**Figure 28 :** Relief du fond détaillé de la future AMP de Taza (image logiciel Mac-Sea)

Les relevés bathymétriques mettent en évidence une zone très largement parsemée d'îlots, de roches ou d'obstacles (épaves) à diverses profondeurs même à proximité des plages. Les hauts fonds, banc des Kabyles et écueil de la Salamandre, forment des remontées brutales du fond, ce dernier passant des 100m à 50m, et même à 13m, très rapidement. Du côté du lieu dit 'Hadjrat el Ferche' (rocher très proche du rivage) les fonds passent rapidement des 14m à des points à 40m, 60m et même à 90m.



**Figure 29 :** Carte bathymétrique du littoral Ouest de Jijel.

#### 1.4. Réalisation des profils topographiques

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). 3 profils ont été tracés afin de cerner la morphologie sous-marine de la zone (Annexe 4).

### 1.5. Interprétation des profils

**Profil n°1 :** Le profil descend en pente abrupte jusqu'à 6 mètres de profondeur, puis la pente disparaît sur une longueur de 400 m où nous remarquons la présence d'une fosse de lévigation. Ensuite vers 8 m de profondeur, la pente redevient abrupte (Annexe 4).

**Profil n°2 :** Le tracé de deuxième profil descend en pente abrupte jusqu'à -10 m de profondeur, puis en pente douce (Annexe 4).

**Profil n°3 :** le profil évolue normalement avec une pente douce jusqu'au environ de 11 mètres de profondeur ou il chute brutalement pour former une fosse de lévigation (Annexe 4).

## 2. Étude sédimentologique

La couverture sédimentaire du fond dans la région est d'origine détritique et devient calcaire et pelliculaire au niveau d'un secteur de haut fond qui sépare le golfe de bougie de la baie de Jijel.

### 2.1. Les principaux types des sédiments

#### 2.1.1. Sédiments calcaires

- **Les sables et graviers :** Ils représentent un recouvrement discontinu de nombreux fonds (substratum à l'affleurement), patinés par des algues calcaires encroutantes délimitant des placages de sédiments calcaires meubles dans les quels on trouve des algues d'abondants débris de bryozoaires de lamellibranches de gastéropodes plus ou moins encroutés.
- **Les vases calcaéo-siliceuses :** Elles couvrent une surface relativement importante. Les sables à bryozoaires ; vases calcaréoargileuses et siliceuses à foraminifères et bryozoaire à algues calcaires sont les trois faciès qui caractérisent la région.

#### 2.1.2. Sédiments siliceux

Ces sédiments caractérisent la sédimentation de la région et représente 63 à 64 % du regroupement sédimentaire du plateau continental et de ses rebords. Elles forment un vaste bourrelet littoral meuble ourlé par deux grandes plages. Les sédiments siliceux pélitiques quand à eux représentent plus de 50% des boues et vases du plateau continental (Leclaire, 1972).

Les sables fins occupent tout le fond du golfe de la côte jusqu'à la profondeur -30 à -40m, ces sables font suite successivement les sables envasés et les vases sableuses.

Les vases pures forment une large bande de cap Carbon à la pointe de Cavallo et couvrent ainsi une grande partie des fonds du golf.

Les sables à bryozoaires, vase calcaréoargileuses et siliceuses à foraminifères et bryozoaires à algues calcaires sont les faciès qui caractérisent la région d'étude (Leclaire.L., 1972).

Une étude sédimentaire d'un système littoral donné, nécessite d'effectuer une campagne sédimentologique afin de récolter des échantillons à analyser au laboratoire, et par la suite déduire la répartition spatiale et dynamique de ces mêmes dépôts sédimentaires.

### 2.2. Travaux en mer

Les travaux en mer ont été effectués le 04 Avril 2015, les conditions météorologiques étant favorables ; le vent était faible, et la mer calme. A bord de l'embarcation TAZA, le matériel et les outils nécessaires pour le déroulement des opérations, embarqués sont :

- Une benne preneuse de type Van Veen.
- Fil mesurant 20 mètres, gradué, destiné à relever la profondeur à chaque station, pour l'élaboration de la carte bathymétrique.
- Sachets en plastiques prévus pour contenir les échantillons de sédiment prélevés, étiquetés à l'aide d'un feutre indélébile sur des petites feuilles en papier transparent, dans chaque sachet.
- Un appareil G.P.S sert à prendre les coordonnées géographiques.

Au total, de port d'El Aouana jusqu'à Ras El Afia, 32 échantillons de sédiment ont été prélevés dans la couche superficielle à l'aide d'une benne preneuse de type Van Veen, et on a mesuré la profondeur de 32 stations. Le positionnement des stations de prélèvement a été effectué à l'aide d'un G.P.S.



**Figure 30** : Prélèvement des sédiments à l'aide d'une benne de type Van Veen

On a effectué une étude granulométrique pour les 32 échantillons, pour cela On a suivi le même protocole cité dans le chapitre précédent (Chapitre II).

### 2.3. Résultats et interprétations

#### 2.3.1. La répartition spatiale des dépôts sédimentaires

Les résultats de l'analyse des dépôts sédimentaires entre le port d'El Aouana et Ras El 3afia, montrent que les sédiments superficiels sont essentiellement du sable fin.

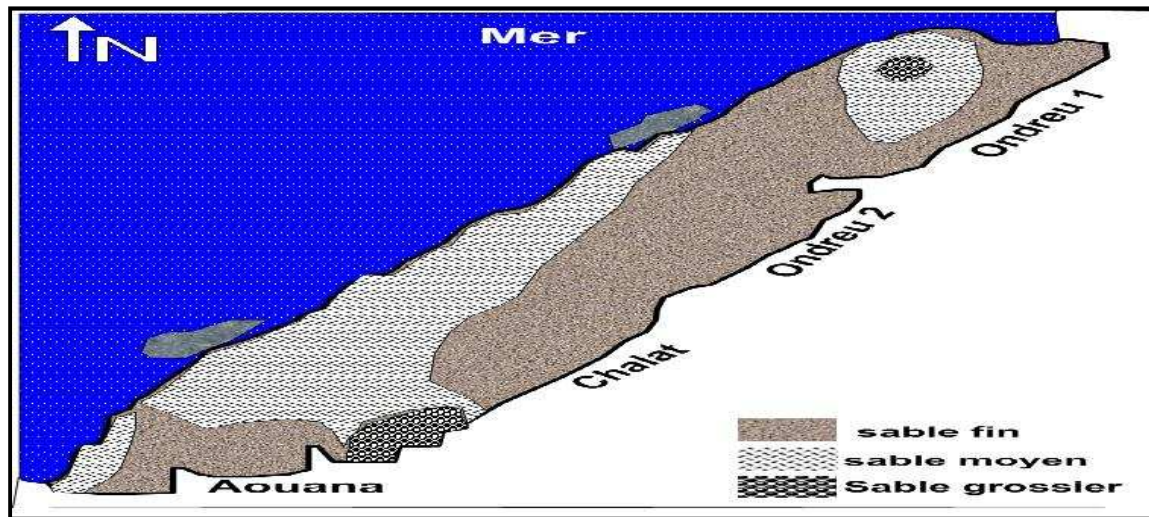


Figure 31 : Carte de la répartition spatiale des sédiments superficiels entre Port d'El Aouana et Ras El Afia.

### 2.3.2. Répartition des pélites

Bien que les teneurs soient très faibles sur les échantillons prélevés, la carte d'isopélites montre une répartition spatiale inégale des pélites, cette teneur ne dépasse pas 1,1%. Les faibles teneurs en élément fins observées dans les petites profondeurs s'expliquent par l'augmentation de l'énergie de la houle, qui favorise la remise en suspension des sédiments et l'élimination d'une partie importante de la fraction fine vers les zones calmes permettant leur décantation.

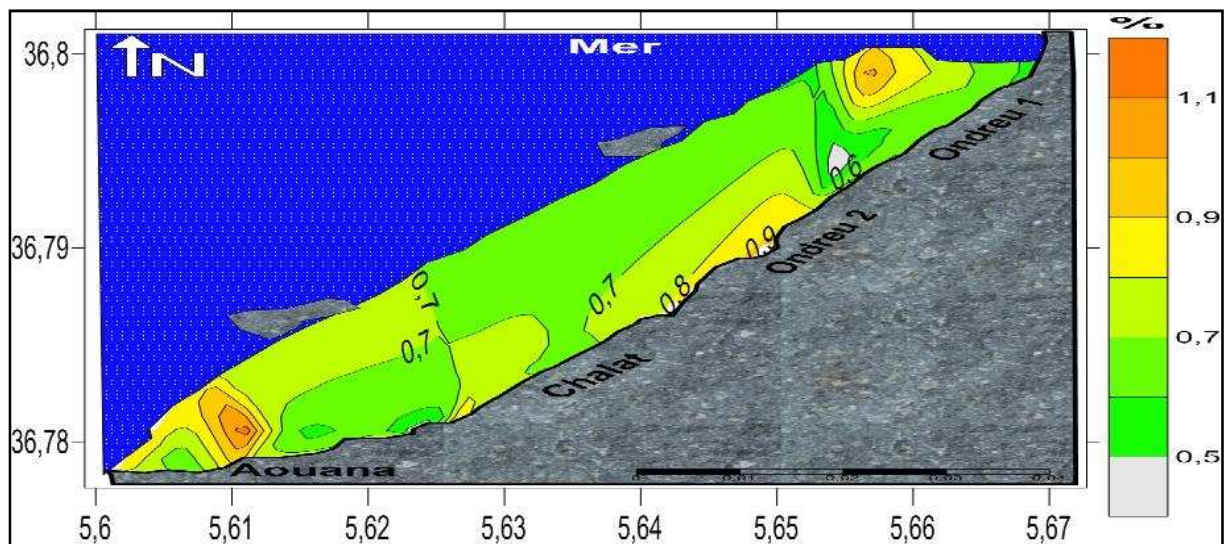


Figure 32 : Carte de la répartition des pélites dans la partie marine.

### 2.3.3. Le décile inférieur (D10)

La répartition du décile inférieur dégage deux faciès différents. Le premier faciès apparaît au large de la plage Ondreu 1, devant l'emboucheur d'Oued Kissir, ainsi que dans la zone adjacente à la plage d'El Aouana avec une forte dominance des diamètres supérieurs à 250  $\mu\text{m}$ . le deuxième faciès se trouve au large des plages Ondreu 2 et Chalât dont les diamètres des sédiments varient entre 160 et 200  $\mu\text{m}$ .

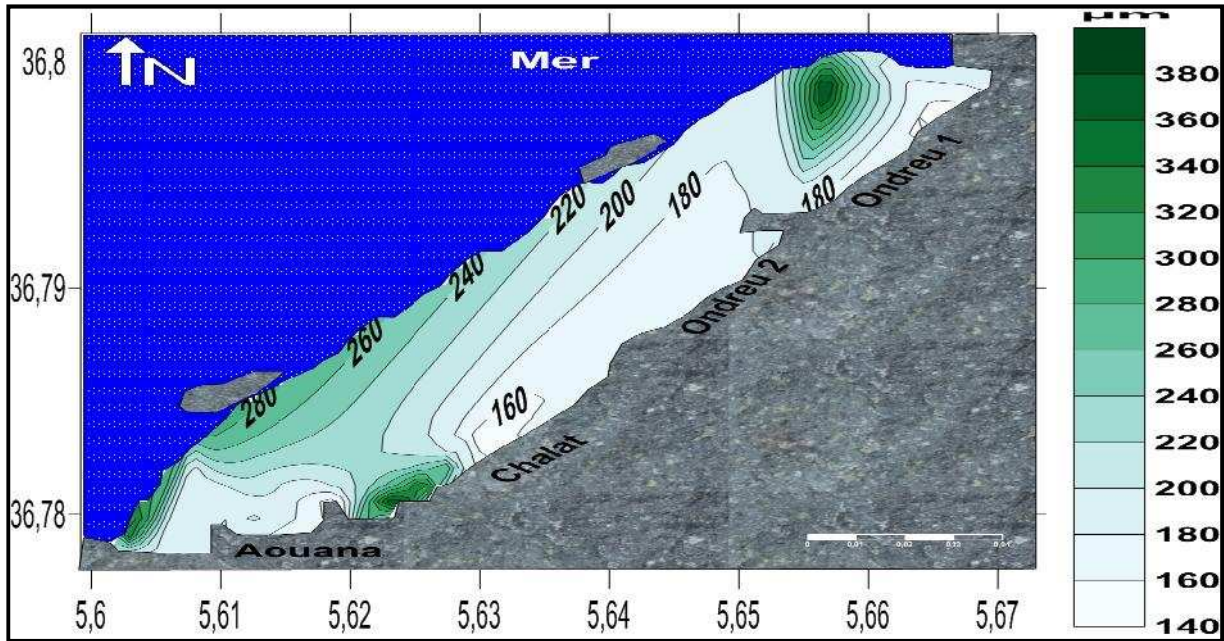


Figure 33 : Carte de la répartition du décile inférieur (D10) dans la partie marine.

### 2.3.4. Le quartile inférieur (Q25)

La distribution du quartile inférieur (Q25) est semblable à celle du décile inférieur (D10). Un premier faciès est localisé devant l'embouchure d'Oued Kissir, les diamètres varient entre 190 et 300  $\mu\text{m}$ . Au large des plages de Chalal et Ondreu 2, les diamètres varient entre 160 à 200  $\mu\text{m}$ , ça augmente vers la plage d'El Aouana où les diamètres varient entre 220 et 300  $\mu\text{m}$ .

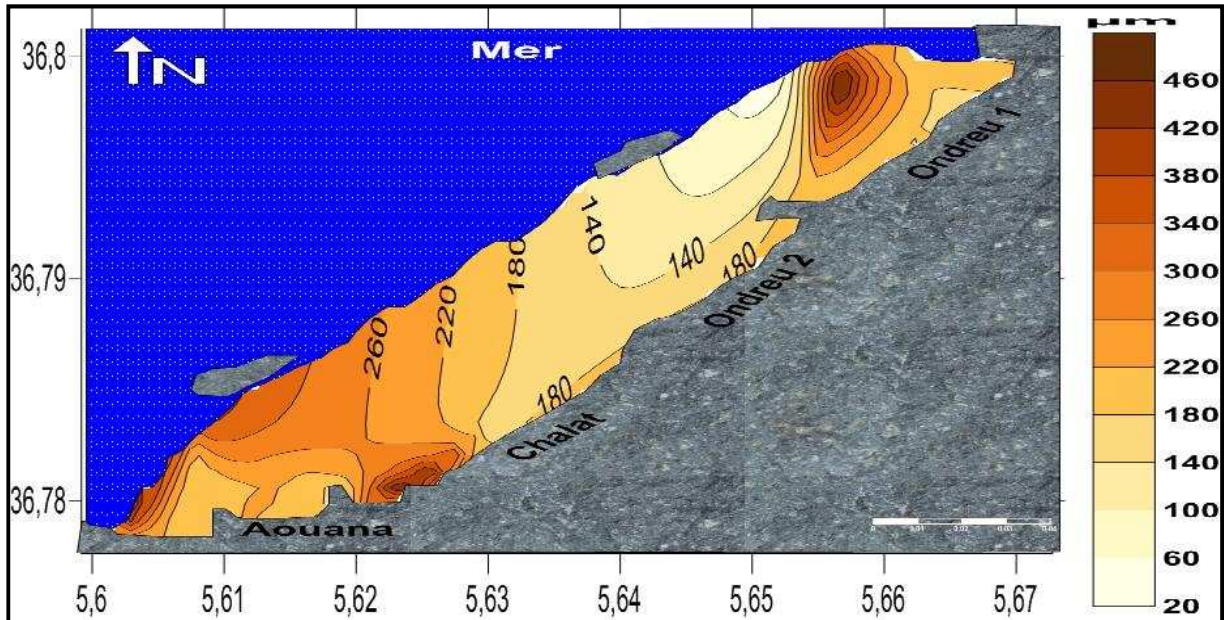


Figure 34 : Carte de la répartition du quartile inférieur (Q25) dans la partie marine.

### 2.3.5. La médiane (Q50)

D'une façon générale, les sédiments sont relativement homogènes et la médiane varie entre 185 et 606  $\mu\text{m}$ . la moyenne de la médiane est de 315,5  $\mu\text{m}$ , ceci montre donc que la constitution de sédiment est majoritairement de sable moyen.

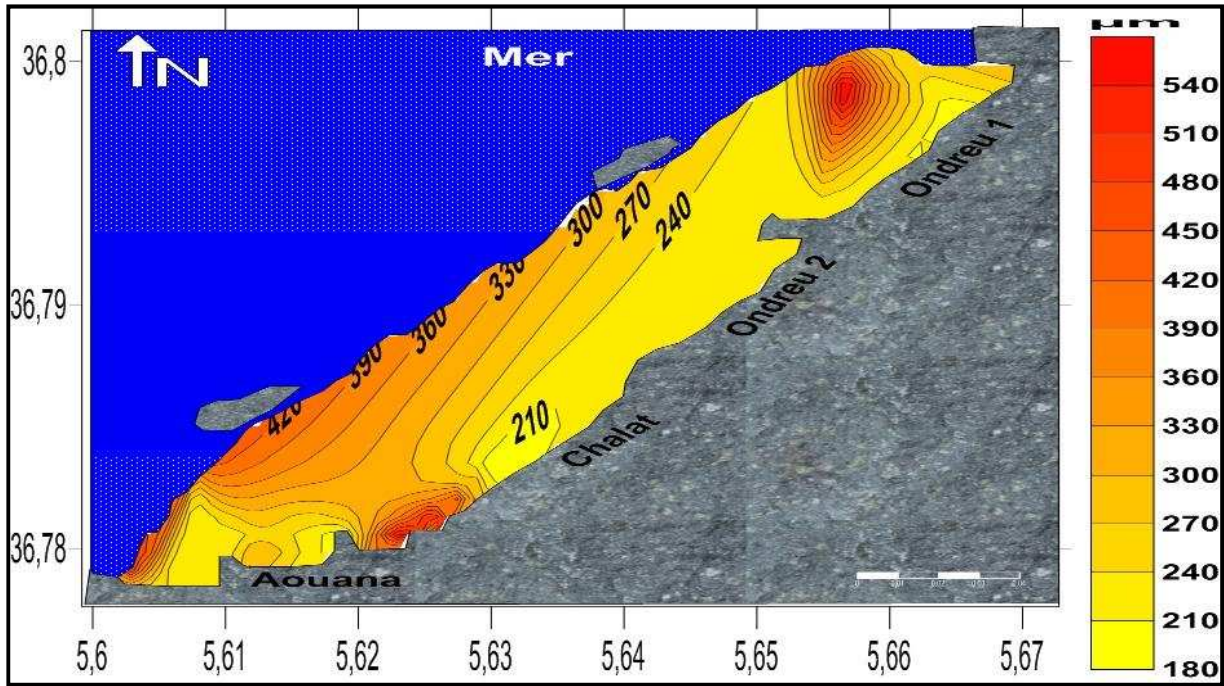


Figure 35 : Carte de la répartition de la médiane (Q50) dans la partie marine

### 2.3.6. Le quartile supérieur (Q75)

La distribution des diamètres dégage deux faciès distingués : un premier entre 200 et 400  $\mu\text{m}$ , qui se distribue au large des plages de Chalât et Ondreu 2, le second faciès entre 400 et 700  $\mu\text{m}$  devant les plages d'El Aouana et Ondreu 1.

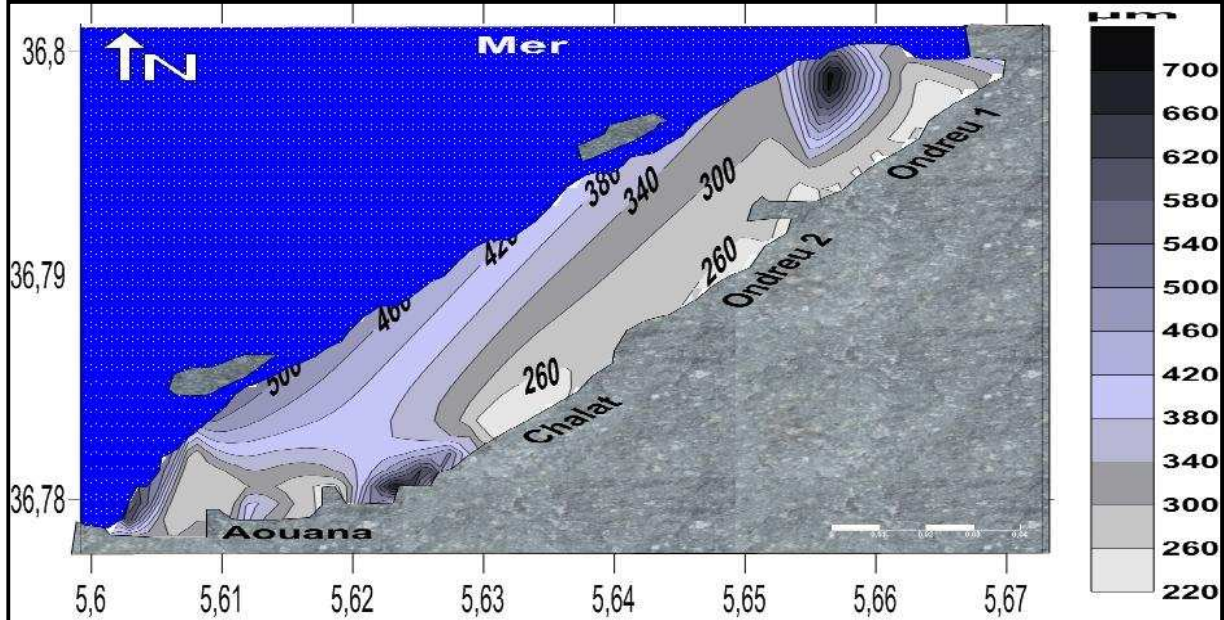


Figure 36 : Carte de la répartition du quartile supérieur (Q75) dans la partie marine.

### 2.3.7. Le décile supérieur (D90)

La distribution du décile supérieur a le même aspect que la distribution du quartile supérieur, on dégage deux faciès distincts : le premier entre 340 et 500  $\mu\text{m}$  dans la partie centre, le second aux deux extrémités Est et Ouest, avec des diamètres entre 500 et 800  $\mu\text{m}$ .

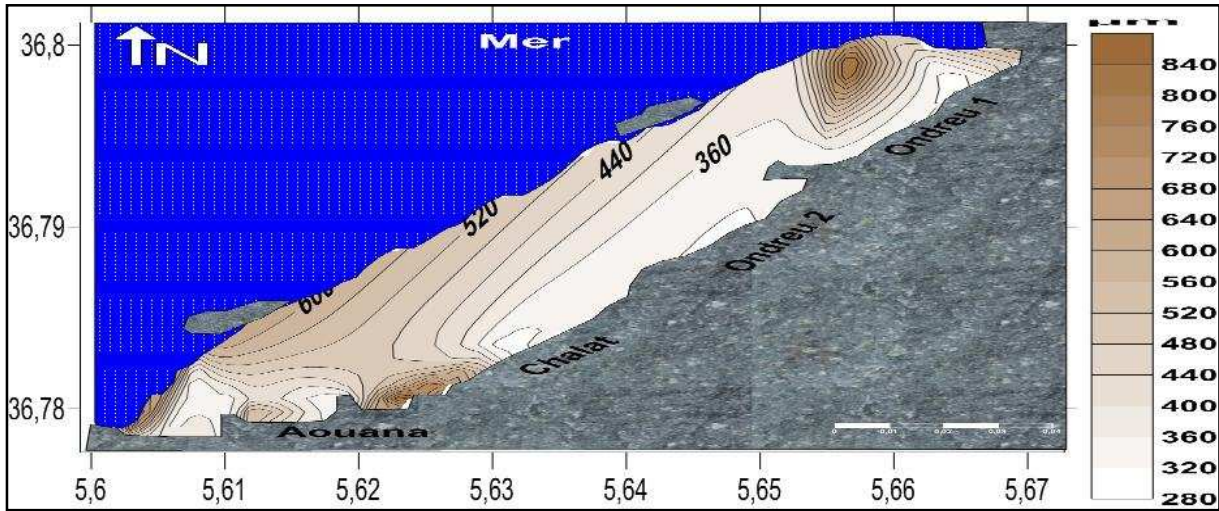


Figure 37 : Carte de la répartition du décile supérieur (D90) dans la partie marine.

**2.3.8. Indice de classement**

Les valeurs de  $S_0$  obtenus dans la partie marine varient autour de 1,5. Donc les sédiments de la région sont bien classés.

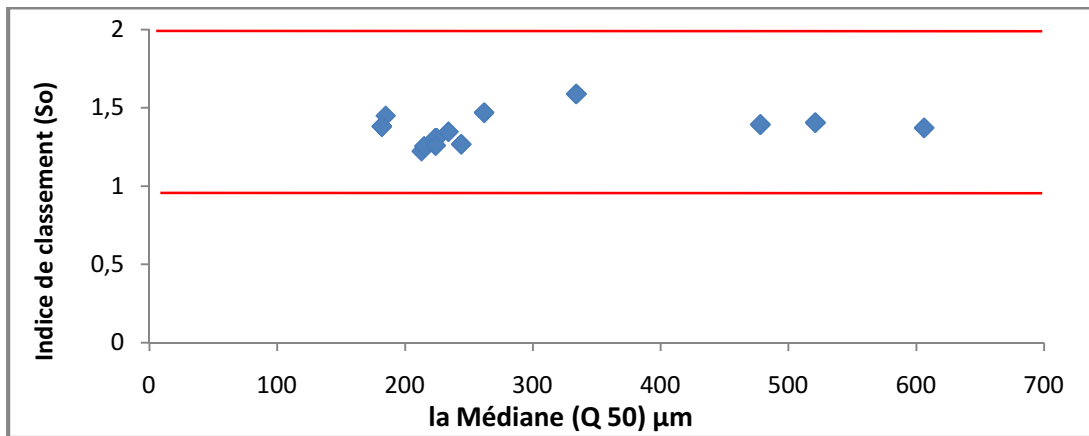


Figure 38 : Relation entre l'indice de classement et la médiane

**2.3.9. Le coefficient d'asymétrie (Sk)**

La majorité des valeurs de l'indice d'asymétrie des échantillons de la partie marine se situent en dessous de 1. Donc cela traduit un tri maximum vers les fines.

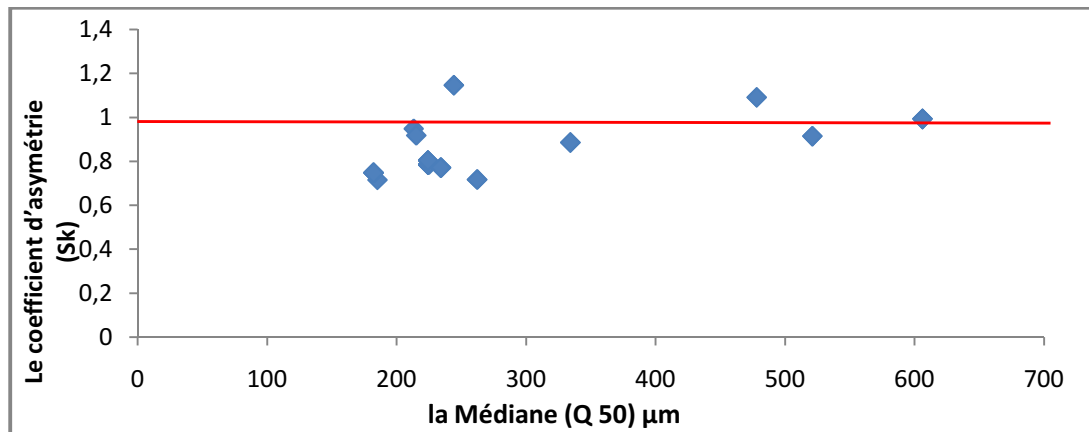
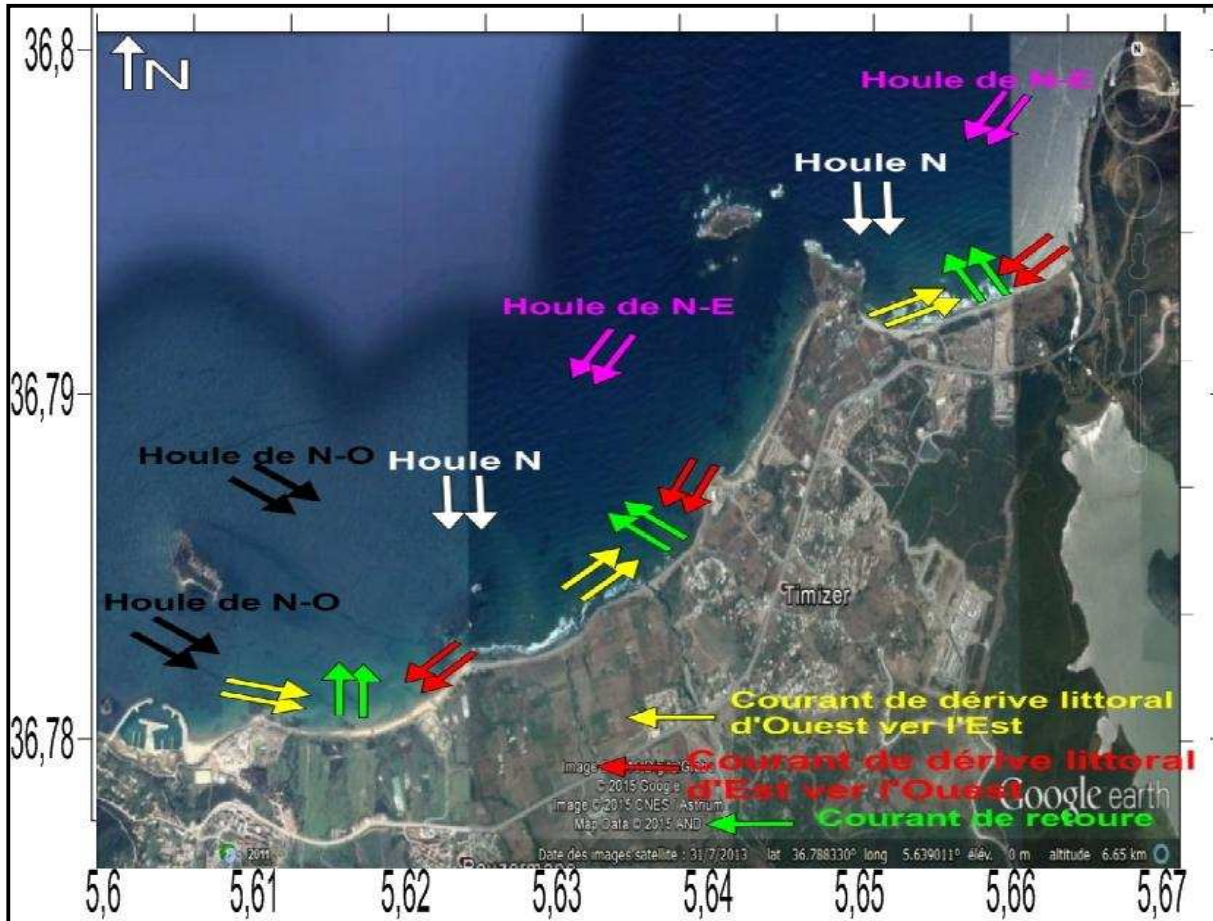


Figure 39 : Relation entre le coefficient d'asymétrie et la médiane

### 3. La dynamique sédimentaire dans la partie marine Est de TAZA

Le régime général du transit littoral dans la zone d'intérêt est surtout influencé par deux facteurs :

- le régime de houle sur le site,
- la disponibilité de sédiments mobiles.



**Figure 40** : Schéma probable de la dynamique sédimentaire entre le Port d'El Aouana et Ras El Afia

La houle de direction N-O donne lieu à une grande capacité de transport littoral d'Ouest en Est. Le volume de sédiment réellement transité est cependant limité par un déficit de sédiments mobiles et aussi par les orientations différentes des premiers tronçons de la côte à l'Est de la pointe de Cavallo.

La forme saillante de la pointe Cavallo en mer, le caractère de la côte rocheuse à l'Ouest de la pointe Cavallo et le déficit en sédiments mobiles, sont des indicateurs d'un blocage absolu au niveau de la pointe Cavallo pour le transit littoral. Il s'en suit que le transit réel vers l'Est est minime, même si la capacité de transport est assurée par un courant de houle.

Un sédiment transité dans la partie Ouest pendant une période de vent / houle des directions Nord à Nord-Est sera renvoyé en direction Est dès l'arrivée de la houle du Nord-Ouest.

Sur la partie centre par contre la côte est orientée presque perpendiculairement à la direction d'arrivée de la houle prédominante. Un équilibre semble exister entre le transit sédimentaire en direction Est d'un coté et le transit inverse en direction Ouest d'un autre coté. Même si ce dernier est généré par une houle sensiblement plus faible.

Puisque la houle de Nord-Est arrive plus fréquemment en été, un déplacement saisonnier du front d'avancement des sédiments mobiles est aussi très probable, l'étendue des sédiments mobiles sur la partie centre est limitée à quelque centaines de mètres à compter du rivage. Au delà de la zone côtière l'effet de la houle du Nord-Ouest est toujours dominant et le fond marin reste dénudé.

Le grand Cavallo est observé en direction Sud-Est de l'îlot à ce niveau, les sédiments mobiles tapissent le fond entre l'îlot et le port, ce qui cause l'ensablement de ce dernier. Ce phénomène se rapporte à la présence du courant de circulation dans la zone. Ce courant entraîne une dérive des sédiments à l'abri de l'îlot et à l'intérieur du port.

Sur la partie Est le fond marin est recouvert par des sédiments mobiles. Le transit principal de sédiment est toujours d'Ouest vers l'Est. La présence des oueds assure une alimentation de sédiments du coté terre pendant des périodes de forte pluie. En été les sédiments se déplacent également vers l'Ouest.

### **3.1. Analyse de la dynamique sédimentaire entre le port d'El Aouana et Ras El Afia avec le modèle Mc Laren / Gao et Collins**

Sous l'action des courants, des vents ou des houles, les particules solides qui forment les sédiments que l'on rencontre le long des littoraux, peuvent être arrachés des fonds, entraînées en suspension ou en charriage sur des distances plus ou moins grandes et déposées dans les zones calmes. Donc il est important de connaître le sens et la quantité des sédiments qui transitent le long du littoral.

Récemment de nombreuses études (McLaren et Bowles, 1985 ; Lanckneus, 1992 ; Gaw et al., 1994 ; Ehrhold, 1994) ont utilisé un modèle de transport sédimentaire semi-quantitatif dont les principes émis par McLaren (1981) reposent sur la comparaison entre échantillons de trois paramètres sédimentologiques les plus usuels ; la moyenne, l'indice de tri (Sorting) et l'indice de dispersion (Skewness). L'originalité réside dans l'utilisation simultanée de ces trois paramètres statistiques dans la procédure de traitement analytique des données pour mettre en évidence les filiations entre les échantillons prélevés selon une maille à pas régulier, et les exprimer ensuite sous la forme de vecteurs de transport sédimentaire.

Dans cette étude nous allons utiliser le modèle proposé par McLaren (1981) et modifié par Gao et Collins (1991, 1992). Ce modèle appliqué à plusieurs reprises dans des domaines différents (littoral, estuaire,...) (Gao et Collins, 1994, Sabatier et, Balouin et al, 2000, et Mezouar, 2009).

#### **3.1.1. Principe du modèle**

L'érosion, le transport par traction, saltation ou suspension, le dépôt sélectif ou total ainsi que le mélange de sédiments en provenance de différentes sources, sont à l'origine de la variation de la distribution spatiale des paramètres granulométriques. Les directions

privilégiées du transport sédimentaire peuvent être décrites par l'évolution de la taille moyenne ( $Mz$ ), du tri ( $So$ ) et de la symétrie de la distribution sédimentaire ( $Sk$ ) (Mc Laren, 1981).

**Tableau 9 :** Relations entre les paramètres granulométriques (en unité  $\phi$ ) de deux stations A et B, pour un transport sédimentaire de A vers B, de type FB- et CB+. (Mezouar, 2009).

Cas de transport sédimentaire	Définition	Relations entre les paramètres granulométriques $W$ (en unité)
<b>FB-</b>	<b>Finner, Better sorted, negatively skewed.</b> Le sédiment est érodé à sa source, transporté puis totalement déposé. Le sédiment résultant du dépôt est plus fin, mieux trié et présente une asymétrie vers les particules grossières (asymétrie $< 0$ en $W$ unité).	$\begin{matrix} \mu_1 & \mu_2 \\ 1 & 2 \\ Sk_1 & Sk_2 \end{matrix}$
<b>CB+</b>	<b>Coarser, Better sorted and positively skewed.</b> Le sédiment érodé à sa source est transporté et subit un dépôt sélectif le long du trajet de son transport du fait d'une diminution de l'énergie de l'agent de transport. Le sédiment qui résulte de ce transport est plus grossier, mieux trié avec une asymétrie vers les particules fines (asymétrie $> 0$ en $W$ unité).	$\begin{matrix} \mu_1 & \mu_2 \\ 1 & 2 \\ Sk_1 & Sk_2 \end{matrix}$

Le cas FB- correspond à des processus de transport de faible énergie et le cas CB+, des processus de forte énergie.

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

Cas :	Définition des cas en unité $\phi$					
<b>1</b>	$\mu_1$	$\mu_2$	$Si_1$	$Si_2$	$Sk_1$	$Sk_2$
<b>2</b>	$\mu_1$	$\mu_2$	$Si_1$	$Si_2$	$Sk_1$	$Sk_2$
<b>3</b>	$\mu_1$	$\mu_2$	$Si_1$	$Si_2$	$Sk_1$	$Sk_2$
<b>4</b>	$\mu_1$	$\mu_2$	$Si_1$	$Si_2$	$Sk_1$	$Sk_2$
<b>5</b>	$\mu_1$	$\mu_2$	$Si_1$	$Si_2$	$Sk_1$	$Sk_2$
<b>6</b>	$\mu_1$	$\mu_2$	$Si_1$	$Si_2$	$Sk_1$	$Sk_2$
<b>7</b>	$\mu_1$	$\mu_2$	$Si_1$	$Si_2$	$Sk_1$	$Sk_2$
<b>8</b>	$\mu_1$	$\mu_2$	$Si_1$	$Si_2$	$Sk_1$	$Sk_2$

Partant du principe que le dépôt est mieux trié dans la direction du transport sédimentaire, deux cas d'évolution peuvent alors être rencontrés, qui représentent avec une plus grande probabilité les réelles tendances de transport sédimentaire, les transports de type FB- et CB+ (Gao et al, 1994 in Mezouar, 2009).

### 3.1.2. Procédure analytique

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

#### a. Préparation des données d'entrée

Une grille d'entrée doit être mise avant l'utilisation de logiciel et doit être préparée par ordre (Annexe 5).

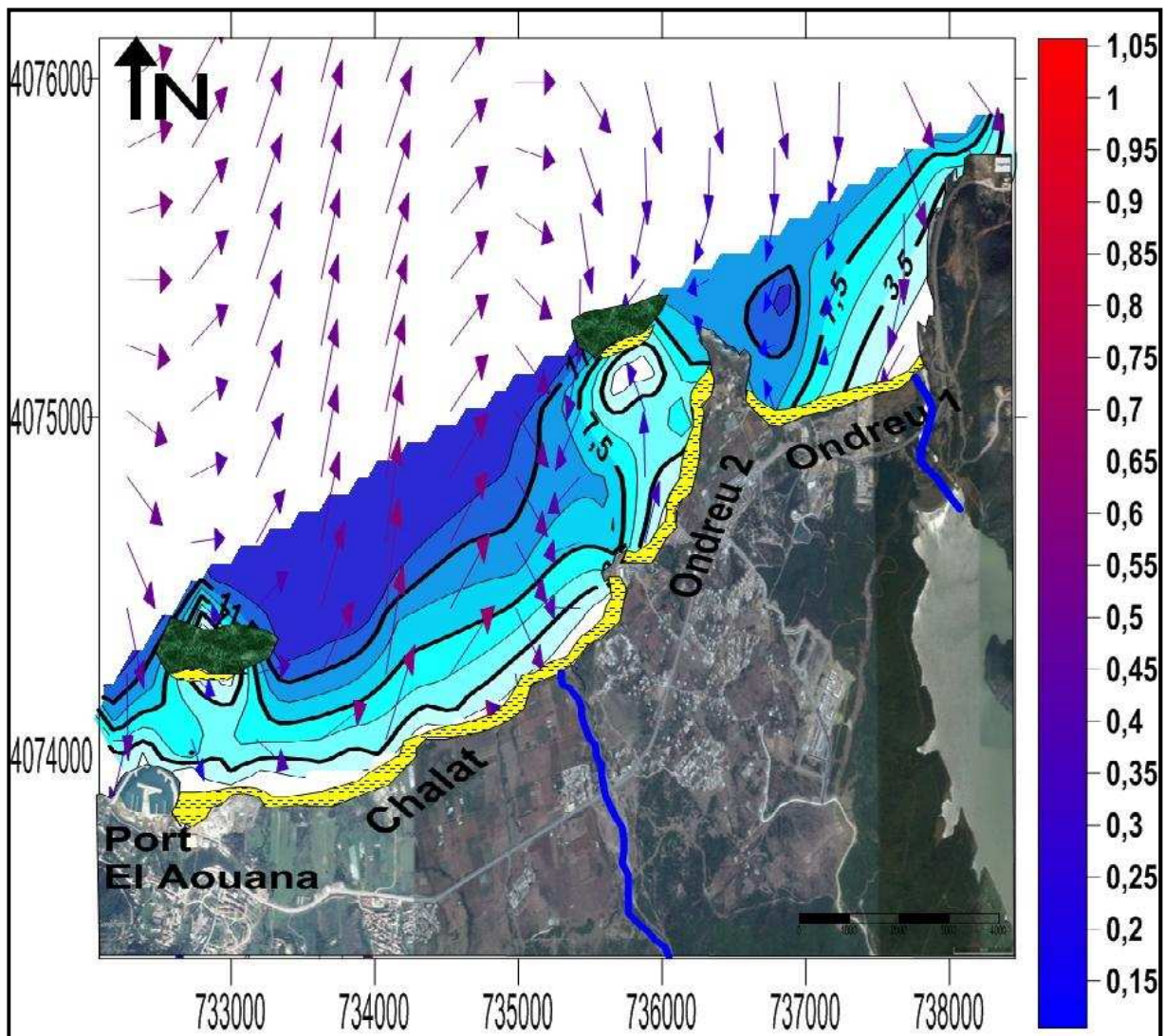
#### b. Application du GSTA

Le logiciel GSTA est un programme destiné à l'analyse du transport sédimentaire. Son application est facile (Annexe 5).

#### c. Exploitation des données de sortie

On utilise le logiciel SURFUR 11 pour exploiter les données output de GSTA (Annexe 5).

### 3.1.3. Les résultats de la modélisation



**Figure 41** : Modélisation du transport sédimentaire dans la partie marine Est du Parc National de Taza

### 3.1.4. Interprétation des résultats

La fiabilité des résultats dépend de la taille des vecteurs, plus le module est grand plus le résultat est fiable.

Au niveau de la plage Ondreu 1, les houles provenant des directions Nord et Nord-Est engendrent un déplacement de sédiments transportés par Oued Kissir de l'Est vers l'Ouest.

Les résultats du GSTA mettent en évidence que l'origine des sédiments de le Petit Cavalo est la plage Ondreu 2, la (figure 41) montre clairement ce déplacement.

Au niveau de la plage Chalat, le transit sédimentaire s'effectue de l'Ouest vers l'Est. Il y a aussi le transit qui se fait de la cote vers le large, due très probablement aux courants de retour qui sont à l'origine de l'érosion de cette plage.

La diffraction des houles de Nord-Ouest au niveau de le Grand Cavalo, engendre des déplacements de sédiment vers la plage El Aouana. Cette déviation des houles a une forte probabilité d'être à l'origine de l'ensablement du port.

### Conclusion

Au terme de ce chapitre, consacré à l'étude bathymétrique et sédimentaire du littoral Est de la partie marine du Parc National de TAZA, nous pouvons retenir ce qui suit :

La topographie sous-marine de cette zone est très accidentée, et descend en pente forte vers le large.

La cartographie des stocks sédimentaires, montre nettement que cette zone est dominée par du sable fine.

La modélisation du transport sédimentaire, montre que la partie Est du Parc National de TAZA se trouve comme étant le siège d'une dynamique sédimentaire active.

# **Chapitre IV :**

# **Analyse calcimétrique**

### Introduction

La calcimétrie est la mesure de la teneur d'un sédiment en carbonates. Il peut s'agir de carbonate de calcium ou de carbonate de magnésium, mais ce dernier étant plus rare, et ayant généralement la même signification géomorphologique que le premier.

La calcimétrie consiste donc à la mesure de la proportion de carbonates de calcium (pourcentage de  $\text{CaCO}_3$ ) présents dans le sédiment.

Elle permet de connaître la part des sédiments biogènes, ou débris coquilliers. Et donc de suivre les migrations des sédiments nés dans des régions riches en plantes ou animaux fabriquant du calcaire. La teneur en carbonates est aussi généralement utilisée en tant qu'outil stratigraphique.

### 1. Principe de la méthode

L'étude des carbonates consiste à déterminer la teneur en  $\text{CaCO}_3$  (carbonates) pour chaque échantillon, en fonction du volume du gaz ( $\text{CO}_2$ ) dégagé après l'attaque à l'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ), d'un poids connu de sédiment.

Le calcaire  $\text{CaCO}_3$  réagit avec l'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ) pour donner du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), de l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) et du dichlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ), suivant la formule :



On procède à l'analyse des échantillons à l'aide du calcimètre de Bernard (Figure 42).

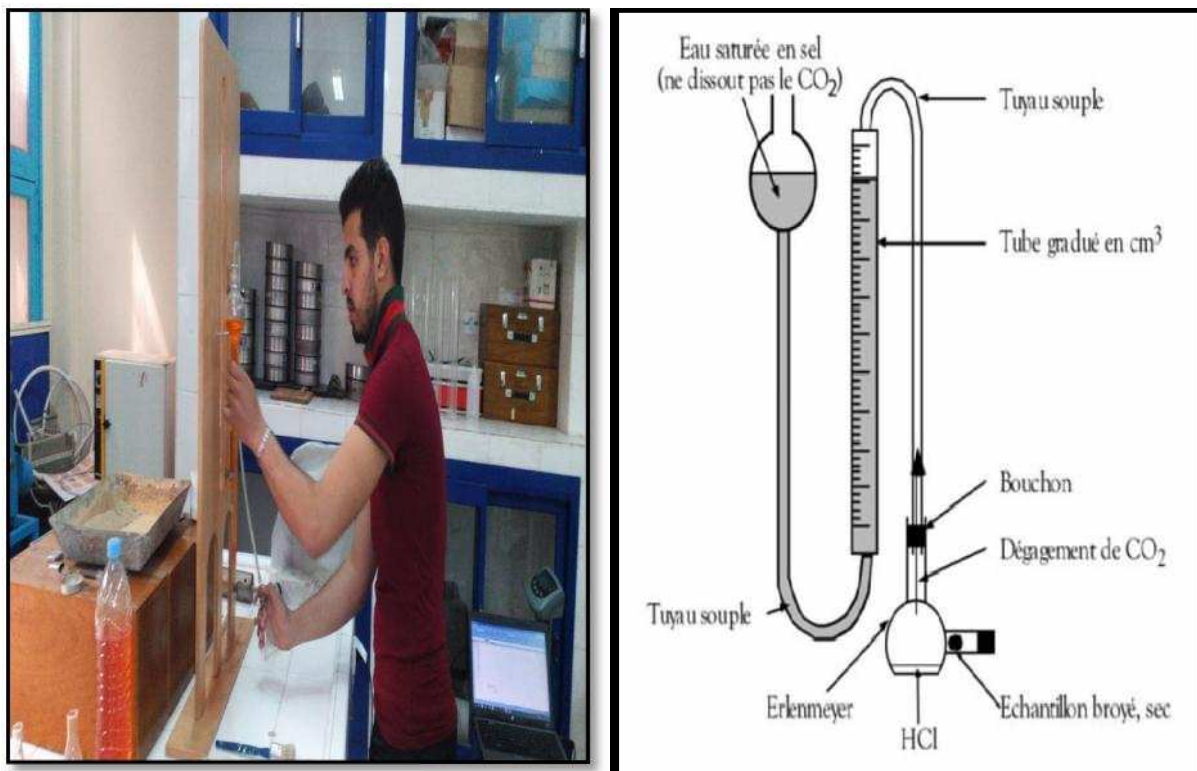


Figure 42 : Calcimètre de Bernard

### 2. Mode opératoire

- Préparer une solution saturée de NaCl.
- Tarer la balance puis peser 0.25g de l'échantillon broyé.
- Remplir au même niveau le niveau de la solution saturé en NaCl du tube gradué et de l'ampoule du calcimètre et on note la division correspond au  $V_1$  sur le tube gradué.
- Introduire 0.25 g de carbonate pur ou 0.25 g de l'échantillon à étudier dans l'ernlemeyer.
- Remplir un petit tube avec de l'acide chlorhydrique (HCL) et on l'introduit dans l'ernlemeyer avec une pince et avec précaution pour ne pas le verser.
- Boucher l'ernlemeyer avec le bouchon relié au tube gradué de calcimètre de Bernard.
- Renverser l'acide contenu dans le tube sur l'échantillon.
- Agiter de temps en temps l'ernlemeyer pour activer la réaction.
- A la fin de l'effervescence, noter la division correspond au  $V_2$  sur le tube gradué.
- Le volume de  $CO_2$  dégagé est la différence des volumes  $V_2-V_1$ .

### 3. Calculs

- Pour l'échantillon témoin (carbonate pur) le volume de  $CO_2$  dégagée est :

$$V_{\text{témoin}} = V_2 - V_1 = 71 - 10,5 = 60,5 \text{ ml de } CO_2 \text{ dégagé.}$$

- Pour l'échantillon L 1 : le taux de carbonate est :

$$V_{\text{échantillon.1}} = V_2 - V_1 = 38 - 12,5 = 25,5 \text{ ml de } CO_2 \text{ dégagé.}$$

Et on sait que le carbonate pur contient 100 % de  $CaCO_3$

Donc :  $V_{\text{témoin}} = 60,5 \text{ ml de } CO_2 \text{ dégagé} \rightarrow 100\% \text{ de } CaCO_3$

$$V_{\text{échantillon.1}} = 25,5 \text{ ml de } CO_2 \text{ dégagé} \rightarrow X\% \text{ de } CaCO_3$$

D'où % de  $CaCO_3 = 42,1487603\%$

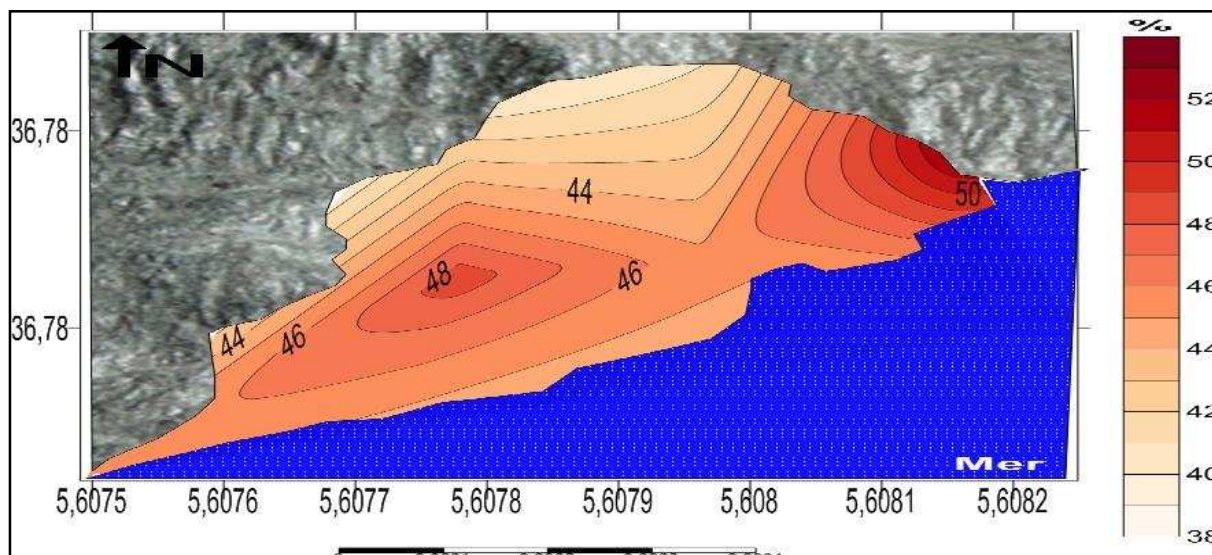
- On fait les mêmes calculs pour les autres échantillons. (Annexe 8).

## 4. Résultats et interprétations

### 4.1. L'île de Cavalo

La répartition spatiale des taux de carbonates des sables de la plage de l'île de Cavalo montre des teneurs variables entre un maximum de plus de 53%, et un minimum de 38% au niveau des stations n°2 et 5 respectivement (Annexe 8).

La carte de distribution des taux de calcite analysée (Figure 43), montre une évolution décroissante du rivage vers l'arrière de la plage. Ceci s'explique par le fait que le rivage est riche en débris de coquilles et en fragments calcaire qui déferlent avec les vagues sur la plage. La zone Est de la plage est la zone la plus concentré en  $CaCO_3$  car elle est un peu protégée, ce qui favorise l'accumulation des calcites.



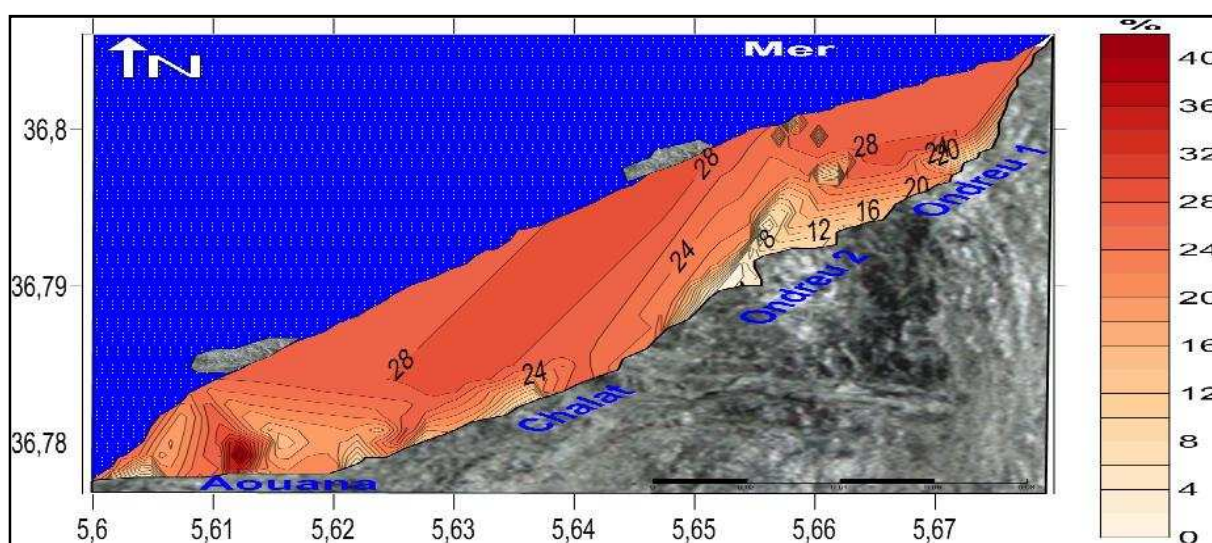
**Figure 43 :** Carte de la distribution spatiale des taux de  $\text{CaCO}_3$  dans les sédiments de l'île Cavallo

#### 4.2. La partie marine

La répartition spatiale des taux de carbonates des sables de la partie marine étudiée montre des teneurs variables entre un maximum de plus de 30% et un minimum de 13,5% au niveau des stations n°2 et 6 respectivement. (Annexe 8).

La carte de la distribution des taux de calcite analysée (Figure 44), montre que la quantité de  $\text{CaCO}_3$  dans les sédiments est peu élevée dans tous les points, elle ne dépasse pas 31%. Ceci s'explique par le fait des courants engendrés par les houles déferlantes et qui empêchent la sédimentation des particules fines riche en  $\text{CaCO}_3$ .

La zone la plus concentrée en  $\text{CaCO}_3$  se trouve à l'aval de l'épi de port d'El Aouana. Ceci s'explique par le faible hydrodynamisme dans cette zone qui favorise l'accumulation et la précipitation des calcites.



**Figure 44 :** Carte de la distribution spatiale des taux de  $\text{CaCO}_3$  dans les sédiments de la partie marine

### Conclusion

En général, les carbonates sont considérés comme reflétant la quantité des composants biogènes (calcite et aragonite), et terrigène (calcite) présents dans un sédiment.

L'analyse calcimétrique montre la présence d'une faible quantité des carbonates dans les sédiments de la partie marine, cette petite quantité ne joue pas un rôle important comme traceur dans ces sédiments.

Les courants engendrés par les houles déferlantes empêchent la sédimentation des particules fines riche en  $\text{CaCO}_3$ .

**Chapitre V :**  
**Traçage du trait de côte par le théodolite**

### Introduction

La gestion de la zone côtière nécessite une bonne connaissance des processus responsables de la mobilité (érosion/accumulation) du littoral. Parmi ces connaissances ; le suivi de l'évolution de trait de côte, qui est un paramètre très important dans l'estimation de la dynamique côtière.

Dans ce chapitre, on va parler de l'utilisation de théodolite pour tracer non seulement le trait de côte 2015, mais aussi les limites des plages, ce qui nous permet de calculer leurs largeurs, longueurs et superficies.

#### 1. Le théodolite

Un théodolite est un instrument de géodésie complété d'un instrument d'optique, mesurant des distances et des angles dans les deux plans horizontal et vertical afin de déterminer une direction. Il est utilisé pour réaliser les mesures d'une triangulation : mesure des angles d'un triangle.



**Figure 45** : Utilisation d'un théodolite pour le traçage du trait de côte

## 2. Principes de fonctionnement

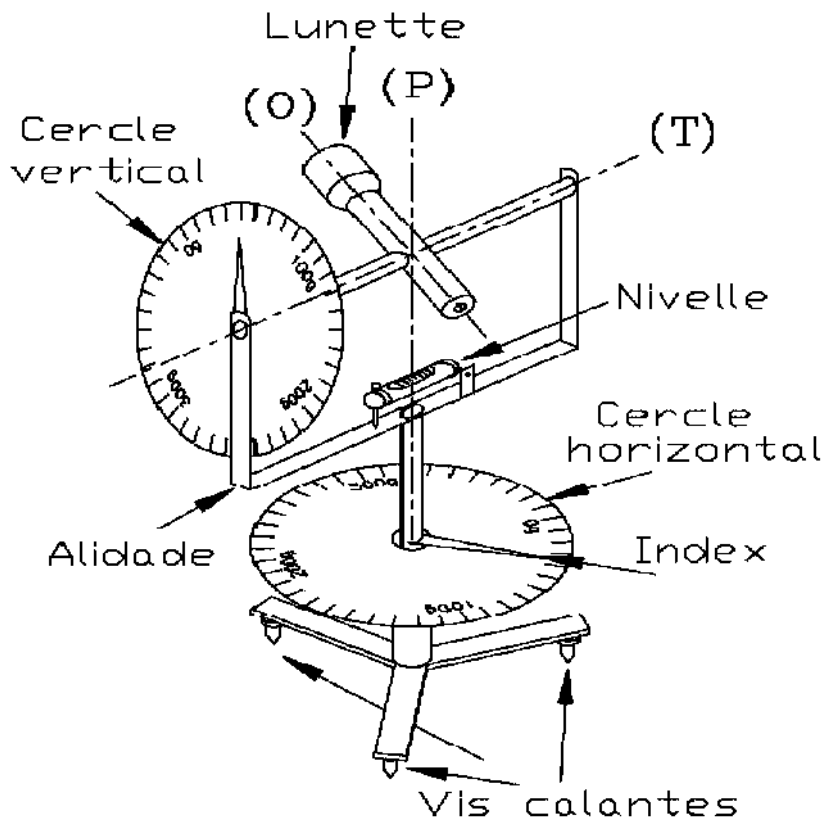
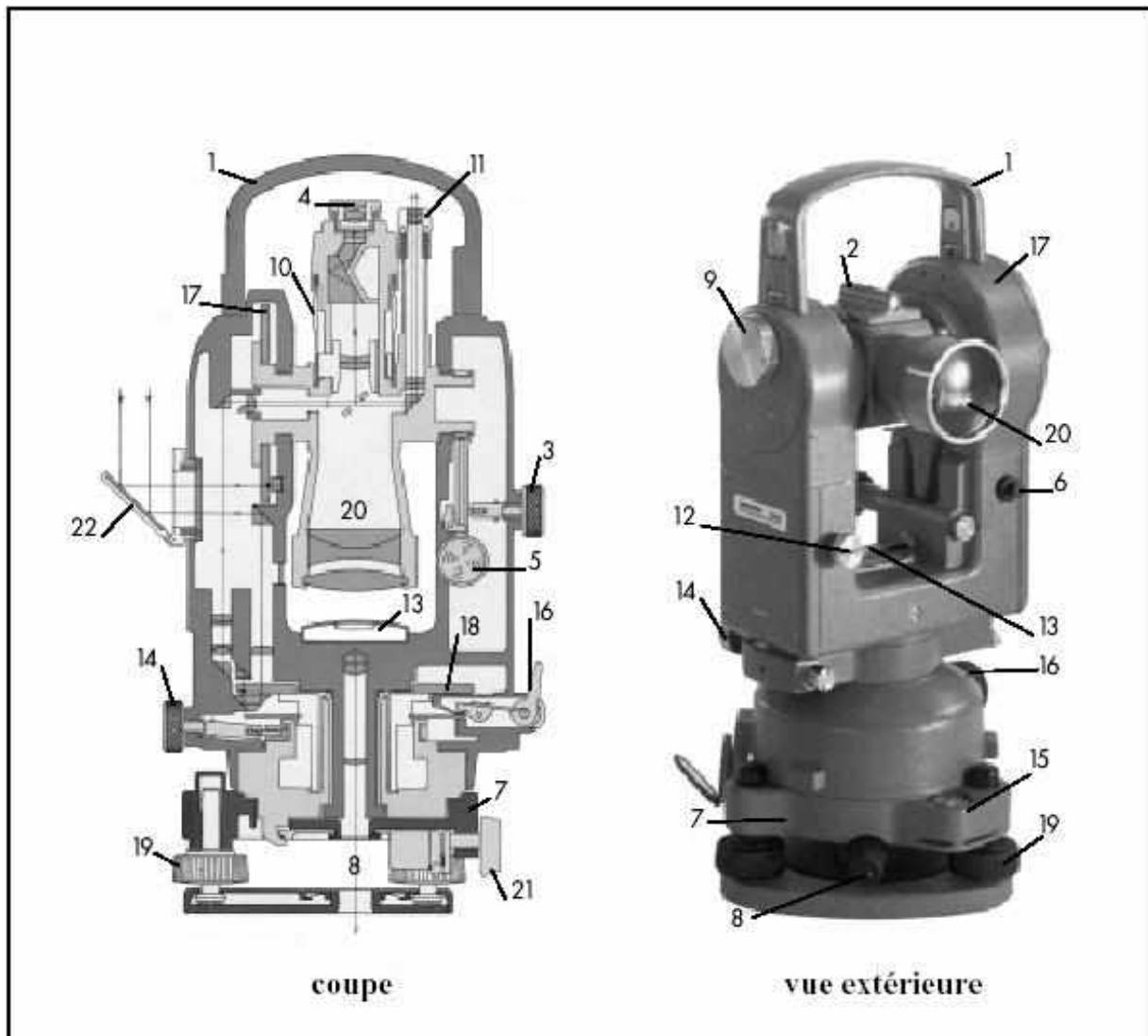


Figure 46 : le schéma de principe du fonctionnement d'un théodolite.

- **(P) : axe principal** : il doit être vertical après la mise en station du théodolite et doit passer par le centre de la graduation horizontale.
- **(T) : axe secondaire (ou axe des tourillons)** : il est perpendiculaire à (P) et doit passer au centre de la graduation verticale.
- **(O) : axe optique (ou axe de visée)** : il doit toujours être perpendiculaire à (T), les trois axes (P), (T) et (O) devant être concourants.
- **L'alidade** : c'est un ensemble mobile autour de l'axe principal (P) comprenant le cercle vertical, la lunette, la nivelle torique d'alidade et les dispositifs de lecture (symbolisés ici par des index).
  - **Le cercle vertical** (graduation verticale). Il est solidaire de la lunette et pivote autour de l'axe des tourillons (T).
  - **Le cercle horizontal ou limbe** (graduation horizontale). Il est le plus souvent fixe par rapport à l'embase mais il peut être solidarisé à l'alidade par un système d'embrayage: on parle alors de **mouvement général** de l'alidade et du cercle autour de (P) ; c'est le mouvement utilisé lors du positionnement du zéro du cercle sur un point donné. Lorsqu'il est fixe par rapport au socle, on parle de **mouvement particulier** : c'est le mouvement utilisé lors des lectures angulaires.

### 3. Caractéristique d'un théodolite



1. Poignée amovible	12. Commutateur de lecture Hz-V
2. Viseur d'approche	13. Nivelles d'alidade
3. Vis de blocage de la lunette	14. vis d'alidade de fin pointé
4. Oculaire de la lunette	15. Nivelles sphérique
5. Vis de fin pointé	16. Débrayage du limbe
6. Contrôle d'automatisme	17. Cercle vertical
7. Embase amovible	18. Cercle horizontal
8. Plomb optique	19. Vis calantes
9. Micromètre optique	20. Objectif
10. Bague de mise au point	21. Blocage de l'embase
11. Microscope de lecture	22. Eclairage des cercles

Figure 47 : le schéma détaillé d'un théodolite

### 4. Principe de la méthode

La réalisation d'un levé de trait de côte à l'aide d'un théodolite consiste à relever la position de l'ensemble des points du terrain et de les reporter sur un plan. On procède dans un premier temps à la détermination de chaque point du terrain en coordonnées polaires (D : distance-  $\theta$  : angle orienter), on effectue ensuite le report sur un plan des différents points du terrain par une méthode graphique (angle et distance), ou par une méthode numérique (coordonnées rectangulaires(X,Y) des différents points).

### 5. Mode opératoire

#### 5.1. L'installation de l'instrument sur le trépied

- Installer le trépied d'une façon que les trois pieds soient enfoncés fermement dans le sol et que le dessus de la tête du trépied soit de niveau, autant que possible ;
- Ajustez le trépied à une hauteur confortable ;
- Bloquer les pattes rétractables ;
- Poser l'instrument sur la tête du trépied et serrez la vis centrale ;

#### 5.2. Mise à niveau

- Fixer l'instrument sur le trépied et placez la fiole de la lunette à la position 1 tel qu'il est indiqué (Figure 48) ;
- Empoigner les vis A et B de sorte que les pouces se déplacent en se rapprochant ou en s'éloignant l'un de l'autre ;
- Remarquer que la bulle d'air se déplace dans la même direction que le pouce gauche ;
- Lorsque la bulle d'air est centrée à la position 1, tourner l'instrument et regarder la fiole à la position 2 (Figure 48) ;
- Centrer la bulle d'air à la position 2 en n'utilisant que la vis C ;
- L'instrument devrait maintenant être à niveau, mais pour assurer, vérifier de nouveau ;
- Faire pivoter l'instrument sur  $180^\circ$  pour retourner la fiole ;

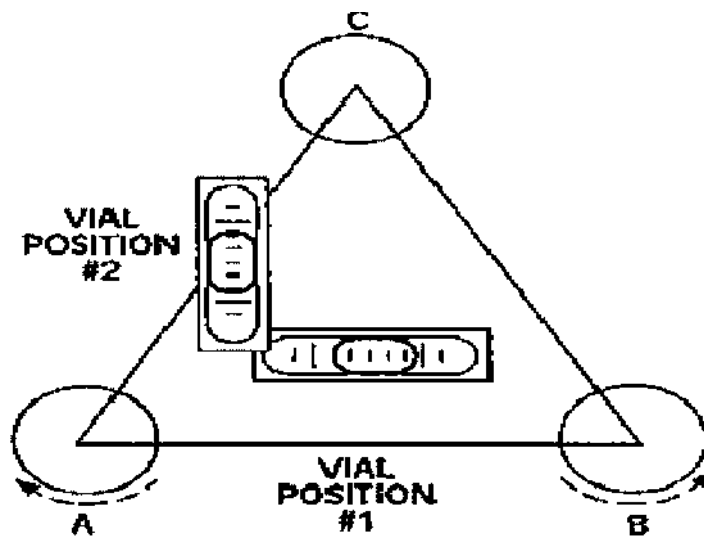


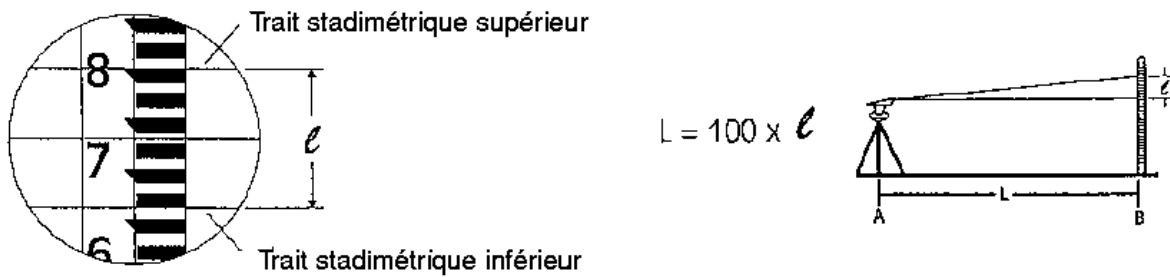
Figure 48 : mise à niveau d'un théodolite

**5.3. Visée et mise au point**

- Faire pivoter l'instrument manuellement de sorte que l'objet éloigné soit dans la mire de la lunette ;
- Tourner le bouton de mise au point jusqu'à ce que l'objet soit clairement visible ;
- Tourner le bouton de rappel horizontal pour que le fil vertical du réticule soit vis-à-vis de l'objet ;

**5.4. Mesure de la distance**

- La mesure de la distance peut être effectuée à l'aide des traits stadimétriques du réticule ;

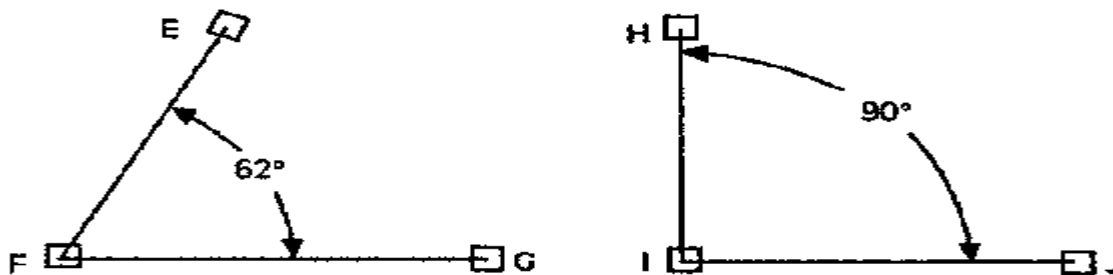


**Figure 49** : schéma explicatif de mesure des distances par un théodolite

- La distance entre le trait stadimétrique supérieur et le trait stadimétrique inférieur est fixée à une constante de 1:100. Si la différence est de 30 cm, la personne qui tient la mire de nivellement se trouve à 30 m de l'instrument ;

**5.5. Mesure d'angles horizontaux et verticaux**

- Pour mesurer ou rapporter un angle, positionner l'instrument et mettre-le à niveau ;
- Utilisez un fil à plomb d'environ 1,8 m. Attacher le fil à plomb au crochet situé sous l'instrument à l'aide d'un nœud coulant et abaisser-le pour que sa pointe soit à environ 6 mm du point au sol ;
- Pour calculer les angles horizontaux comme l'angle FEG (Figure 50), centrer l'instrument et mettre-le au niveau du point F en référant aux instructions précédentes ;
- Faire pivoter l'instrument de sorte que le point E soit pratiquement aligné sur le fil vertical du réticule ;
- Tourner la vis de rappel jusqu'à ce que le fil vertical du réticule soit aligné sur le point E ;



**Figure 50** : schéma explicatif de mesure des angles par un théodolite

- Remettez le cercle horizontal à zéro à l'aide de bouton RESET ;
- Faire pivoter la lunette vers le point G de sorte que le fil vertical du réticule soit aligné précisément sur le point G ;
- L'instrument est muni d'un écran qui affiche l'angle horizontal et vertical avec une précision plus grande qu'au degré.



Figure 51 : L'affichage d'un théodolite

### 6. Calculs et résultats

On utilise les résultats obtenus (angles horizontaux et distance) (Annexe 7) selon une échelle bien définie pour dessiner manuellement la ligne de côte et les limites des plages sur une feuille, qui sera ensuite scannée pour obtenir une image raster (Figure 52) prête à être traitée par le logiciel ArcGis 10 qu'on a utilisé pour la digitalisation, et le calcul des longueurs et des surfaces à l'aide de la règle de mesure.

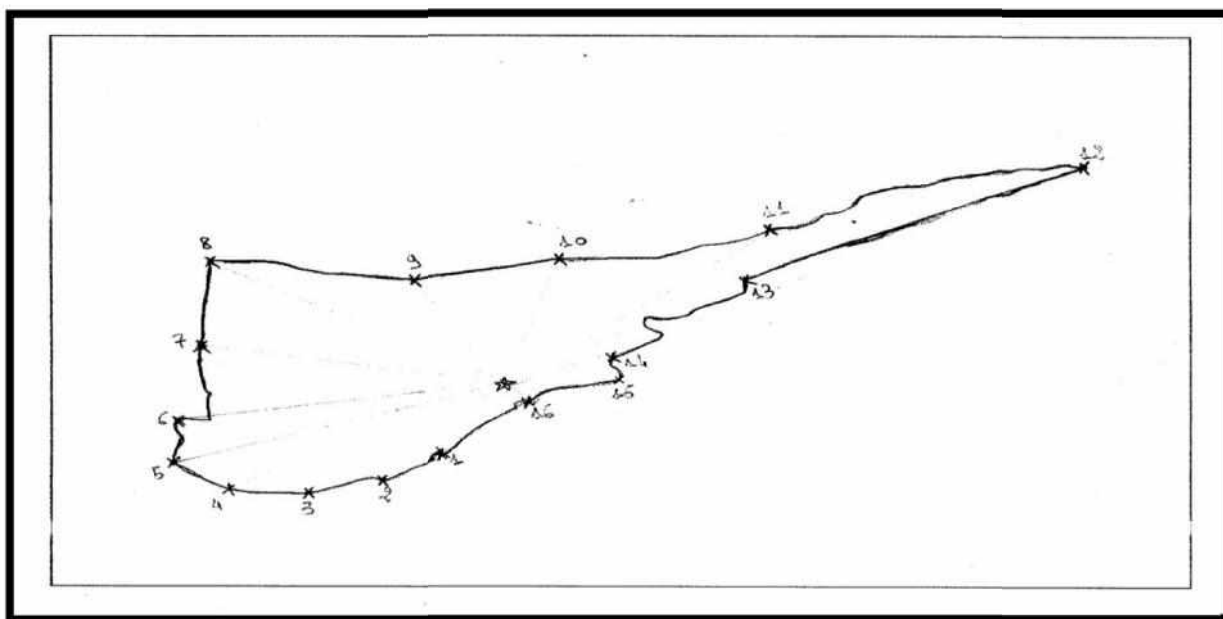


Figure 52 : dessin scanné de la plage El Aouana

Après le traitement de ces images scannées par le logiciel ArcGis 10, on a obtenu les résultats suivants :

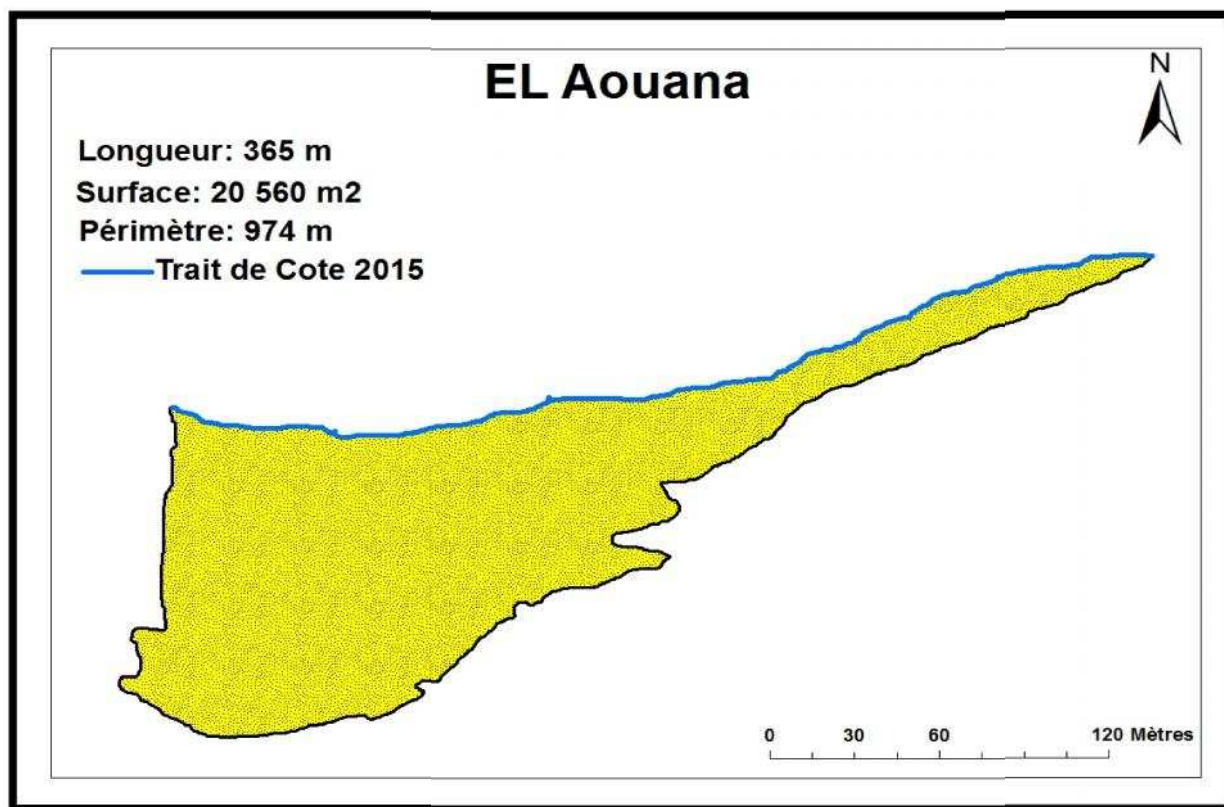


Figure 53 : Limite et trait de côte 2015 de la plage El Aouana.

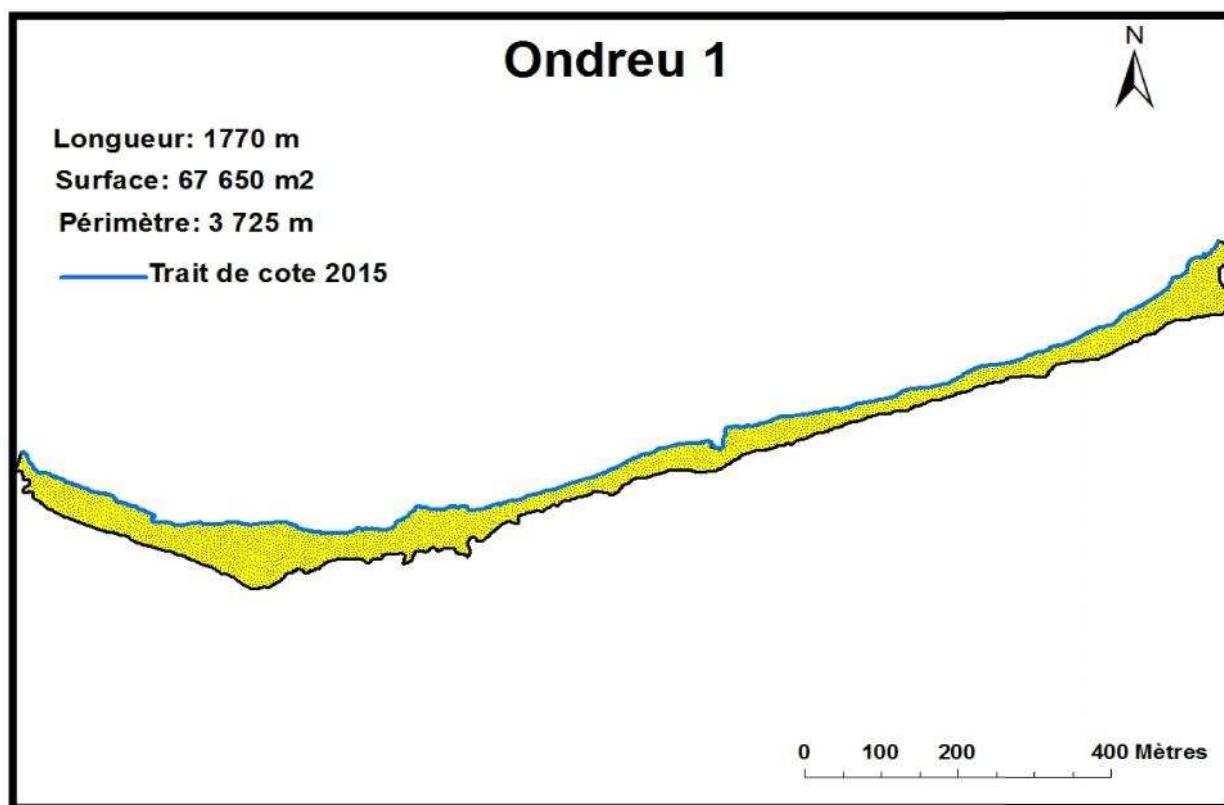


Figure 54 : Limite et trait de côte 2015 de la plage Ondreu 1.

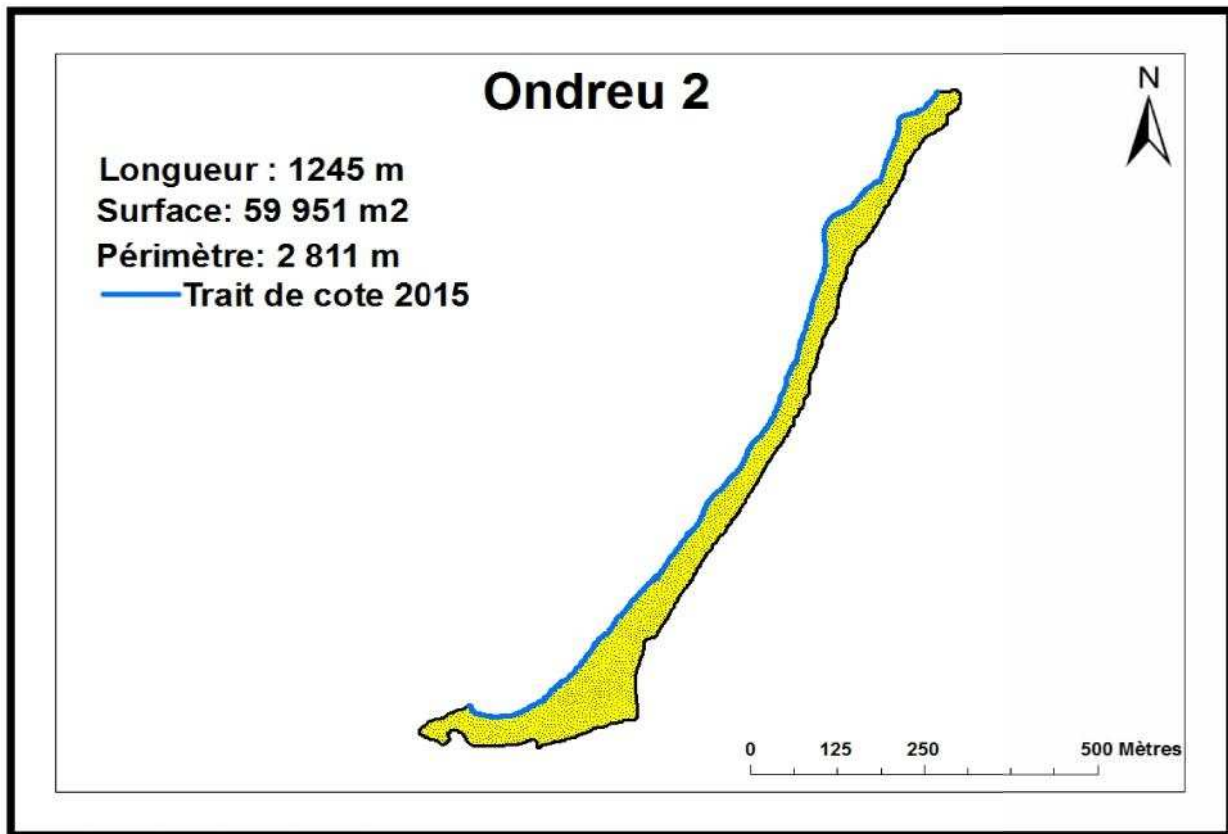


Figure 55 : Limite et trait de côte 2015 de la plage Ondreu 2.

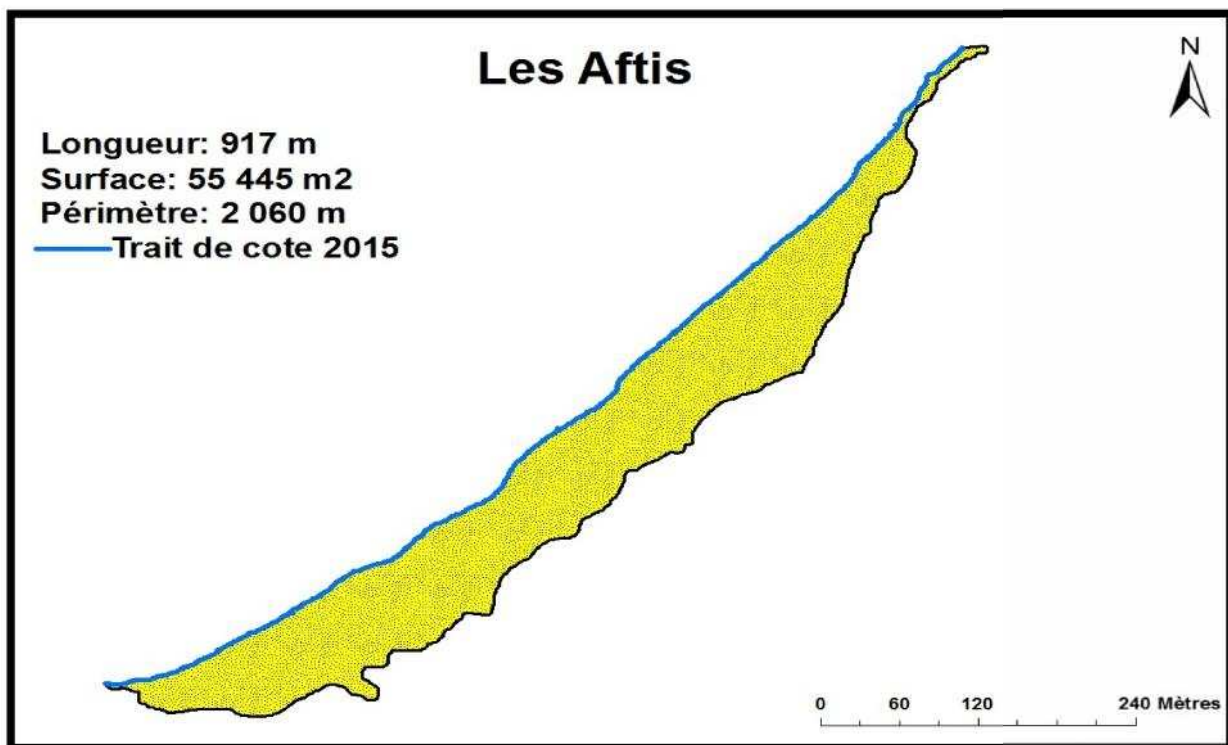


Figure 56 : Limite et trait de côte 2015 de la plage Les Aftis.

### **Conclusion**

Sur le site étudié, on a mis en évidence différents secteurs morphosédimentaires distincts, dont l'évolution morphodynamique est intimement liée aux facteurs naturels et aux travaux d'aménagement réalisés au niveau de ce littoral.

Le théodolite est un instrument qui permet de repérer la position exacte du trait de côte, qui sera ensuite utilisé pour suivre l'évolution des unités sédimentaire.

**Chapitre VI :**  
**MORPHODYNAMIQUE CÔTIÈRE UNE**  
**MACRO ÉCHELLE SPATIO-TEMPORELLE**

## Introduction

Une ligne de rivage correspond à l'intersection de la lithosphère avec l'hydrosphère marine. Sa position connaît des modifications en liaison avec le va-et-vient de la marée et le déferlement des vagues, mais on peut définir un niveau moyen de la mer, de marée nulle et sans vague, qui semble fixe et auquel on se réfère pour mesurer l'altitude d'un point de la surface d'un continent. En réalité, ce niveau marin, outre des oscillations de courte durée, est affecté par des variations à long terme dont la connaissance est indispensable pour comprendre la morphologie et l'évolution des littoraux (ROLAND PASKOFF, 1998).

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) n'ont suscité que récemment l'intérêt de la communauté scientifique concernée par le domaine marin, alors que leurs potentialités pour l'étude des écosystèmes terrestres sont reconnues depuis quelques décennies (Wright, 1999). La complexité de l'environnement marin, inhérente à sa nature dynamique, ainsi que les difficultés et le coût de la collecte des données en zone littorale sont en grande partie responsables de ce retard (Fowler et Schmidt, 1998). Cependant, les développements technologiques récents, notamment en imagerie, conduisent à l'acquisition de données localisées par divers organismes. Un nombre croissant de données de référence est disponible, permettant la mise en œuvre d'applications de recherche utilisant les potentialités d'analyse et de représentation des SIG.

### 1. Évolution historique du trait de côte

#### 1.1. Echelle spatio-temporelle de l'évolution morphologique des systèmes côtiers

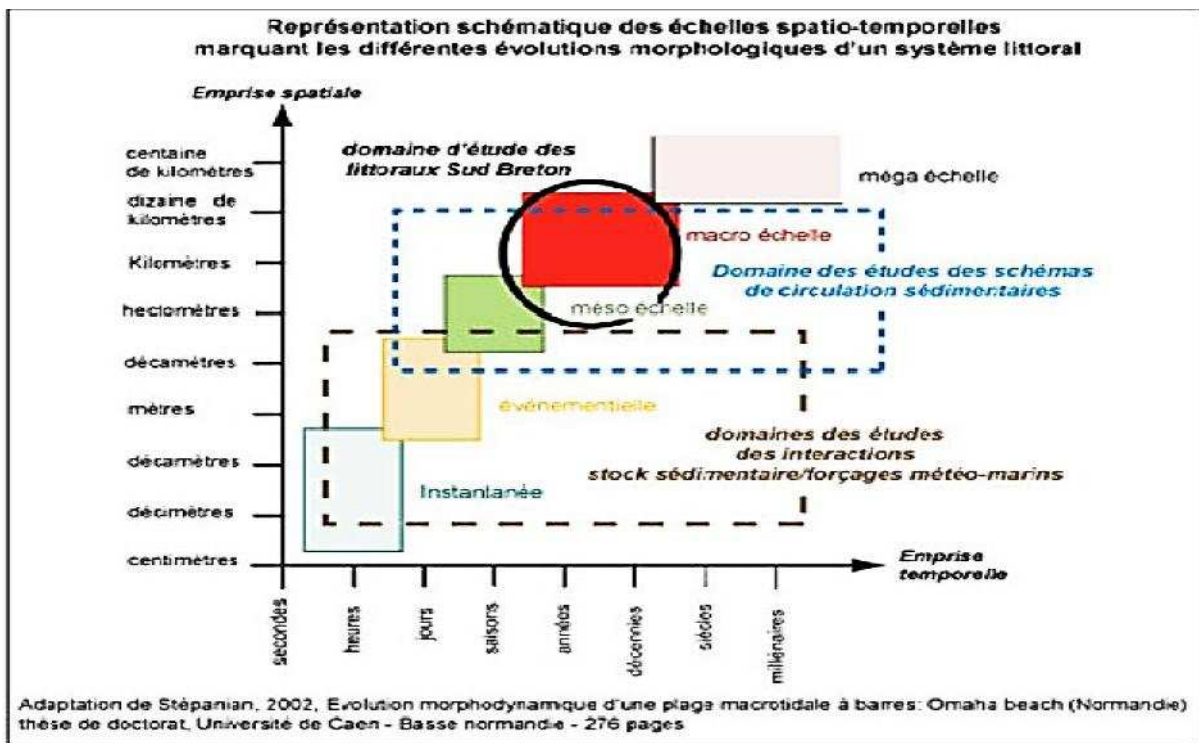
En fonction de l'échelle de temps à laquelle il est étudié, le comportement morphodynamique d'un système côtier peut être très variable. A chaque échelle de temps est associée une échelle spatiale fonction de l'amplitude volumique des changements morphologiques mis en jeu. Dans le cas d'un système côtier,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

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

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

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

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



**Figure 57 :** Représentation des différentes échelles spatio-temporelles associées à l'analyse en géomorphologie littorale (d'après les travaux de COWELL et THOM, 1994 in PIAN, 2010).

### 1.2. Récolte des données

On a utilisé 3 cartes extraites à partir de Google Earth enregistrées en 2008, 2011 et 2013 pour pouvoir comparer entre le trait de côte avant et après la construction du barrage de Kissir et le Port d'El Aouana. La quatrième carte, c'est le résultat de travail par le théodolite (trait de côte 2015) (voire chapitre V).

### 1.3. Moyens et procédure

Pour étudier l'évolution du trait de côte du littoral Est de Parc National de TAZA, on a utilisé un logiciel SIG, qui est ArcGis 10.

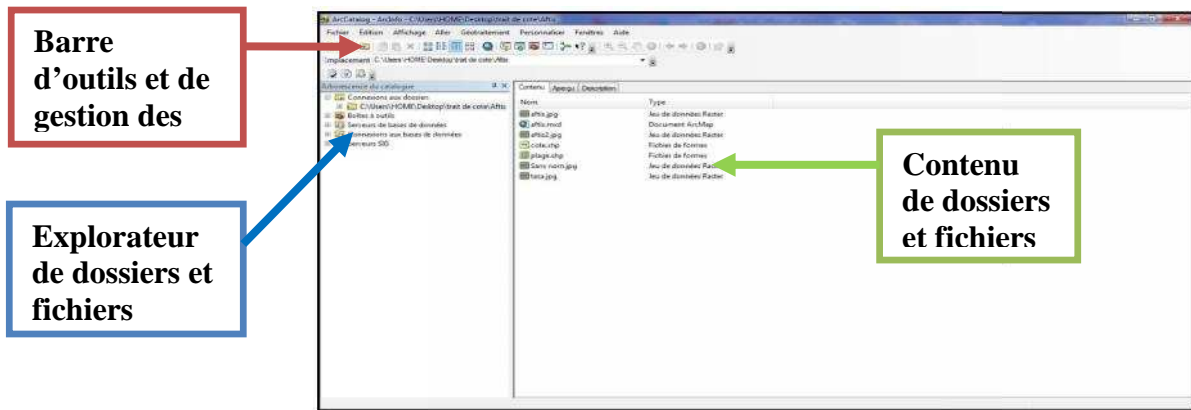
#### 1.3.1. Aperçu du logiciel ArcGis 10

ArcGis est un logiciel permettant d'exploiter un système d'Information Géographique (SIG). Il permet l'acquisition, le stockage, la mise à jour, la manipulation, et le traitement de données géographiques. De plus, il permet de faire de la cartographie et de l'analyse spatiale de façon précise en fonction de l'échelle désirée.

Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres. Le seul lien entre ces différentes couches est le lien spatial, c'est à-dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées. (SOUDANI K., 2006 In ASBAI 2013).

Le logiciel ArcGIS 10 est constitué d'une interface ArcMap et d'une interface ArcCatalog (accessoirement d'une interface ArcToolBox séparée) :

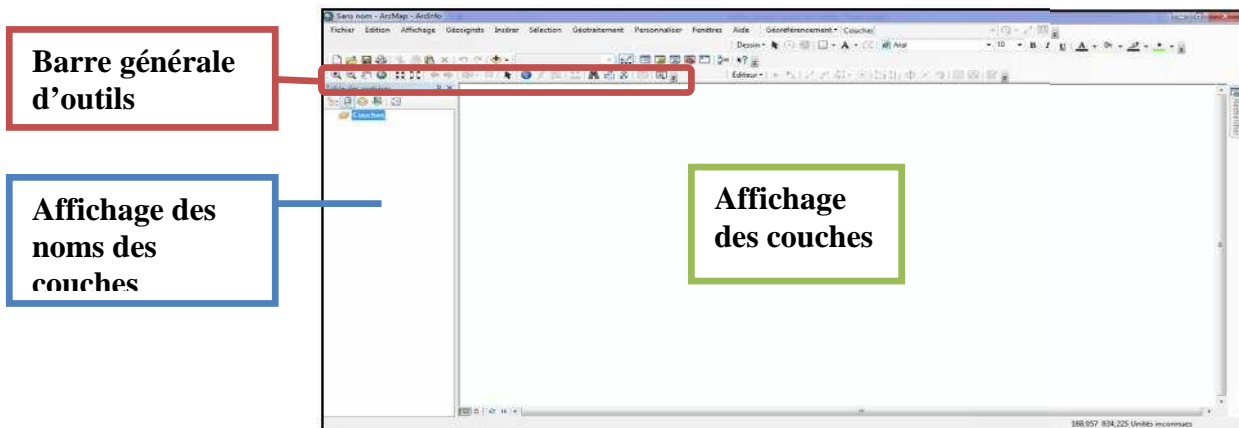
**ArcCatalog** : permet de passer en revue, organiser, distribuer et modifier les éléments de propriétés des données géographiques. L'interface permet d'employer des méthodes graphiques ou textuelles pour passer en revue, contrôler ou modifier l'ensemble des données.



C'est idéalement dans cette interface que l'on exécutera les actions les plus courants listées ci-dessous :

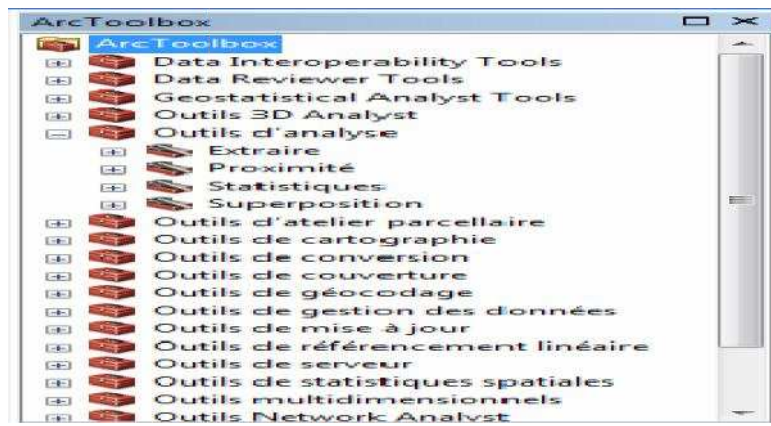
- Créer des nouvelles données (couches ou shapefiles, géodatabase...) ou supprimer une couche (soit l'ensemble des fichiers correspondants au shapefile) ;
- Attribuer un système de coordonnées lorsqu'il n'est pas reconnu par le logiciel, ou non renseigné ;
- Avoir un aperçu géographique ou attributaire d'une couche donnée.

**ArcMap** : montre, questionne, édite, crée ou analyse des données, sous forme de tables ou de cartes. Il facilite la disposition des cartes lors de la mise en page pour l'impression, l'intégration dans d'autres documents et l'édition de documents électroniques. L'interface du logiciel est présentée ci-dessous :



La barre d'outils renferme les outils de navigation sur les données graphiques des couches, ainsi que les outils d'affichage rapide de données sémantique (attributaires) liées aux entités graphiques.

**ArcToolbox** : est le module dans ArcGis qui permet d'accéder à toutes les fonctionnalités puissantes de traitement et d'analyse. La boîte à outils fournit un ensemble très riche de fonctions de géotraitement. Il convertit aussi les formats de données pour l'importation ou l'exportation de fichiers, ainsi que les changements de projection.



### 1.3.2. Procédure et discussion

Sous ArcCatalog, on a créé quatre (04) couches pour chaque année puis, on les a géoréférencées sous le système de coordonnées horizontales projetées: Nord\_Sahara\_1959\_UTM\_Zone\_31N.

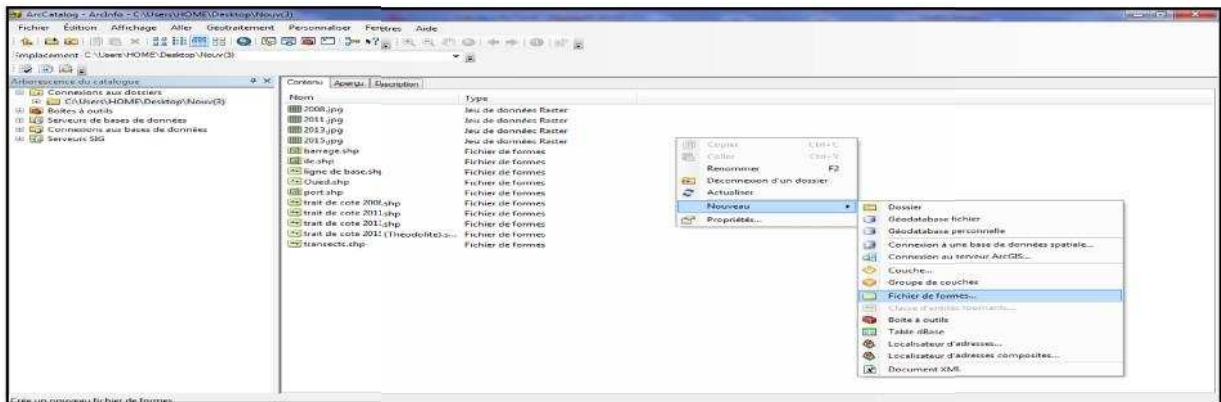


Figure 58 : Création des couches sous ArcMap 10

A l'aide d'ArcMap, on a pu digitaliser les traits de côte des quatre cartes (2008, 2011, 2013, et 2015).

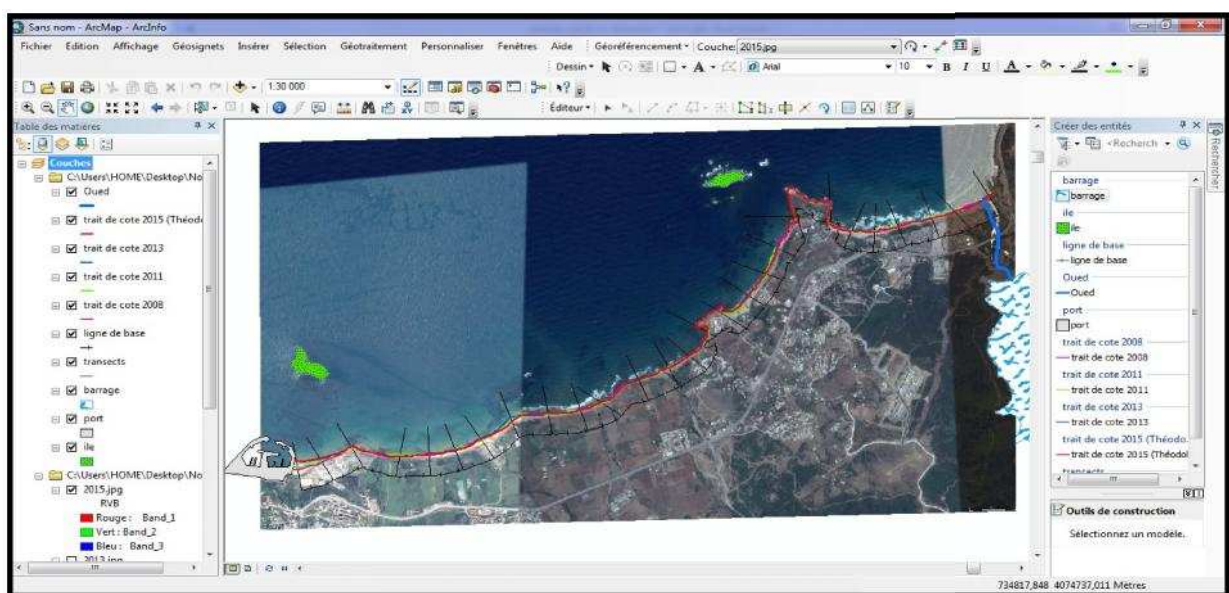


Figure 59 : Digitalisation du trait de côte sous ArcMap 10

Pour obtenir les taux d'érosion et d'accrétion, on a rajouté des transects (au nombre de 27) ayant 500 m de longueur, équidistants de 300 m et perpendiculaires par rapport à la ligne de base, qui est parallèle au tracé de 2015 et la distance entre les deux est de 200 m (Figure 59).

A l'aide de la règle numérique, nous avons obtenu les différentes surfaces des polygones, représentant les surfaces d'érosion et d'accumulation, issues lors de la superposition des quatre traits de côte. Les résultats sont portés sur les tableaux ci-dessous :

#### **1.4. Résultats et interprétations**

D'après les tableaux (Annexe 3), le bilan général de l'état d'évolution des surfaces est estimé à une gagne de **14719,929 m<sup>2</sup>**, durant une période de 7 ans.

##### **Entre 2008 et 2011**

Cette période est caractérisée par la construction de port d'El Aouana à l'Ouest et le barrage de Kissir à l'Est. Le port apparaît comme un grand épi dans cette partie du littoral, sorte, on remarque un avancement de 18 m du rivage (6 m/ans) ; tandis que la partie Est a connu un recule de 12 m (4m/an) à cause de la construction du barrage de Kissir qui a fait diminuer les apports terrigène en mer.

##### **Entre 2011 et 2013**

On enregistre un avancement spectaculaire du trait de côte au niveau de la plage El Aouana (22 m en 2 ans) ; par contre, que la plage de Chalut a subi une stabilité générale. On remarque toujours une érosion au niveau de l'emboucheur d'Oued Kissir (4 m/ans).

##### **Entre 2013 et 2015**

L'accumulation est toujours spectaculaire au niveau de l'épi du port d'El Aouana (15 m en 2 ans), tandis qu'à l'Est, on enregistre un recul de rivage le long de la plage Ondreu 1.

##### **Entre 2008 et 2015**

On remarque un grand changement de trait de côte, surtout au niveau de l'épi du port d'El Aouana où on observe la création d'une vraie plage d'une largeur de 100 m créée par le blocage de transit sédimentaire d'Est vers l'Ouest au niveau de l'épi du port (Figure 60).

Par contre, on enregistre une érosion à l'Est, due à la diminution des apports sédimentaire terrigène à cause de la construction du barrage de Kissir, où le trait de côte a reculé de 14 m en 7 ans, avec une vitesse de 2 m/an (Figure 60).

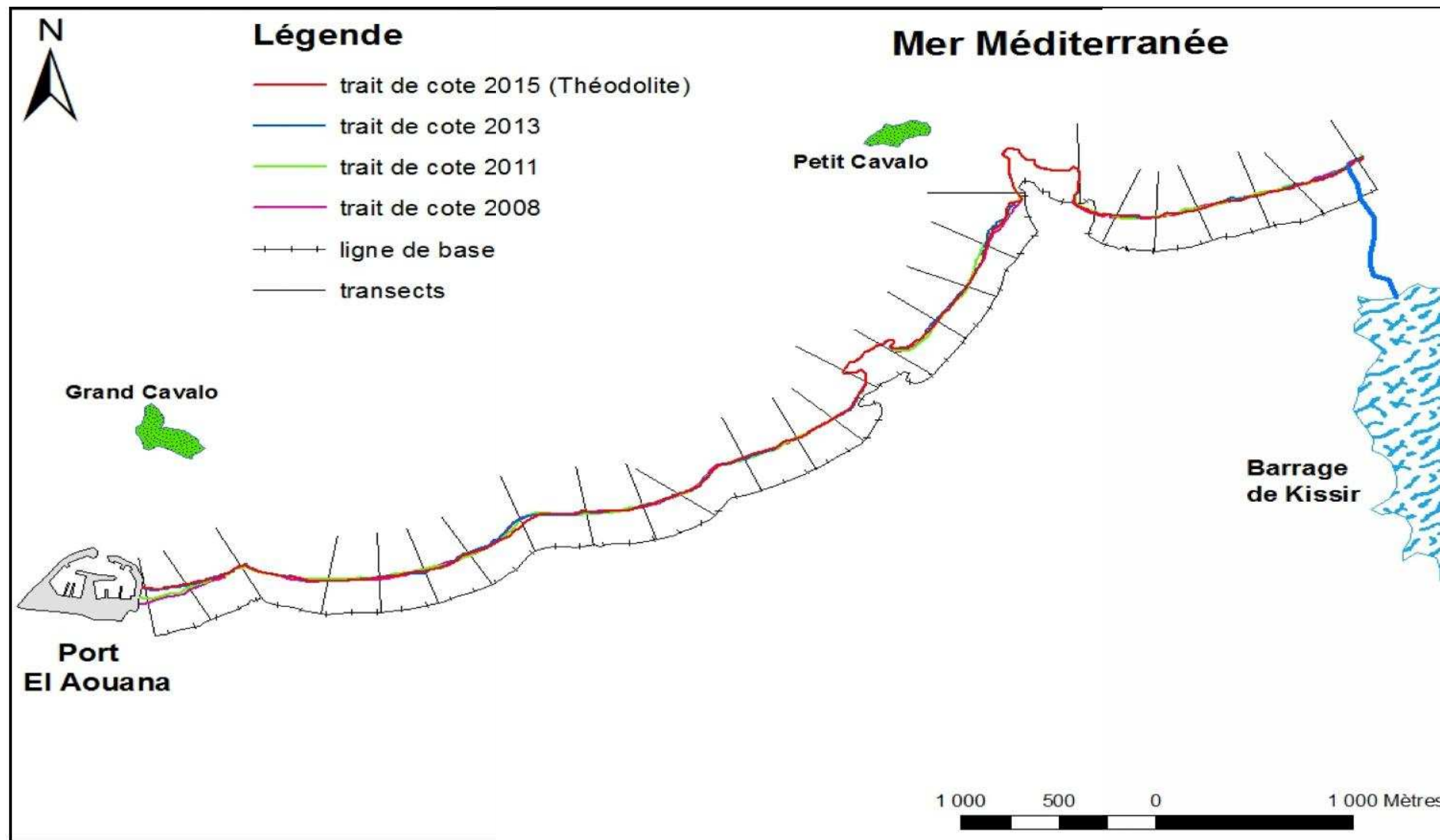


Figure 60 : Carte de l'évolution historique du trait de côte du littoral Ouest de Jijel entre 2008 et 2015.

Pour bien comprendre l'évolution du trait de côte dans la zone, et connaître l'impact de la construction du port El Aouana et le barrage de Kissir sur la dynamique sédimentaire, on a fait un zoom sur ces deux zone (Figure 61. et 62).

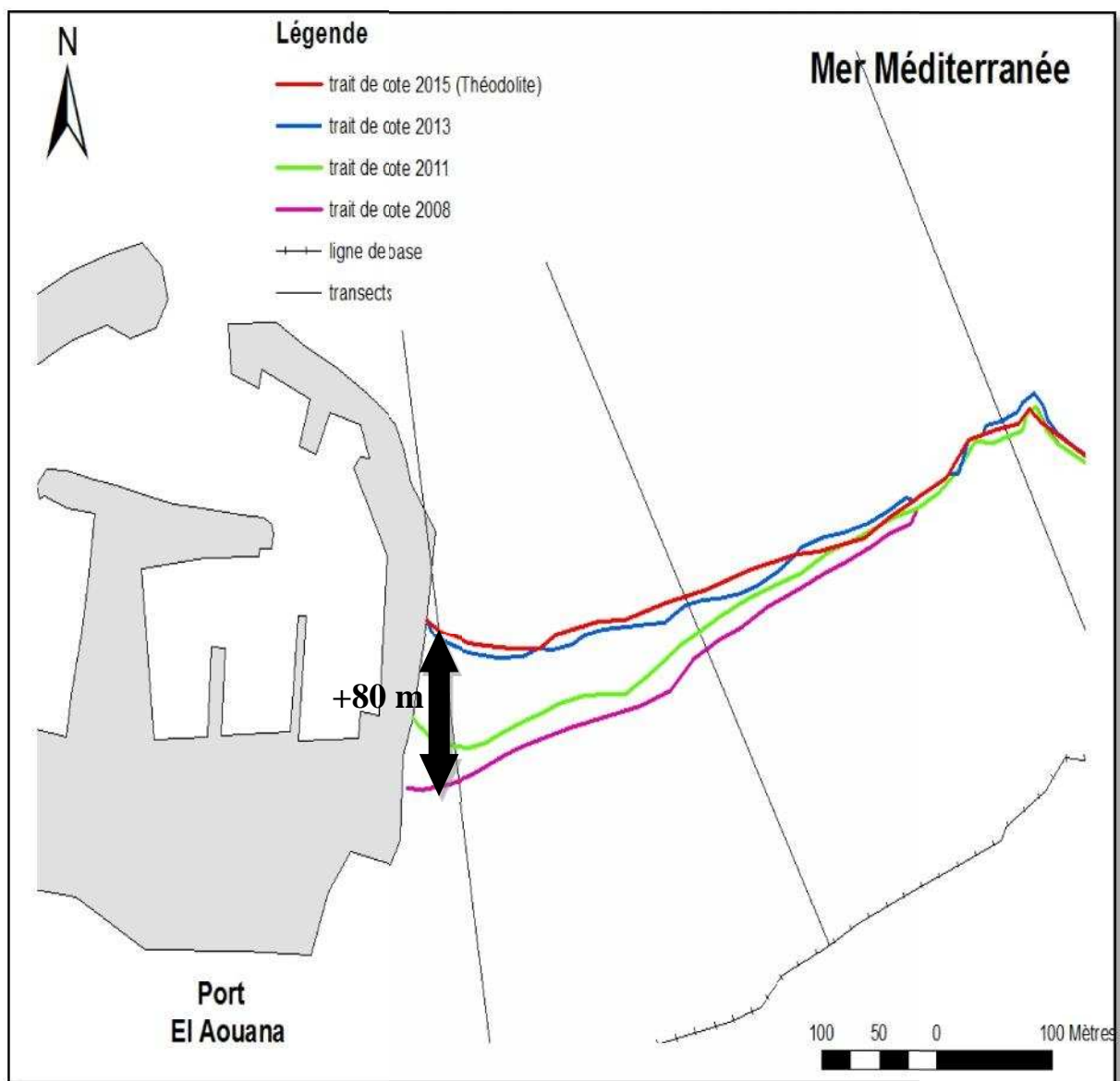
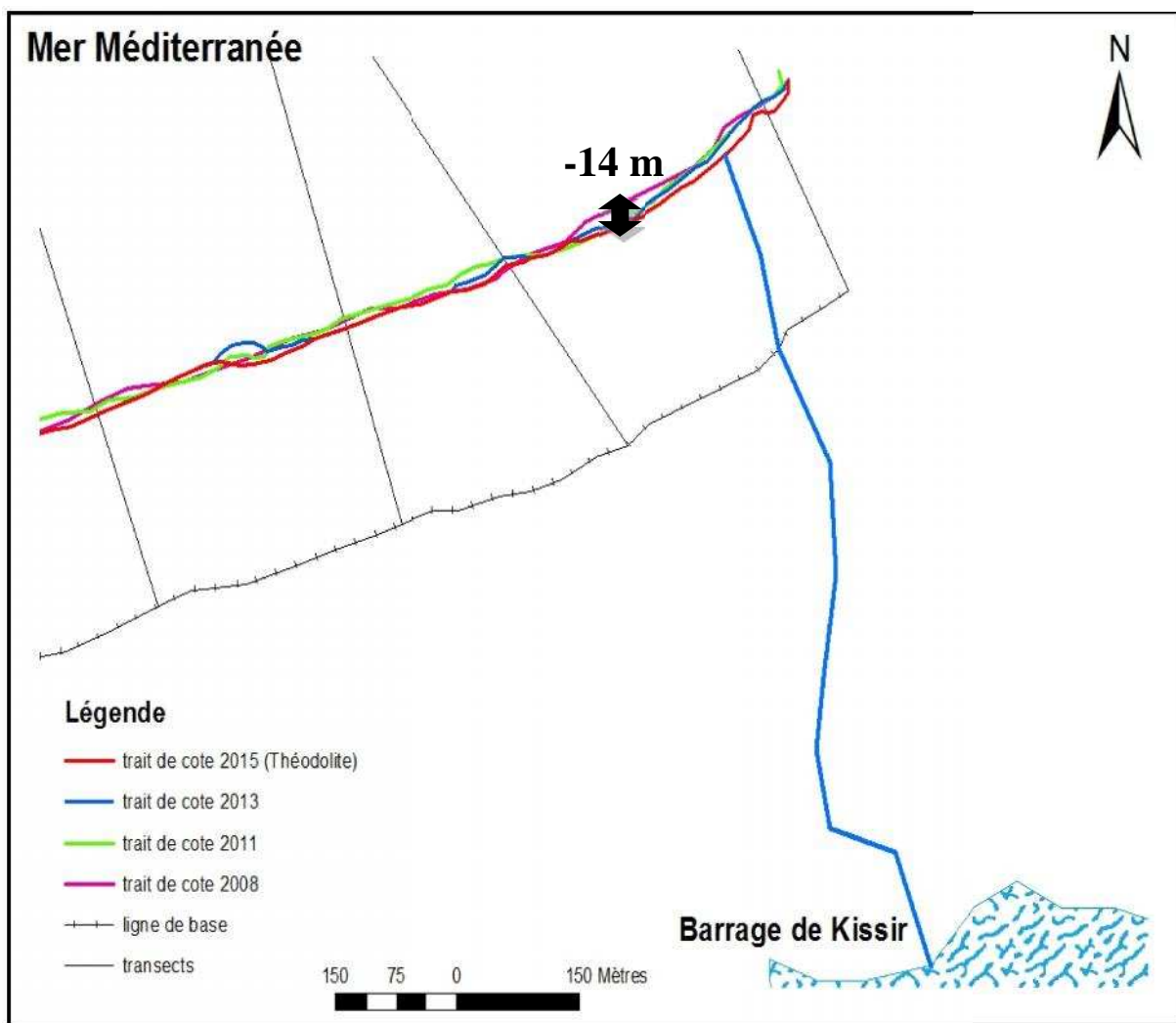


Figure 61 : Carte de l'évolution historique du trait de côte de la plage El Aouana entre 2008 et 2015.



**Figure 62 :** Carte de l'évolution historique du trait au niveau de l'emboucheur d'Oued Kissir entre 2008 et 2015.

### Conclusion

La construction du port d'El Aouana à l'Ouest, et de barrage de Kissir à l'Est, a perturbé la dynamique sédimentaire dans la zone.

Le port d'El Aouana joue le rôle d'un épi qui bloque la dérive littoral de l'Est vers l'Ouest, il a provoqué un avancement spectaculaire du trait de cote (90 m en 7 ans), avec une vitesse de 12,85 m/an.

La construction du barrage de kissir diminue les apports sédimentaires, se qui cause l'érosion au niveau de la plage Ondreu 1 avec une vitesse de 2 m/an.

**Chapitre VII :**  
**SIMULATION DE LA RÉFRACTION**  
**DE LA HOULE À LA CÔTE**

## Introduction

L'étude de la réfraction a pour but la connaissance des caractéristiques de la houle (direction et hauteur) au cours de sa propagation depuis le large jusqu'à l'approche de la côte, et plus particulièrement les ouvrages de protection.

La connaissance des caractéristiques de la houle (direction, amplitude, période) permet d'apprécier et de comprendre les phénomènes qui se produisent dans la zone de déferlement, et aide à avoir les données d'entrée pour le dimensionnement des ouvrages maritimes.

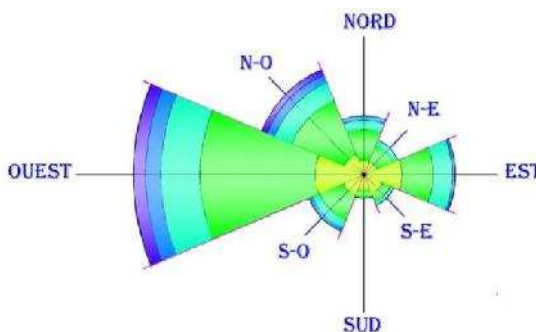
### 1. Données de base

#### 1.1. Bathymétrie

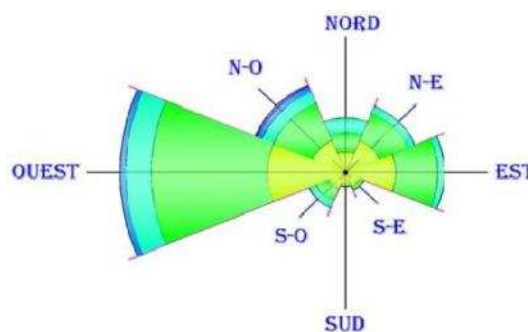
La bathymétrie utilisée pour cette étude de réfraction est celle issue de la digitalisation d'une carte bathymétrique fournie par la direction de Parc National de Taza, en utilisant le logiciel MapInfo Professional 8.0, complétée par le levé bathymétrique réalisé lors de notre sortie en mer.

#### 1.2. La houle au large

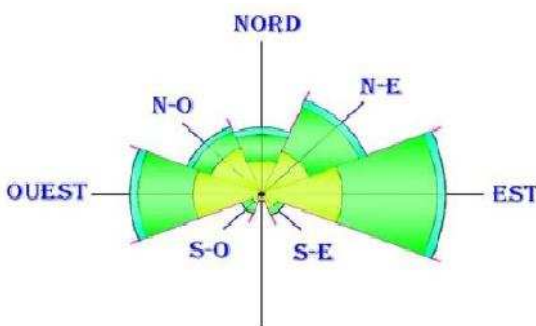
Les houles d'Ouest, Nord, Nord-Ouest, Est, et Nord-Est sont les plus observées dans la région de Jijel, les fréquences d'observation sur l'année des houles de directions Ouest et Est sont les plus importantes. On constate que la direction dominante est l'Ouest. La prépondérance de cette direction est plus nette pour le premier, deuxième et quatrième trimestre, par contre, on distingue une légère diminution pendant la période d'été durant laquelle les houles de directions Est et Nord-Est dominent.



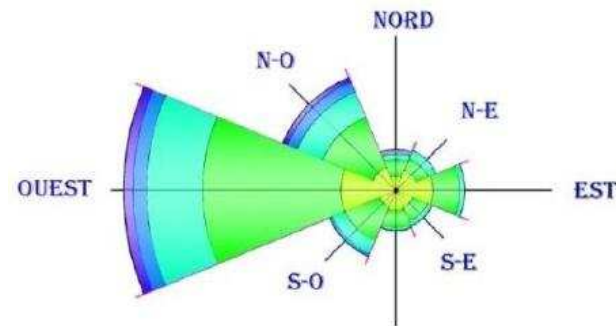
Hivernal, état calme (11,10 %)



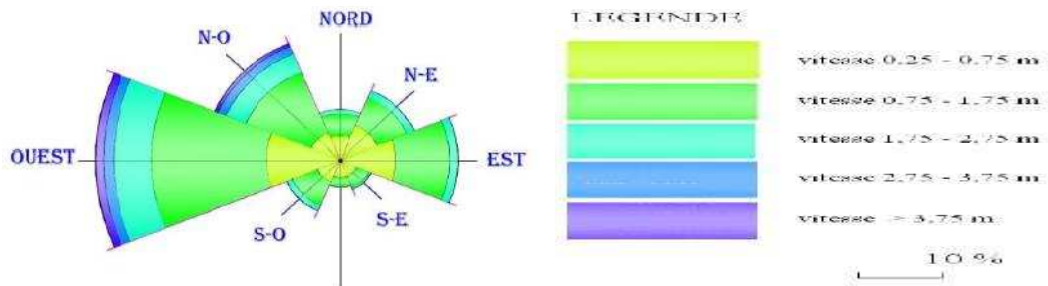
Printanier, état calme (19,30 %)



Estival, état calme (20,10 %)



Automnal, état calme (12,50 %)



Rose annuelle des houles, état calme (15,50 %)

**Figure 63 :** Roses trimestrielle et annuelle de la houle, (L.E.M, 1998)

**Données de houles au large (Données de SSMO)**

Les données de la houle au large utilisées pour le calcul de la réfraction sont celles du Manuel Summary of Synoptic Meteorological Observations (SSMO) de l'US. NAVAL WEATHER-SERVICE, consistant en des observations de navire sur la période de 1963 à 1970 - zone centre.

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, 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.

Ci-après est présenté le tableau portant sur les conditions de houles retenues dans le cadre de cette étude :

**Tableau 10 :** Les caractéristiques des houles annuelles

Période (s)	Direction de la houle au large (m)		
	Nord (360)	Nord Est (45)	Nord Ouest (315)
6 s	Hs=1,00m	Hs=1,09m	Hs=1,10m
8 s	Hs=2,67m	Hs=2,56m	Hs=2,64m
10s	Hs=4,92m	Hs=5,05m	Hs=4,53m

**2. Application du modèle SWAN**

**2.1. Description du modèle SWAN**

Le modèle SWAN (Simulating Waves Nearshore (SWAN)) (Holthuijsen et al., 1993, Booij et al., 1999, Ris et al., 1999) est un modèle de propagation des vagues et des houles de 3ème génération basé sur l'équation d'équilibre de densité d'action spectrale et décrit l'évolution du spectre d'énergie de la houle pour certaines conditions spécifiées de vents, courants et bathymétrie. Le modèle est basé sur une équation dite WABE : "l'équation de balance d'action des vagues", définit par (Stive *et al*, 2006) comme suit ;

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


Où:

- $N(x, y, \sigma, \theta, t)$  = densité de l'action des vagues:
- $T$  = temps [s]
- $x$  = distance dans la direction  $x$  [m]
- $y$  = distance dans la direction  $y$  [m]
- $\sigma$  = fréquence relative [Hz] comme on l'observe dans un cadre de référence se déplaçant avec la vitesse du courant
- $\theta$  = direction de la vague [degrés]
- $c_x, c_y, c_\sigma, c_\theta$  = vitesses de propagations [m / s] pour respectivement  $x, y, \sigma$  et  $\theta$
- $S$  = source / puits terme en termes de densité d'énergie (Génération par le vent, dissipation et non-linéaire onde interactions)

La densité de l'action  $N(x, y, \sigma, \theta, t)$  est égale à la densité d'énergie divisée par la fréquence relative:  $N(x, y, \sigma, \theta, t) = E(x, y, \sigma, \theta, t) / \sigma$ .

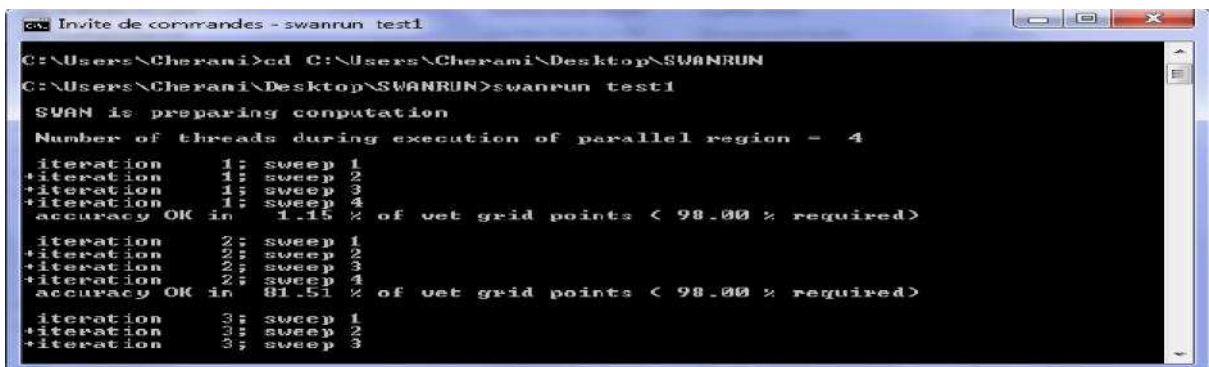
Le premier terme de l'équation représente le taux de variation locale de la densité avec le temps, le deuxième et le troisième terme représentent la surfabilité d'un ASR dans les propagations des vagues irrégulières de la densité dans l'espace d'action. Le quatrième terme représente le décalage de la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

### 2.2. Les étapes à suivre

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

Cette étape est schématisée par une capture d'écran comprenant le logiciel Surfer à droite (1), le fichier SWAN à gauche (2) et au milieu la base de donnée commune qui relie les deux fenêtres (voir Annexe 6).

Après avoir remplir le fichier " test1", on le exécute par un Invite de commande comme dans cette figure ;



Après l'exécution y aura un fichier sous format \*.TXT, qu'on pourra ouvrir à l'aide d'Excel et choisir les deux paramètres qui nous intéressent à savoir : la hauteur significative de la houle dans chaque point ainsi que la direction de propagation des vagues.

En utilisant les résultats de SWAN et à l'aide du logiciel "Surfer 11", on a créé les couches suivantes: la bathymétrie, la houle significative et la direction de propagation des vagues de chaque cas.

### 3. Résultats et interprétations

#### 3.1. La réfraction de la houle de direction Nord-Ouest

Les figures (Figure 64) et (3 et 4 Annexe 6) présentent les résultats de l'étude de la réfraction pour des houles de secteur Nord-Ouest ( $N360^\circ$ ) et de période de 6, 8 et 10 seconds respectivement. La propagation se fait d'une façon presque perpendiculaire, le coefficient de réfraction est en moyenne égal à 0,77 à 10 m de profondeur d'où ces houles atteignent le trait de côte sans qu'elles changent la direction. Elles perdent que peu de leur énergie du large à l'approche de la côte. Les hauteurs significatives varient entre 1m et 5m et se répartissent d'une façon asymétrique et croissante du large par rapport à la diagonale perpendiculaire au trait de côte.

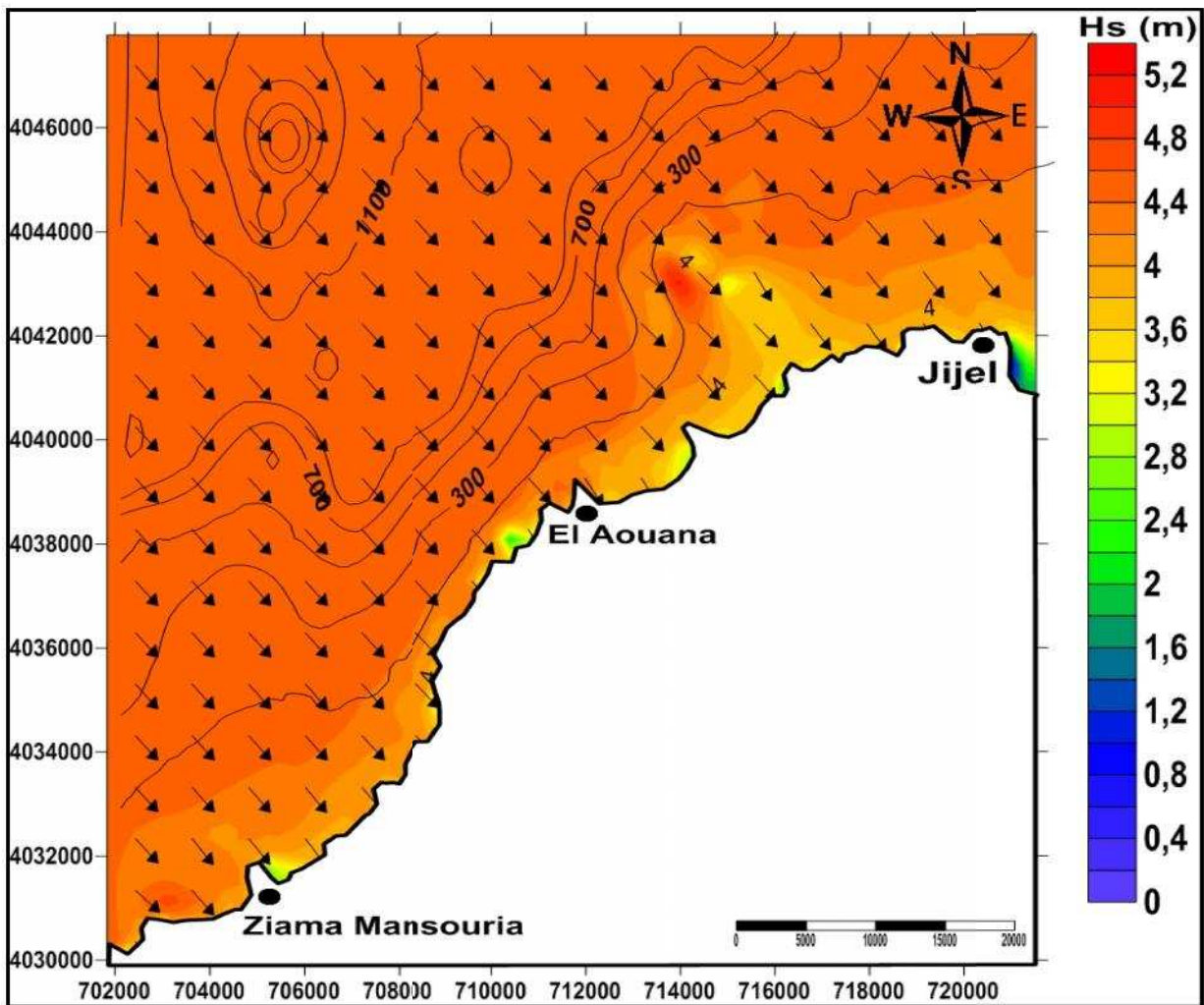
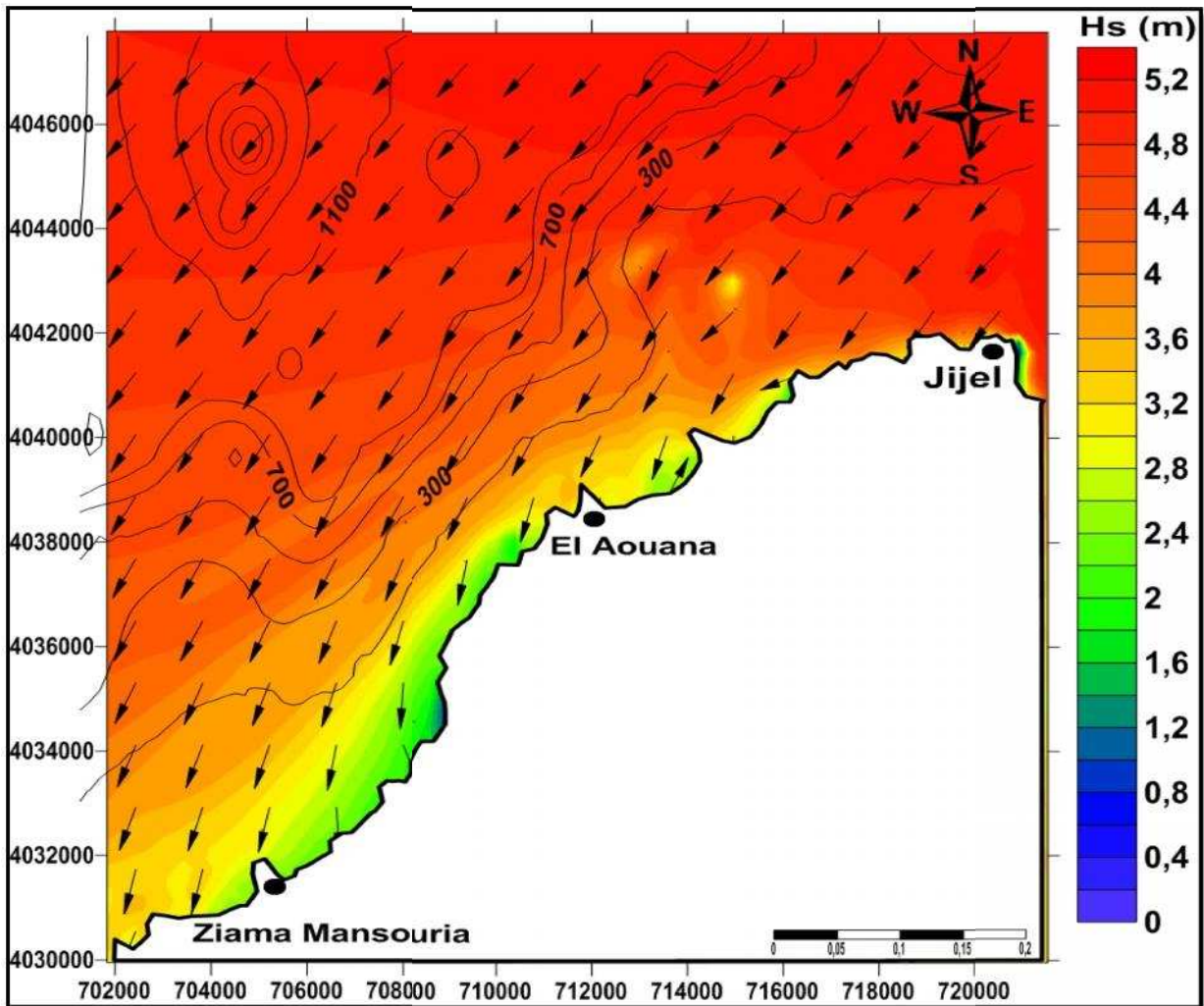


Figure 64 : Réfraction de la houle pour une direction N-W  $315^\circ$  et une période de 10 s

**3.2. La réfraction de la houle de direction Nord-Est**

Les figures (Figure 65) et (1 et 2 Annexe 6) présentent les résultats de l'étude de la réfraction pour des houles de secteur Nord-EST (N45°) et de période de 6, 8 et 10 seconds respectivement. La propagation se fait d'une façon oblique, le coefficient de réfraction est en moyenne égal à 0,70 à 10 m de profondeur d'où ces houles atteignent le trait de côte en changeant légèrement la direction au niveau de Ziama Mansouria. Elles perdent 30% de leur énergie du large à l'approche de la côte. Pour les hauteurs significatives, elles varient entre 1m et 5m.



**Figure 65 :** Réfraction de la houle pour une direction N-E 45° et une période de 10 s

**3.3. La réfraction de la houle de direction Nord**

Les figures (Figure 66) et (5 et 6 Annexe 6) présentant les résultats de l'étude de la réfraction pour des houles de secteur Nord (N360°) et de période de 6, 8 et 10 seconds respectivement. La propagation se fait d'une façon quasi frontale, le coefficient de réfraction est en moyenne égal à 0,79 à 10 m de profondeur d'où ces houles atteignent le trait de côte en changeant légèrement la direction. Elles perdent que peu de leur énergie du large à l'approche de la côte. Pour les hauteurs significatives, elles varient entre 1m et 5m et se répartissent

d'une façon asymétrique et croissante du large par rapport à la diagonale perpendiculaire au trait de côte et atteint un maximum de 5m dans la partie centrale.

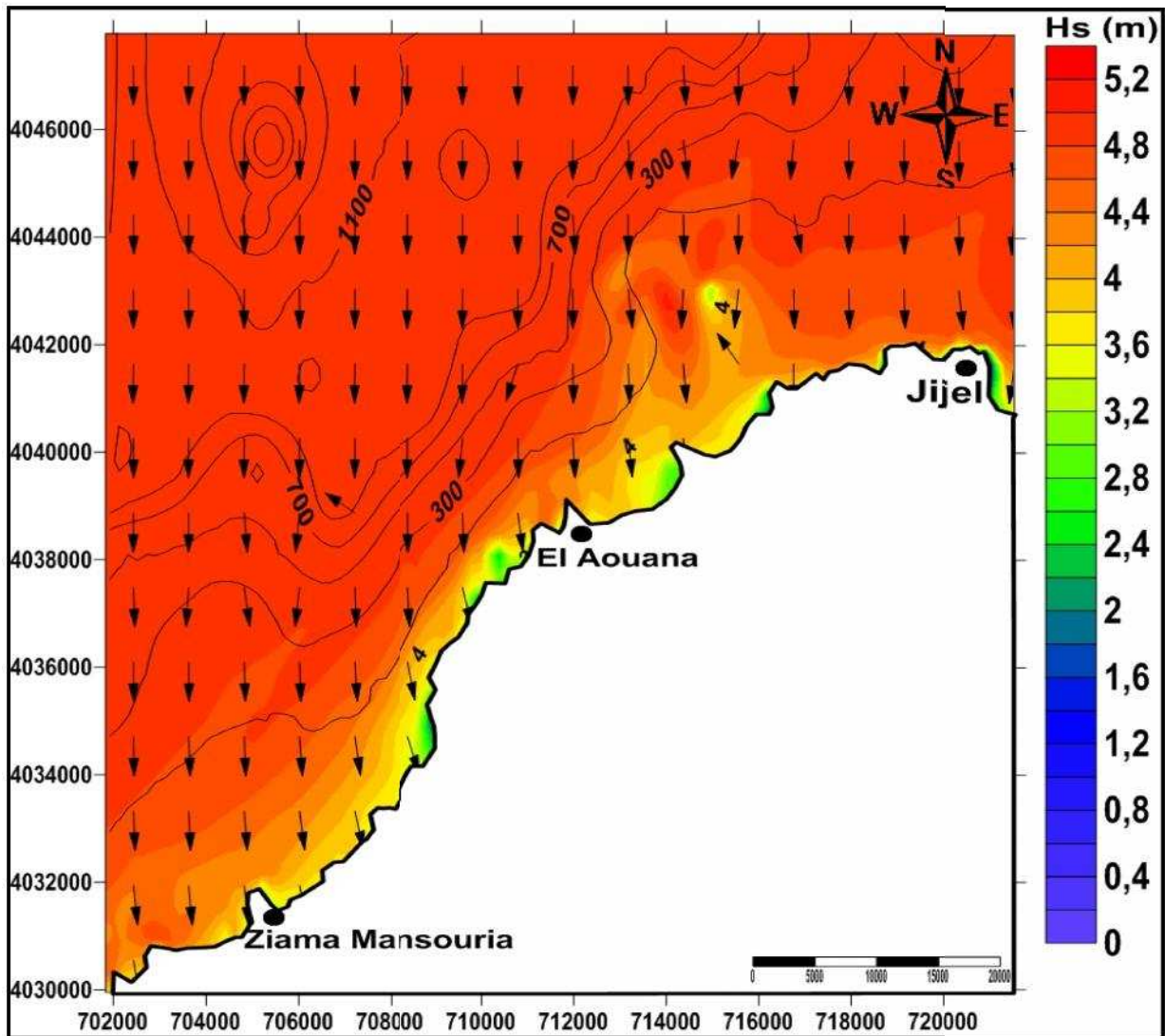


Figure 66 : Réfraction de la houle pour une direction N 360° et une période de 10 s

### Conclusion

Les houles les plus énergétiques et qui peuvent influencer le littoral Ouest de Jijel sont les houles de Nord-Est, elles sont responsables de transit littoral.

Ces houles vont être prises dans le dimensionnement des ouvrage de protection, car elles conservent leur énergie de départ jusqu'à la côte.

# CONCLUSION GÉNÉRALE

La partie côtière du Parc National de TAZA est un domaine littoral qui permet d'étudier et mieux comprendre l'incidence des processus naturels et anthropiques sur la dynamique sédimentaire. Cette zone, siège d'une occupation aléatoire, a fait l'objet d'un certain nombre d'aménagements côtiers, dont le principal ouvrage est le port d'El Aouana. Ces aménagements ont créé des modifications dans la répartition et la distribution des sédiments qui ont conduit à la dégradation de l'environnement naturel de ce littoral.

Dans le but de bien comprendre le fonctionnement et l'hydrodynamisme du littoral Ouest de Jijel, différentes approches ont été utilisées notamment ; l'analyse granulométrique et calcimétrique de la partie aérienne ainsi que la partie marine, l'étude de l'évolution de trait de côte, l'étude bathy-sédimentaire, la modélisation du transport sédimentaire par le GSTA, et la modélisation numérique de la houle. L'ensemble de ces études peuvent être récapitulées comme suit :

Commençant par la première partie consacrée à l'étude granulométrique de la partie aérienne du littoral Ouest de Jijel. Les résultats obtenus indiquent que les sédiments sont répartis de telle sorte que, les fins se localisent au niveau du haut de plage, quant au sable plus grossier se trouve sur la dune et à l'embouchure de l'oued Dar El Oued. En général, les valeurs de  $S_k$  et  $S_o$ , indiquent la prédominance des sables moyens bien classés dans la zone.

Concernant l'étude diachronique de l'évolution de trait de côte a permis de mettre en évidence des secteurs morphosédimentaires en érosion, en accrétion ou dynamiquement stables. On a en particulier pu montrer la forte relation entre les conditions hydrodynamiques et l'évolution morphosédimentaire de chacun de ces secteurs avec les travaux d'aménagement réalisés au niveau du littoral.

En effet, le suivi de l'évolution du littoral Ouest de Jijel a fait ressortir que la construction du port d'El Aouana, et le barrage de Kissir a perturbé la dynamique sédimentaire de la région, sorte on remarque un avancement spectaculaire du trait de côte au niveau du port (90 m en 7 ans) avec une vitesse de 12,85 m/an. Ce dernier joue le rôle d'un épi qui bloque la dérive littorale d'Est vers l'Ouest. Par contre, au niveau de la plage Ondreu 1, on observe un recul du rivage, plus exactement à l'embouchure de l'oued Kissir avec une vitesse de 2 m/an, due à la diminution des apports sédimentaires terrigènes.

L'étude bathymétrique a révélé une morphologie particulière caractérisée par des isobathes irrégulières signifiant que la morphologie sous-marine est accidentée c'est-à-dire, des fosses, des barres de déferlement...

La modélisation du transport sédimentaire par le GSTA entre la plage d'El Aouana et Ondreu 1 donne des résultats satisfaisants et en concordance avec les données qu'on a pu récolter qui traitent du transit sédimentaire de toute la partie littorale Ouest de Jijel. En effet, les houles provenant du Nord-Est et Est attaquent la côte obliquement et engendrent la formation d'une dérive littorale qui transporte les sédiments vers l'Ouest. Ce résultat est confirmé par l'état d'érosion intense que connaît cette plage.

La dernière partie consistait à simuler la propagation des vagues venant de trois directions différentes avec estimation de la hauteur de la houle significative à la côte et ce, à l'aide du logiciel SWAN. Les résultats obtenus montrent que notre zone d'étude est touchée

## CONCLUSION GÉNÉRALE

---

beaucoup plus par les houles du secteur Nord-Ouest et que leur propagation se fait d'une façon frontale.

Par la fin on conclut que l'intervention non rationnelle de l'homme dans le milieu marin perturbe l'équilibre naturel de la zone, donc on se met dans un état de détruire la nature à la place de la protéger.

**RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- 1) **Al Sid Chikh, S. (2011).** *Etude de protection de la plage de Palm Beach-Azur contre l'érosion recours à la modélisation numérique et physique.* Thèse Magister, ENSSMAL, Alger.
- 2) **Aouar, S., Serghma, A. (2000).** *Etude des caractères sédimentologiques et géotechniques des sédiments superficiels de la baie de JIJEL.* Mémoire d'ingénieur, ENSSMAL, Alger.
- 3) **Aoudj, C., Bouaziz, T. (2014).** *Fonctionnement et dynamique morphosédimentaires du littoral Est de Béjaïa.* Mémoire d'ingénieur, ENSSMAL, Alger.
- 4) **Asbai R. (2013).** *Les étapes de la conception et la modélisation d'une base de données SIG sur le littoral, cas du littoral centre.* Mémoire d'Ingénieur, ENSSMAL, Alger.
- 5) **Assassi, C., Otmani, H. (2010).** *Etude de protection de la zone de Club des Pins.* Mémoire d'Ingénieur, ENSSMAL, Alger.
- 6) **Azrarak., Beggar, H. (2013).** *Contribution à l'étude de l'influence du transit sédimentaire sur le profil d'équilibre d'une plage (La plage de Club des Pins).* Mémoire de Master, ENSSMAL, Alger.
- 7) **Balouin, Y. (2001).** *Les embouchures mésotidales (tidal intels) et leur relations avec les littoraux adjacents – exemple de la Barra, Nova, Sud Portugal.* Thèse, université de Bourdeau. 297 p.
- 8) **Benabbas, C. (2006).** *Evolution Moi-Plio-Quaternaire des bassins continentaux de l'Algérie nord oriental : apport de la photogéologie et analyse morphostructurale.* Doctorat d'Etat, Université Mentouri, Constantine. 256 p.
- 9) **Biad, K. (2014).** *Etude de recherche d'un site d'immersion pour les produits de dragage dans la baie de Jijèl.* Mémoire d'ingénieur, ENSSMAL, Alger.
- 10) **Bouillin, J.P. (1986).** *Le bassin maghrébin une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'Ouest des Alpes.* Bull. Soc. Géol. Fr., (8), t. II, n° 4. pp. 547-558.
- 11) **Castelle, B., Bonneton, P., Dupuis, H., Senechal, N. (2007).** *Double bar beach dynamics on the high-energy meso-macrotidal French Aquitanian coast. A review,* Marine Geology. 245 p.
- 12) **Chadi, M. (1991).** *Etude géologique de monts de Ain Mlila (Algérie orientale).* Thèse de Doctorat, Université de Nancy 1. 191 p.
- 13) **Caulet, G. (1972).** *Les sédiments orogènes du précontinent Algérien.* MemOdu Musium. National. D'histoire. Naturel., Nouvelle série C, science de la terre. XXV. Fasc. Unique., Paris. 288 p.
- 14) **Chamley, H. (2000).** *Bases de sédimentologie.* 2<sup>ème</sup> éd. Paris : Dunod. 178 p
- 15) **Coiffait, P.E. (1992).** *Un bassin post-nappe dans son cadre structural l'exemple du bassin de Constantine (Algérie Nord Orientale).* Thèse Sciences, Nancy I. 502 p.
- 16) **Cordier, E. (2007).** *Dynamique hydrosédimentaire du récif frangeant de l'Hermitage/La Saline (La Réunion) : processus physiques et flux sédimentaires.* Thèse de Doctorat, Université De la Reunion, la Reunion. 193 p.
- 17) **P.N.T.** *Parc National de Taza.*

- 18) **Djellit, H. (1987).** *Evolution tectono-métamorphique du socle Kabyle et polarité de mise en place des nappes flysch en petite Kabylie occidentale (Algérie).* Thèse Doctorat, Université de Paris. 206 p.
- 19) **Djouder, F., Smaoun, A. (2010).** *Variation historique de la ligne de rivage et érosion côtière dans la partie Ouest du golfe de Béjaia.* Mémoire d'Ingéniorat, USTHB, Alger.
- 20) **Djouder, F., Smaoun, A. (2011).** *Évaluation de la vulnérabilité à l'élévation du niveau de la mer dans la partie Ouest du golfe de Béjaia, entre Cap Carbon et Cap Aokas.* Mémoire de Master, USTHB, Alger.
- 21) **Durand- Delga, M. (1969).** *Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie.* Publ. Serv. Carte géol. Algérie, N. S., Bull. n°39, pp. 89-131.
- 22) **Durand-Delga, M. (1980).** *La Méditerranée occidentale: étapes de sa genèse et problèmes structuraux liés à celle-ci.* Mém. h. s. Soc. Géol. Fr., n°10, pp. 203-224.
- 23) **Durozoy, G. (1954).** *Esquisse géologique au 1/50 000 de la région de Jijel.* Carte lithologique du bassin versant de l'oued Djendjen.
- 24) **Farah, A.S. (1991).** *Etude du comportement hydro chimique d'un Oued en zone Méditerranéenne semi-aride d'Afrique du Nord et de ses causes naturelles et anthropiques: l'Oued Rhumel, Constantinois Algérie.* Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, France.
- 25) **Folk, R.I., Ward, W.C. (1957).** *Brazos river bar: a study of significance of grain size parameters.* J. Sediment. Petrol. 27, pp. 3-26.
- 26) **Fowler, C., Schmidt, N. (1998).** *Geographical Information Systems, mapping, and spatial data for the coastal and ocean resource management community.* Surveying and Land Information Systems 58 (3), pp. 135-140.
- 27) **Gao, S., Collins, M. (1991).** *A critique of the "Mc Laren method" for defining sediment transport paths - discussion.* Journal of Sedimentary Petrology. Vol.1. pp. 143-146.
- 28) **Gao, S., Collins, M. (1992).** *Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of "transport vectors".* Sedimentary Geology. Vol.2. pp. 47-60.
- 29) **Gao, S., Collins, M. (1994).** *Analysis of Grain Size Trends, for defining sediment transport pathways in marine environments.* Journal of Coastal Research. Vol.1. pp. 70-78.
- 30) **Gao, S., Collins, M. (2001).** *The Use of Grain size Trends in Marine Sediment Dynamics: a Review,* Chinese Journal of oceanology and Limnology. Vol.3. pp. 265-271.
- 31) **Ghezali, F. (2004).** *Dynamique sédimentaire dans la zone de déferlement de la houle, application du modèle mathématique vectoriel de: MC LAREN ET BOWLES DEVELOPPE PAR GAO ET COLLINS entre le port de Jijel et oued Jen Jen.* Mémoire d'Ingéniorat, ENSSMAL, Alger.
- 32) **Hequette, A., Hemdane, Y., Anthony, E. J. (2008).** *Determination of Sediment Transport Paths in Macrotidal Shoreface Environments: a Comparison of Grain-Size*

- Trend Analysis with Near-Bed Current Measurements*. Journal of Coastal Research, 24 (3), pp. 695–707.
- 33) **Kratbi, A. (2009)**. *Mise en place de réseaux de surveillance environnementaux de la zone marine côtière de Taza (wilaya de Jijel)*. Mémoire d'Ingénieur, ENSSMAL, Alger.
- 34) **Koriche, I.K. et Mendil, H.M.A. (2010)**. *Etude de la pêche de Jijel: interaction avec l'aire marine de Taza (Wilaya de Jijel)*. Mémoire d'Ingénieur, ENSSMAL, Alger.
- 35) **Lambert, N. (2009)**. *Modélisation de la dissipation de l'énergie des vagues par la végétation de marais littoral*. Mémoire en Océanographie, Université du Québec, pp. 9-45.
- 36) **Leclaire. (1972)**. *Sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (pré-continent Algérien)*. Muséum national d'histoire naturelle de Paris, France.
- 37) **Lehtihet, H. et Tighilt, O. (2009)**. *Proposition d'indicateurs de suivi de l'aire marine de Taza (Wilaya de Jijel)*. Mémoire d'ingénieur, ENSSMAL, Alger.
- 38) **Mezouar, K. (2009)**. *Etude comparative entre les méthodes de protection des deux littoraux Algérien et Roumain*. Thèse de Doctorat, Université Technique de construction de Bucarest, Roumanie.
- 39) **Mc Laren, P. (1981)**. An interpretation of trends in grain size measures. Journal of Sedimentary Petrology. Vol.2. pp. 611-624.
- 40) **Mc Laren, P., Bowles, D. (1985)**. The effects of sediment transport on grain-size distributions. Journal of Sedimentary Petrology. Vol.4. pp. 457-470.
- 41) **Mc Laren, P., Little, D. (1987)**. The effects of sediment transport on contaminant dispersal: An example from Milford Haven. Marine Pollution Bulletin. Vol.1. pp. 586-594.
- 42) **Paskoff, R. (1992)**. *Les littoraux, impact des aménagements sur leur évolution*. 2ème éd. Paris: Masson. 256 p.
- 43) **Paskoff, R. (1998)**. *Côtes en danger*. Edition L'Harmattan, Paris, France.
- 44) **P.T.A.W. (2010)**. *Plan d'Aménagement du territoire de la wilaya de Jijel*.
- 45) **Pian, S. (2010)**. *Analyse multiscale et multifactorielle de l'évolution et du comportement géomorphologique des systèmes côtiers sud bretons*. Thèse de Doctorat, Université de Rennes 2 Haute Bretagne, France.
- 46) **Price, T.D., Ruessink, B.G. (2008)**. *Morphodynamic zone variability on a microtidal barred beach*. Marine Geology. pp 98-109.
- 47) **Raoult, J.F. (1974)**. *Géologie du centre de la chaîne numidique (Nord - Constantinois, Algérie)*. Mémoire. Soc. Géol. France. 164 p.
- 48) **Riviere. (1977)**. *Méthode granulométrique Technique et interprétation*. Paris.170 p.
- 49) **Sabatier, F. (2001)**. *Fonctionnement et dynamiques morpho-sédimentaires du littoral du delta du Rhône*. Docteur de l'université Aix Marseille III.
- 50) **Semroud, B., Ouabadi, A., Bbelantour, O. (1992)**. *Les granitoïdes associés à la chaîne alpine en Algérie du Nord*. Bull. Ser. géol. Vol.9.N°1. pp 3-8.

- 51) **S.S.M.O. (1970).** *Summary of Synoptic Meteorological Observations.* U.S Naval Weather Service Command. Mediterranean marine. Vol.2. October 1970. 632 p.
- 52) **Trentsaux, A. (2005).** *Enregistrement de processus sédimentaires pléistocènes. Exemples de plates-formes détritiques et de bassins profonds Mer du Nord et Mer de Chine.* Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Université des Sciences et Technologies de Lille. 82 p.
- 53) **Villa, J. M. (1980).** *La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisien.* Thèse Doctorat, Paris VI. 663 p.
- 54) **Wildi, W. (1983).** *La chaîne tellorifaire (Algérie, Maroc, Tunisie) : structure, Stratigraphie, évolution du Trias au miocène.* Rev. géol. Dyn, Geogra.Phys.Vol.24. pp 201 -297.
- 55) **Wright, D.J. (1999).** *Down to the sea in ships: the emergence of marine GIS.* In Wright D. and Bartlett D. (Eds.): marine and Coastal GIS. Londres: Taylor and Francis. pp. 1 -10.

Les points de prélèvements des sédiments et les positions de la mire et de théodolite

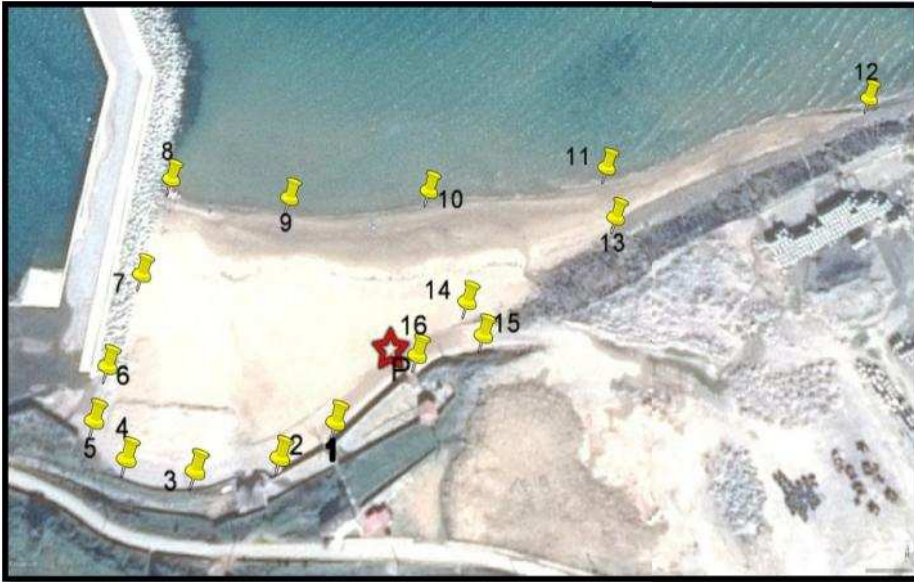


Photo : Les postions de la mire et de théodolite dans la plage d'El Aouana



Photo : Les postions de la mire et de théodolite dans la plage de Les Aftis



Photo : Les postions de la mire et de théodolite dans la plage Ondreu 1



Photo : Les postions de la mire et de théodolite dans la plage Ondreu 2



Photo : Points de prélèvement dans la plage Ondreu 1



Photo : Points de prélèvement dans la plage El Aouana



Photo : Points de prélèvement dans la plage Ondreu 2



Photo : Points de prélèvement dans la plage Chalât



Photo : Points de prélèvement dans la plage les Aftis



Photo : Points de prélèvement dans la plage les Grottes



Photo : Points de prélèvement dans la plage de l'île de Cavallo

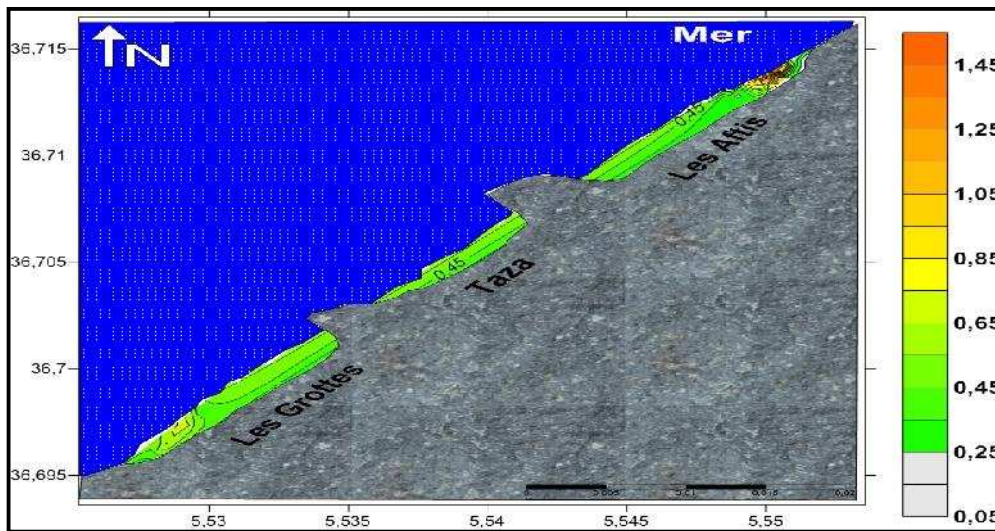


Fig: Carte de la répartition des pélites dans les plages de la partie Ouest

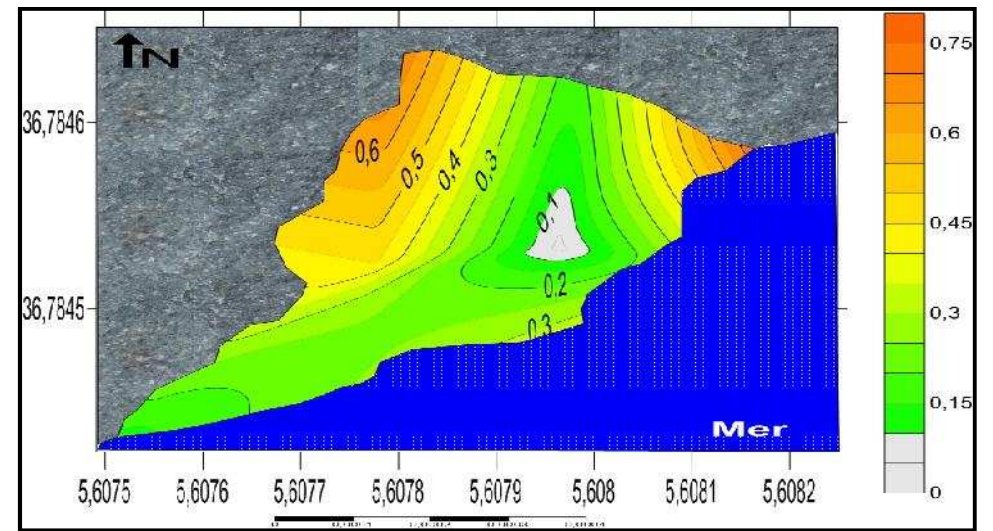


Fig: Carte de la répartition des pélites dans la plage de l'île de Cavallo

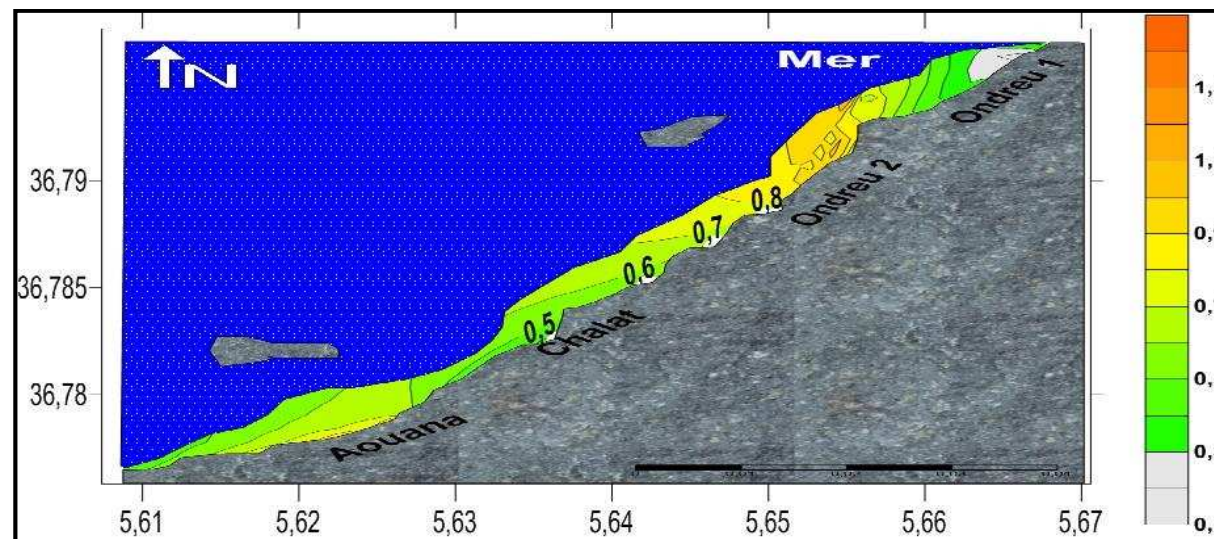


Fig: Carte de la répartition des pélites dans les plages de la partie Est

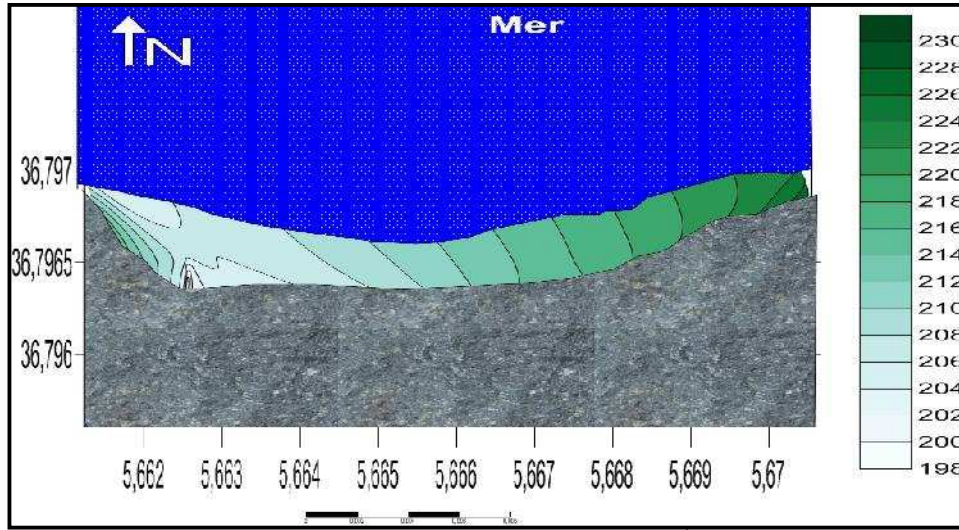


Fig: Carte de la répartition du décile inférieur (D10) dans la plage Ondreu 1

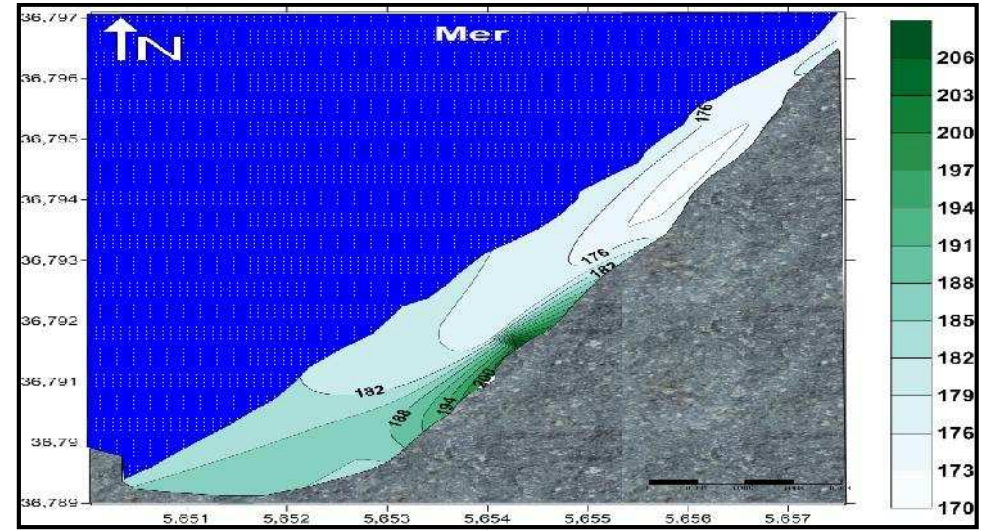


Fig: Carte de la répartition du décile inférieur (D10) dans la plage Ondreu 2

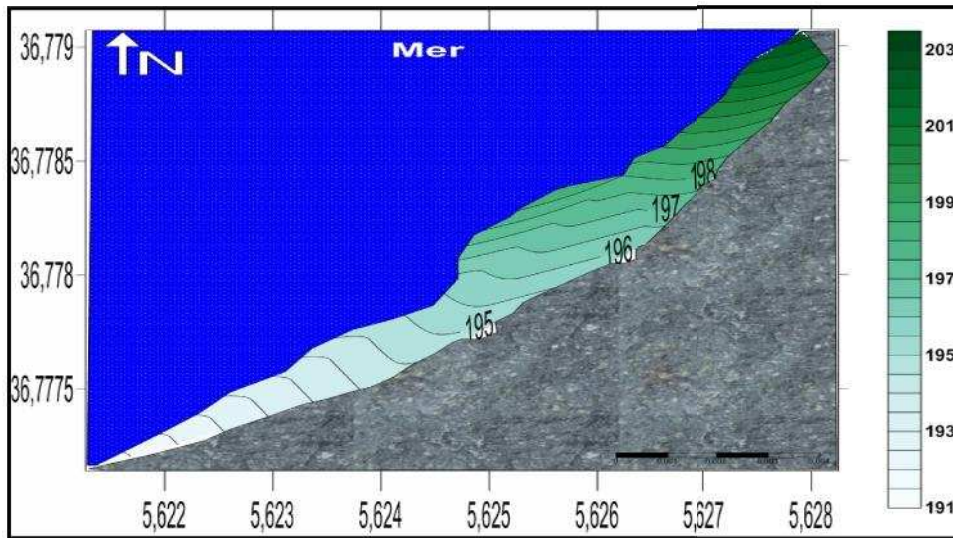


Fig : Carte de la répartition du décile inférieur (D10) dans la plage Chalot

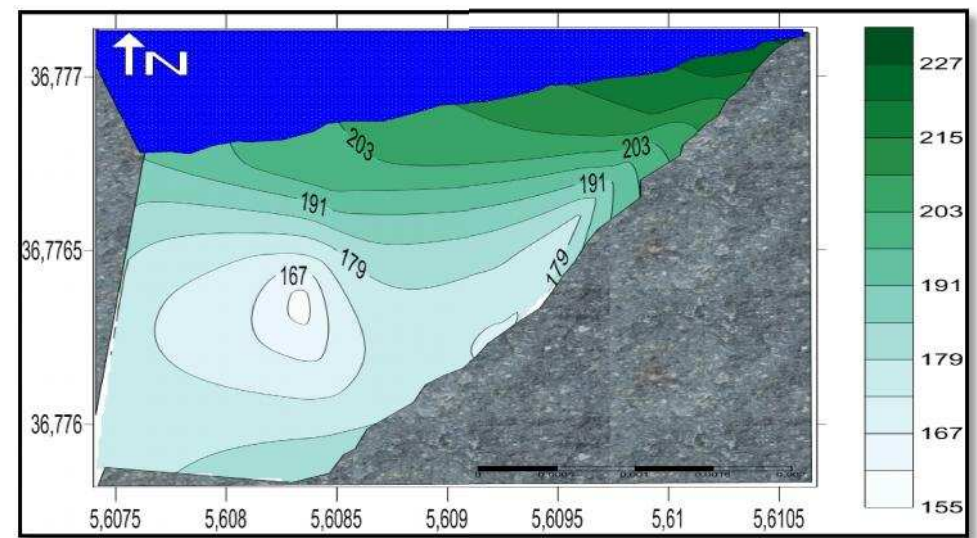


Fig : Carte de la répartition du décile inférieur (D10) dans la plage El Auana

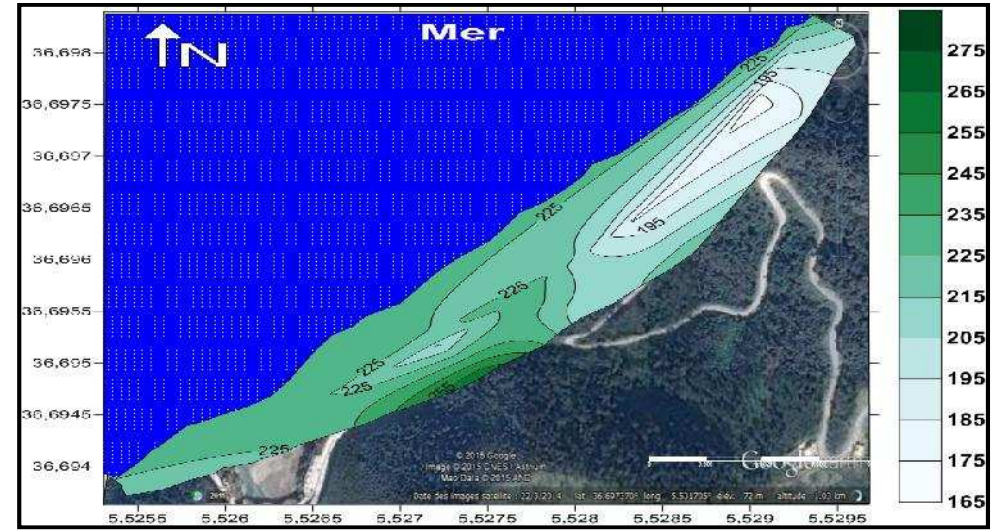
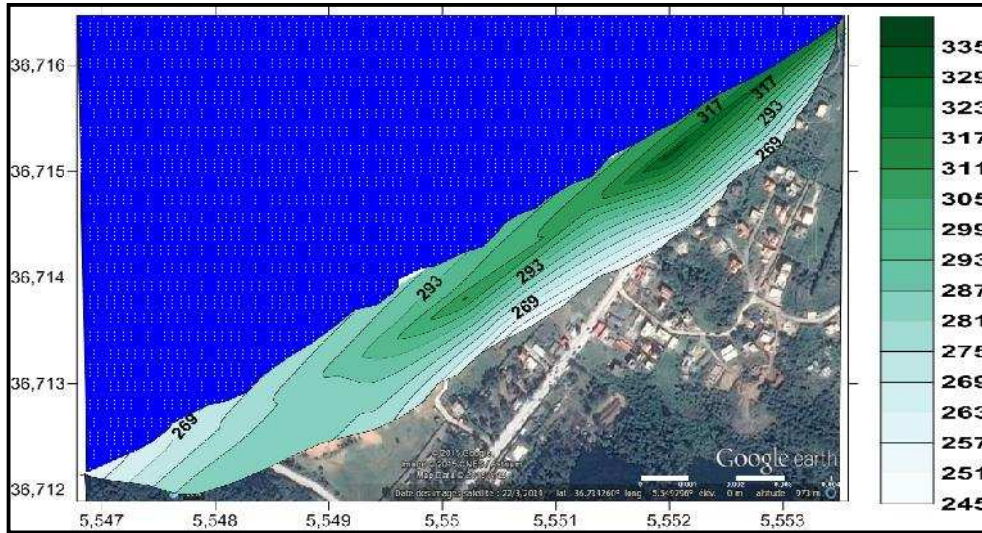


Fig: Carte de la répartition du décile inférieur (D10) dans la plage les Aftis

Fig: Carte de la répartition du décile inférieur (D10) dans la plage les Grottes

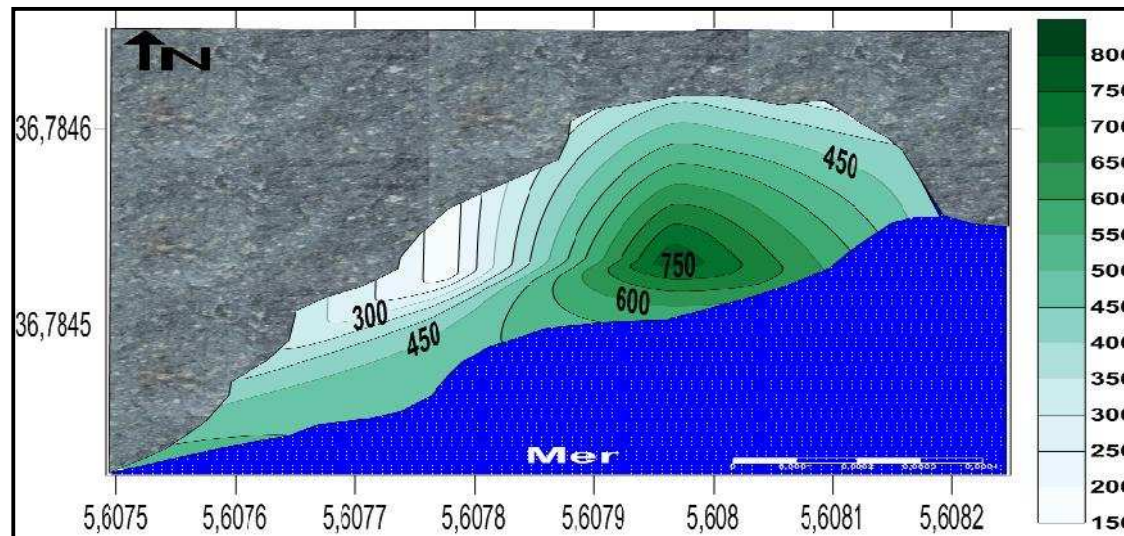


Fig: Carte de la répartition du décile inférieur (D10) dans la plage de l'île de Cavalo

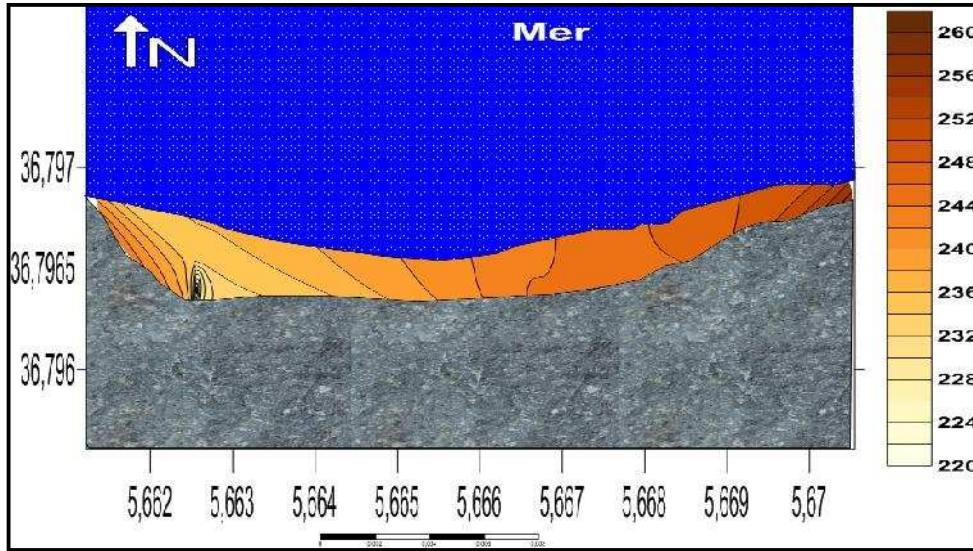


Fig: Carte de la répartition du quartile inférieur (Q25) dans la plage Ondreu 1

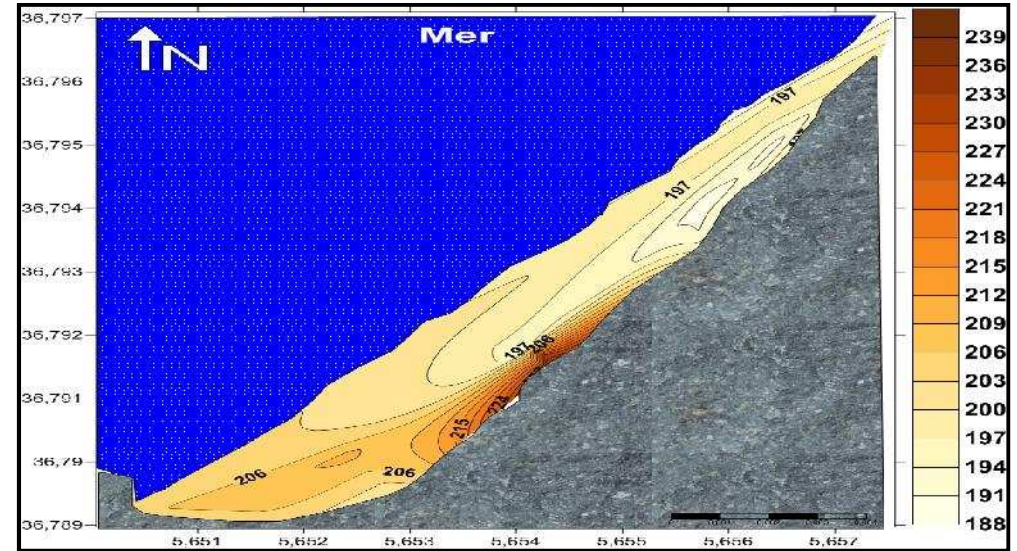


Fig: Carte de la répartition du quartile inférieur (Q25) dans la plage Ondreu 2

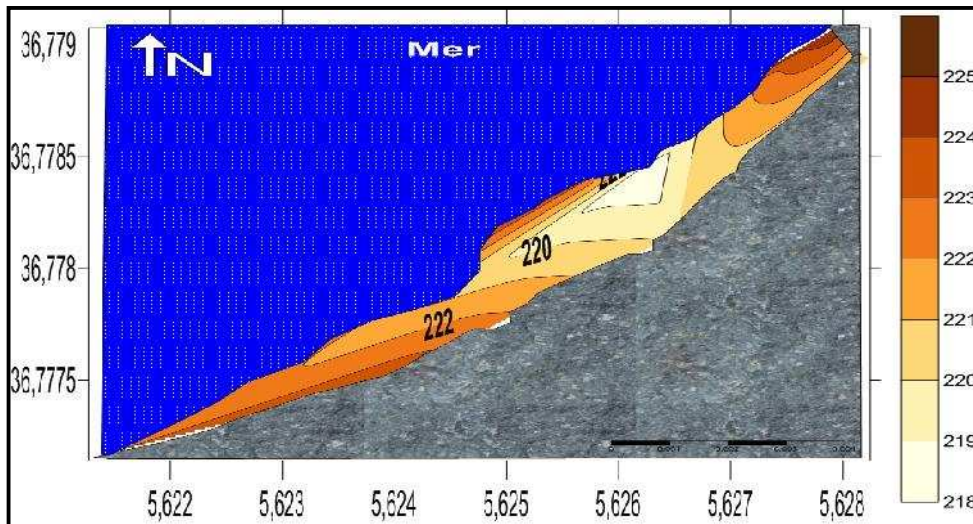


Fig : Carte de la répartition du quartile inférieur (Q25) dans la plage Chalot

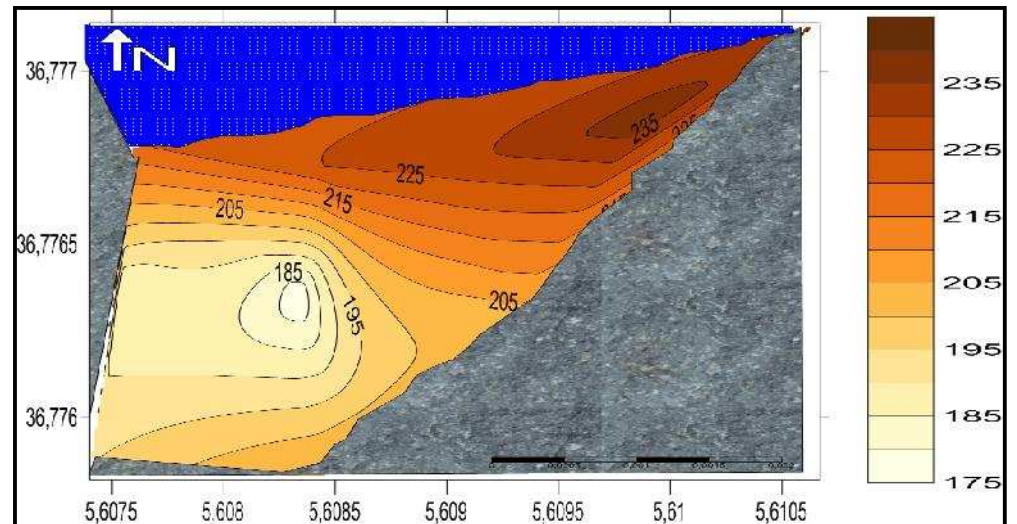


Fig : Carte de la répartition du quartile inférieur (Q25) dans la plage El Aouana

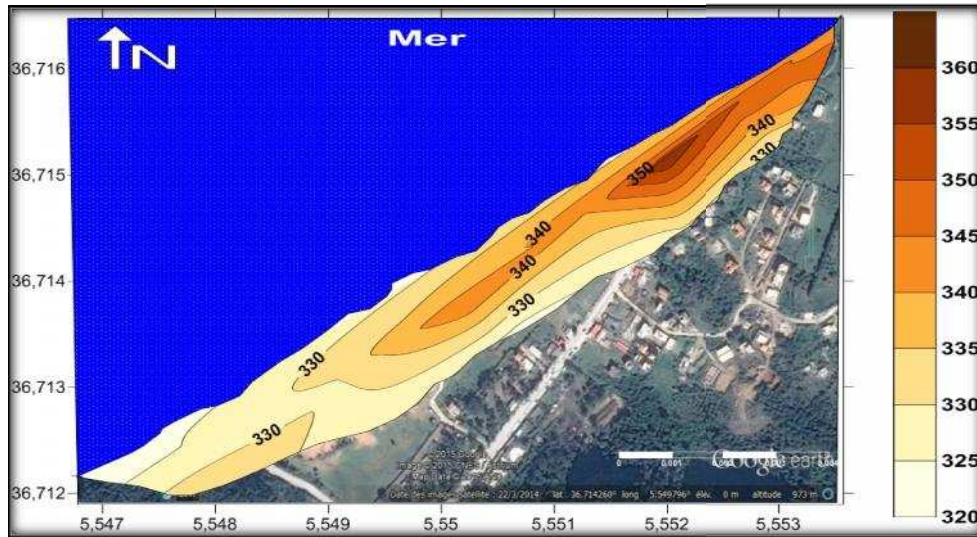


Fig: Carte de la répartition du quartile inférieur (Q25) dans la plage les Aftis

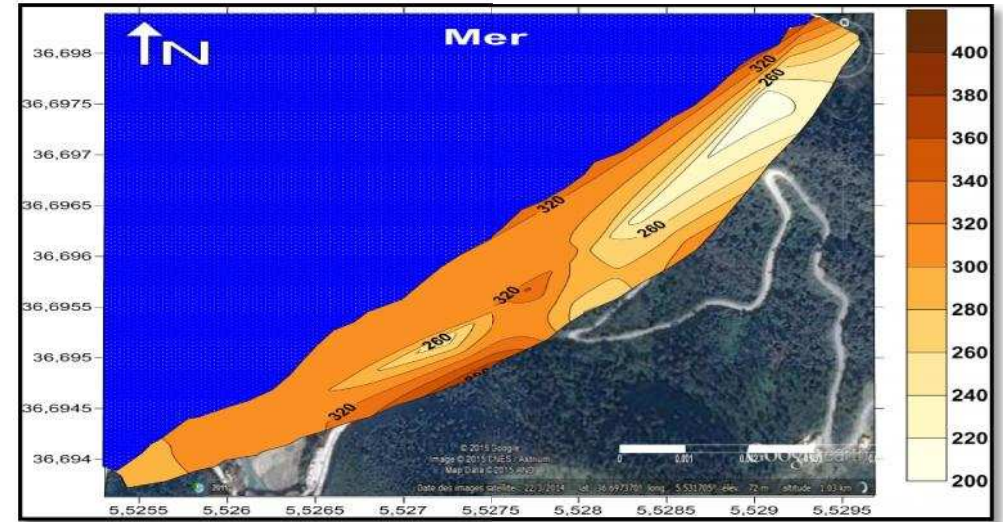


Fig: Carte de la répartition du quartile inférieur (Q25) dans la plage les Grottes

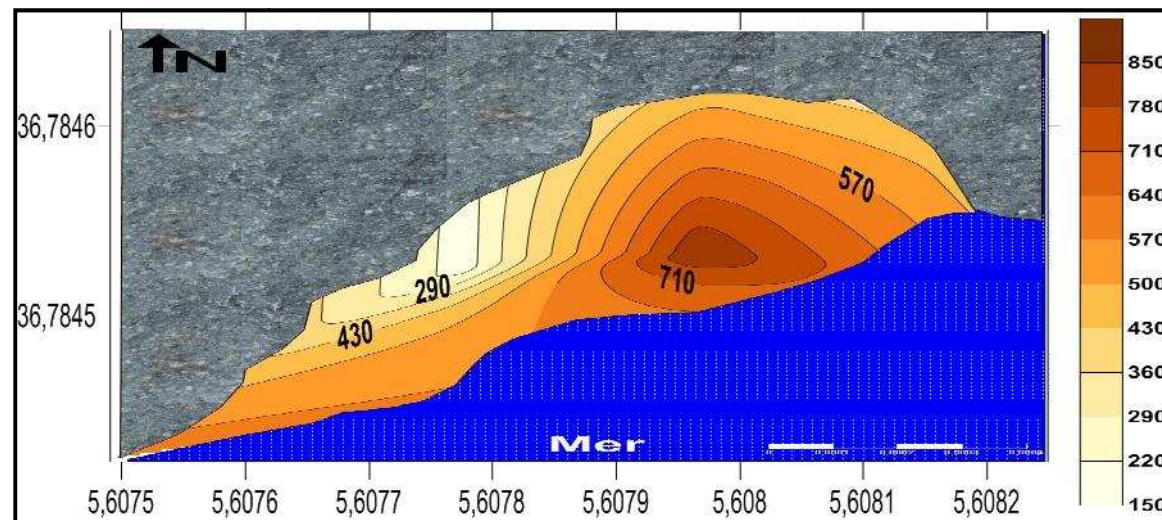


Fig: Carte de la répartition du quartile inférieur (Q25) dans la plage de l'île de Caval

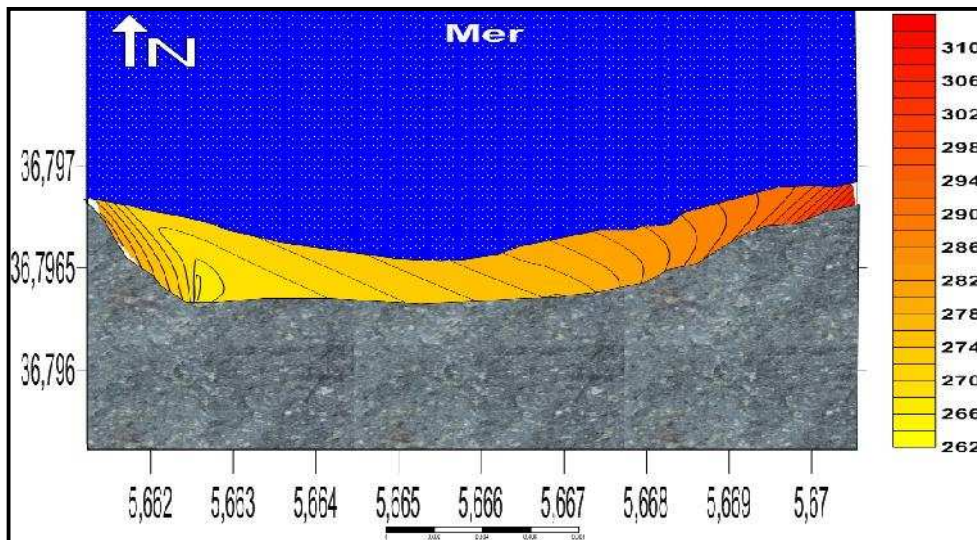


Fig: Carte de la répartition de la médiane (Q50) dans la plage Ondreu 1

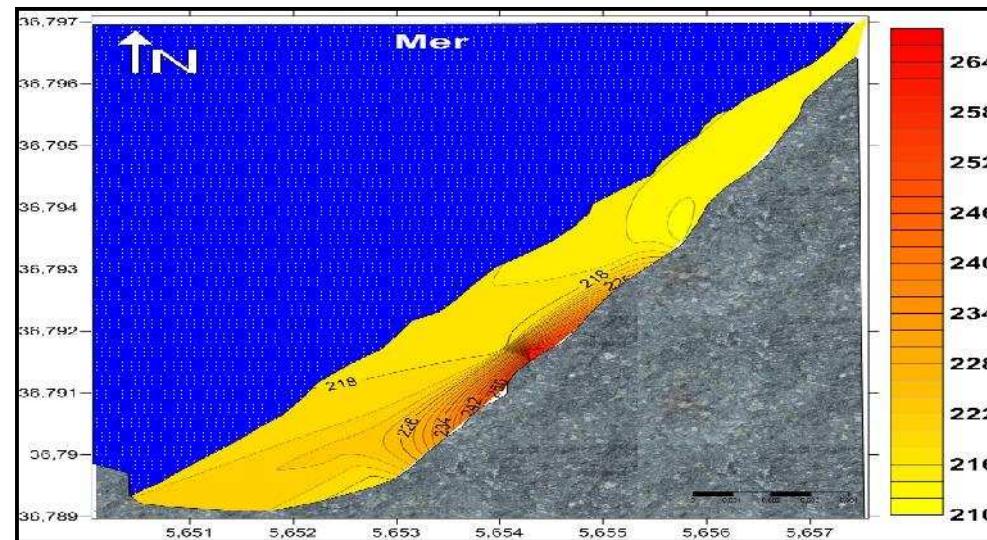


Fig: Carte de la répartition de la médiane (Q50) dans la plage Ondreu 2

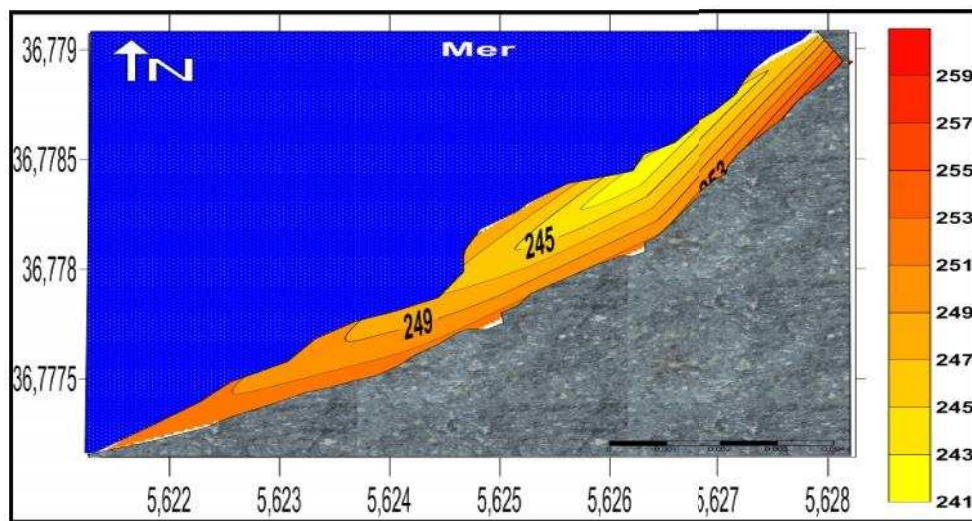


Fig : Carte de la répartition de la médiane (Q50) dans la plage Chalot

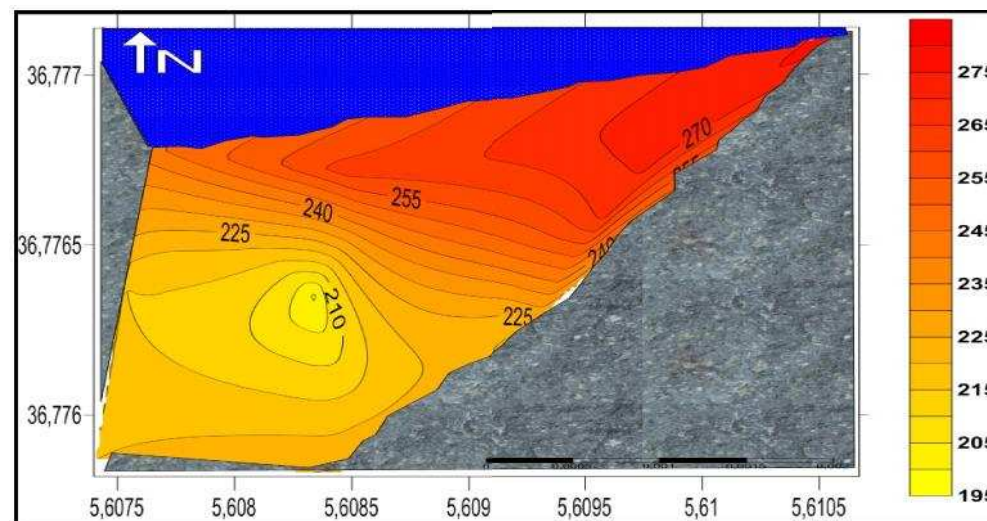


Fig : Carte de la répartition de la médiane (Q50) dans la plage El Aouana

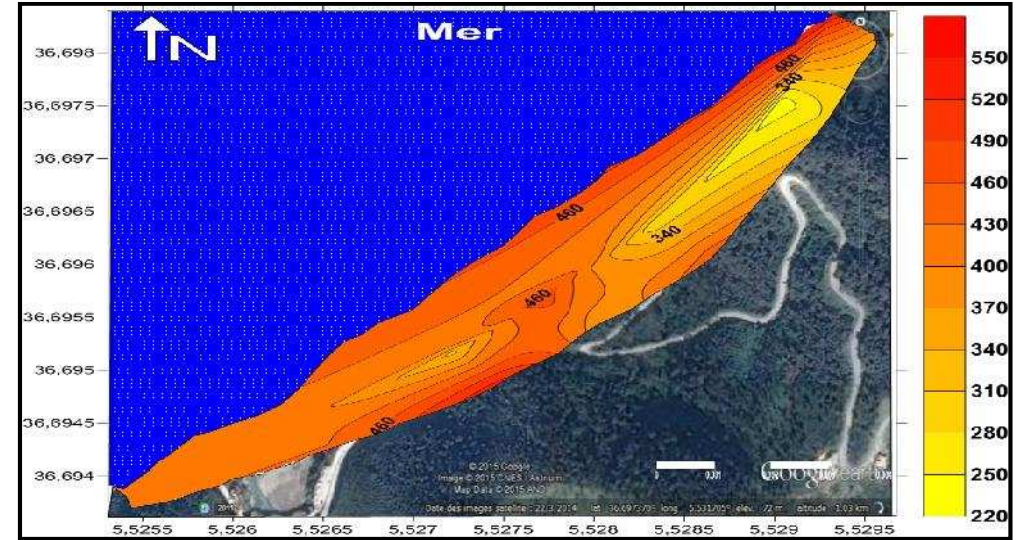
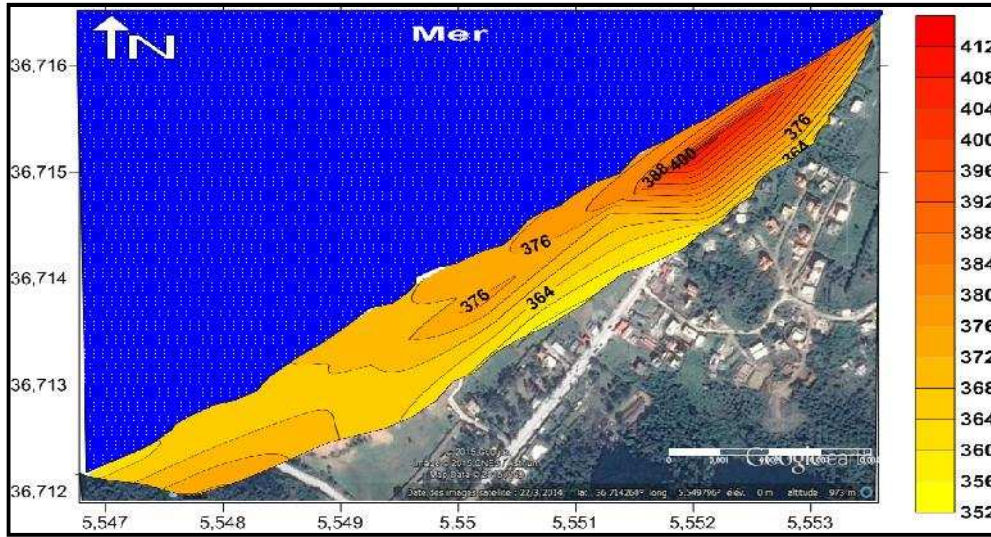


Fig: Carte de la répartition de la médiane (Q50) dans la plage les Aftis

Fig: Carte de la répartition de la médiane (Q50) dans la plage les Grottes

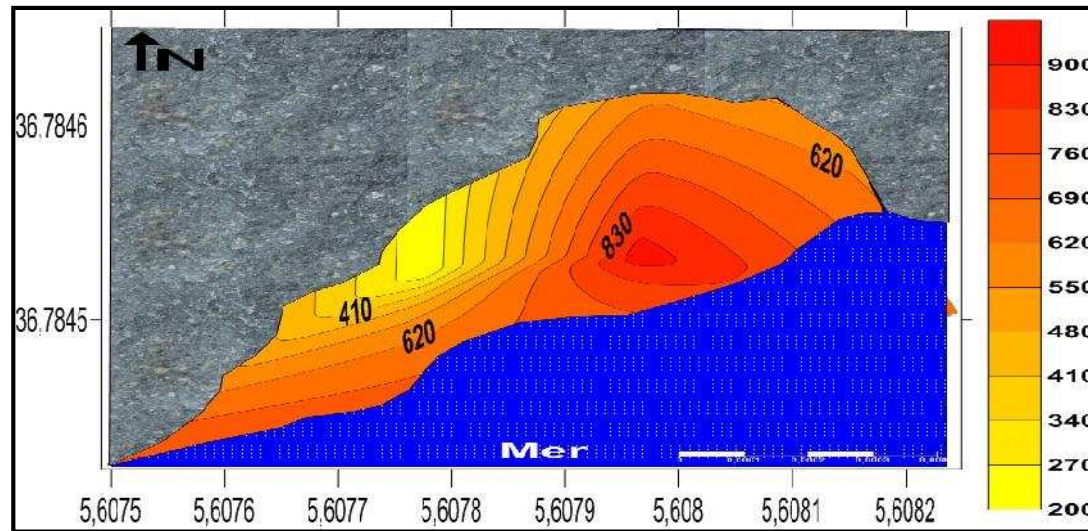


Fig: Carte de la répartition de la médiane (Q50) dans la plage de l'île de Cavalo

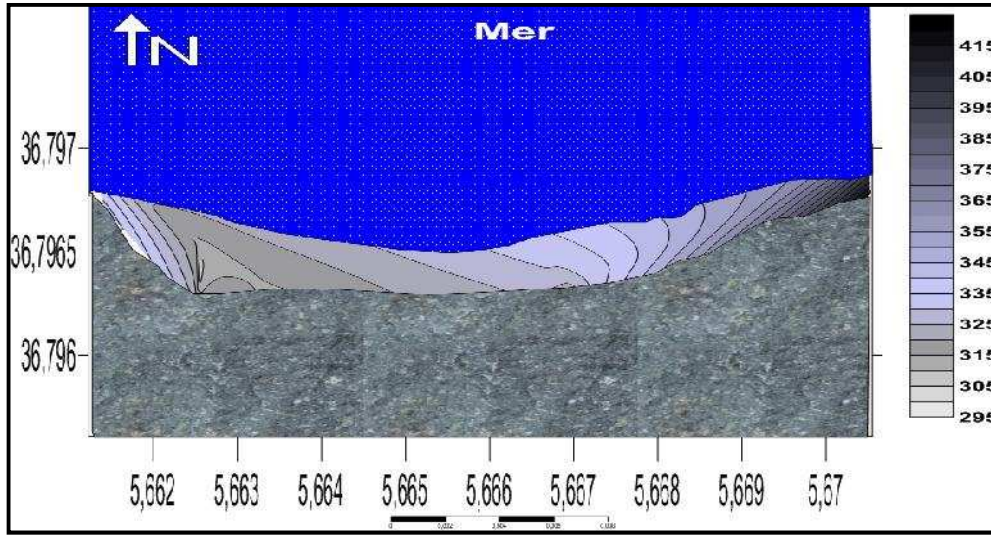


Fig: Carte de la répartition du quartile supérieur (Q75) dans la plage Ondreu 1

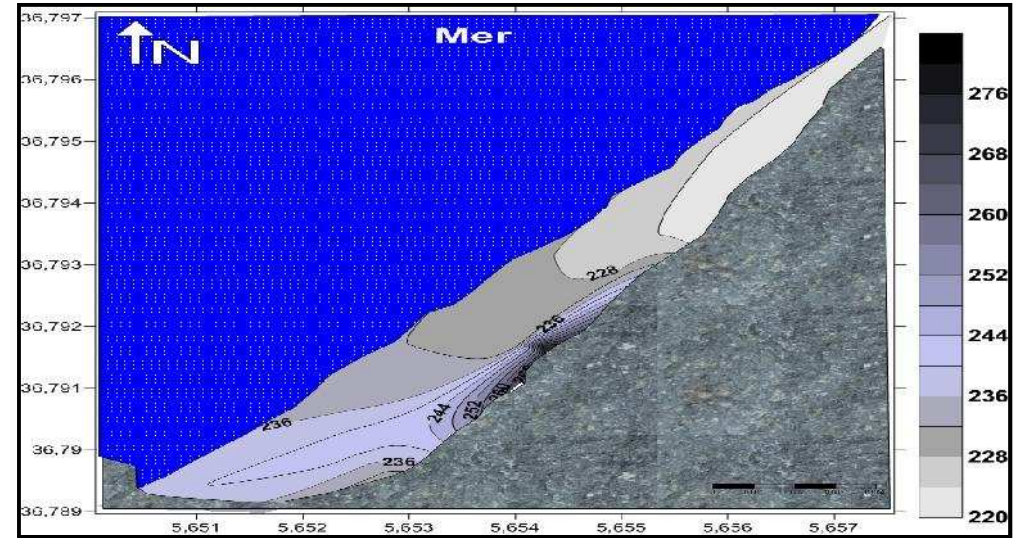


Fig: Carte de la répartition du quartile supérieur (Q75) dans la plage Ondreu 2

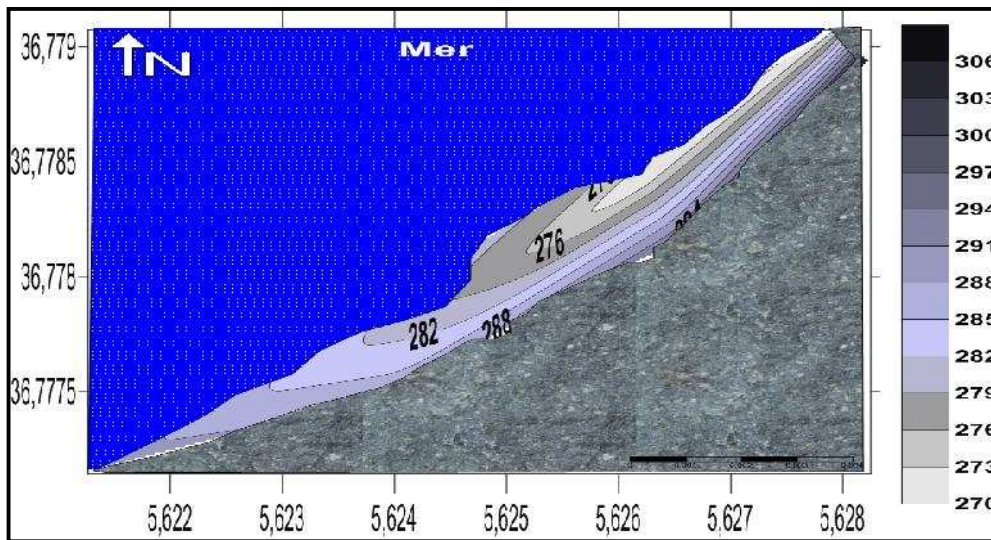


Fig : Carte de la répartition du quartile supérieur (Q75) dans la plage Chalot

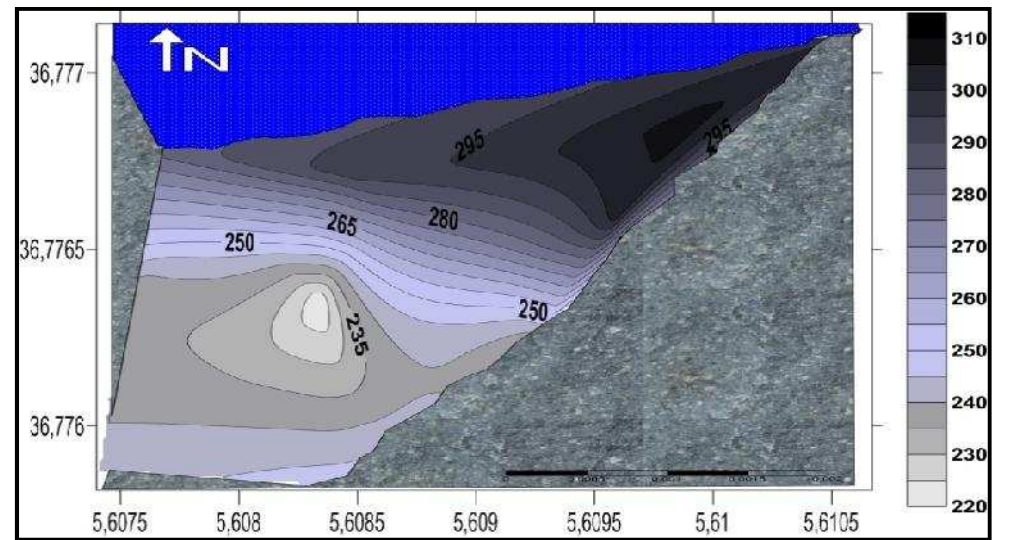


Fig : Carte de la répartition du quartile supérieur (Q75) dans la plage El Aouana

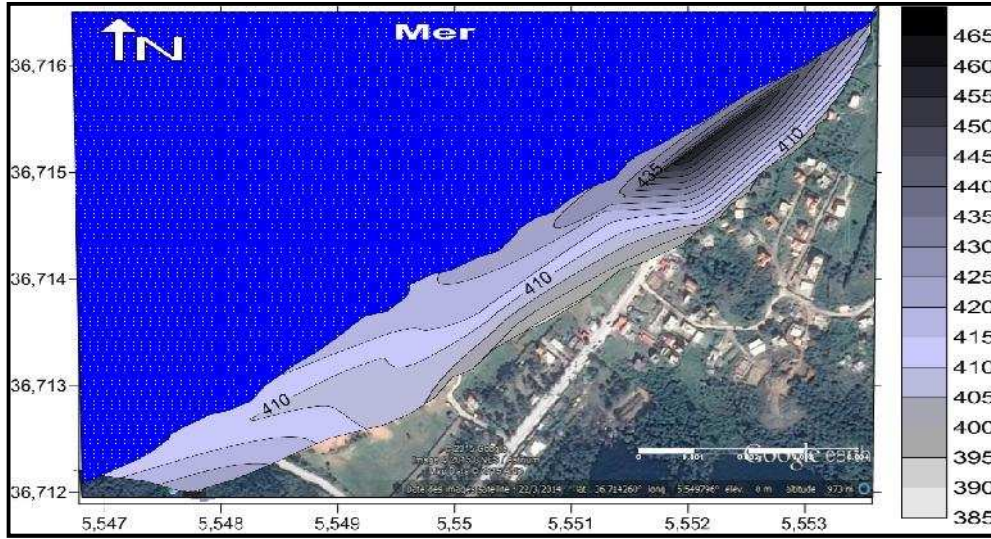


Fig: Carte de la répartition du quartile supérieur (Q75) dans la plage les Aftis

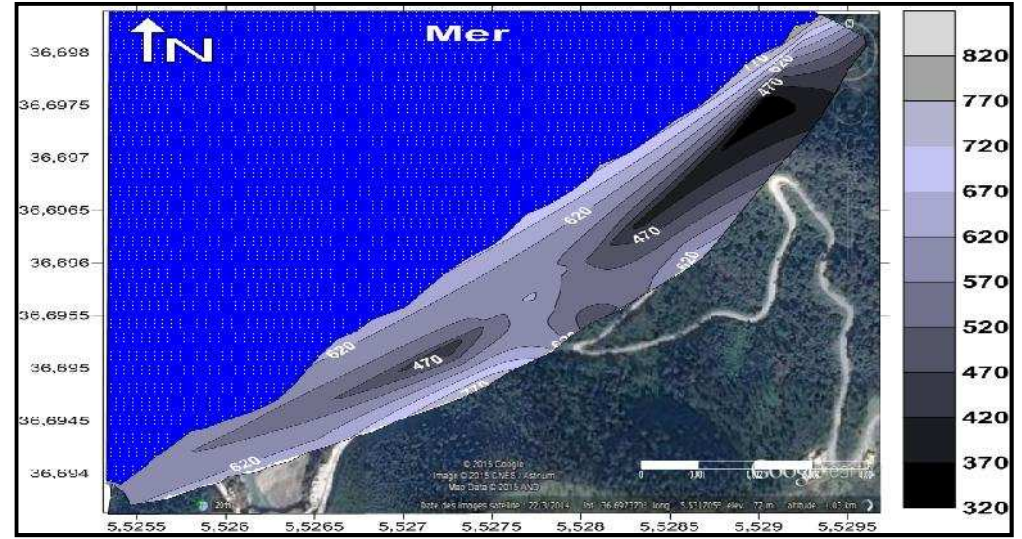


Fig: Carte de la répartition du quartile supérieur (Q75) dans la plage les Grottes

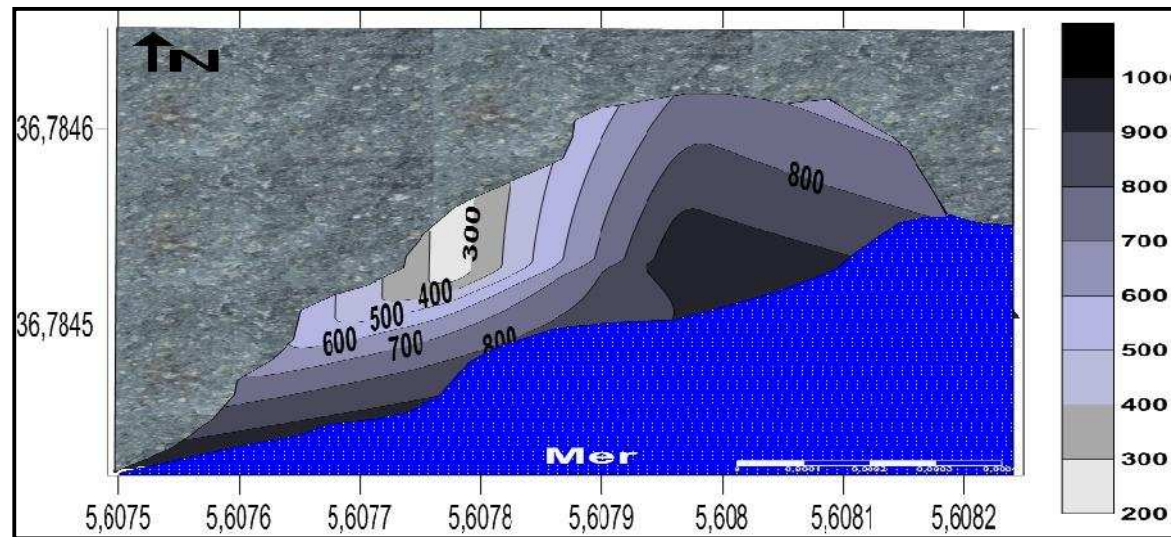


Fig: Carte de la répartition du quartile supérieur (Q75) dans la plage de l'île de Cavalò

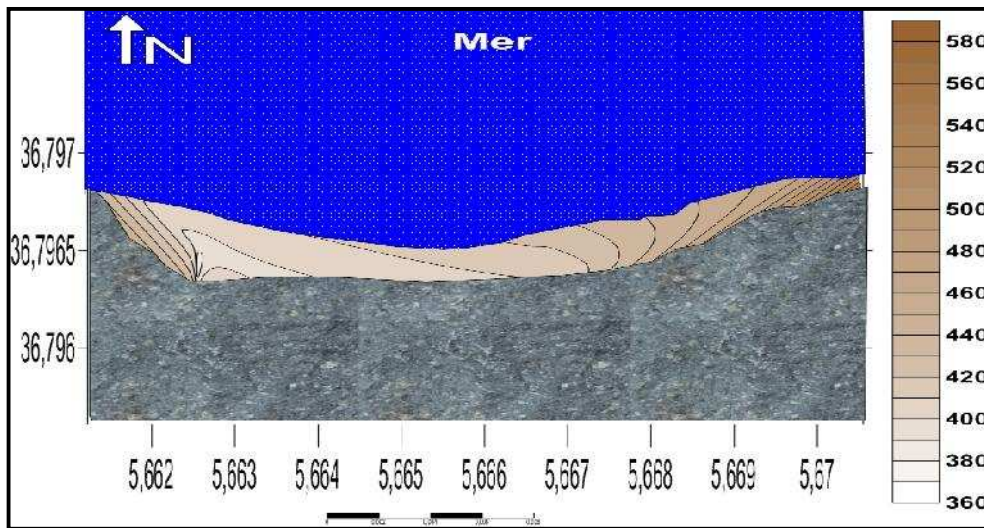


Fig: Carte de la répartition du décile supérieur (D90) dans la plage Ondreu 1

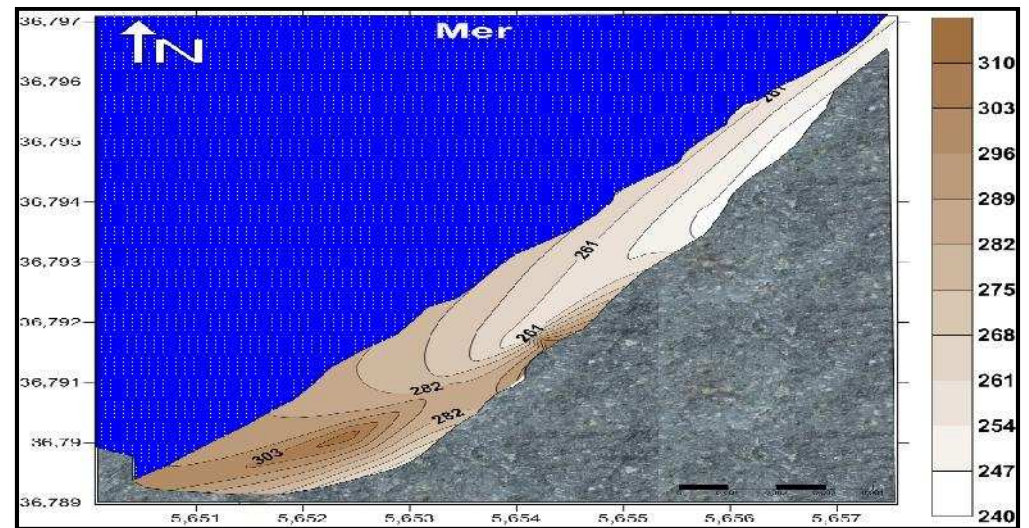


Fig: Carte de la répartition du décile supérieur (D90) dans la plage Ondreu 2

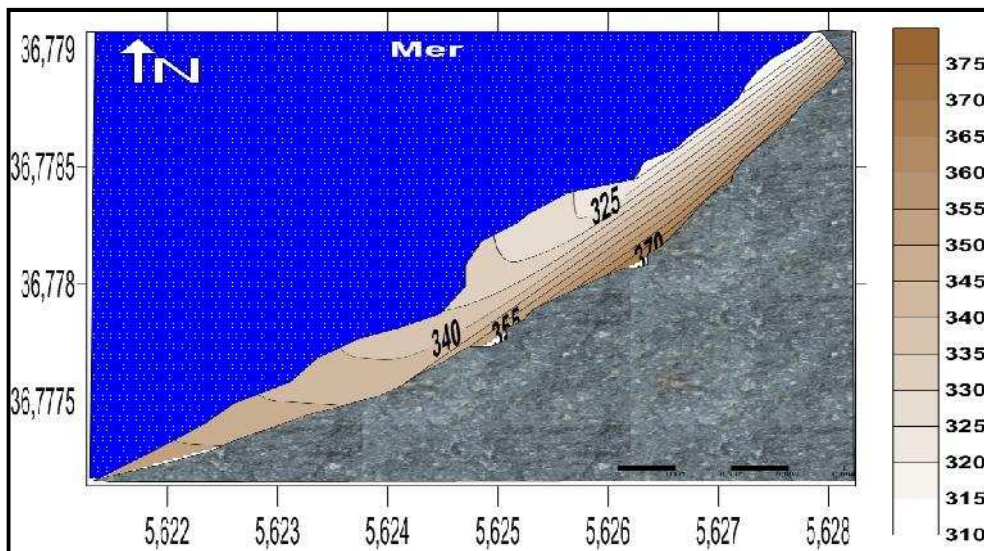


Fig : Carte de la répartition du décile supérieur (D90) dans la plage Chalat

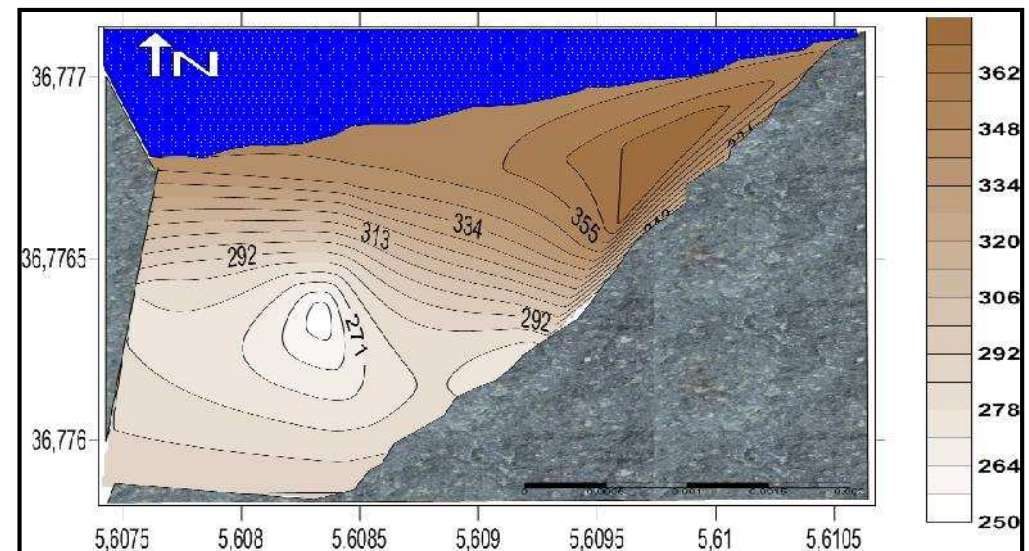


Fig : Carte de la répartition du décile supérieur (D90) dans la plage El Aouana

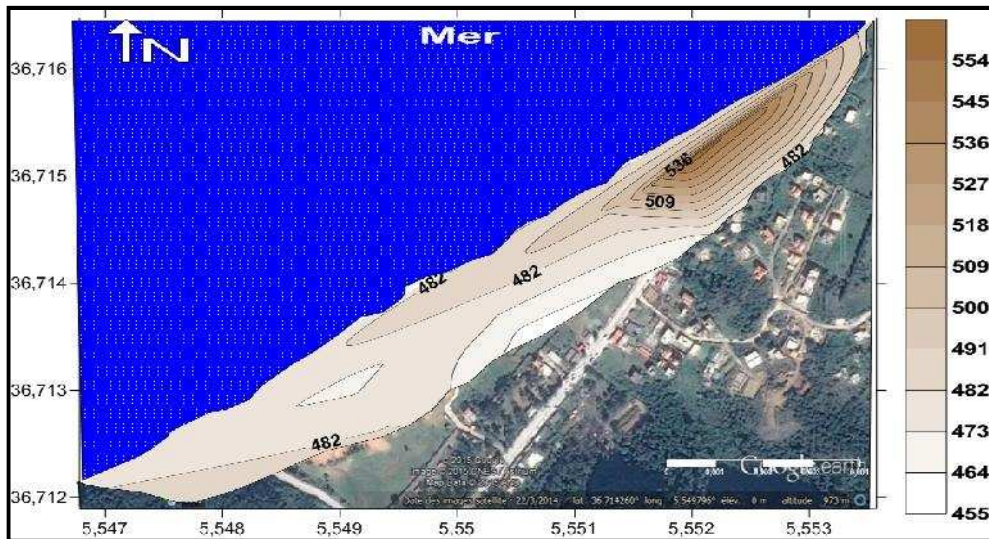


Fig: Carte de la répartition du décile supérieur (D90) dans la plage les Aftis

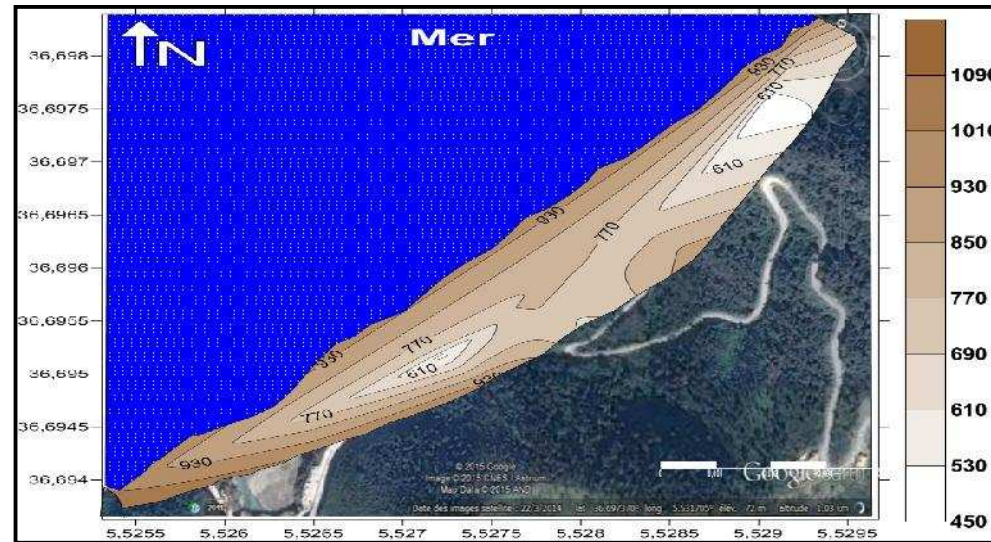


Fig: Carte de la répartition du décile supérieur (D90) dans la plage les Grottes

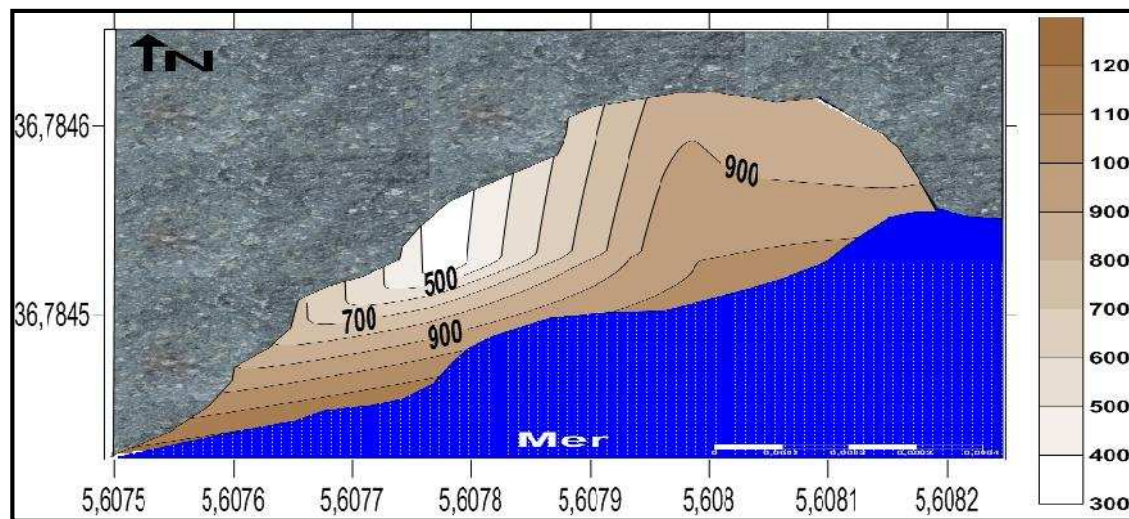


Fig: Carte de la répartition du décile supérieur (D90) dans la plage de l'île de Cavallo

Tableau : Evolution de trait de côte entre 2008 et 2015 du littoral Ouest de Jijel

	évolution 2008-2011 (m)	Vitesse (m/an)	évolution 2011-2013 (m)	Vitesse (m/an)	évolution 2013-2015 (m)	Vitesse (m/an)	évolution 2008-2015 (m)	Vitesse (m/an)
T1	17	5,67	30	15	13	6,5	70	10,00
T2	13	4,33	9	4,5	8	4	20	2,86
T3	12	4,00	3	1,5	4	2	10	1,43
T4	12	4,00	-4	-2	-3	-1,5	4	0,57
T5	16	5,33	-6	-3	3	1,5	5	0,71
T6	8	2,67	-3	-1,5	-3	-1,5	4	0,57
T7	14	4,67	6	3	-8	-4	-7	-1,00
T8	7	2,33	-3	-1,5	-2	-1	-1	-0,14
T9	14	4,67	3	1,5	1	0,5	-2	-0,29
T10	8	2,67	2	1	1	0,5	4	0,57
T11	-9	-3,00	1	0,5	2	1	-3	-0,43
T12	-6	-2,00	3	1,5	3	1,5	4	0,57
T13	-3	-1,00	-2	-1	1	0,5	-2	-0,29
T14	-6	-2,00	2	1	1	0,5	-2	-0,29
T15	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00
T16	-14	-4,67	12	6	-2	-1	7	1,00
T17	-8	-2,67	6	3	-3	-1,5	2	0,29
T18	15	5,00	-9	-4,5	-2	-1	4	0,57
T19	12	4,00	5	2,5	-4	-2	7	1,00
T20	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00
T21	6	2,00	-5	-2,5	0	0	3	0,43
T22	3	1,00	4	2	1	0,5	4	0,57
T23	5	1,67	-6	-3	0	0	-5	-0,71
T24	-5	-1,67	-5	-2,5	-2	-1	-6	-0,86
T25	6	2,00	-12	-6	-1	-0,5	-8	-1,14
T26	-15	-5,00	-6	-3	-7	-3,5	-14	-2,00

Tableau : Bilan des taux d'érosion et d'accumulation du littoral Ouest de Jijel entre 2008 et 2015.

Les périodes	Taux d'accrétion 2008-2011 (m2)	Taux d'érosion 2008-2011 (m2)	Bilan (m2)	Taux d'accrétion 2011-2013 (m2)	Taux d'érosion 2011-2013 (m2)	Bilan (m2)	Taux d'accrétion (m2) 2013-2015	Taux d'érosion (m2) 2013-2015	Bilan (m2)	Taux d'accrétion (m2) 2008-2015	Taux d'érosion 2008-2015 (m2)	Bilan (m2)
T1	3490,65	0	<b>3490,65</b>	8762,53	0	<b>8762,53</b>	1405,4	0	<b>1405,4</b>	13711,52	0	<b>13711,52</b>
T2	2129,32	0	<b>2129,32</b>	2391,92	0	<b>2391,92</b>	873,77	-745,299	<b>128,471</b>	4613,26	0	<b>4613,26</b>
T3	3241,24	-76,15	<b>3165,09</b>	1013,81	-2024,68	<b>-1010,87</b>	729,5	-448,47	<b>281,03</b>	2685,17	-108,35	<b>2576,82</b>
T4	2501,84	0	<b>2501,84</b>	122,16	-1943,74	<b>-1821,58</b>	0	-671,38	<b>-671,38</b>	569,07	-565,4	<b>3,67</b>
T5	3112,91	0	<b>3112,91</b>	28,4	-2748,89	<b>-2720,49</b>	1214,42	-193,82	<b>1020,6</b>	1338,7	0	<b>1338,7</b>
T6	544,04	-668,38	<b>-124,34</b>	1453,88	-1487,35	<b>-33,47</b>	108,97	-876,96	<b>-767,99</b>	748,044	-1610,35	<b>-862,306</b>
T7	0	-3345	<b>-3345</b>	5076,97	0	<b>5076,97</b>	0	-7218,24	<b>-7218,24</b>	594,48	-5844,44	<b>-5249,96</b>
T8	989,94	-972,7	<b>17,24</b>	674,81	-142,54	<b>532,27</b>	1234,58	-1741,07	<b>-506,49</b>	569,76	-2441,83	<b>-1872,07</b>
T9	716,96	-1946,5	<b>-1229,54</b>	1219,18	-539,36	<b>679,82</b>	472,25	-264,4	<b>207,85</b>	98,51	-458,78	<b>-360,27</b>
T10	985,9	0	<b>985,9</b>	384,33	-154,63	<b>229,7</b>	298,68	-210,79	<b>87,89</b>	1282,02	0	<b>1282,02</b>
T11	0	-2720,83	<b>-2720,83</b>	878,52	-275,87	<b>602,65</b>	1165,628	-415,44	<b>750,188</b>	520,57	-2054,5	<b>-1533,93</b>
T12	179,64	-1282,5	<b>-1102,86</b>	1709,2	-109,64	<b>1599,56</b>	648,08	0	<b>648,08</b>	1648,618	-46,71	<b>1601,908</b>
T13	70,46	-280,74	<b>-210,28</b>	36,18	-498,54	<b>-462,36</b>	150,23	0	<b>150,23</b>	0	-500,69	<b>-500,69</b>
T14	50,34	-921,29	<b>-870,95</b>	665,2	-440,16	<b>225,04</b>	30,13	-90,73	<b>-60,6</b>	50,16	-420,73	<b>-370,57</b>
T15	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
T16	124,43	-2704,66	<b>-2580,23</b>	5766,67	0	<b>5766,67</b>	234,47	-1383,41	<b>-1148,94</b>	2093,49	-277,81	<b>1815,68</b>
T17	0	-1556,44	<b>-1556,44</b>	3182,28	0	<b>3182,28</b>	0	-1943,64	<b>-1943,64</b>	79,33	-368,14	<b>-288,81</b>

## Annexe 3

## Résultats de l'évolution du trait de côte

<b>T18</b>	4606,92	-93,45	<b>4513,47</b>	21,36	-3444,13	<b>-3422,77</b>	0	-501,81	<b>-501,81</b>	622,87	-150,63	<b>472,24</b>
<b>T19</b>	5708,22	0	<b>5708,22</b>	1963,53	-977,03	<b>986,5</b>	1067,3	-2613,91	<b>-1546,61</b>	5018,06	0	<b>5018,06</b>
<b>T20</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
<b>T21</b>	2114,63	0	<b>2114,63</b>	0	-743,87	<b>-743,87</b>	0	-50,46	<b>-50,46</b>	1286,12	0	<b>1286,12</b>
<b>T22</b>	261,13	-377,55	<b>-116,42</b>	1337,68	-252,86	<b>1084,82</b>	164,79	-224,07	<b>-59,28</b>	398,73	-1356,163	<b>-957,433</b>
<b>T23</b>	1103,65	-413,78	<b>689,87</b>	313,84	-1443,74	<b>-1129,9</b>	360,82	-592,43	<b>-231,61</b>	84,8	-217,91	<b>-133,11</b>
<b>T24</b>	318,32	-732,82	<b>-414,5</b>	401,28	-812,73	<b>-411,45</b>	0	-1405,13	<b>-1405,13</b>	381,36	-1958,93	<b>-1577,57</b>
<b>T25</b>	218,4	-757,17	<b>-538,77</b>	0	-1632,15	<b>-1632,15</b>	0	-544,07	<b>-544,07</b>	0	-876,42	<b>-876,42</b>
<b>T26</b>	104,94	-2477,41	<b>-2372,47</b>	334,99	-755,03	<b>-420,04</b>	0	-2170,7	<b>-2170,7</b>	0	-4416,93	<b>-4416,93</b>
<b>T1-T26</b>	32573,88	-21327,3	<b>11246,51</b>	37738,72	-20426,94	<b>17311,78</b>	10159,01	-24306,22	<b>-14147,21</b>	38394,64	-23674,713	<b>14719,929</b>

Profil 1 :

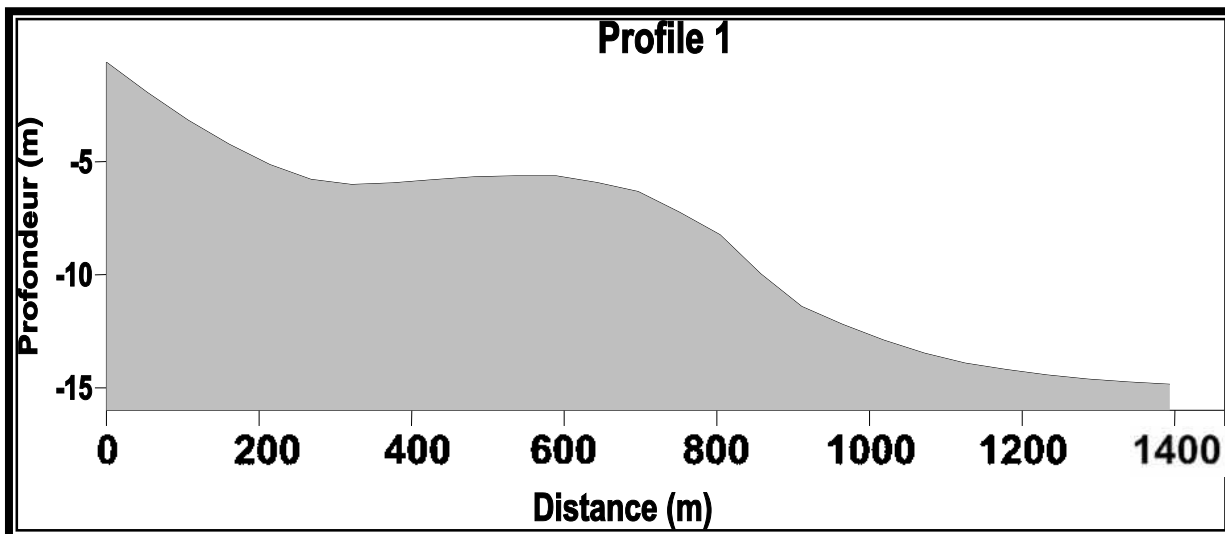


Fig: Profil bathymétrique n°1

Profil 2 :

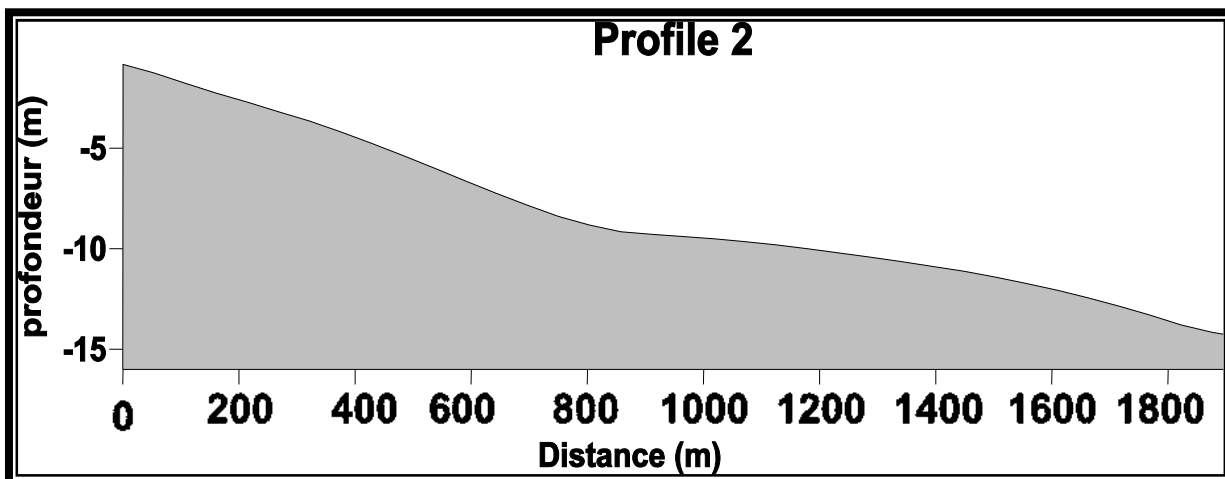


Fig: Profil bathymétrique n°2

Profil 3 :

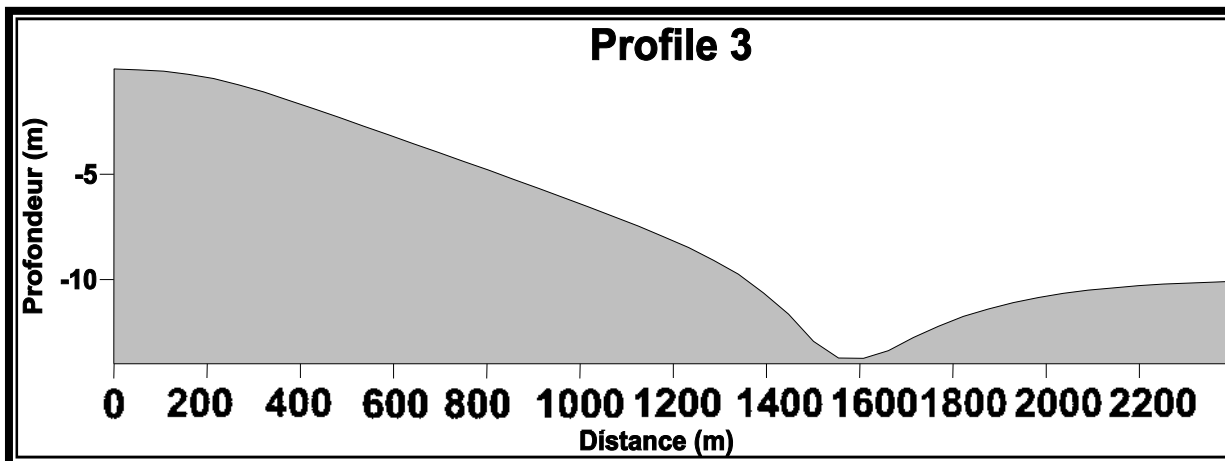


Fig: Profil bathymétrique n°3

### 1. Procédure analytique :

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

#### a. Préparation des données d'entrée :

Une grille d'entrée doit être mise avant l'utilisation de logiciel et doit être préparée par ordre et de la manière suivante :

	1	2	3	4	5	6	7
1		732544,49	407354,65	2,077041	3,3075	0,7843	
2		732704,66	407356,66	1,101596	1,2669	0,8036	
3		732756,39	4074099,63	1,107980	1,3079	1,0098	
4		733064,51	4073727,68	2,077041	1,3075	0,7843	
5		732939,99	4073440,64	2,077041	1,3077	1,1403	
6		732828,3	4073412,69	1,571436	1,3479	0,7790	
7		733132,52	4073387,62	1,582154	1,3879	0,8853	
8		733423,93	4073362,1	2,077041	1,3075	0,7843	
9		733739,06	4073721,75	2,351074	1,3877	0,7477	
10		733795,52	4073554,69	2,314751	1,4479	0,7148	
11		733783,62	4073706,62	0,888969	1,4079	0,9134	
12		734180,47	4073773,68	0,698993	1,1775	0,9923	
13		734274,5	4073601,62	1,785873	1,4777	0,7166	
14		734432,47	4073887,64	1,107980	1,3979	1,0901	
15		734535,58	4073841,64	1,532154	1,5079	0,8853	
16		734646,27	4074004,64	2,351074	1,3877	0,7477	
17		734938,75	4073564,68	2,351074	1,3877	0,7477	
18		735156,9	4074096,11	2,077041	1,3075	0,7843	
19		735442,26	4074034,60	2,077041	1,3075	1,1403	
20		736280,72	4074762,66	2,351074	1,3277	0,9473	
21		736602,48	4074996,71	2,077041	1,3075	0,7843	
22		736839,22	4075327,61	1,101596	1,2669	0,8036	
23		736994,51	4075464,67	0,698993	1,1775	0,9923	
24		737016,64	4075601,59	1,785873	1,4777	0,7166	

Fig. la grille d'entrée dans le model GSTA

1 : Le nombre des échantillons prélevés.

2 : Un coefficient qui dépend de type des coordonnées choisies, dans le cas des coordonnées métriques en prend le numéro un (1).

3 : La distance critique ( $D_{CR}$ ) ; La distance critique notée Dcr est définie comme étant la distance séparant une station de sa voisine, ou bien c'est la distance en deçà de laquelle tout échantillon est compris dans ce périmètre. Le choix de la Dcr se base sur le principe que chaque échantillon doit avoir plusieurs voisins, et qu'il n'y ait pas d'échantillon se trouvant en dehors de ce périmètre.  $D_{CR}$  est obtenue en mesurant à l'aide de la règle dont dispose le logiciel du SIG (QGIS), la distance maximale que peut avoir deux échantillons voisins.

4 : Les coordonnées en format métriques (X, Y)

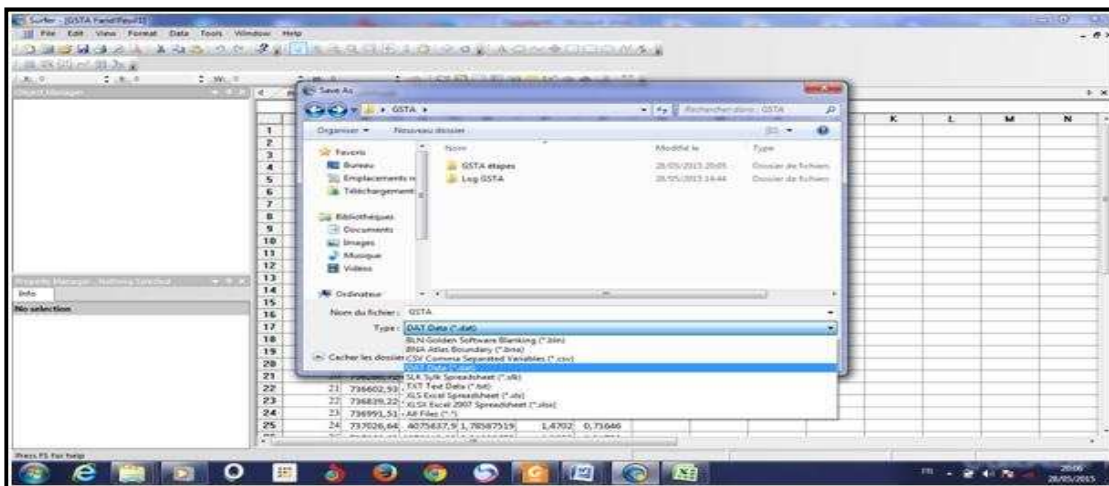
5, 6, 7 : Sont des indices granulométriques pour chaque station: Mz, Si et Sk (avec l'échelle de Phi) :

5 : Le diamètre moyen (Mz) =  $(16 + 50 + 84) / 3$

6 : L'indice de tri (Si) =  $((84 + 16) / 4) + ((95 + 5) / 3)$

7 : L'indice d'asymétrie (Sk) =  $((16 + 84 - 2 \cdot 50) / 2 \cdot (84 + 16)) + ((5 + 95 - 2 \cdot 50) / 2 \cdot (95 + 5))$ .

**Remarque :** Le logiciel GSTA exige que les données d'entrée soient sous le format (\*.dat), et pour le faire, on utilise le logiciel SURFER qui nous permet de convertir les données de format Excel (\*.xls) en format (\*.dat).



#### a. Application du GSTA :

Le logiciel GSTA est un programme destiné à l'analyse du transport sédimentaire. Son application est facile.

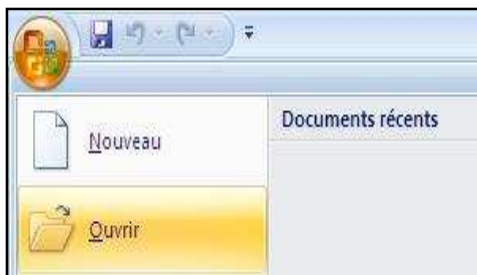
- Ouvrir **GSTA.EXE**



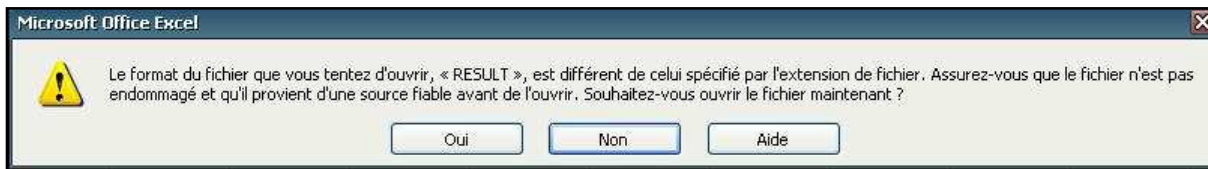
- Ecrire le nom du fichier (**input**) « **TEST.DAT** » puis cliquer sur **Entrée** pour donner le nom de fichier **output** « **RESULT** », puis cliquer sur **entrer**.



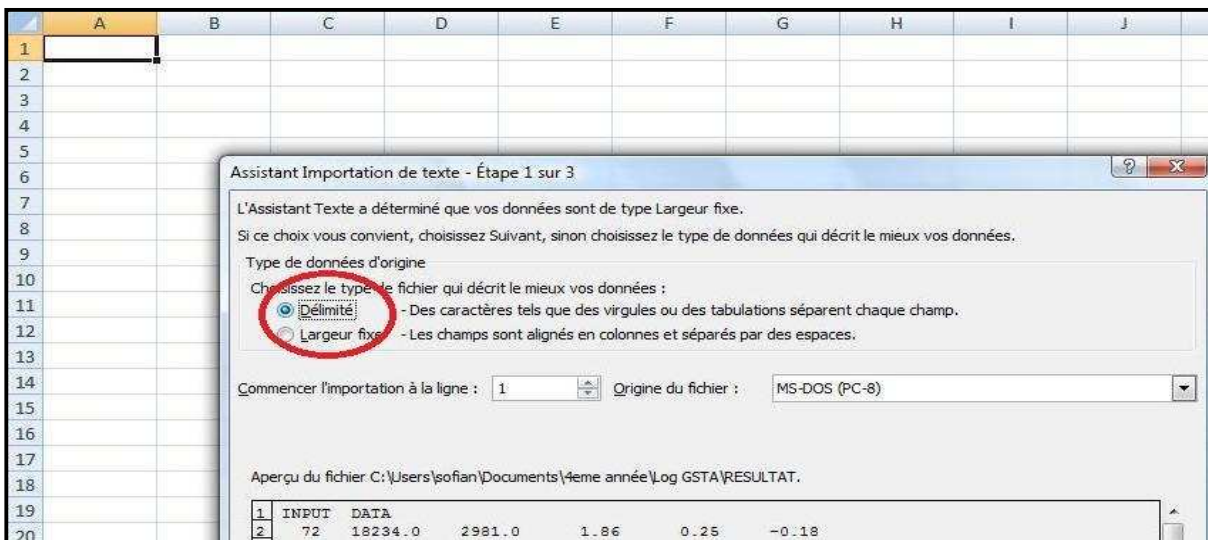
- Ouvrir l'Excel puis cliquer sur : **ouvrir** → **tous les fichiers (\*.\*)**



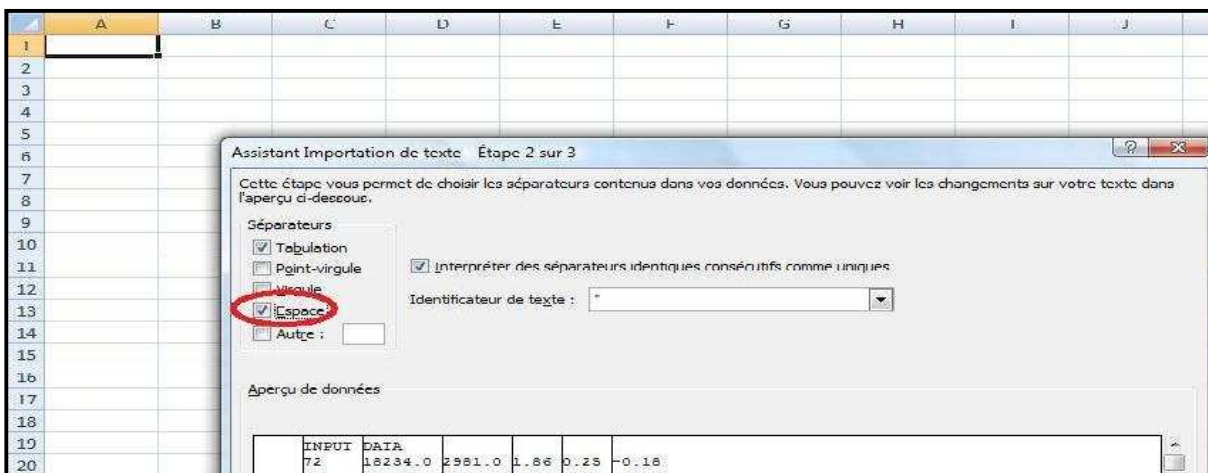
- Cliquer sur **RESULT** → **Ouvrir**, il donne:



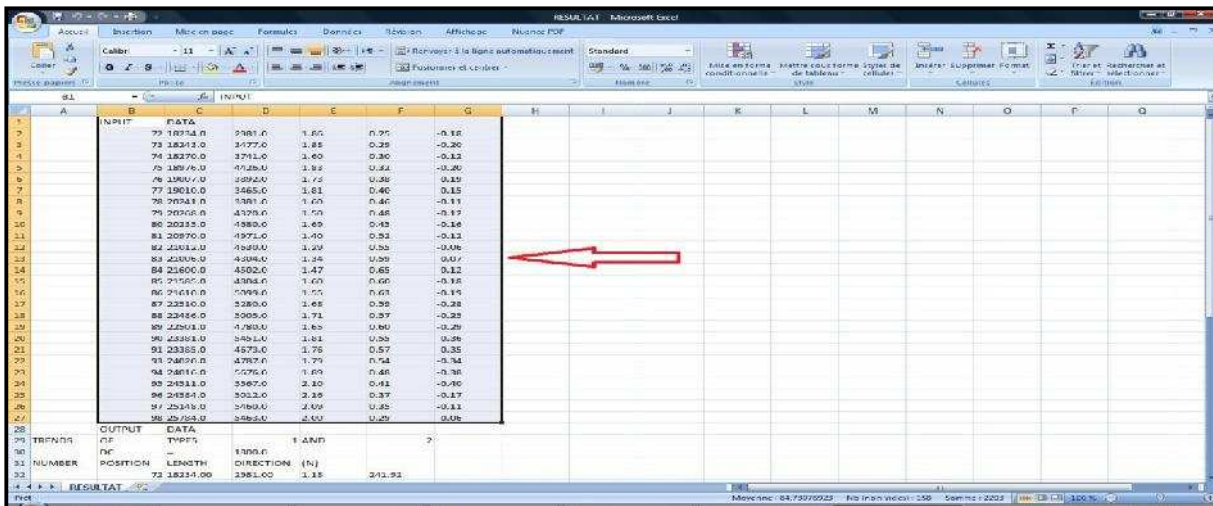
- Cliquer sur « **oui** », on obtient :



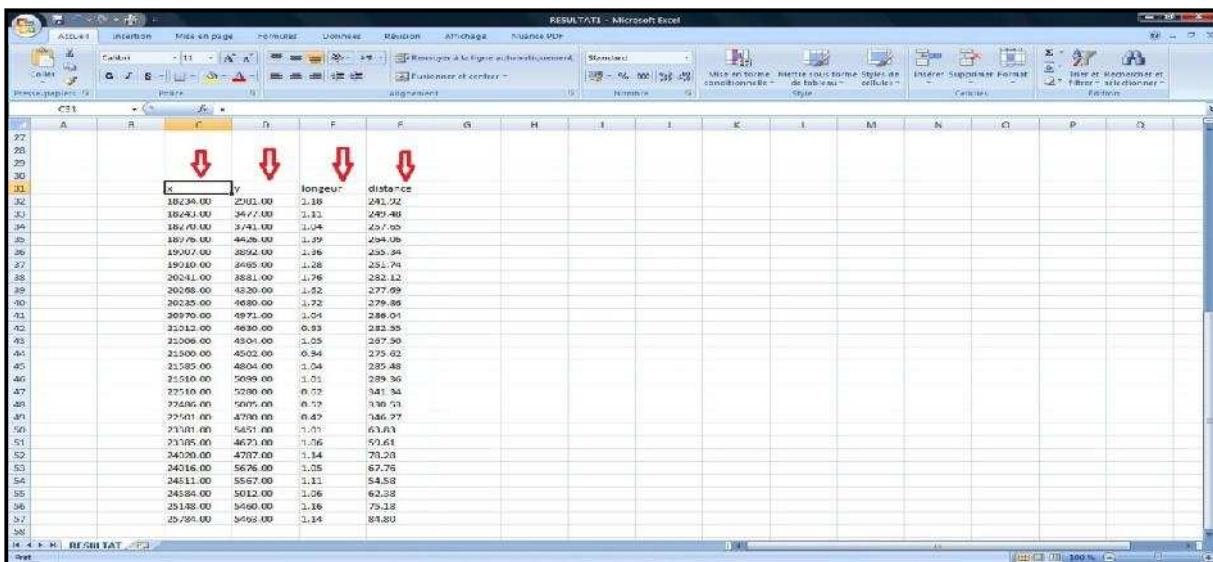
- Changer le type de fichier : **Délimité**
- Cliquer sur **suivant**, cocher sur **Espace**



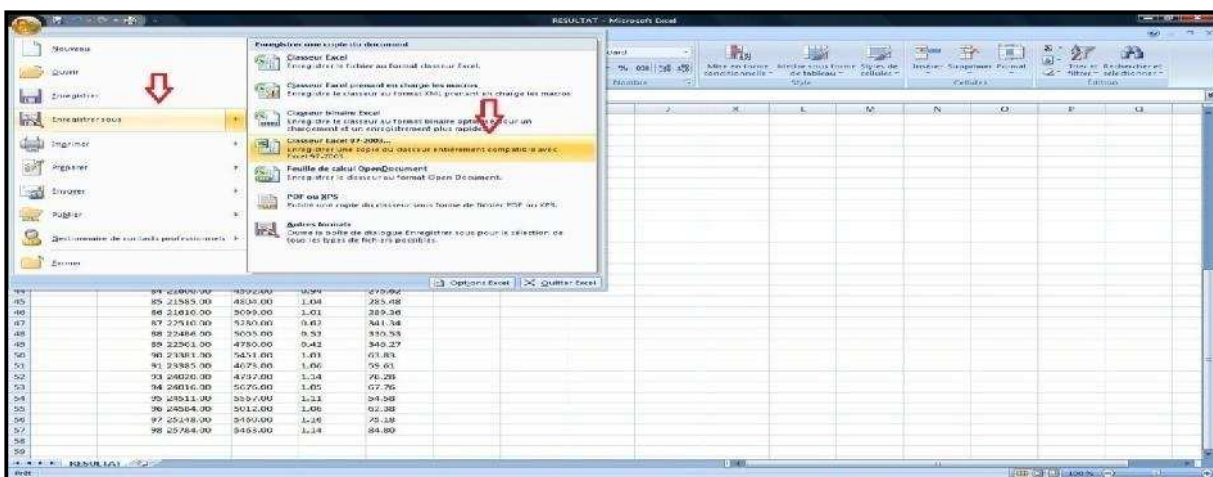
- Cliquer sur **suivant** puis **terminer** → affichage des données :



- On Supprime la colonne « INPUT » :
- Résultat final :



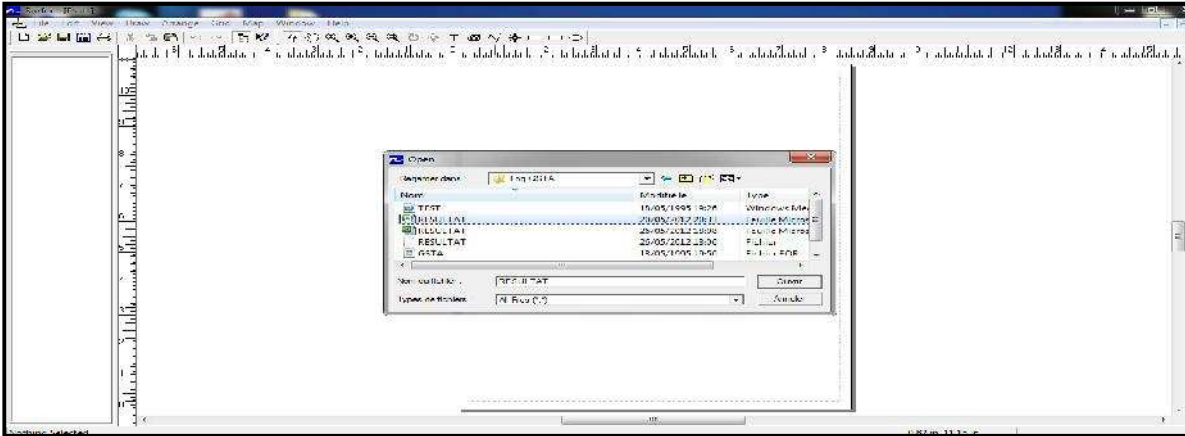
- On remplace les points par les virgules
- enregistrer les résultats sous forme (\*.xls)



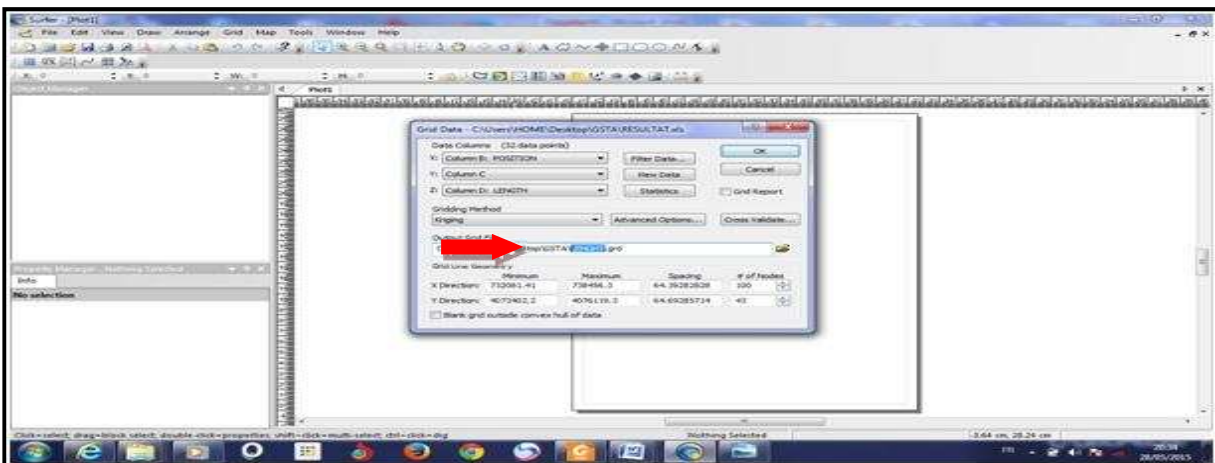
**b. Exploitation des données de sortie :**

On utilise le logiciel SURFUR 11 pour exploiter les données output de GSTA :

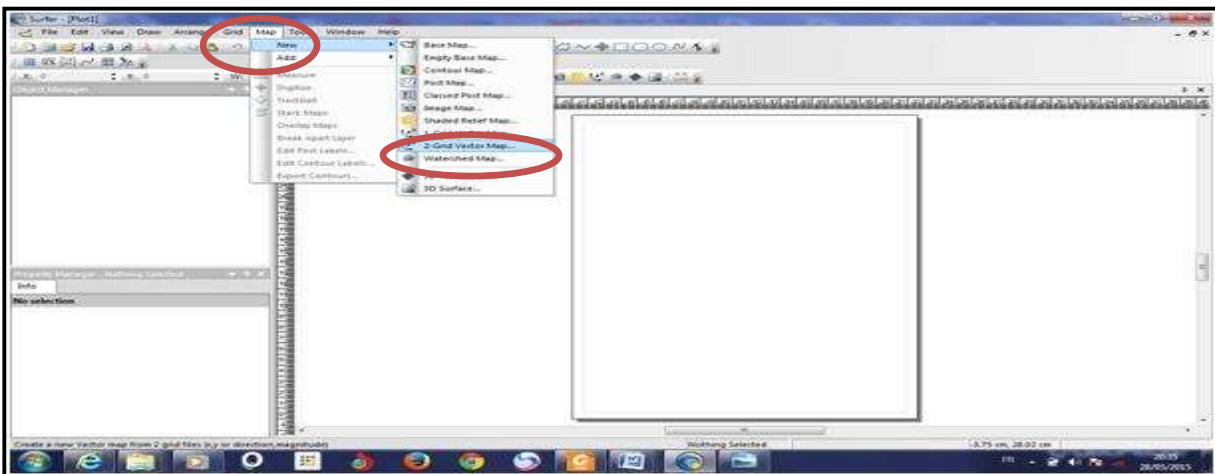
- Ouvrir : surfer → Grid → data...→
- Clique sur le fichier Excel enregistré « **RESULT** »



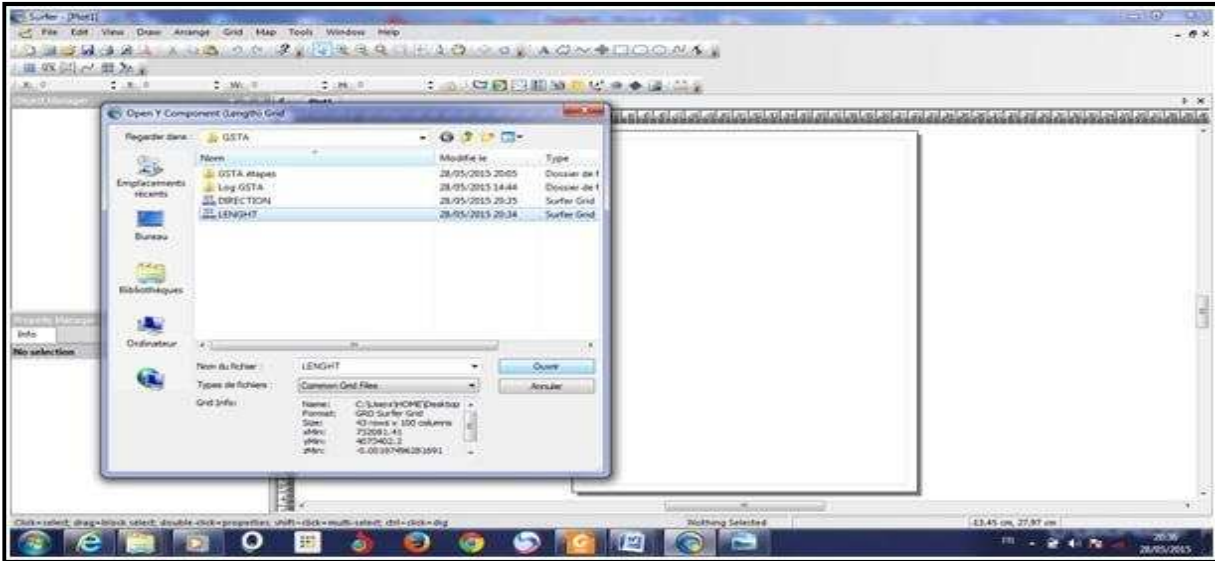
- On change : **RESULT** par **Lenght** : On clique sur « **ok** » :
- Puis on fait la même chose pour le changement de **RESULT** par **Direction** on obtient :



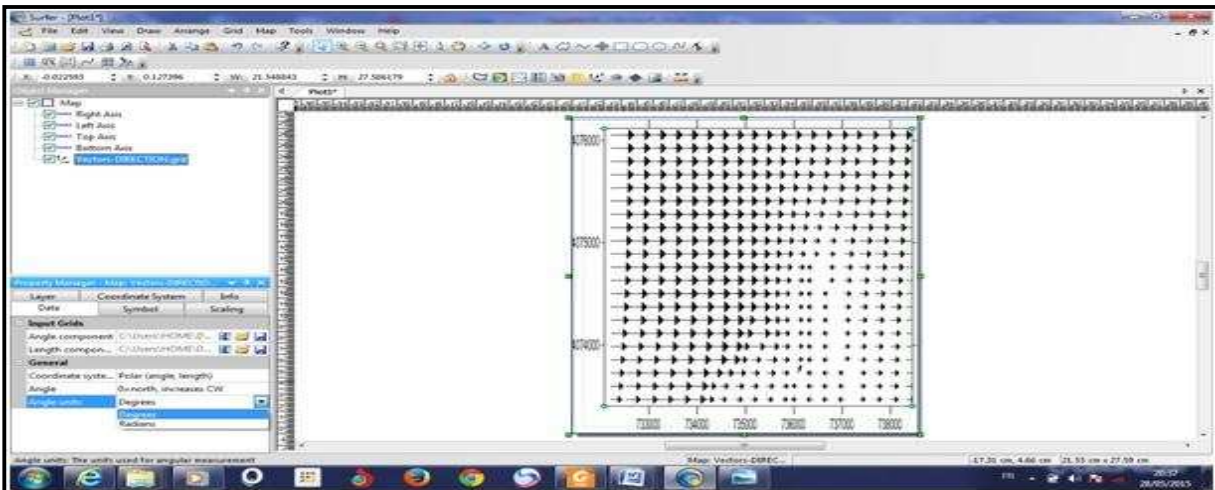
- Clique sur **Map** → **New** → **2-Grid Vector Map**



- Ouvrir **Direction.grd**, puis ouvrir **Lenght.grd**



- Changer le système de coordonnées du **Cartésien (X,Y)** vers **Polaire** ;
- Changer l'unité de l'angle de **Radians** vers **Degrees**



- Changer au niveau du **Symbol** : **Disabled** → **By magnitude**

**Input File Content:**

```

PROJ 'grille' '001'
$
MODE STAT
MODE STATIONARY TWODimensional
COORDINATES CART
SET level=0.5 NAUTICAL
$
CGRID REG 701836 4029775 0 19690 18009 100 100 CIR 36 0.03 0.3 24
$
INPGRID BOTTOM REG 701836 4029775 0 100 100 196.9 180.09 EXCVAL -999.0000
READING BOTTOM 1.0 out.txt 3 0 FREE
$
BOUN SHAPE JONSWAP 3.30 PEAK DSPR DEGREES
BOUN SIDE N CON PAR 1.09 6 45 27
BOUN SIDE E CON PAR 1.09 6 45 27
BOUN SIDE W CON PAR 1.09 6 45 27
$WIND 19.2 45
OFF QUAD
$OFF WCAP
GEN2
breaking con 1.0 0.68
num accur 0.03 0.03 0.03 97 12
FRICTION JONSWAP 0.067
SETUP 0.
$
***** OUTPUT REQUEST*****
$
frame 'R1' 701836 402977 0 19690 18009 100 100
table 'R1' head 45-6 xp yp hs dir rep ve tur
$
TEST 0,0
COMPUTE
STOP
    
```

**Grid Data Dialog Box:**

Data Columns (3295 data points)

X: Column A, Y: Column B, Z: Column C

Gridding Method: Kriging

Output Grid File: C:\Users\HOME\Desktop\swan\swan\Nord Est\Uij1\Baty métrique.gr

Grid Line Geometr	Minimum	Maximum	Spacing	# of Nodes
X Direction:	701836	721526	196.9	101
Y Direction:	4029775	4047784	180.09	101

Blank grid outside convex hull of data

2

1

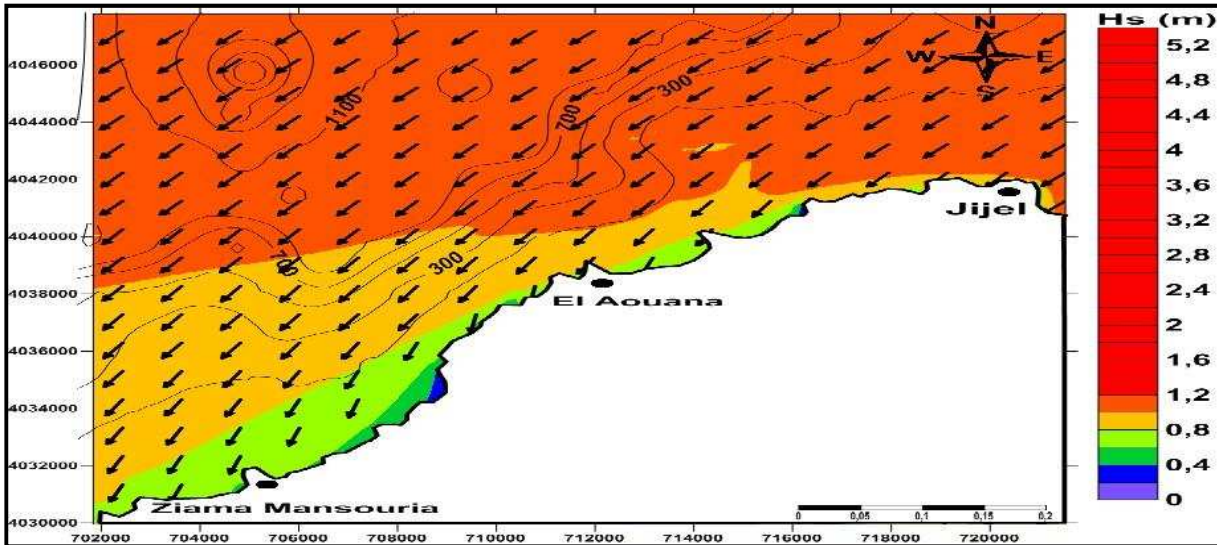


Fig 1: Réfraction de la houle pour une direction N-E 45° et une période de 6 s

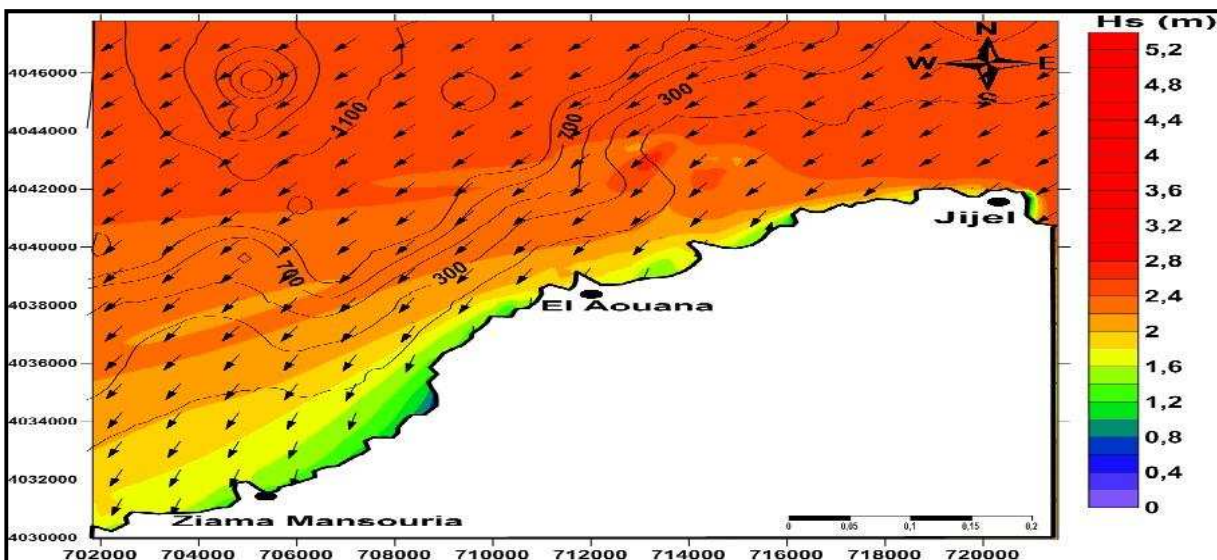


Fig 2: Réfraction de la houle pour une direction N-E 45° et une période de 8 s

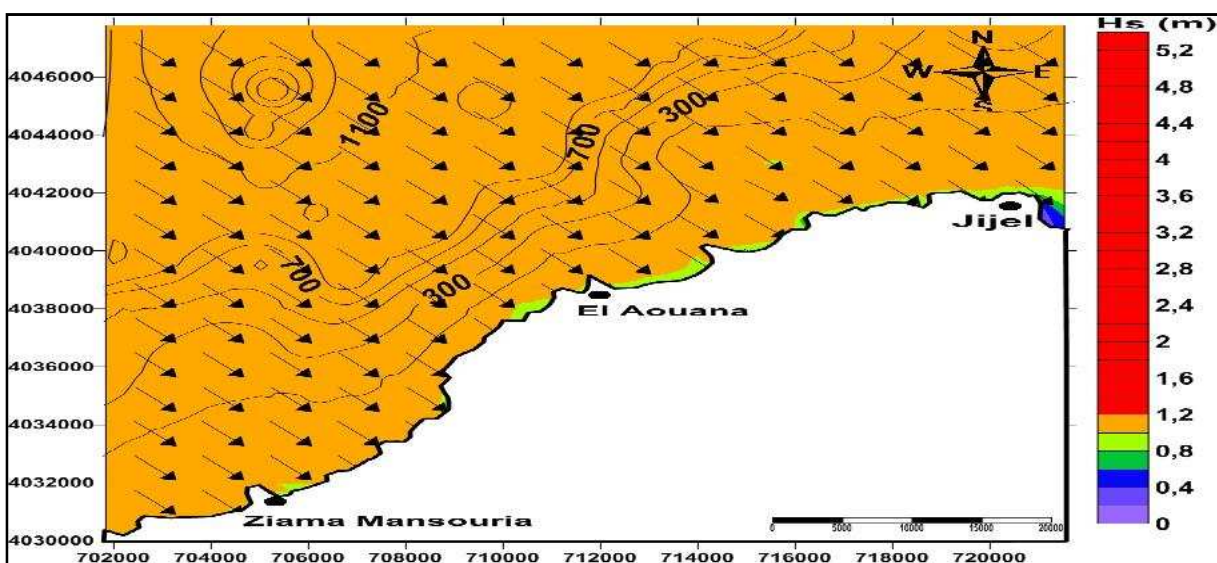


Fig 3: Réfraction de la houle pour une direction N-W 315° et une période de 6 s

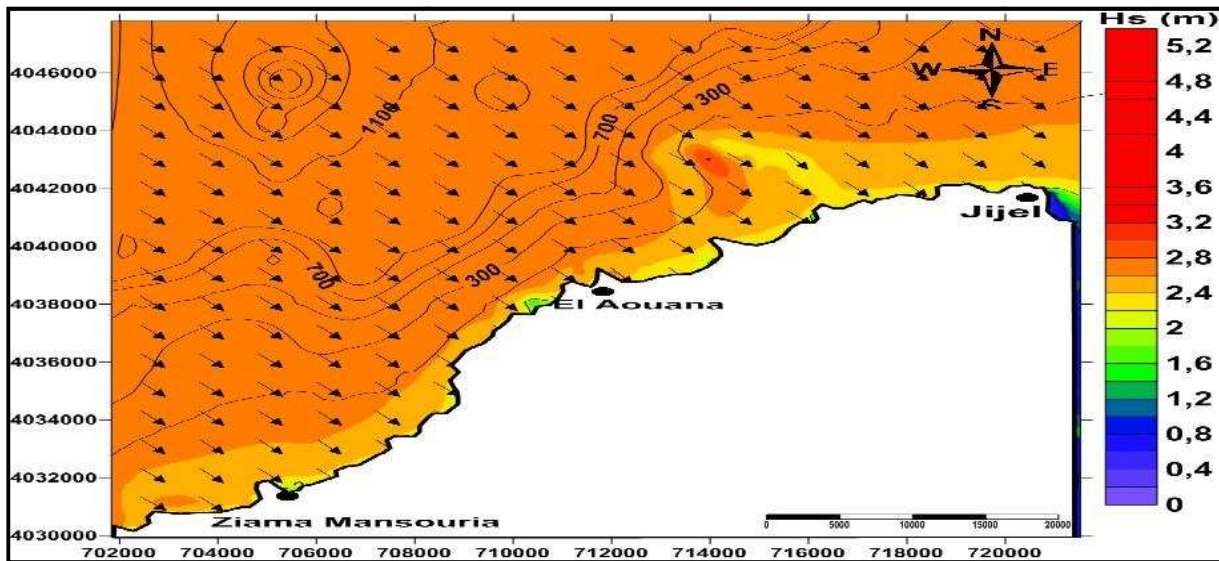


Fig 4: Réfraction de la houle pour une direction N-W 315° et une période de 8 s

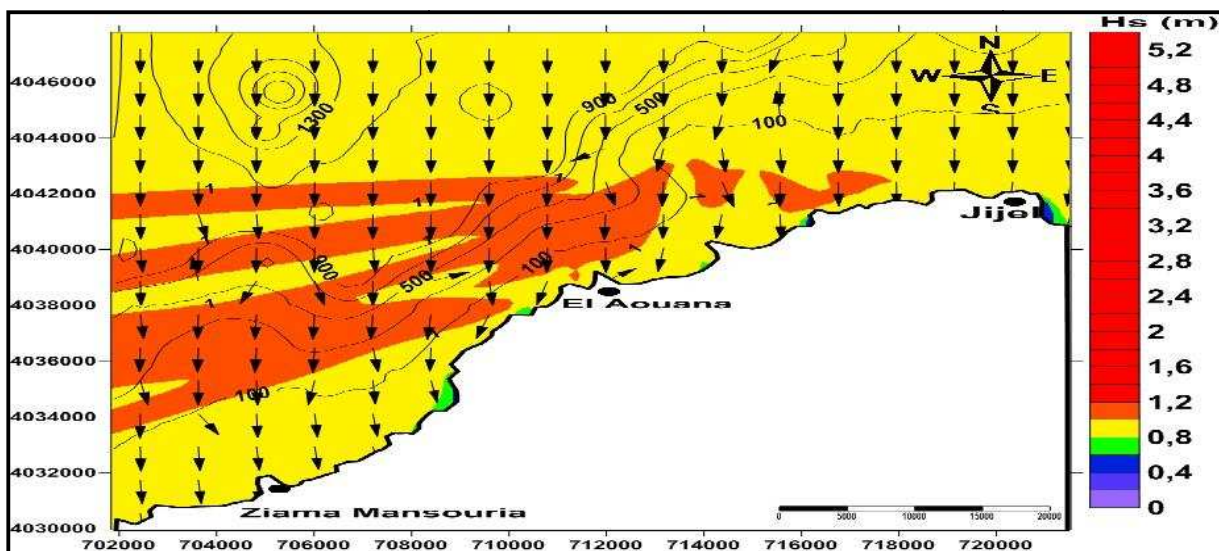


Fig 5: Réfraction de la houle pour une direction N 360° et une période de 6 s

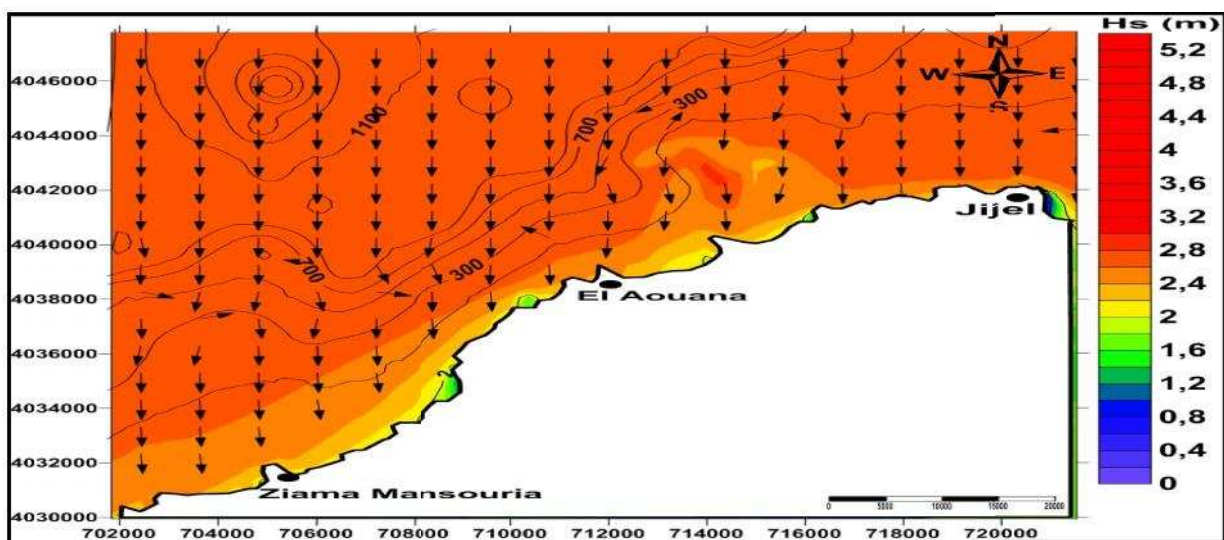


Fig 6: Réfraction de la houle pour une direction N 360° et une période de 8 s

## Plage Les Aftis

station	angle horizontal	angle vertical	limite supérieure	Limite inférieure	Angle V. degré	Teta	cos2 (teta)	L (limite sup-inf)	10 L	Distance (m)
<b>1 (P 1)</b>	64°41'00"	89°14'50"	16,8	12,2	<b>89,24722</b>	-0,75278	0,99982739	4,6	46	<b>45,9920599</b>
<b>2</b>	75°33'30"	89°38'50"	18	11,25	<b>89,64722</b>	-0,35278	0,999962	6,75	67,5	<b>67,497435</b>
<b>3</b>	87°11'50"	89°45'50"	19,6	10,2	<b>89,763888</b>	-0,236112	0,999983	9,4	94	<b>93,998402</b>
<b>4</b>	91°02'40"	89°45'30"	19,9	9,5	<b>89,7583</b>	-0,2417	0,999982	10,4	104	<b>103,998128</b>
<b>5</b>	99°17'00"	89°44'00"	20,8	8,5	<b>89,7333</b>	-0,2667	0,999978	12,3	123	<b>122,997294</b>
<b>6</b>	111°56'20"	90°12'20"	21,6	7,6	<b>90,2055</b>	0,2055	0,999987	14	140	<b>139,99818</b>
<b>7</b>	135°21'50"	90°09'00"	26,5	8,7	<b>90,15</b>	0,15	0,999993	17,8	178	<b>177,998754</b>
<b>8</b>	157°57'10"	90°36'11"	21,4	8,1	<b>90,60305</b>	0,60305	0,999889	13,3	133	<b>132,985237</b>
<b>9</b>	166°13'40"	91°04'20"	18,5	10,7	<b>91,0722</b>	1,0722	0,999649	7,8	78	<b>77,972622</b>
<b>10</b>	187°03'40"	91°38'10"	17,1	12,2	<b>91,63611</b>	1,63611	0,999184	4,9	49	<b>48,960016</b>
<b>11</b>	238°49'40"	92°06'40"	17	12,4	<b>92,1111</b>	2,1111	0,998643	4,6	46	<b>45,937578</b>
<b>12</b>	275°45'10"	90°48'00"	19,2	10	<b>90,8</b>	0,8	0,999805	9,2	92	<b>91,98206</b>
<b>13</b>	280°12'20"	90°03'50"	18,1	11,4	<b>90,06388</b>	0,06388	0,999998	6,7	67	<b>66,999866</b>
<b>14</b>	281°26'10"	89°17'10"	16,2	13,25	<b>89,28611</b>	-0,71389	0,999844	2,95	29,5	<b>29,495398</b>
<b>15</b>	303°27'40"	87°08'20"	16,45	12,9	<b>87,13888</b>	-2,86112	0,997508	3,55	35,5	<b>35,411534</b>
<b>16</b>	334°46'50"	86°46'50"	15,5	13,85	<b>86,78055</b>	-3,21945	0,996846	1,65	16,5	<b>16,447959</b>

## Plage Ondreu 1

station	angle horizontal	angle vertical	limite supérieure	Limite inférieure	Angle V. degré	Teta	cos2 (teta)	L (limite sup-inf)	10 L	Distance (m)
<b>1 (P 1)</b>	29°35'20"	92°10'30"	20,35	6,75	<b>92,175</b>	2,175	0,998559	13,6	136	<b>135,804024</b>
<b>2</b>	35°51'20"	91°17'00"	20,2	6,7	<b>91,283</b>	1,283	0,999496	13,5	135	<b>134,93196</b>
<b>3</b>	17°11'00"	94°41'00"	16,8	10,2	<b>94,683</b>	4,683	0,993334	6,6	66	<b>65,560044</b>
<b>4</b>	47°13'50"	91°05'30"	16,1	10,9	<b>91,091</b>	1,091	0,999637	5,2	52	<b>51,981124</b>
<b>5</b>	58°15'20"	91°15'20"	16,6	10,6	<b>91,255</b>	1,255	0,99952	6	60	<b>59,9712</b>
<b>6</b>	103°17'50"	95°14'40"	14,3	12,7	<b>95,244</b>	5,244	0,991646	1,6	16	<b>15,866336</b>
<b>7</b>	148°03'10"	91°20'20"	18,8	8,3	<b>91,338</b>	1,338	0,999454	10,5	105	<b>104,94267</b>
<b>8</b>	91°48'50"	92°43'50"	19,3	7,7	<b>92,73</b>	2,73	0,997731	11,6	116	<b>115,736796</b>
<b>9</b>	110°34'40"	91°48'30"	22,25	5,6	<b>91,808</b>	1,808	0,999004	16,65	166,5	<b>166,334166</b>
<b>10 (P 2)</b>	133°31'30"	90°26'00"	22	5	<b>90,433</b>	0,433	0,999942	17	170	<b>169,99014</b>
<b>11</b>	12°26'00"	90°47'00"	18,2	10,8	<b>90,783</b>	0,783	0,999813	7,4	74	<b>73,986162</b>
<b>12</b>	67°20'10"	92°40'00"	19	9,9	<b>92,666</b>	2,666	0,997836	9,1	91	<b>90,803076</b>
<b>13</b>	43°49'10"	91°36'40"	22,2	6,7	<b>91,611</b>	1,611	0,999209	15,5	155	<b>154,877395</b>
<b>14</b>	18°44'00"	89°31'30"	22,5	6,5	<b>89,525</b>	-0,475	0,999931	16	160	<b>159,98896</b>
<b>15 (P 3)</b>	99°41'30"	93°41'10"	17,85	10,7	<b>93,686</b>	3,686	0,995866	7,15	71,5	<b>71,204419</b>
<b>16</b>	17°59'40"	92°30'00"	16	12,55	<b>92,5</b>	2,5	0,998097	3,45	34,5	<b>34,4343465</b>
<b>17</b>	23°35'40"	91°08'30"	18,6	10	<b>91,1416</b>	1,1416	0,999603	8,6	86	<b>85,965858</b>
<b>18</b>	34°48'00"	90°16'30"	21,2	7,3	<b>90,275</b>	0,275	0,999976	13,9	139	<b>138,996664</b>
<b>19</b>	45°51'00"	90°01'50"	23,5	5,3	<b>90,0305</b>	0,0305	0,999999	18,2	182	<b>181,999818</b>
<b>20</b>	52°53'00"	90°52'00'	38,4	0,7	<b>92,8666</b>	2,8666	0,997498	37,7	377	<b>376,056746</b>
<b>21</b>	63°12'50"	91°42'00"	22,1	6,5	<b>91,7</b>	1,7	0,999119	15,6	156	<b>155,862564</b>
<b>22</b>	71°37'40"	92°05'20"	20,7	8	<b>92,0888</b>	2,0888	0,998671	12,7	127	<b>126,831217</b>
<b>23</b>	84°15'30"	92°36'30"	19,3	9,2	<b>92,6083</b>	2,6083	0,997929	10,1	101	<b>100,790829</b>

station	angle horizontal	angle vertical	limite supérieure	Limite inférieure	Angle V. degré	Teta	cos2 (teta)	L (limite sup-inf)	10 L	Distance (m)
1 (P 1)	116°36'40"	90°27'20"	22,2	8,2	<b>90,4555</b>	0,4555	0,999936	14	140	<b>139,99104</b>
2	105°42'00"	90°20'40"	20,5	10,3	<b>90,3444</b>	0,3444	0,999963	10,2	102	<b>101,996226</b>
3	112°10'50"	90°59'40"	20	10	<b>90,9944</b>	0,9944	0,999698	10	100	<b>99,9698</b>
4	97°24'40"	89°50'10"	19	11,5	<b>89,8361</b>	-0,1639	0,999991	7,5	75	<b>74,999325</b>
5	176°36'00"	93°28'00"	16,8	13,95	<b>93,4666</b>	3,4666	0,996343	2,85	28,5	<b>28,3957755</b>
6	247°47'10"	91°30'50"	19	12,2	<b>91,5138</b>	1,5138	0,999302	6,8	68	<b>67,952536</b>
7	273°58'20"	89°21'30"	27,85	12,75	<b>89,3583</b>	-0,6417	0,999874	15,1	151	<b>150,980974</b>
8	279°06'50"	89°05'50"	16,5	14,1	<b>89,0972</b>	-0,9028	0,999751	2,4	24	<b>23,994024</b>
9	265°45'50"	89°59'10"	28,5	2	<b>89,8361</b>	-0,1639	0,999991	26,5	265	<b>264,997615</b>
11 (P 2)	155°27'40"	92°34'10"	16,5	13,4	<b>92,5694</b>	2,5694	0,99799	3,1	31	<b>30,93769</b>
12	81°56'40"	90°26'20"	20,6	8,9	<b>90,4388</b>	0,4388	0,999941	11,7	117	<b>116,993097</b>
13	68°17'00"	89°26'50"	20,25	9,2	<b>89,4472</b>	-0,5528	0,999906	11,05	110,5	<b>110,489613</b>
14	75°48'40"	89°54'30"	21,7	7,9	<b>89,9083</b>	-0,0917	0,999997	13,8	138	<b>137,999586</b>
16 (P 3)	0	88°19'30"	17	11,1	<b>88,325</b>	-1,675	0,99914	5,9	59	<b>58,94926</b>
17	99°26'30"	90°41'00"	18,8	9,2	<b>90,6833</b>	0,6833	0,999857	9,6	96	<b>95,986272</b>

18	104°23'30"	91°24'50"	18,8	9,2	<b>91,4138</b>	1,4138	0,999391	9,6	96	<b>95,941536</b>
19	90°03'30"	90°04'10"	18,2	9,7	<b>90,0694</b>	0,0694	0,999998	8,5	85	<b>84,99983</b>
20	175°25'50"	93°14'20"	15,8	12,25	<b>93,2388</b>	3,2388	0,996807	3,55	35,5	<b>35,3866485</b>
21	247°45'30"	91°08'00"	19,5	8,2	<b>91,1333</b>	1,1333	0,999608	11,3	113	<b>112,955704</b>
22	263°31'20"	89°35'00"	22,2	5,5	<b>89,5833</b>	-0,4167	0,999947	16,7	167	<b>166,991149</b>
24 (P 4)	26°38'30"	91°59'50"	19	8,8	<b>91,9972</b>	1,9972	0,998785	10,2	102	<b>101,87607</b>
25	41°17'00"	90°52'10"	18,8	9,6	<b>90,8694</b>	0,8694	0,999769	9,2	92	<b>91,978748</b>
26	42°23'10"	89°53'40"	20,6	7,9	<b>89,8944</b>	-0,1056	0,999996	12,7	127	<b>126,999492</b>
27	58°35'40"	93°31'40"	17,2	11	<b>93,5277</b>	3,5277	0,996213	6,2	62	<b>61,765206</b>
28	71°03'10"	91°44'40"	20,6	8	<b>91,7444</b>	1,7444	0,9990733	12,6	126	<b>125,883236</b>
29	78°09'30"	90°30'50"	20	7,7	<b>90,5138</b>	0,5138	0,999919	12,3	123	<b>122,990037</b>
30	75°30'20"	91°00'20"	21,6	6,6	<b>91,0055</b>	1,0055	0,999692	15	150	<b>149,9538</b>
31	131°44'20"	90°33'50"	20,2	8,2	<b>90,5638</b>	0,5638	0,999903	12	120	<b>119,98836</b>
32	140°55'50"	89°12'40"	20,6	8,7	<b>89,2111</b>	-0,7889	0,99981	11,9	119	<b>118,97739</b>
33	136°46'50"	90°02'50"	24,6	4	<b>90,0472</b>	0,0472	0,999999	20,6	206	<b>205,999794</b>
34	165°58'00"	89°58'20"	19,9	8	<b>89,9722</b>	-0,0278	0,999999	11,9	119	<b>118,999881</b>

## Plage Ondreu 2

Station	angle horizontal	angle vertical	limite supérieure	Limite inférieure	Angle V. degré	Teta	cos2 (teta)	L (limite sup-inf)	10 L	Distance (m)
<b>1 (P 1)</b>	47°59'30"	90°40'30"	23	5,8	<b>90,675</b>	0,675	0,999861	17,2	172	<b>171,976092</b>
<b>2</b>	30°44'40"	90°23'40"	21,7	7	<b>90,3944</b>	0,3944	0,999952	14,7	147	<b>146,992944</b>
<b>3</b>	36°42'20"	90°48'20"	21,4	7,4	<b>90,8055</b>	0,8055	0,999802	14	140	<b>139,97228</b>
<b>4</b>	12°20'40"	89°36'30"	15,8	12,9	<b>89,6083</b>	-0,3917	0,999953	2,9	29	<b>28,998637</b>
<b>5</b>	58°48'40"	92°30'50"	16,25	12,3	<b>92,5138</b>	2,5138	0,998076	3,95	39,5	<b>39,424002</b>
<b>6</b>	194°19'10"	89°41'40"	18,3	10,6	<b>89,6944</b>	-0,3056	0,999971	7,7	77	<b>76,997767</b>
<b>7</b>	145°13'30"	91°04'40"	19,5	9,3	<b>91,0777</b>	1,0777	0,999646	10,2	102	<b>101,963892</b>
<b>8</b>	152°26'30"	90°36'10"	23,5	5,7	<b>90,6027</b>	0,6027	0,999889	17,8	178	<b>177,980242</b>
<b>9</b>	160°18'10"	90°04'50"	23,3	5,6	<b>90,0805</b>	0,0805	0,999998	17,7	177	<b>176,999646</b>
<b>10 (P 2)</b>	0	90°03'00"	20	9,4	<b>90,05</b>	0,05	0,999999	10,6	106	<b>105,999894</b>
<b>11</b>	15°47'20"	90°50'10"	20,3	9,3	<b>90,8361</b>	0,8361	0,999787	11	110	<b>109,97657</b>
<b>12</b>	8°19'20"	90°28'00"	24,3	5,9	<b>90,4666</b>	0,4666	0,999933	18,4	184	<b>183,987672</b>
<b>13</b>	2°20'20"	90°05'30"	23,7	5,3	<b>90,0916</b>	0,0916	0,999997	18,4	184	<b>183,999448</b>

14	90°22'30"	89°40'50"	21,1	9,7	<b>89,6805</b>	-0,3195	0,999968	11,4	114	<b>113,996352</b>
15	101°56'10"	90°32'40"	21,3	9,6	<b>90,5444</b>	0,5444	0,999909	11,7	117	<b>116,989353</b>
16	101°45'10"	90°18'20"	27,6	3,6	<b>90,3055</b>	0,3055	0,999971	24	240	<b>239,99304</b>
17	92°20'10"	89°55'20"	27,8	3	<b>89,9222</b>	-0,0778	0,999998	24,8	248	<b>247,999504</b>
18	97°28'20"	90°02'50"	29	1,5	<b>90,0472</b>	0,0472	0,999999	27,5	275	<b>274,999725</b>
19	4°50'50"	90°18'20"	22,6	5,2	<b>90,3055</b>	0,3055	0,999971	17,4	174	<b>173,994954</b>
20 (P 3)	0	90°03'50"	18,8	9,2	<b>90,0638</b>	0,0638	0,999998	9,6	96	<b>95,999808</b>
21	355°23'40"	89°44'10"	22,2	5,6	<b>89,7361</b>	-0,2639	0,999978	16,6	166	<b>165,996348</b>
22 (P 4)	0	90°19'20"	17,3	10,8	<b>90,3222</b>	0,3222	0,999968	6,5	65	<b>64,99792</b>
23	176°54'40"	90°51'20"	18,7	9,6	<b>90,8555</b>	0,8555	0,999777	9,1	91	<b>90,979707</b>
24	189°54'50"	89°31'40"	18,6	9,6	<b>89,5277</b>	-0,4723	0,999932	9	90	<b>89,99388</b>
25	180°30'10"	90°26'30"	22,85	5,3	<b>90,4416</b>	0,4416	0,99994	17,55	175,5	<b>175,48947</b>
26	187°11'50"	90°00'50"	22,7	5,4	<b>90,01388</b>	0,01388	0,999999	17,3	173	<b>172,999827</b>
27	82°16'30"	90°19'40"	20,7	7,4	<b>90,3277</b>	0,3277	0,999967	13,3	133	<b>132,995611</b>

## La partie marine

Echantillon	V <sub>1</sub> (initial) (ml)	V <sub>2</sub> (final) (ml)	V <sub>2</sub> -V <sub>1</sub>	% CaCO <sub>3</sub>
CaCO <sub>3</sub> pur	10,5	71	60,5	100
M 1	12,5	28	15,5	25,61
M 2	12,5	26	13,5	22,41
M 3	12	25	13	21,48
M 4	12	28	16	26,44
M 5	12,5	40	27,5	25,45
M 6	12,5	26	13,5	13,5
M 7	12	23	11	18,18
M 8	12	22	10	16,52
M 9	11,5	23	11,5	19
M 10	11,5	24	12,5	20,66
M 11	12	29	17	28,09
M 12	12,5	22,5	10	16,52
M 13	12,5	30	17,5	28,92
M 14	12	29,5	17,5	28,92
M 15	12,5	26	13,5	22,31
M 16	12,5	25	12,5	20,66
M 17	12	28	16	26,44
M 18	11,5	22	10,5	17,35
M 19	12	23	11	18,18
M 20	12,5	26	13,5	22,31
M 21	12,5	25	12,5	20,66
M 22	12,5	27	14,5	23,96
M 23	12	28	16	26,44
M 24	12,5	29,5	17	28,09
M 25	12,5	30	17,5	28,92
M 26	12,5	26	17,5	22,31
M 27	12	29,5	17,5	28,92
M 28	12,5	40	27,5	25,45
M 29	11,5	23	11,5	19,02
M 30	12,5	30	17,5	28,92
M 31	12	29,5	17,5	28,92
M 32	12,5	30,8	18,3	30,24

## Plage de l'île Grand Cavalo

Echantillon	V <sub>1</sub> (initial) (ml)	V <sub>2</sub> (final) (ml)	V <sub>2</sub> -V <sub>1</sub> (ml)	% CaCO <sub>3</sub>
CaCO <sub>3</sub> pur	10,5	71	60,5	100
L 1	12,5	38	25,5	42,14
L 2	11	43	32	52,89
L 3	12,5	40	27,5	45,45
L 4	12,5	37	24,5	40,49
L5	10	33	23	38,01
L 6	12,5	42	29,5	48,76
L 7	12,5	40	27,5	45,45

Chalat	Grain moyen (µm)	Grain moyen (mm)	Grain moyen (Phi)	Skewness (Sk)	Sorting (So)	Q25	Q75	D10	D90	Cc	Cu	Mode
<b>C 1</b>	0,25303	253	1,98279071	0,98372	1,2665	223	290	191	355	1,01	1,388	250
<b>C 2</b>	0,25301	253	1,98279071	1,0008	1,2544	224	287	194	345	1,0159	1,3644	250
<b>C 3</b>	0,24118	241	2,052894949	0,93852	1,1952	218	270	198	320	1,0103	1,2737	200
<b>C 4</b>	0,25239	252	1,988504361	0,88643	1,3028	220	295	196	375	0,99812	1,3607	200
<b>C 5</b>	0,24607	246	2,023269779	0,97345	1,1741	225	272	203	310	1,0016	1,2692	200
<b>C 6</b>	0,26063	260	1,943416472	0,85951	1,3236	220	307	201	365	0,98053	1,3657	250
El Aouana	Grain moyen (µm)	Grain moyen (mm)	Grain moyen (Phi)	Skewness (Sk)	Sorting (So)	Q25	Q75	D10	D90	Cc	Cu	Mode
<b>A 1</b>	0,22058	220	2,184424571	1,027	1,2	195	242	175	290	1,0472	1,2947	200
<b>A 2</b>	0,21517	215	2,217591435	1,0062	1,1805	185	235	175	275	1,0071	1,2625	200
<b>A 3</b>	0,2439	243	2,040971781	0,9168	1,2484	220	282	192	350	0,99356	1,3401	200
<b>A 4</b>	0,22647	226	2,145605322	0,9738	1,1831	208	249	187	295	1,0403	1,2453	200
<b>A 5</b>	0,19984	199	2,329159664	1,0726	1,1919	175	220	157	250	1,0146	1,3221	200
<b>A 6</b>	0,26297	262	1,932361283	1,0282	1,2264	225	293	202	345	1,0145	1,3504	250
<b>A 7</b>	0,21925	219	2,190997225	1,1379	1,1868	200	235	171	270	1,0944	1,309	200
<b>A 8</b>	0,26839	268	1,899695094	1,164	1,3167	220	303	178	370	1,0571	1,5693	250
<b>A 9</b>	0,27396	273	1,873027144	1,0271	1,2229	240	307	214	375	1,0146	1,3299	250
<b>A 10</b>	0,27744	277	1,852042119	1,0294	1,162	230	299	230	350	1,0491	1,2341	250
Les Aftis	Grain moyen (µm)	Grain moyen (mm)	Grain moyen (Phi)	Skewness (Sk)	Sorting (So)	Q25	Q75	D10	D90	Cc	Cu	Mode
<b>F 1</b>	0,38559	385	1,377069649	0,93432	1,1789	340	429	322	480	1,0107	1,2518	315
<b>F 2</b>	0,36668	366	1,450084446	1,0475	1,2368	350	410	271	485	1,1329	1,3971	315
<b>F 3</b>	0,40501	405	1,304006187	0,95184	1,2266	350	457	322	550	0,99767	1,315	315
<b>F 4</b>	0,35729	357	1,486004021	1,1102	1,233	325	391	257	470	1,1729	1,4285	315

## Annexe 9

## Les Résultats de l'analyse granulométrique

<b>F 5</b>	0,41137	411	1,282789701	0,95702	1,2054	360	461	332	560	0,99111	1,292	400
<b>F 6</b>	0,37389	373	1,422752465	0,94994	1,2053	340	420	306	490	1,0404	1,2639	315
<b>F 7</b>	0,35686	356	1,490050854	1,1238	1,2393	325	394	254	465	1,1637	1,4482	315
<b>F 8</b>	0,3784	378	1,403541861	0,99312	1,1836	345	420	312	480	1,0285	1,2585	315
<b>F 9</b>	0,35298	352	1,506352666	1,1722	1,2399	320	389	247	455	1,1563	1,4745	315
<b>F 10</b>	0,36652	366	1,450084446	1,0888	1,1926	330	406	287	470	1,0779	1,3165	315
<b>F 11</b>	0,36429	364	1,457989645	1,014	1,2364	325	409	277	485	1,1007	1,362	315
<b>F 12</b>	0,36254	362	1,465938398	1,0957	1,2817	320	412	257	480	1,1182	1,4663	315
<b>F 13</b>	0,37904	379	1,399730247	1,0354	1,238	335	429	288	490	1,0788	1,3759	315

Les Grottes	Grain moyen (µm)	Grain moyen (mm)	Grain moyen (Phi)	Skewness (Sk)	Sorting (So)	Q25	Q75	D10	D90	Cc	Cu	Mode
<b>G 1</b>	0,42737	427	1,227692025	0,94605	1,8446	290	622	216	1100	1,0008	2,2322	400
<b>G 2</b>	0,41316	413	1,275786313	0,90501	1,7637	295	585	227	1000	1,0393	2,0502	315
<b>G 3</b>	0,40866	408	1,293358943	0,97207	1,6227	310	540	230	750	1,0662	1,9663	315
<b>G 4</b>	0,43523	435	1,200912694	0,91372	1,8305	320	648	226	1040	1,0469	2,2129	315
<b>G 5</b>	0,56721	567	0,81857936	1,0338	1,7006	400	815	275	1080	1,0514	2,353	500
<b>G 6</b>	0,32814	328	1,60823228	1,0602	1,4451	240	410	203	500	0,81698	1,7645	315
<b>G 7</b>	0,36279	362	1,465938398	1,0075	1,605	250	476	205	645	0,82541	1,9605	315
<b>G 8</b>	0,48545	485	1,043943348	1,1069	1,6194	345	637	235	800	1,1437	2,2954	500
<b>G 9</b>	0,47851	478	1,064917477	1,0306	1,7516	330	675	227	950	1,0232	2,4099	315
<b>G 10</b>	0,29072	290	1,785875195	0,79411	1,7721	230	403	184	720	0,82189	1,8164	200
<b>G 11</b>	0,30794	307	1,703689439	0,94994	1,5399	235	413	190	550	0,80356	1,8345	200
<b>G 12</b>	0,22951	229	2,126580497	0,79737	1,4779	200	327	169	450	1,0113	1,4657	200
<b>G 13</b>	0,34306	343	1,543719519	0,95708	1,597	250	455	202	630	0,83014	1,8596	315

## Annexe 9

## Les Résultats de l'analyse granulométrique

<b>G 14</b>	0,55855	558	0,841662973	1,0797	1,7826	360	851	238	1040	1,103	2,7446	800
<b>Ondreu 1</b>	Grain moyen (µm)	Grain moyen (mm)	Grain moyen (Phi)	Skewness (Sk)	Sorting (So)	Q25	Q75	D10	D90	Cc	Cu	Mode
<b>N 1</b>	0,2943	294	1,76611194	0,86663	1,3302	250	364	224	470	0,95121	1,4081	250
<b>N 2</b>	0,30219	302	1,727379545	0,84533	1,3515	255	382	230	490	0,94213	1,4202	250
<b>N 3</b>	0,31265	312	1,680382066	0,81127	1,4494	260	421	229	575	0,9092	1,5109	250
<b>N 4</b>	0,27676	276	1,857259828	0,87862	1,3015	245	328	214	410	0,97242	1,3655	250
<b>N 5</b>	0,26485	264	1,921390165	0,9317	1,227	230	299	211	370	0,98317	1,3058	250
<b>N 6</b>	0,28134	281	1,831357965	0,8021	1,3801	240	357	215	485	0,93979	1,3992	250
<b>N 7</b>	0,27093	270	1,888968688	0,90144	1,3166	235	318	205	400	0,9897	1,3891	250
<b>N 8</b>	0,26223	262	1,932361283	0,9819	1,2903	225	300	198	375	1,0117	1,3845	250
<b>N 9</b>	0,26857	268	1,899695094	0,88331	1,3012	235	314	207	395	0,9808	1,3655	250
<b>N 10</b>	0,26451	264	1,921390165	0,96048	1,3251	220	306	198	380	1,0122	1,403	250
<b>N 11</b>	0,27238	272	1,878321444	0,85519	1,3758	240	328	206	450	0,97537	1,3978	250
<b>N 12</b>	0,28305	283	1,821126042	0,83834	1,3268	245	344	219	450	0,95991	1,3704	250
<b>N 13</b>	0,27289	272	1,878321444	0,90024	1,3488	235	325	204	420	0,9869	1,4111	250

<b>Ondreu 2</b>	Grain moyen (µm)	Grain moyen (mm)	Grain moyen (Phi)	Skewness (Sk)	Sorting (So)	Q25	Q75	D10	D90	Cc	Cu	Mode
<b>D 1</b>	0,22073	220	2,184424571	0,87611	1,2083	205	239	185	300	1,0422	1,2179	200
<b>D 2</b>	0,22015	220	2,184424571	0,97931	1,1585	205	234	186	270	1,0521	1,2003	200
<b>D 3</b>	0,22312	223	2,164884385	0,79999	1,2491	210	244	188	315	1,0479	1,2144	200
<b>D 4</b>	0,21677	216	2,210896783	1,0991	1,1338	200	228	183	250	1,0571	1,2027	200
<b>D 5</b>	0,21751	217	2,204233052	1,1479	1,1496	195	229	177	255	1,0878	1,2429	200
<b>D 6</b>	0,26222	262	1,932361283	1,2974	1,1602	230	274	207	305	1,0587	1,2841	315
<b>D 7</b>	0,26559	265	1,915935735	1,2607	1,1724	240	280	208	310	1,0687	1,3008	315

## Annexe 9

## Les Résultats de l'analyse granulométrique

<b>D 8</b>	0,212	212	2,23786383	1,2295	1,1438	190	222	171	250	1,0607	1,2546	200
<b>D 9</b>	0,21162	211	2,244685096	1,2125	1,136	190	221	173	245	1,0478	1,2396	200
<b>D 10</b>	0,21255	212	2,23786383	1,2265	1,1274	195	221	175	245	1,0585	1,2239	200
<b>D 11</b>	0,21359	213	2,231074665	1,199	1,133	200	223	176	255	1,0624	1,2287	200
<b>D 12</b>	0,21324	213	2,231074665	1,2307	1,1443	190	223	172	245	1,0724	1,254	200
<b>D 13</b>	0,21333	213	2,231074665	1,1931	1,1404	190	224	174	255	1,059	1,2416	200
<b>D 14</b>	0,21422	214	2,224317298	1,1876	1,1329	200	224	177	245	1,0625	1,2238	200
<b>Ile El Aouna</b>	<b>Grain moyen (µm)</b>	<b>Grain moyen (mm)</b>	<b>Grain moyen (Phi)</b>	<b>Skewness (Sk)</b>	<b>Sorting (So)</b>	<b>Q25</b>	<b>Q75</b>	<b>D10</b>	<b>D90</b>	<b>Cc</b>	<b>Cu</b>	<b>Mode</b>
<b>L 1</b>	0,65913	659	0,60164963	0,9156	1,5215	520	926	400	1200	1,0584	1,8422	500
<b>L 2</b>	0,57766	577	0,793356776	1,0428	0,57459	460	690	397	800	1,0365	1,5535	500
<b>L 3</b>	0,94254	942	0,086201035	1,4127	1,0968	850	986	796	975	1,0132	1,2105	1000
<b>L 4</b>	0,47163	471	1,086201035	1,0979	1,7052	325	638	223	845	1,1038	2,3616	500
<b>L 5</b>	0,21566	215	2,217591435	0,91759	1,2552	190	238	170	300	1,0289	1,3013	200
<b>L 6</b>	0,21556	215	2,217591435	0,81941	1,2892	185	246	173	340	0,98758	1,295	200
<b>L 7</b>	0,77682	776	0,365871443	0,98592	1,4048	610	984	530	1240	0,93282	1,6021	600

<b>Partie marine</b>	<b>Grain moyen (µm)</b>	<b>Grain moyen (mm)</b>	<b>Grain moyen (Phi)</b>	<b>Skewness (Sk)</b>	<b>Sorting (So)</b>	<b>Q25</b>	<b>Q75</b>	<b>D10</b>	<b>D90</b>	<b>Cc</b>	<b>Cu</b>	<b>Mode</b>
<b>M 1</b>	0,22572	225	2,152003094	0,78433	1,3075	215	261	184	350	1,0278	1,2782	200
<b>M 2</b>	0,2246	224	2,158429363	0,80382	1,2609	205	250	186	340	1,0416	1,2411	200
<b>M 3</b>	0,47863	478	1,064917477	1,0904	1,3939	375	561	309	690	0,99871	1,6666	180
<b>M 4</b>	0,22472	224	2,158429363	0,78433	1,3075	205	261	182	350	1,0278	1,2782	400
<b>M 5</b>	0,24477	244	2,035046947	1,1458	1,2682	210	272	168	320	1,1164	1,5341	500
<b>M 6</b>	0,23409	234	2,095419565	0,77063	1,3479	210	340	187	390	0,966	1,373	200
<b>M 7</b>	0,33452	334	1,582079992	0,88525	1,589	235	452	212	665	0,71367	1,7709	500
<b>M 8</b>	0,22472	224	2,158429363	0,78433	1,3075	205	261	182	350	1,0278	1,2782	250

<b>M 9</b>	0,18259	182	2,457989645	0,74747	1,3821	160	230	145	305	1,0302	1,3133	200
<b>M 10</b>	0,18522	185	2,434402824	0,71488	1,45	155	242	147	355	1,0149	1,3262	200
<b>M 11</b>	0,52119	521	0,940644722	0,91394	1,4063	425	672	365	850	0,96424	1,5566	200
<b>M 12</b>	0,60649	606	0,722610301	0,99253	1,3725	505	776	405	910	1,0489	1,6292	200
<b>M 13</b>	0,26274	262	1,932361283	0,71646	1,4702	225	355	208	550	0,84394	1,4623	200
<b>M 14</b>	0,47863	478	1,064917477	1,0904	1,3939	375	561	309	690	0,99871	1,6666	250
<b>M 15</b>	0,33452	334	1,582079992	0,88525	1,589	235	452	212	665	0,71367	1,7709	200
<b>M 16</b>	0,18259	182	2,457989645	0,74747	1,3821	160	230	145	305	1,0302	1,3133	200
<b>M 17</b>	0,18259	182	2,457989645	0,74747	1,3821	160	230	145	305	1,0302	1,3133	200
<b>M 18</b>	0,22472	224	2,158429363	0,78433	1,3075	205	261	182	350	1,0278	1,2782	250
<b>M 19</b>	0,24477	244	2,035046947	1,1458	1,2682	210	272	168	320	1,1164	1,5341	200
<b>M 20</b>	0,21305	213	2,231074665	0,94751	1,2238	185	234	170	295	1,0116	1,2858	200
<b>M 21</b>	0,22472	224	2,158429363	0,78433	1,3075	205	261	182	350	1,0278	1,2782	200
<b>M 22</b>	0,2246	224	2,158429363	0,80382	1,2609	205	250	186	340	1,0416	1,2411	250
<b>M 23</b>	0,60649	606	0,722610301	0,99253	1,3725	505	776	405	910	1,0489	1,6292	400
<b>M 24</b>	0,26274	262	1,932361283	0,71646	1,4702	225	355	208	550	0,84394	1,4623	315
<b>M 25</b>	0,21566	215	2,217591435	0,91759	1,2552	180	238	170	300	1,0289	1,3013	315
<b>M 26</b>	0,18259	182	2,457989645	0,74747	1,3821	160	230	145	305	1,0302	1,3133	250
<b>M 27</b>	0,33452	334	1,582079992	0,88525	1,589	235	452	212	665	0,71367	1,7709	200
<b>M 28</b>	0,23409	234	2,095419565	0,77063	1,3479	21	340	187	390	0,966	1,373	200
<b>M 29</b>	0,52119	521	0,940644722	0,91394	1,4063	425	672	365	850	0,96424	1,5566	200
<b>M 30</b>	0,24477	244	2,035046947	1,1458	1,2682	210	272	168	320	1,1164	1,5341	200
<b>M 31</b>	0,2246	224	2,158429363	0,80382	1,2609	205	250	186	340	1,0416	1,2411	400
<b>M 32</b>	0,60649	606	0,722610301	0,99253	1,3725	505	776	405	910	1,0489	1,6292	315